

ХИМИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН

Дарованием и талантом ее авторам
и авторам.
(Препаративная и физическая химия)
-Е 50-е издание
и др. Е.А.
(1962-2012гг.)



Chem.Lab.NCD

И.А. 2012

ÓÄË533.72+539.107.2

ÁÁË24.4 Ö01

Öei e+ánéee Äeçaeí . Ðaóeáenëý ì áoáoei èè àeçaeí à á ánoánoááí í Úó í áoeáó. (Í óái áðá-
òeáí ay è öeçe+áneáy öei èy)

Í íái ñeáeðñe: Èçá.-ái Chem.Lab.NCD, 2012. – 132Ñ.

ISBN-0-8247-2497-6

-Ë 50 –éáðèþ í áó+í íái òðóáà ì òí ó. Ëóóí èèí à Ñ.Á. (1962-2012ää)

Ñái óí èè ì í ñáyÚái ðáññì ì òðáí èþ ì óí áeái öei è+áñéíái àeçaeí à á çááá+áó ánoánoái ç-
í áí èý (í óái áðáòeáí ay è öeçe+áneáy öei èy), ì óáánoáaeáí í Úó á Óí óì á ñeí ýðááòeèè
èí í íááòeè á óí ì +enéá è í à ì òei áðá ì áóí áí á í áí í oáóí í èí áèè óeuóðaaení áðñí Úó ñðáá
(ÓÁÑ). Í óáánoáaeáí í Úá èçáðáí í Úá óááí óÚ Áeénoáeoaéúí í áí +eáí à IAS of NCD, ì óí ó.
Ëóóí èèí à Ñ.Á.. eañáþoñý ì óái áðáòeáí í áí ñeí óaçá öei è+ánéeo óáaeòeáí á, èò ì eáí í +í í áí
èñí ì èüçí ááí èý äéý óáeáé ýeáeòóí í èèè. Í óáánoáaeáí Ú, ì í èó+áí í Úá ááóí óí ì èèí áðe+áñéèá
çaeí í ìí áðí í ñòè, á óí ì +enéá è ì áóáí eçì ñeí óaçá í á óí èüéí öei è+ánéeo ýaeáí èé á ñì áñè
óááðáÚó ááÚáñòá, í ì è óái í Úó í óí óáññí á.

Á ñí í oáánoáeè ñ Ónoááí ì Ì Áí Óí Ç áÚí óné ì í ááí óí áeèè: coáðøeé í áó+í Úé ñí óðóáí èè
IAS of NCD Alex Meltser , +eáí -éí òð. ì Áí Óí Ç Á. ì .Í èñe+áí éí .

Das chemische Design. Reflexie von Methachemie des Designs in den physische Wissenschaften. (Preparative und physikalische Chemie)

Nowosibirsk: in Chem. Lab. NCD, 2012. – 132S.

ISBN-0-8247-2497-6

-Zur 50 –J. der wissenschaftlichen Arbeit. (1962-2012jj) von Prof. Dr.habil. Kutolin S.A.

Die Sammlung ist der Betrachtung der Probleme des chemischen Designs der Aufgaben der
Naturwissenschaft. Gemuess der Ordnung IAS of NCD den gemeinsamen Produktionsausstoss
haben vorbereitet: der aeltere wissenschaftliche Mitarbeiter IAS of NCD Alex Meltser, Korr.-
Glied von IAS of NCD G.M.Pisichenko.

Ë 205634-141 Ohne Anzeige

003(069)-018

Ì åæäóí àðî äí àÿ Æèääàì èÿ Í àóê
International Academy of Sciences
Öáí òðà Í îî ñôáðí î é ÇàÛ èòÛ
Centre Noospheric of Defence
Õèì è÷áñèàÿ Ēàáí ðàòí ðèÿ
Chemical Laboratory

ÕÈÌ È×ÃÑÊÈÉ ÄÈÇÀÉÍ

Đâôéáèñèÿ ì áðàðèì èè äèçàéí à
â áñòáñòááí í Ûõ í àóéàð.
(Препаративная и физическая химия)
-Ē 50 -èáòèð í àó÷í î ãî ððóáà
í ðî ò. Ēóòí èèí à Ñ.Ā.
(1962-2012ãã)



Chem.Lab.NCD
Í î âî ñèáèðñè 2012

ÑÎ ÄÄÐÆÄÍ ÈÄ

С.А.Кутолин	1. Î ÄÔ Ä ÑÐÄÄÍ ÈÐÄËÛÍ Î ÄÎ ÐÄÑ×ÄÐÄ ÈÄÈ ÐÄÇÄÄÈ ÑÈÍ ÄÐÄÄÐÈÈÈ	6
С.А.Кутолин	2. ÈÍ Î Î ÄÄÐÈÈ. Î ÄÍ Î ÐÄÐÍ Î ÈÎ ÄÈß. ÑÈÍ ÐÄÇ ÐÈÍ È×ÄÑÈÈÐ ÐÄÄÈÐÈÄÍ Ä Î ÐÄÍ ÄÐÄÐÈÄÍ Î È×ÈÑÎÍ ÐÛ	15
С.А.Кутолин	3. ÈæÈ ðè-àñèèà î äðí àÛ äàñ-àðà í àí äàæäí í î ñèè ðèè è-àñèèèó î ðí ðàññí ä. Èèí äðèèà è î äðäí èçì ñèí äàçà î äðäðèèèí ä ä ñì àñèè äääðäÛð ääÛàñðä. Èèí äì äðèèà ðäí î Ûð î ðí ðàññí ä è èäðäèèç	73
ÔÎ ÐÎ à èí î î ääðèè.	Ääðí ðñèèà ñæääðäèÛððäà è î äðäí ðÛ	133
Ежегодники "Химический дизайн" : Реферируется Chemical Abstracts Service В транскрипции: "Khimicheskii Dizain"	Пагинация ежегодников за 1998-2012г	136

Î ÄÐÄÐÈÄËÛ
Î ÄÆÄÐÍ ÄÐÍ ÄÍ Î È ÄÈÄÄÄÍ ÈÈ
ÐÄÍ ÐÐÄ Î Î Î ÑÐÄÐÍ Î È ÇÄÛ ÈÐÛ
È äæääí äí èèè "Ðèè è-àñèèèè Äèçäèí "
(1998-2012ää) ñì î ððè í ä ñæèðäð:
<http://kutol.narod.ru/webd.htm>
<http://kutolin.ucoz.ru>
<http://sak11.wmsite.ru>
<http://squps.wmsite.ru/>
http://kutol.narod.ru/PUBL/Retro_Publications.htm
<http://kristall.lan.krasu.ru/Science/journals.html>
<http://www.lib.rus.ec/author/25785?page=1>

Í Ò ÐÁÁÁËÕÍ ÐÀ

Ñáé+añ, eí áàà í ðí Õ., ä.ö.í ., àèääáí èéó ÐÀÒ è IAS of NCD óæá í í ø, è áí ñuí í é äänýóí é, ððóáí í äàæá ñááá í ðáänòààèòü, èàéí é í áó+í í – èí ðáèèáèòàèüí í é àèòèáí í ñòüþ í áèääááò ýòí ð +áéí ááé, ñ áàáí èò í í ð ñ+èòàþ Õ èé ñááy í á ó+áí Õí , í á í áó+í Õí ñí ððóáí èéí í , à ñèóæèòàèéáí Í áóèè, á, í ðèáðàðí èéí í . Í Õ í í ñ+èòàèè áí çí í æí Õí , óá Õí, á ýòí í ñáí ðí èéá áí áí ðèòü í í, í á èàé í Õèéí ñí Õá, í ðí çàèéá, áðáí áòóðáá èèè í í ýóá, í á èàé í í ðáí í áàáàòàéá, +èòàáøáí ñòóáí ðáí ñáí Õá ðáçí Õá éóðñ Õ í í òèí èè, óáðí í éí áèè, í èèðí áéí éí áèè áí á Õ è áàæá éóðñ «Éí í óáí òèè ñí áðáí áí í í áí áñòáñóáí çí áí èý» í í ðáçðááí ðáí í í é èí ñáí èí í áòí áèéá. Í Õ í í ñ+èòàèè áí çí í æí Õí í ñòáí í áèòüñý í á ðáí áðü óæá «ðáððí – í óáèèéáòèýö», ñí ñòááèýþ Õ èò í òóü ñí áðáí áí í í é èí í í áàòèè, í áí í ðáðí í éí áèè á í áèáñòè í ðáí áðáòèáí í áí ñéí ðáçá. È ýòí í á í ðí ñòí áá Õ á ñòáá, í éáí èè, ñòðóéòóðèðí ááí í Õá ñéí è, èñí í éüçóáí Õá á ñí áðáí áí í í é ðáðí èéá ýéáèòí í èèè è ñáýçè (òèòáí áò Õ, òèðéí í áò Õ, áàòí áò Õ, í éí ááò Õ, ðáí òàèáò Õ Õ áéí +í Õ è Õ áéí +í í çáí áéúí Õ è í áòáè-éí á, áèáðèá Õ è í èòðèá Õ èèòèý, ááèèèý, òèòáí á, òèðéí í èý, èò óááðá Õ è ðáñóáí ðí á), í í éó+áí èá éí òí ð Õ çá Õ è Õ áí í ááòí ðñèè è ñáèääáòáèüñò-ááí è è í áòáí ðáí è ÑÑÑÐ è Ðí ññèè (è éí í í áàòèýí ñéí ðáçá éí òí ð Õ í òí í ñýòñý è í áòáí ò Õ í á í á èñòèðááí í á çí éí òí, èí èòáòèè áðááí -òáí í Õ èáí í áé, á òí í +èñéá è ñáí «éóòí èèáí ò»). Í Õ í í ñ+èòàèè í áí á-òí áèí Õí í ñòáí í áèòüñý í á ðááí ðáò í í èéí áòèéá, ðáðí í áéí áí èéá è í áòáí èçí ó ñéí ðáçá ýòèò í áòáðèáéí á èàé á ñí áñè òááðá Õ è áá Õ á ñòá, òàè è í èàçí á, ááá èí ááò í áñòí òáí í í é í áòáí èçí ðááèòèè, í ñí áí í áðá-òèá áí èí áí èá í á ñéí áðáèçí óéàçáí í Õ èí í í áàòèè.

xéáí – éí ðð. IAS of NCD í èñè+áí éí Á.Í .

1.1 ΑΟΙ ΑΝΘΑΙ ΕΟΑΕΥΙ Τ ΑΙ ΔΑΝ×ΑΟΑ

ΕΑΕ ΔΑÇÄÄÈ ÑÈÍ ÅÐÄÄΟÈÈÈ

Î á î á í î ï ñ ï é ñ ò á á è è í á é í á í î ð á í á ð á ç í á á í è ý ä è ý ð á ñ ÷ á ò à è ç á à ð í Ú ò í î ð á í ò è à è í á è ò á í è í ò í á ð á ç í á á í è ý ð á ç è è ÷ í Ú ò ñ í á à è í á í è è Ú á è í ÷ í Ú ò ï á ò à è è í á¹.

Αί ί ί ΟΑΟΕΒ: Ðyá ðááí ò yóíáí í áí ðááéáí èý: »Áááèòèáí äý ñòáí à ðáñ÷áòá ñòáí ááððí Úò ðáí èí ò í á ð á ç í á á í è ý í á ò á ð è à è í á è è á ñ ñ à ñ è è è á ò í á. È ç á á ñ ò è y Ñ Í Á Í Ñ Ñ Ñ Ð, ñ á ð. ò è ï. í á ó è è, 1965.-¹ 7, á Ú í .2.ñ.-141-143. - Chem. Abstr., v.64, 1419 à, 1966 é á á è í á í ñ í á á ò í ð í ð í á á á á í è ý ñ í á ð á í á í í Ú ò ï è í á ð á è í á è ÷ á ñ è è ò è á á í ò è-í è ÷ á ñ è è ò ð á ñ ÷ á ò í á (ñí . American Mineralogist, 2005, v.90, p.488-496. Áí á ñ ò á ñ í Á.Á.Ñí è ð í í á í é í ó á è è á ò è ý « Ò è ç è è í - ò è í è ÷ á ñ è è é ñ í Ú ñ è è í è ð á í á í ò í á á í á ò í á á ò ñ á á ò è ò á á è ý í á í ð á ñ ÷ á ò á è è ò í ð è í á í é á è á í á è è ç ò ñ á í è ñ ò á ñ í á á è í á í è é ð á á è í ç á í á è ý í Ú ò y é á í á í á. - Æ. ò è ç. ò è í è è, 1977.- ò.51. - á Ú í .10. - ñ.2571-2575.-Chem. Abstr., v.88, 4177o, 1978 (Ñ è í y ð á á ò è è á è á è á ð á ð ò è ý á í á è í - á è è è á ñ ò ú í á í ñ í í á á í é á í í è ó y í í è ð è ÷ á ñ è í á í á ò í á á ñ á á í è ò á á è ý í á í ð á ñ ÷ á ò á, ð á ç á è ò í á í á ò ð ó á á ò ñ í á á ò ñ è è ò ÷ á í Ú ò ï . Ò. È á ð á í á ò ú y í ò á è Á.Á. È è ð á á á á,

¹ . - (í è æ á í ð è á í á è ò ñ y á ò í ï ÷ è ñ é á ð á í ð è í ò í Ú é á á ð è á í ò ñ á ò ú è, á á ð è ð í á á í í Ú é á ð á í á í á í í í ñ ò ó í é á í è ý á ð á á á è ò è ç 22.11.1962á.) - Æ. ò è ç. ò è í è è, 1964.-ò.38.-á Ú í .5.-ñ.1269 -1271.- Ñ ñ è m. Abstr., v.61, 7773h, 1964 .- Í í è ó ÷ á í í Ú á á y ó í é í á á í è ý ð í é ð á í ð á ò è ÷ á ñ è í é ð á á í ò á ð á ç ó è ý ò á ò ú á Ú è è á é á ñ ò á Ú á á í í á ò á á ð á á á í Ú y è ñ í á ð è í á í ò á è ý í í á ò í á í ï È á è ý á á á í ó á è è á ò è è Ò ð á í ò ó ç ñ è í é Á è á á á í è è Í á ó é ç á 1974á.: - Compt. Rend., ser. C, 12 juillet 1974, t.273, p.92-93.

Ì.Õ.Èàðàí àòüýí óàì áúèè ààí ú ì ðèáéèæáí í úá ì àòí àú ðàñ÷àòà í áéí òí ðúò ñáí éñòá ðàçèè÷í úò ááúáñòá á ðýààò ì ì áí áí úò ñí áàèí áí èé ì ì óðááí áí èþ ;

$$G_1 = \Delta G_2 + \hat{A} \quad (I.1.1)$$

ááá G_1, G_2 ñáí éñòáà ñí áàèí áí èé: \hat{A}, \hat{A} – èí ýóòèèèáí òú.

Çí à÷áí èý èí ýóòèèèáí òí á á óðááí áí èè ì ì èó÷àþòñý èç èèí áéí í é çààèñèì ì ñòè, áñèè èçááñòí ú ýèñí áðèì áí òàèüí úá çí à÷áí èý äèý í áéí òí ðúò ñí áàèí áí èé. Í ì èó÷áí í áý çààèñèì ì ñòü ðàñí ðí ñòðáí ýàòñý í à èéáññ ì ì áí áí úò ñí áàèí áí èé. Õí ÷í ì ñòü áú÷èñèáí èý, á ñí ì òááòñòáèè ñ òí ÷í ì ñòüþ ì ì úòí úò áàí í úò, í áòí àèòñý á ì ðáááèàò 0.3÷6 èéàè.

Óðááí áí èý, ñáýçúáàþúèá òáí èí òú ì áðàçí áàí èý è èçí áàðí úá ì ì òáí òèàèú çáí èñúáàþòñý á àèää

$$\Delta H' = K\Delta H + L \quad (I.1.2)$$

$$\Delta Z' = M\Delta H + N \quad (I.1.3)$$

ááá $\Delta H, \Delta H', \Delta Z, \Delta Z'$ – ñí ì òááòñòááí í ì, òáí èí òú ì áðàçí áàí èý è èçí áàðí úá ì ì òáí òèàèú ááóó ðýáí á ñí áàèí áí èé, èì áþúèò ðàçèè÷í úá èàðèí í ú, K, M, L, N – èí ýóòèèèáí òú.

Èí òáðáñí ì ì ì èàçàòü, èñí ì èüçóý ì ðááñòáèèáí èý ì àððè÷í í é àèáááðú, ÷òí $K = M = A$ è $L = B = N$.

Í óñòü èì áþò ì áñòí ì ðáí áðàçí áàí èý áèää

$$\Delta H' = A\Delta H \quad (I.1.4)$$

$$\Delta Z = V\Delta H \quad (I.1.5)$$

$$\Delta Z' = U\Delta H \quad (I.1.6)$$

ááá A, U – ì àððèòú ñí ì òááòñòááí áþúèò ì ðáí áðàçí áàí èé.

Í áðáðí á í ó $\Delta Z'_{K} \Delta Z$ í nó ú á ñ ò á è ý à ò ñ ý ñ è á á ò þ ú è ì í á ð á ç í ì :

$$\Delta Z = UAU^{-1}\Delta Z \quad (I.1.7)$$

á á á U^{-1} - ì á ð ð è ö à , í á ð á ð í á ý U .

Á ñ è á á ñ ò á è á í í á í á è ý ì á ð ð è ö UAU^{-1} è A ñ è á á ú ý è ö ì á ð ð è ö ð á á í ú á è ý í í á í á í ú ò ñ í á à è í á í è é (ð á ç è è ÷ í ú á è á ð è í í ú , í í í á è í á è í á ú á á í è í í ú) , ð . á .

$$\Delta Z' = A\Delta Z \quad (I.1.8)$$

Ò á è è ì í á ð á ç í ì ,

$$\Delta H' = A\Delta H + B \quad (I.1.9)$$

$$\Delta Z' = A\Delta Z + B \quad (I.1.10)$$

Ç á à è ñ è ì í ñ ò è ì á æ á ó ò á í è í ò à ì è í á ð á ç í á á í è ý ñ í á à è í á í è é ñ á í ñ ò á ð í ÷ í í é ò í ÷ í í ñ ò ú þ á ú ð á æ á þ ò ñ ý ó ð á á í á í è ý ì è

$$\frac{\Delta H}{(LiAn)} = 1,05 \frac{H}{(NaAn)} + 4 \quad (I.1.11)$$

$$\frac{\Delta H}{(NaAn)} = 0,975 \frac{H}{(KAn)} + 1,5 \quad (I.1.12)$$

$$\frac{\Delta H}{(RbAn)} = \frac{\Delta H}{(KAn)} \quad (I.1.13)$$

$$\frac{\Delta H}{(CsAn)} = \frac{\Delta H}{(KAn)} \quad (I.1.14)$$

á á á An - á í è í í ñ í á à è í á í è é .

Ë ç í á á ð í ú á í í ð á í ò è á è ú ñ í á à è í á í è é ð á ñ ñ ÷ è ò ú á á è è ñ ú í í ó ð á á í á í è þ (I.1.10). Ý è ñ í á ð è ì á í ð à è ú í ú á á á í í ú á á è ý ð á ñ ÷ á ð à ç à è ì ñ ò á í á á í ú è ç ñ í ð á á í ÷ í è è á . ð á ç ó è ú ð á ð ú ð á ñ ÷ á ð í á í ð è á á - á á í ú á ð á á è . I.1 è I.2. Ç í á ÷ á í è ý ΔH_{298}^0 , ΔZ_{298}^0 , ð á ñ ñ ÷ è ò á í í ú á í í ó ð á á í á í è ý ì (I.1.10)-(I.1.14) ñ í í í ñ ò á á è á í ú ñ ý è ñ í á ð è ì á í ð à è ú - í ú ì è á á í í ú ì è . Í í ó ð á á í á í è ý ì (I.1.10)-

(I.1.14) ΔH_{298}^0 , ΔZ_{298}^0 äëý í äëí òí ðúò
yëní äðëì áí -ðàëüí î í á ëññëääí äáí í Úò ñí ääëí áí ëë Úäëí ÷í Úò
ì äòàëëí á. ÐàçðëóóàòÚ ðàñ÷àòà í ðäáñòàäëáí Ú á òàäë.I.3 è I.4.

Òàäëëòà I. 1

Ñí ääëí áí èá	ΔH_{298}^0 , ëêäë/ì îëü (îí Úò)	ΔH_{298}^0 , ëêäë/ì îëü (ðàñ÷àò)	Δ
<i>NaNO₃</i>	-111,5	-113,3	1,8
<i>Na₂SO₄</i>	-330,9	-332,6	1,7
<i>Na₂CO₃</i>	-270,3	-265,5	-3,8
<i>NaHCO₃</i>	-226,5	-222,2	-4,3
<i>Na₂SO₃</i>	-260,6	-258,7	-1,9
<i>Na₂C₂O₄</i>	-314,3	-311,2	-3,1
<i>NaCl</i>	-98,2	-100,1	1,9
<i>NaBr</i>	-86,1	-89,9	3,8
<i>NaHS</i>	-56,5	-59,9	3,4
<i>CsCl</i>	-103,5	-104,2	-0,7
<i>CsBr</i>	-94,3	-93,7	0,6
<i>Cs₂SO₄</i>	-339,4	-342,6	-3,2
<i>CsHS</i>	-62,9	-63,2	-0,3
<i>CsNO₂</i>	-118,1	-117,8	0,3
<i>CsHCO₃</i>	-224,8	-229,3	0,9
<i>RbF</i>	-131,3	-134,5	-3,2
<i>RbCl</i>	-102,9	-104,2	-1,3
<i>RbClO₃</i>	-93,8	-93,5	0,3

<i>RbBr</i>	-93,0	-93,7	-0,7
<i>Rb₂SO₄</i>	-340,5	-342,6	-2,11
<i>RbHS</i>	-62,4	-63,2	-0,8
<i>RbNO₂</i>	-117,0	-117,8	-0,8
<i>RbHCO₃</i>	-	-	-
<i>LiNO₃</i>	-	-	-
<i>LiBr</i>	-	-	-
<i>Li₂SO₄</i>	-	-	-
<i>LiI</i>	-	-	-

Òàáèèöà 1.2

Ñî ääëí áí è à	ΔZ_{298}^0 èèàè/í îëü (î î ùò)	ΔZ_{298}^0 èèàè/í îëü (ðññ÷àò)	Δ
<i>NaNO₃</i>	-87,5	-90,0	-2,5
<i>Na₂SO₄</i>	-302,8	-305,2	-2,4
<i>Na₂CO₃</i>	-250,4	-246,2	3,8
<i>LiCl</i>	-91,9	-93,2	-0,4
<i>LiNO₃</i>	-91,7	-87,8	3,9
<i>RbClO₄</i>	-73,2	-72,7	0,5
<i>RbClO₃</i>	-69,8	-69,3	0,5
<i>CsClO₄</i>	-73,3	-73,2	0,1
<i>CsBr</i>	-91,6	-90,6	1,0
<i>KI</i>	-77,0	-79,7	-2,7
<i>RbI</i>	-90,4	-90,6	-0,2

Òàáèèöà I.3

Ñí ààèí áí èà	ΔH_{298}^0 , èèàè/ ì îèù	Ñí ààèí áí èà	ΔH_{298}^0 , èèàè/ ì îèù
$Li_2 Fe_2O_4$	-259,5	K_3N	-44,7
$Li_2 Co_2O_4$	-209,1	$Rb_2 Fe_2O_4$	-258,9
$Li_2 WO_4$	-410,7	$Rb_2 Co_2O_4$	-209,7
$Li_2 SiO_3$	-378,1	$Rb_2 WO_4$	-406,6
$K_2 Fe_2O_4$	-258,9	$Rb_2 SiO_3$	-373,8
$K_2 Co_2O_4$	-209,7	$Cs_2 Fe_2O_4$	-258,9
$K_2 WO_4$	-406,6	$Cs_2 Co_2O_4$	-209,7
$K_2 SiO_3$	-373,8	$Cs_2 WO_4$	-406,6

Òàáèèöà I.4

Ñí ààèí áí èà	ΔZ_{298}^0 , èèàè/ ì îèù
RbH_2AsO_4	-237,0
Cs_2SO_4	-314,6
$LiSO_4$	-314,2
Li_2SiO_3	-454,1
$RbMnO_4$	-170,6
Li_2SO_4	-247,6
K_2SiO_3	-351,2
Rb_2SiO_3	-351,2

ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ ЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
 ДЛЯ РАСЧЕТА ИЗОБАРНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ
 И ТЕПЛОТ ОБРАЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
 ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

С. А. Буталин

М. Х. Карапетянцем [1—4] даны приближенные методы расчета некоторых свойств различных веществ в рядах подобных соединений по уравнению

$$G_2 = AG_1 + B, \quad (1)$$

где G_2 и G_1 — свойства соединений, A , B — коэффициенты.

В [5] было использовано уравнение (1) для расчета теплот и изобарных потенциалов образования солей с катионами цинк — кадмий и стронций — барий.

Значения коэффициентов в уравнении (1) получаются из линейной зависимости, если известны экспериментальные значения G_1 и G_2 для некоторых соединений. Полученная зависимость распространяется на класс подобных соединений. Точность вычисления, в соответствии с точностью опытных данных, находится в пределах 0,3—0,6 ккал.

В [5, 6] приведены уравнения, связывающие теплоты образования и изобарные потенциалы в виде

$$\Delta H' = K\Delta H + L, \quad (2)$$

$$\Delta Z' = M\Delta Z + N, \quad (3)$$

где ΔH , $\Delta H'$, ΔZ , $\Delta Z'$ — соответственно, теплоты образования и изобарные потенциалы двух рядов соединений, имеющих различные катионы; K , M , L , N — коэффициенты.

Интересно показать, используя представления матричной алгебры, что $K = M - A$ и $L = N - B$.

Пусть имеют место преобразования вида

$$\Delta H' = A\Delta H, \quad (4)$$

$$\Delta Z = U\Delta H, \quad (5)$$

$$\Delta Z' = U\Delta H', \quad (6)$$

где A , U — матрицы соответствующих преобразований.

Таблица 1

Соединение	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (опыт)	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (расчет)	$\Delta (\Delta H^{\circ}_{\text{мол}})$	Соединение	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (опыт)	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (расчет)	$\Delta (\Delta H^{\circ}_{\text{мол}})$
NaNO ₂	-111,5	-113,3	1,8	CsHCO ₃	-228,4	-229,3	0,9
Na ₂ SO ₄	-339,9	-332,6	7,3	RbF	-131,3	-134,5	-3,2
Na ₂ CO ₃	-270,3	-265,5	-4,8	RbCl	-102,9	-104,2	-1,3
NaHCO ₃	-226,5	-222,2	-4,3	RbClO ₃	-93,8	-93,5	0,3
Na ₂ SO ₃	-260,6	-258,7	-1,9	RbBr	-93,0	-93,7	-0,7
Na ₂ C ₂ O ₄	-314,3	-311,2	-3,1	Rb ₂ SO ₄	-340,5	-342,6	-2,1
NaCl	-98,2	-100,1	1,9	RbHS	-62,4	-63,2	-0,8
NaBr	-86,1	-89,0	2,9	RbNO ₂	-117,0	-117,8	-0,8
NaHS	-56,5	-59,0	2,5	RbHCO ₃	-228,5	-229,3	-0,8
CsCl	-103,5	-104,2	-0,7	LiNO ₃	-115,3	-114,0	-1,3
CsBr	-94,3	-93,7	0,6	LiBr	-87,4	-83,1	4,3
Cs ₂ SO ₄	-339,4	-342,6	-3,2	Li ₂ SO ₄	-342,8	-343,4	-0,6
CsHS	-62,9	-63,2	-0,3	LiJ	-64,8	-68,2	-3,4
CsNO ₃	-118,4	-117,8	0,6				

Таблица 2

Соединение	$\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (опыт)	$\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (расчет)	$\Delta (\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}})$	Соединение	$\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (опыт)	$\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль (расчет)	$\Delta (\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}})$
NaNO ₂	-87,5	-90,0	-2,5	RbClO ₂	-69,8	-69,3	0,5
Na ₂ SO ₄	-302,8	-305,2	-2,4	CsClO ₄	-73,3	-73,2	0,1
Na ₂ CO ₃	-250,4	-246,2	4,2	CsBr	-91,6	-90,6	1,0
LiCl	-91,9	-92,3	-0,4	KJ	-77,0	-79,7	-2,7
LiNO ₂	-91,7	-87,8	3,9	RbJ	-90,4	-90,6	-0,2
RbClO ₄	-73,2	-72,7	0,5				

Таблица 3

Таблица 4

Соединение	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль	Соединение	$\Delta H^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль	Соединение	$\Delta Z^{\circ}_{\text{мол}}$ ккал/моль
Li ₂ Fe ₂ O ₄	-259,5	K ₂ N	-44,7	RbH ₂ AsO ₄	-237,0
Li ₂ Co ₂ O ₄	-209,1	Rb ₂ Fe ₂ O ₄	-258,9	Cs ₂ SO ₄	-314,6
Li ₂ WO ₄	-410,7	Rb ₂ Co ₂ O ₄	-209,7	Li ₂ SO ₄	-314,2
Li ₂ SiO ₃	-378,4	Rb ₂ WO ₄	-406,6	Li ₂ SiO ₃	-354,1
K ₂ Fe ₂ O ₄	-258,9	Rb ₂ SiO ₃	-373,8	RbMnO ₄	-170,6
K ₂ Co ₂ O ₄	-209,7	Cs ₂ Fe ₂ O ₄	-258,9	Li ₂ SO ₃	-247,6
K ₂ WO ₄	-406,6	Cs ₂ Co ₂ O ₄	-209,7	K ₂ SiO ₃	-351,2
K ₂ SiO ₃	-373,8	Cs ₂ WO ₄	-406,6	Rb ₂ SiO ₃	-351,2

Переход от $\Delta Z'$ к ΔZ осуществляется следующим образом:

$$\Delta Z' = UAU^{-1}\Delta Z, \quad (7)$$

U^{-1} — матрица, обратная U .

Вследствие подобия матриц UAU^{-1} и A следы этих матриц равны для подобных соединений (различные катионы, но одинаковые анионы), т. е.

$$\Delta Z' = A\Delta Z. \quad (8)$$

Таким образом,

$$\Delta H' = A\Delta H + B, \quad (9)$$

$$\Delta Z' = A\Delta Z + B. \quad (10)$$

Зависимости между теплотами образования соединений с достаточной точностью выражаются уравнениями

$$\Delta H = 1,05\Delta H' + 4, \quad (11)$$

(LiAn) (NaAn)

$$\Delta H_{(NaAn)} = 0,975\Delta H_{(KAn)} + 1,5, \quad (12)$$

$$\Delta H_{(RbAn)} = \Delta H_{(KAn)}, \quad (13)$$

$$\Delta H_{(CaAn)} = \Delta H_{(KAn)}, \quad (14)$$

где An — анион соединений.

Изобарные потенциалы соединений рассчитывались по уравнению (10).

Экспериментальные данные для расчета заимствованы из справочника [7].

Результаты расчетов приведены в табл. 1 и 2. Значения ΔH_{298}° и ΔZ_{298}° , рассчитанные по уравнениям (10)–(14), сопоставлены с экспериментальными данными [7] и данными работы [4]. По уравнениям (10)–(14) рассчитаны ΔH_{298}° и ΔZ_{298}° для некоторых экспериментально не исследованных соединений щелочных металлов. Результаты расчета представлены в табл. 3 и 4.

ВЫВОДЫ

Уравнения, определяющие ΔZ_{298}° , полученные при помощи матричной алгебры, имеют те же коэффициенты, что и уравнения, определяющие ΔH_{298}° .

Поступила
22.XI.1962

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Х. Карапетьянц, Ж. физ. химии, 27, 775, 1953.
2. М. Х. Карапетьянц, Ж. физ. химии, 27, 934, 1953.
3. М. Х. Карапетьянц, Ж. физ. химии, 29, 938, 1955.
4. М. Х. Карапетьянц, Ж. физ. химии, 28, 353, 1954.
5. Л. А. Жаркова, Я. Н. Герасимов, Ж. физ. химии, 35, 2291, 1961.
6. Л. А. Жаркова, Ж. физ. химии, 36, 1819, 1962.
7. F. D. Rossini, D. D. Wagman, W. H. Evans, S. Levine & I. Jaffe, Selected values of chemical thermodynamic properties, Nat. Bur. Standards Circ., 500, 1952.

Оеаçàí í î á í àí ðààèáí èà í î èó÷èèí ñâí à ðàçàèðèà è à ààèúí áé-
øâí : Èçáðáí í Úá ðàáí ðú í ðí ð. Êóóí èèí à Ñ.À. á õí ðí àòà mht
"Ñá.Õèì è÷âñèèè àèçàéí -2011. Í î áí ñèàèðñè: Chem.Lab. NCD,
2011 - http://kutol.narod.ru/DIS_2011/gl.mht - ñî .òàé æâ
Wikipedia «Èí ààðèàí ðí Úé í áðàç Ì èðà».

2.ΕΙ ΤΙ ΑΑΟΕΕ. Ι ΑΙ Τ ΟΑΟΙ Τ ΕΤ ΑΕΒ. ΝΕΙ ΟΑÇ
 ΟΕΙ Ε×ΑΝΕΕΟ ΘΑΑΕΟΕΑΙ Α Ι ΔΑΙ ΑΔΑΟΕΑΙ Τ Ε
 ×ΕΝΟΙ ΟΥ².

ΑΙ ΤΙ Τ ΟΑΟΕΒ: Ι θαεοε+άνεε άνα θααί ου γοί αι ί αι θααεάι έγ ί θαά+απο έαθα-
 αι θεε έρ ί ί ααοέε, ί ί ηέι έυέο άυέε çαυεουάι υ ααοί θηέει ε ηαεάαοάεüηοάαί ε
 ΝΝΝΘ έεε ί αοάι οαί ε, ά οίι -έñεά ε çäðóááæí υó ηòðáí. Ι ί ηεάαί ααοάεüí ί
 οαοί ί έί άε+άνεεά ί θε, ί υ ηέι οάçα ί αοάθεαέί ά ε εο έñί ί έυçí ááí έγ ά οαοί ί έί-
 άε+άνεεο όηοοί ένοάαο ηάγçáí υ η όί άί υøάí εάι ðαçí áðí á çαεéí ί ááεñοáορçυεó
 +αηοεο áí έί ου áí ί áí ί ηί ηοί γί έε ε ί θαεοε+άνεε άηάαα έñί ί έυçοáοñý ί θε, ί
 οάάεε+ái έγ ί ί ααòοί ί ηοε áçαéí ί ááεñοáεý ðááεðóρçυεó +αηοεο á ηί άηε
 οάáðαυó ááυáηοá η ί θεί άί άί εάι ðαçεε+ί υó áαçí áυó ηðáá, ááεóοί á, ί áοί áí á
 ááεóί ί ί áí, εáοí áí ί áí ðáñí υεάí έγ, ί εççéí οáí ί áðáοòðí ί ε ί εαçí υ, ΝΑΝ.

Ι εæά ί θεάάάáí υ ί θεί áðυ ί áí ðááí ε+áñéí áí ί ðáí áðáòεáí ί áí
 ηέí οáçα ί αοάθεαέί ά εάáεεΟέεάòéí ί ί έ +έñοί ου,
 ί ί έί æáí ί υά ά ί ηί ί áó ί ðíí υøεáí ί ί áí ί ðí εçáí áñοάá
 οéí ε+áñεεò ðááεòεáí á, ά οάεæά ηί ί ηί áυ οáοί ί έί άε+áñéí έ
 ί áðááí οέε γòεò ί αοάθεαέί ά η οáεüρ εçáí οί áεáí έγ εç ί εò
 γéáí άί οί á έί ί ηòðóéöéε έεε εçááεεε οáοί ε+áñéí áí
 ί áçí ά+ái έγ. Εί áý ί ðááñòááéáí έγ ί ί θεεεάáí ί ε ááæí ί ηòε οáò

². Ά οά+ái εά ί áñéí έυέεò ááñýòεéáòεé Άαοί ðó, ί ηί ί áí ί ί ó έí ί ί ááòί ðó
 ε ááí όí ί áεòáερ γòεò ðαçðááí όί έ, ί ðáεòε+áñεéορçí ί ί ί υü
 ί εαçυááεε ááí ηί ðáοί έεε, ηί ί ááεæí έεε ε ó+ái έεε (Α.Ε. Άóεεò,
 Ι. Ι. Έί όί οεάáε+, Α.Ά. Øáí ί áñί áá, Ά. Ι. ί έñε+ái έί, Α.Ε. Έί ορéí á,
 Α.Ε. ×áðí ί áðí áεéí, Ά.Ά. Έί çέε, ρ. Α.. Óðí έί á, Ά.Ε. Ι. áááááá,
 Ά. Ι. Άáøοί έυá, Ε.Α. Άáøóéí á, Ά.Ν. Óðáουγέί áá, Ά. Ι. Έί οáí έί,
 Ν. Ι. Έί ί áðí áá, Ε.Α. Νοáí áí ί á, ί .Ε. Άί ε-έεí. Ν. Ι. ðýáí á, ί .Α. Ι. óéáð).

èèè èí Ûõ í áí ðááí è-áñêèõ ááÛáñòá, ì àòáðèàèí á,
 òáóí í èí àè-áñêèõ ñí í ñí áí á èõ ÿí èó-áí èÿ, ì áòí áí á
 èññèááí ááí èÿ òèì è-áñêéí áí ñí ñòàáà, ñòðóéòóðÛ, ÿí òè-áñêèèõ
 ñáí éñòá ÿ ðèí áðáòàððòñÿ í ááÛèè á í áÛáé í ðèáí òàöèè
 óáéáñí í á-ðàçí í áí ÿí áóí áà é ì àòáðèàèí ááááí èð áí í áÛá,
 èçó-áí èð èèí á-òèèè, óáðì í áèí àì èèè, ì áóáí èçì à ñèí òáçà
 ááæí Ûõ áèÿ óáóí è-èè ì àòáðèàèí á óáéááí áí í àçí à-áí èÿ.

**II.1. Í ðèì áðÛ òáðì è-áñêéí áí ñèí òáçà áèí àðí Ûõ
 ñí ááèí áí èé èç ÿèáì áí òí á³**

II.1.1. Синтез нитрида лития

Í èððèä èèðèÿ èñí í èüçóáòñÿ á èà-áñòáá ÿóóáèèèáí í áí òááðáí áí ÿèáé-
 òðí èèòà, èàòàèèèçàòì ðà ñèí òáçà, í àí ðèì áð, èñéóññòááí í Ûõ àèì àçí á.
 Á í áñòí ÿÛáá áðáí ÿ á áááóÛèò òèðì áð ÑØÁ íí ÿí èó-ááòñÿ ÿí
 ÿ ðèáí àè-ì ÿí ó í èæá ì áòí áó, ðàçðááí òáí í ÿí ó áí áðáÛá á ÑÑÑÐ.

Ì áòáèèè-áñêèèè èèðèé, èàè èçááñòí í, áçàèì í ááéñòáóáò ñ àçí òí ì óæá
 ÿ ðè èí ÿ í áòí í é òáì ÿ áðáòóðá; ÿ ðè òðáí áí èè á èí í òàèòá ñ áí çáóóí ÿ
 èèðèé ÿ áðáóí áèò á í èèñè (áèáðí í èèñè, èáðáí í àòà) è í èòðèáà.

Í áí áèí óáóí è-áñêéí á ÿí èó-áí èá -èñòí áí í èòðèáà èèðèÿ èç ÿèáì áí òí á
 ÿáèÿáòñÿ áí èáá ñèí æí í é çááá-áé, +áì ÿ í æí í áÛèí í æèáàòù, èñòí áÿ
 èç èì áðÛèèñÿ á èèòáðáòóðá ááí í Ûõ í áçàèì í ááéñòáèè èèðèÿ è
 àçí òà.

ÒááðáÛé ì áòáèèè-áñêèèè èèðèÿ ñ -èñòí ÿ àçí òí ì ðáááèðóáò -ðáçáÛ-
 -áéí í ÿ ááéáí í ÿ. Ñèí òáç í àçí à-èòáèí Ûõ èí èè-áñòá $Li_3 N$ ÿí ðí áí áèòñÿ

³. Èí í òðí èúí í -èçì áðèòáèúí Ûá ÿ ðèáí Û ÿ ðèáí áÿòñÿ òáé, èáé ÿòí áÛèí
 í à ÿí áí òí ÿí òáí í áèè ÿèñí áðèì áí òà.

äëèðàéúí Ñì Ì ðíí òñéáí èáì àçí òà í äà ðàñí èääéáí í Ñì Ì äòàééíì
 (ÁÙøá 180°). Í áí áéí è Ì ðè ýòèð òñéí àéýð , Ìí-àèäèì Ìí ó, í á
 Ìí éó÷ààðñý ÷èñòÙé í èððèä, ò.é. Ì òí á÷áéíñù áíñí èàì áí áí èä Ì ðè
 ðàñoáí ðáí èè Ì ðí áóéòà ðáàéòèè á áí äá, ÷òí Ì í æàð áÙòù í áúýñí áí Ì
 Ì ðèñòòñòàèáì í áí ðí ðáàáèðí áááøááí Ì äòàééä. Í í çáí áá Äàòáðò è
 Ì èééáóç Ì ðí áí áèèè Ì ðí òáññ Ì ðè 450°, Ìí Ì ðè ýòí Ì ðí èñòí áèèä
 ñèéúí áý éí ððí çèý æáéáçí í é áí Ì áðáðòðÙ. Õéí òèù è Äðáòýð, á çàðáí
 Äáèèä è Ì àñáðí ðè Ì ðí áí áèèè ñéí òáç Ì ðè í áðáðááí èè Ì äòàééä áí
 400° è äáæá áí 800°, èñí í èúçòý á èà÷áñoáá ðáàéòèí í í Ñò ñí ñóáí á
 òèáèè èç òóáí í èääéèð è éí ððí çèí í í ñòí ééèð ñí áàèí áí éé, èàé
 í áí ðèì áð òèááèù èç ZnO₂ , Ìí éðÙòÙé òðí ðèáíì èèðèý. Õñéí áèáí
 óñí áøí í áí ñéí òáçà óéáçÙ-áàèàñù áí èùøáý ÷èñòí òà àçí òà è
 Ì í ááðòí í ñòè Ì äòàééä. Í í áí áðè-èáí ñéíì ó Ì äòáí òó í èððèä èèðèý
 Ìí éó÷áðò, Ì ðíí òñéáý Ì ÷èÙáí í Ñé àçí ò ÷áðáç ñóñí áí çèð
 ðàñí èääéáí í í áí Ì äòàééä, áèñí áðáèðí ááí í í áí á í áðáòèí á Ì ðè 200°.

Èí áðÙèáñý á èèðáðáòóðá ñááááí èý Ì ðáàéòèè èèðèý ñ àçí òí Ì ÷áñòí
 Ì ðí òèáí ðá÷èáÙ èèè Ì øéáí ÷í Ñ; òáè, á «Èðáòéí é òèí è÷áñéí é
 ýí òèééí í áàèè», ò.ÍÍ, 1963 á. á ñòáòùá «Èèðèé» óéáçáí Ì, ÷òí « á òí éá
 ñóóí áí àçí òà ðáàéòèý Ì ðí òáéááð áÙñòðí ñí Ì í éí Ñì Ì áðáòí áíì èèðèý á
 í èððèä, á Ì ðè í ááðáááí èè- ñ áíñí èàì áí áí èáì ».

Ä ñáýçè ñ áÙýáèáøèì ñý á Ì í ñéááí èä áí áÙ Ì ðèì áí áí èáì í èððèäá
 èèðèý á èà÷áñoáá èàðáèèçàðí ðá è Ì ðí Ì áæóóí ÷í í áí Ì ðí áóéòà áéý
 Ìí éó÷áí èý í èððèáí á áðóáèð Ì äòàééí á áí çí èèèä í áí áóí áèì Ì ñòù á
 áÙáí ðá èèè ðáçðááí òéá òáðí è÷áñèè ýóòáéòèáí í áí Ì áðí áá ñéí òáçà Li₃
 N , Ì ðèáí áí í áí áéý Ì ðí èçáí áñoáá áí èùøèð éí èè÷áñoáá Ì ðí áóéòà.

ÁÙéí Ì ðí ááááí Ì èññéááí ááí èä òðáð Ì ñí í áí Ñò Ì óóáé ñéí òáçà: á òí éá
 àçí òà í äá ðàñí èääéáí í Ñì Ì äòàééíì , Ì ðè Ì ðíí òñéáí èè àçí òà ÷áðáç
 ñóñí áí çèð Ì äòàééä á Ì áðáòèí á, Ì í á áááéáí èáì àçí òà.

Экспериментальная часть

À èà-àñòàà èñòí àí Ñò ì àòàðèàèí à àèÿ ï ï èó-àí èÿ ï èòðèàà èèèèÿ èñí ï èüçí ààèèñü: èèòèè ì àòàèèè-àñèí é ì àðèè ÈÛ-2 (ñí ààðæàí èà Na è È 0,1%), àçí ò à áàèèí í àð òàðí è-àñèèè (ñ ï ï ñèàáóð Ñáé ï-èñòèí é ï ò àèààè è èèñèí ðí àà èèè ááç ï-èñòèè).

Ðààèèèè ï ðí àí àèèèñü à ðàòí ðòà, óñòàí ï àèàí ï ï é à àáðòèèàèüí ï é ï à-è ñí èòðí ï ï à Ñí ï ààðààòàèàí .

Ðàí ï àðàóðòà èçí àí ÿèàñü èíí òàèóí Ñí òàðí ï ï àòðí ï ñ òí-í ï ñòüð àí 0.1⁰ èèè ððí àèüèí òàðí ï ï àðí é è ðàáóèèðí ààèàñü ÿèèòðí ï ï Ñí ï ï òàí èèí ï àòðí Ûí Û-12.

Синтез в токе азота над металлом

Àèÿ ï ðí ààááí èÿ ï ðí òáññà á Ñèà ñí áðàí à óñòàí ï àèà, ï ðàáñòààèáí ï àÿ ï à ðèñ.4. Àçí ò, ò Ñàòàèüí ï ï-è Ñáí ï Ñé ï ò èèñèí ðí àà è àèààè, ÿàèÿð- Ñèòñÿ èí àèàèóí ðàí è ðààèèèè, ï ðí ï òñèàèñÿ à ðàòí ðòò, à èí òí ðóð ï ï ï à Ñáèñÿ òèààèü ñ ì àòàèèè-àñèèè èèèèàí, ï ðààààðèòàèüí ï ï ðí ï Ñò Ñí ñí èòðí è à Ñí òóáí ï Ñí . Í ðè òàí ï àðàóðòà ï èæà 180⁰ (òàí ï àðàóðòà ï èààèáí èÿ èèèèÿ) à Ñáàðæèà à òí èá àçí òà à òà-àí èà 48 -àñí à ï ðèààèà èèèè è-àñòè-í ï ó (40%) ï àðàòí àó ì àòàèèà à ï èòðèà. Í ï èí ï à ï ðàáðà Ñáí èà ì àòàèèà à òà-àí èà ï ðèàí èáí ï àí àðàí àí è (4 -àñà) ï ààèðààèàñü òí èüèí ï ðè 450⁰, ï ï ï ðè ÿòí ï ï ðí èñòí àèèí -àñòè-í ï à èèè ï ï èí ï à ðàçðóðáí èà òèàèáé. À èà-àñòàà ñí ñóáí à àèÿ èèèèÿ ï ðèí àí ÿèèñü òèàèè èç Òàðòí ðà, èààðòà, èí ðóí àà è ï àðæàáñòàèèè; àñà ÿòè ì àòàðèàè Ñí ï ï ààáðààèèñü àáñüí à çí à-èòàèüí ï é èí ððí çèè è ï ñòàòí é ï ò ðàçèí æáí èÿ àí àí é ï ðí àóèòà ðààèèèè

нi нoаaeyē aī 40% aāī aāñā. Ā ī ī ūoāō n ī ðēī aī aī èaī ī aī ÷èŪaī ī ī aī açī oā nōaī aī ū ī ðāāðāŪaī èy ī āoāēēā ā $Li_3 N$ ðāçēī nī èæāēāñū.

Синтез при пропускании азота через суспензию металлического лития в парафине

Ðañī èaāēaī ī ūē ī āoāēēē+āñēēē èēoēē n ī ī ī ūōp ī ðīī aēēāðī ī ē ī āøāēēē (1000 ī ā/ī èī) aēñī āðāēðī āaēñy ā ī āāðāoī ī ī āðāoēī ā, è ÷āðāç ī ī èó+āī ī oþ nōñī aī çep ī ðīī oñēaēñy ī ÷èŪaī ī ūē açī ð.



Ðēñ. 1. Nōaī ā oñōaī ī aēē aēy èçó+āī èy āçāēī ī āāēñðāēy èēðēy n açī oī ī ā oī èā āaça. 1. Aaēēī ī n açī oī ī. 2-6. Èī èī ī èē nī āaī ī ē nōðoāēēī ē, ī āaðāāāāī ūā aī 700° aēy ī ÷ēñðēē ī o èēñēī ðī āā. 7-9. Nēēyī èē n ðāñðāī ðī ī H_2SO_4 (1:4). 10. Nēēyī èā n èī ī oāī ððēðī āaī ī ī ē H_2SO_4 . 11,16. Ī āī ī ī āððŪ. 12. Nēēyī èā n $CaCl_2$. 13-14. Nēēyī èē n $Đ_2O_5$. 15. Oēēūðð èç nōāēēī āāðŪ. 17. Ī ðāaī ððāī èoāēūī ay nēēyī èā. 18. Ī ā-ū n ðāāēoēī ī ī ē ðāoī ðoī ē. 19. Nēēyī èā n èī ī oāī ððēðī āaī ī ī ē H_2SO_4 .

Oāī ī āðāoððā nēī oāça āāðūēðī āāēāñū ā ī ðāāāēāō ī ð 190 aī 220°, ī ðī aī èæēðāēūī ī nōū ī ð 2 aī 7 ÷āñī ā. Āī añāō nēó+āyō āðāī oēŪ ī ðī āoēðā nī āāðāēēē ī ā ðyāó n ī èòðēāī ī Oāçō ī āoāēēē+āñēī aī èēðēy.

2.1.1. Синтез под давлением азота. Для опытов была изготовлена реторта, рассчитанная на давление 30атм; реторта помещалась в печь и сообщалась с баллоном азота непосредственно или через систему очистки азота. В реторту помещался тигель из нержавеющей стали с пластинками металлического лития толщиной 3–5 мм. Реторта продувалась азотом в

течение нескольких минут, после чего давление азота и температура постепенно повышались (в течение 1–2 часов). По достижении заданных значений температуры и давления давалась выдержка в течение 3–6 часов. В результате серии опытов было установлено, что в интервале температур 160–180° (ниже температуры плавления лития), при давлении азота 6–8 атм и выдержке в течение 4–6 часов достигается количественный переход лития в нитрид Li_3N . Продукт реакции представлял пластинки от темно-красного до черного цвета, сохранившие форму исходного металла, но сравнительно легко разрушающиеся при измельчении. Никакой коррозии материала тигля и реторты не наблюдалось. Состав продукта был установлен путем химического и рентгено-фазного анализа. Образцы полностью растворялись при обработке водой; выделяющийся аммиак поглощался кислотой и определялся обратным титрованием щелочью; литий в форме гидроокиси определялся титрованием кислотой и, кроме того, весовым методом. Атомное отношение $Li:N$ составляло от 3.00 до 3.02. Содержание железа было равным 0.005%. Результаты, полученные при применении очищенного и неочищенного азота, оказались одинаковыми, т.е. заметного взаимодействия лития с кислородом, содержащимся в азоте, и ингибирующего действия кислорода на реакцию с азотом не отмечалось. Данные рентгенофазного анализа образца удовлетворительно согласовывались с данными Цинтля и Брауэра и подтвердили, что полученный продукт является соединением $Li_3 N$. Укрупненные опыты с загрузкой до 300г. металлического лития дали такие же результаты и подтвердили возможность применения процесса синтеза нитрида лития под давлением азота для производственного получения этого продукта.

2.1.2. Синтез гидрида циркония (ZrH_2)

Ñëí òâç ãëäðëää òëðëí í èü ýäëüäòñý ãëðóäëüí Ñì äí í ðí ñì ã ñäýçè ñ äí çì í æí í ñòýì è ääí í ðëì áí áí èü á èà+áñðää èàòàèèçàðì ðà è ðááááí ðà

á í ðááí è-áñéí ì è í áí ðááí è-áñéí ì ñéí òáçà, äëý í í éó-áí èý éí áéí áí öèðéí í èý è äð.

Ëç èèòáðáòóðÛ èçááñóí í, +òí áèäðèä öèðéí í èý ñ ì áèñèì áèúí Ûì í òí í ðáí èáì $H:Zr = 1,92$ ì í æáò áÛòù í í éó-áí í ðè ááéñòáèè í +èÛáí í í áí áí ðí áà í à öèðéí í èé í ðè òáí í áðáòóðáò áÛøá 600^0 , í éí éí éí òí ðí é í ðí éñóí áèò Òàçí áí á í ðááðáÛáí èá öèðéí í èý. ÓèàçÛáááòñý, +òí í àèè-èá í éáí èè éí èñèà í à ì áòáééá, à òàèæá í ðèì áñè èèñéí ðí áà á áí áí ðí áá çàì ááéýáò ðááèòèþ.

Á í áñóí ýÛáé ðááí òá èññéááí ááí í áçàèì í ááéñòáèè ñóóí áí öèðéí í èááí áí í í ðí ðèà ñ í í áí +èÛáí í Ûì í ðè í í áÛøáí í í áááéáí èè (8 áòì) è äëý ñðááí áí èý-í ðè àòì í ñóáðí í í áááéáí èè (800 ì ì .ðò.ñò.).

Í ðèì áí ýñý öèðéí í èé éááèèòèèáòèè «+» (Ì Í ÓÓ 2545-60) è áí áí ðí á òáóí è-áñéèé (ÁÍ ÑÓ 3022-45), ñí ááðæàÛéé áí 0,5 àò.% \hat{T}_2 è áí 25 á/í ì ³ áí áÛ.

Áçàèì í ááéñòáèè í ðè àòì í ñóáðí í í áááéáí èè í ñóÛáñòáèè ýéí ñù á òí éá áí áí ðí áà í áà öèðéí í èááÛì í í ðí ðéí ì , í ì ì áÛáí í Ûì á éí áí +éò èç ì í èéáááí í áí é æáñòè, í ðè òáí í áðáòóðáò í ò 100 áí 900⁰ Ñ. Ðáí òááí í Òàçí áÛé áí áèèç í í èàçàé, +òí áí áñáò í ðí áóéòáò í ðèñóòñóáóáò çí à-èòáéúí í á éí èè-áñòáí ZrO_2 .

Áëý í í Ûòí á í í á áááéáí èáì áí áí ðí áà öèðéí í èááÛé í í ðí ðí é (í áááñèà 20á.) í ì ì áÛáèñý á òèááéú èç ì í èéáááí í áí é æáñòè, éí òí ðÛé óñóáí ááèèááèñý á ááòí ééááá èç ñòáèè IX18H9T. Ñí çááááéí ñù áááéáí èá áí áí ðí áà 8 áòì í ðè í í áÛøáí èè òáí í áðáòóðÛ í ò 100-1000⁰Ñ; áðáí ý ñéí òáçà ñí ñòááéýéí 2 +áñà. Ðáí òááí í Òàçí áÛé áí áèèç í áðáçòí á, í í éó-áí í Ûó í ðè òáí í áðáòóðáò 500⁰ è áÛøá, áàè òí ðí ðáá ñí áí áááí èá ñ èèòáðáòóðí Ûì è ááí í Ûì è äëý ZrH_2 è í á í áí áððæèè í ðèñóòñóáèý ÒàçÛ ZrO_2 .

ÐàçóéúòàòÙ ÌÏ Ðààáéáí èÿ Ì èí òí Ì ñòè Ì ðí áóéòí á àèäðèðí ááí èÿ,
 Ì Ì éó÷áí í Ùò Ì ðè ðàçí Ùò òáí Ì áðàòóðàð. Ì èí èí òí Ì èí òí Ì ñòè, ðàáí Ùé
 5,60 á/ñí³, èí àè Ì áðàçàò, Ì Ì éó÷áí í Ùé Ì ðè 700⁰. Ì Ì ááí í Ùí ðàáí òÙ
 Á.É. Ì èòáááí é Ì èí òí Ì ñòè àèäðèáà, Ì òáá÷àðÙááí Òí ðí óéá ZrH_{1,92},
 ñí ñòááéÿàò 5,48 á/ñí³, Ì Ì ááí í Ùí Ñáí ñí í í áà è Óí áí ñèí áí - 5,67
 á/ñí³, è ñèááí áàòáéúí Ì Ì èí òí Ì ñòè Ì Ì éó÷áí í Ùò í áí è Ì èí èí 700⁰
 Ì áðàçòí á Ì Ì çáí èÿàò òàðàèòáðèçí áàòú èò èàè ñ ñí ááðæáí èáí
 áí áí ðí áà, áéèçèè è Ì àèñè ì àéúí Ì Ì ó. Ì áí Ì ñòááí ñòááí í í áí Ì ðàááéáí èá
 òè Ì è÷áí èí ñí ñòááá àèäðèáà òèðèí í èÿ ááí ì à ñèí áí í è í á Ì Ì áéí
 á Ùò ì á Ùí Ì èí áí í, à ñòæááí èá Ì ñí ñòááá àèäðèáà Ì Ì óááèè÷áí èð ááñà
 Ì áðàçòà ñòááí è-ðáéúí Ì ñ èñòí áí Ùí Ì áòáèè Ì í á ááñò áí ñòááòí Ì Ì
 òí Ì í Ùò ááí í Ùò, òàè èàè ááñ èçí áí ÿáòñÿ áñááí í à 2%. Ðÿá áðóáèò
 Ì ðèçí áéí á, Ì áðÿáò ñ Ì Ì ðàááéáí èáí Òàçí áí áí ñí ñòááá è Ì èí òí Ì ñòè,
 òàéæá Ì Ì çáí èÿè èááí òè-Òèòèðí áàòú Ì Ì éó÷áí í Ùé Ì ðí áóéò èàè àèäðèá
 ñ ñí ááðæáí èáí áí áí ðí áà, áéèçèè è Ì àèñè ì àéúí Ì Ì ó: Ì áðàçòÙ,
 Ì Ì éó÷áí í Ùá Ì ðè òáí Ì áðàòóðà 500⁰ è á Ùò á, çáí áòí Ì Ì òèè÷áèèñú Ì ò
 í èçèí òáí Ì áðàòóðí Ùò òááòí Ì Ì ðí Ùé òááò, óáèáæí áí í Ì ñòóð è
 í á Ùè ì àéáí Ì. Ì Ì áèáè Ì Ì ó, áèáá, ñí ðáèðí ááí í áÿ Ì òèáæááí í Ùí è
 Ì áðàçòáí è àèäðèáà òèðèí í èÿ, ñí ááðæáè ááí ì í áòí àèáðèèñÿ á
 ñèñòáí á èèñèí ðí á (èç áí áí ðí áà è Ì èèñí Ì è Ì èáí èè Ì áòáèèà).

2.1.3. Способ получения нитрида галлия

Ì èòðèá ááèèèÿ GaN í áòí àèò Ì ðè ì áí áí èá á èá÷áí ñòááá Ì Ì éóí ðí áí áí èèá
 è Ì áèááááò èáòáèèòè÷áíèè è è èðí èí áí òáí òí Ùí è ñáí èñòááí è.
 Ì áíí Ì òðÿ í á í áèè÷áè ááæí Ùò á Ì ðáèòè÷áíèè Ì òí Ì çáí èè ñáí èñòá è
 óæá Ì Ì ðáááèèáðáèñÿ çí á÷èòáéúí í é Ì Ì ðááí Ì ñòóð á ÿòí Ì ðí áóéòá,
 ñí Ì ñí á Ùí Ì Ì éó÷áí èÿ Ì èòðèáá ááèèèÿ ðàçðááí òáí Ù í ááí ñòááòí Ì Ì è
 Ì ðèáí èáí Ì áí àéÿ Ì ðááí èçáòèè Ì ðí Ì Ùò èáí í í áí Ì ðí èçáí áñòáá Ì áòí áà

Галлий может быть получен двукратным нагреванием металлического галлия в корундовой лодочке в быстром токе аммиака в продолжении 2 часов при 1100° с измельчением получающегося после первого азотирования промежуточного продукта.

Азотид галлия может быть получен разложением фторогаллата аммония $(NH_4)GaF_6$ в токе аммиака при 900° [1,2,4].

1. Нитрид галлия может быть получен двукратным нагреванием металлического галлия в корундовой лодочке в быстром токе аммиака в продолжении 2 часов при 1100° с измельчением получающегося после первого азотирования промежуточного продукта.

2. Нитрид галлия может быть получен разложением фторогаллата аммония $(NH_4)GaF_6$ в токе аммиака при 900° [1,2,4].

3. При разложении соединения $GaCl \cdot NH_3$ при 900–1000° получается нитрид галлия.

4. Описывается также способ получения нитрида галлия путем азотирования смеси металлического галлия и карбоната аммония с соотношением 1:1 или окиси галлия и карбоната аммония, взятых в отношении 1:1, в токе аммиака в течение 1–2 часов при температуре 1100°. Несмотря на значительное количество описанных методов, все они чрезвычайно трудоемки и, как показала проведенная работа, плохо воспроизводятся в производственных условиях при получении значительных количеств нитрида галлия. Кроме того, для получения нитрида галлия требуется в ряде случаев предварительный синтез соединений галлия или неоднократное измельчение промежуточных продуктов при получении нитрида галлия из металлического галлия. Во всех способах для получения нитрида галлия требуется высокая температура (900–1100°), в особенности при получении нитрида галлия из металлического галлия. Предложенный (Г.В. Самсонов, М.Д. Лютая,

авторское свид. СССР № 156.535) метод получения нитрида галлия оказался неприемлемым для получения нитрида галлия в количествах свыше 1г., так как с увеличением загрузки возрастает продолжительность процесса и получить продукт, свободный от окиси галлия, не удается. Расход аммиака по этому способу в сотни раз превышает теоретически необходимое для образования GaN количество, так как в реакцию вступает лишь незначительная часть протекающего через реакционную зону аммиака. Кроме того, этот процесс характеризуется весьма высокой температурой синтеза, что осложняет его аппаратное оформление. Протекание аммиака через зону с температурой 1100⁰ создает в производственных условиях взрыво- и пожароопасность.

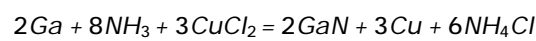
Сущность способа

Í î ï ðááèàààî ïì ó ì àðî áó á àî ï àðàð, ï ðááí àçí à+áí í Ùé àëý ðááí òù ï î á àááéáí èáí è ñí àáæáí í Ùé òí èí àèèúí èèíì , ï ï ï áùáðòñý ááá ñí ñóáá (èèè ñí ñóáá ñ ááóí ý èáì áðáì è), ñí ááðæàùèò: ñì áñú ì áòàèèè+áñéí áí ááèèèý è òéí ðèáá àì ì í í èý 2:1 ï ï ááñó (òéí ðèá àì ì í í èý èáðááò ðí èú ðàçðùòèèòáèý ááèèèý);

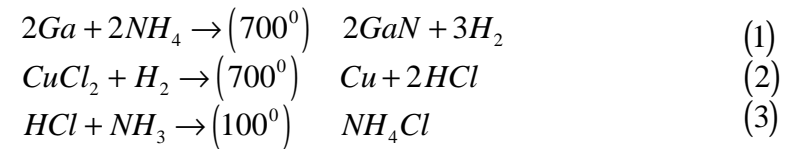
1) хлорид металла, способного к восстановлению водородом при 700⁰С, например меди и серебра.

Á àî ï àðàðá ñí çààáòñý òáì ï áðàòóðà 700⁰ è í áí í áðáì áí í í í ááí áòááòñý àì ì èàè áí áááéáí èý 6 àòì ., èí òí ðí á ï ï áááðæèáááòñý á ï ðí òáññá ñèí òáçà. Ñèí òáç çàèáí +èáááòñý çà 2-3 +àñà.

Òèì èçí ï ðí òáññá áùðáæááòñý ñóì ì àðí Ùì òðááí áí èáì :



которое является результатом последовательных реакций:



Èíí á÷í Úá Ì ðí áóéòÚ Ì ðí óáññá- í èòðèà ààèèèý, Ì áäü è ðèí ðèä àì Ì íí èý - í èàçÚáàòòñý Ì í éí í ñòùò ðàçáàéáí í Úì è: GaN - (ñáðÚé Ì Ì ðí øí é) - á ñí ñóáá, ááá í àðí àèèàñü ñì áñü Ga+NH₄Cl; Cu - (ì áòàèèè÷áñéàý áóáéà) - á ñí ñóáá, ááá í àðí àèèàñü ðèí ðí àý Ì áäü; NH₄Cl - (éðèñòàèèè÷áñéàý Ì áññà) - í à òí éí àèèüí èéá.

Í ðí ááááí èá Ì ðí óáññá á óéàçáí í Úò óñéí áèýð í ááñí á÷èááò òáí ðáòè÷áñééé áÚòí á í èòðèàà ààèèèý è áðóáèð Ì ðí áóéóí á ðáàéòèè, à òàéæá ñòáòèíì áòðè÷áñééé ñí ñòáá è áÚñí éòò ÷èñòí óó í èòðèàà ààèèèý. Í í áí ÷í Úá Ì ðí áóéòÚ Ì ðí óáññá- Ì áäü è ÷áñòè÷í ðèí ðèä àì Ì íí èý áíçáðáÚàòòñý á ñéááòòÚéé òééé (ì ááí àý áóáéà èçì áèü÷ááòñý, í èñéýáòñý Ì ðè í ááðáááí èè áí í èèñè Ì áàè, éí òí ðáý ðáñòáí ðýáòñý á ñí éýí í é èèñéí óá; Ì ðè óí áðèááí èè ðáñòáí ðá CuCl₂ · 2H₂O Ì í éó÷ááòñý ; í ááðáááí èáì áèäèèàà áÚøá 110⁰ Ì í éó÷ááòñý ááçáí áí àý ðèí ðí àý Ì áäü). ×áñòù ðèí ðèäà àì Ì íí èý (éí èè÷áñòáí, í áðàçí áááøááñý Ì Ì ðáàéòèè) áÚáí àèòñý èç Ì ðí óáññá èáè Ì í áí ÷í Úé Ì ðí áóéò.

Í ðèì áð.

Á áí ðèçí í òàéúí óò ðáòí ðòó èç í áðæááñòàèè IX18H9T, ðááí ÷èì í áúáì Ì Ì 3 è., áÚèà Ì Ì Ì áÚáí à èááðóáááý èòááòà, ðàçáàéáí í àý áí àýí í í é í áðááí ðí áéí é í à ááá èàì áðÚ. Á í áí í é èç èàì áð ñí ááðæáèèñü èñòáðòáý ñì áñü Ì áòàèèè÷áñéí áí ààèèèý (70,0 á.) èáàèèèòèèáòèè «Áè-1» è ðèí ðèäà àì Ì íí èý (35 á.) èáàèèèòèèáòèè «÷áà»

(i dāāāāðēðāēūī ī ī āðāēðēñōāē-ēēçī āāī ī ī āī ē āūñōāī ī ī āī). Āī āōī ðī ē ēāī āðā ī āōī āēēī nū 203 ā. āāçāī āī ī ē ðēī ðī ī ē ī āāē.

ðāōī ðōā āūēā çāēðūōā ēðūøēī ē n āī āyī ūī ī ðēāæāāī ēāī , ī ī nēā ÷āāī ā òā÷āī ēā 10 ī ēī òō ī ðī āōāāēāñū āī ī ēāēī ī . Ā òā÷āī ēā 1 ÷āñā ðāōī ðōā āūēā ī āāðāōā āī 700⁰ ē ī āī ī āðāī āī ī ī ā ðāōī ðōō āī ōñēāēñy āī ī ēāē āī āī ñōēæāī ēy āāāēāī ēy 6 āōī . Ī ðē yōēō ōñēī āēyō (āāāēāī ēā āī ī ēāēā ī ī āāāðæēāāēī nū ðāāī ūī 6 āōī .) ðāōī ðōā āūāāðæēāāēāñū ā òā÷āī ēā 2 ÷āñī ā.

Ī ī nēā ī ðēāæāāī ēy ē ðāçāðōçēē ðāōī ðōū ī ī ēō÷āī ī 83,6 ā. ī ēòðēāā āāēēēy (āūōī ā 99%), 94 ā. ī āāī ī ē āōāēē (āūōī ā 99%) ē 186 ā ðēī ðēāā āī ī ī ēy (āūōī ā 97,5%). Ñēāāī ā ēī ððī çēē ī āōāēēā ēpāāōū ē ðāōī ðōū ī ā āūēī ī āī āðōæāī ī. Ī ēòðēā āāēēēy ēāāēī ē ī ī ēī ī ñōūp āūñūī āēñy èç ēpāāōū.

ðāñōī ā āī ī ēāēā, āēēp÷āy ī ðī āōāēō ðāōī ðōū ē āī ī ēāē, āūī ōūāī ī ūē èç ðāōī ðōū ī āðāā āā ðāçāðōçēī ē, ñī ñōāāēē 110 ā., èēē 1,3 ēā ī ā 1 ēā ī ēòðēāā āāēēēy.

Ōēī ē÷āñēēē ē ðāī òāāī ī ōaçī āūē āī āēèç ī ēòðēāā āāēēēy ī ī ēaçāē, ÷ōī ī ðī āōēō yāēyāōñy ñōāōēī ī āððē÷āñēēī ñī āāēī āī ēāī GaN ē ī ā ñī āāðæēō ī ðēī āñāē, ēðī ī ā ñī āāðæāūēōñy ā ēñōī āī ī ī ī āōāēēā.

Ī ðāēī ōūāñōāā ī ðāāēāāāāī ī āī ī āōī āā:

1. Обеспечить количественный синтез нитрида галлия при больших загрузках материала и небольшой продолжительности процесса.
2. Резко сокращается расход аммиака и вспомогательных материалов.
3. Значительно снижается (с 1100⁰ до 700⁰) температура процесса, что позволяет упростить аппаратурное оформление процесса.

4. Исключается потеря галлия за счет уноса с газами.

5. Улучшаются санитарно-технические условия производства ввиду отсутствия выделения газов в ходе процесса.

2.1.4. Электроэрозионный способ получения тугоплавких соединений и их твердых растворов

Ёñõî áî Ñâ ì àðâðèàèÛ (í ðèì áð).

1. Германий – РЭТУ 1247-65, группа 1 а.с.

2. Алюминий – ЦМТУ 5-1-66 марки А-999.

3. Титан – МРТУ 14-19-64 марки ТГ-100.

4. Азот газообразный в баллонах с содерж. O₂ –0,005%.

5. Кислород газообразный в баллонах.

Óñòðí èñòáí ñí ááðæèò ááîì àòðè-áñèóð èàì áðó 1 ñ òáí èíîáí áí í èèíì 2 äèÿ îòáí àà òáí èà îò ñòáí íè èàì áðÛ, ñí ñòááí Ñâ ÿèàèòðí àÛ 3, ï ðááñòààèÿðÛ èá ñí áí é ÿèàèòðè-áñèèà ááðì í ááí àÛ 4, óñòáí í áèáí í Ñâ ñ áíçì í æí í ñóð ï áðáí àÛ áí èÿ, á èí òí ðÛò çàèðáí èáí Ñ ì ááí Ñâ ñòáðæí è 5, áÛ ñí èí-áñòí òí Ñè ááí áðáòí ð 6, ï íáñí áàèí áí í Ñè é ÿèàèòðí ààì 3, í áñí ñ 7 äèÿ îèà-èè áí çàòòà èç èàì áðÛ 1 è áàèèí í 8 ñ ààçí í áðàçí Ñì àçí òí ì .

Ñí í ñí á ðáàèèçòòò ñèááóðÛ èì í áðàçí ì .

Ì ááí Ñâ ñòáðæí è 5 çàèðáí èÿðò á ááðì í ááí áàò 4. Èç èàì áðÛ 1 í áñí ñí ì 7 îèà-èèáðò áí çàòò è çàòáí çàí í èí ÿðò áá ààçí í áðàçí Ñì àçí òí ì èç áàèèí í à 8 áí áàáèáí èÿ 7-9 àòì . Í à ÿèàèòðí àÛ 3 îò ááí áðáòí ðà 6 ï í ááðò áÛ ñí èí á í àí ðÿæáí èà è ì áæáò ì ááí Ñì è

ñòáðæí ýì è 5 áíçí èèààò àÙñí éí ÷ àñòí òí Úé ðàçðÿ, ÿíä äáéñòáèáì éí òí òí áí í áðàçòðòñý èí í Ù àçí òà è èí í Ù ì áàè, ÿ ðè ÷ áì ÿ ÿñéááí èá, áçàèì í äáéñòáóÿ ì áæáó ñí áí é, í áðàçòðò í èòðèà ì áàè, ÿ ÿñéá ÷ ááí ÿ ÿéó ÷ áí í Úé ÿ ðí áóéò á àèàá àÙñí éí àèñí áðñí í áí ÿ ÿ ðí øèà í ñàæááàòñý í à ÿ òèàæááí í Úó ñòáí èáò èáì áðÙ 1.

ÿ ðèì áð 1. Èç ì ááí Úó ñéèòéí á èçáí òàáéèàáðò ñòáðæí è 5 àèáì áòðí ÿ Á = 16 ÿ ì è àèéí í é L = 70 ÿ ì, éí òí ðÙá çàèðáí èÿðò á ÿéáéòðè ÷ áñéèò ááðì í ááí áàò 4 í à ðáññòí ÿí èè d = 2 ÿ ì í áèí í ò áðóáí áí. Èç ááðì í èáì áðÙ 1 ñ ÿ ÿ ÿ ÿ Ù ÿ ð í áñí ñà 7 ÿ òèà ÷ èáááòñý áí çáóó áí ÿ ñòáòí ÷ í áí áááéáí èÿ Ð = 0,05 ÿ ì ðò. Ñò. ÿ ÿ ñéá ÿòí áí ááðì í èáì áðó 1 çáí í éí ÿðò áàçí í áðàçí Ùì àçí òí ì èç ááééí í à 8 áí áááéáí èÿ 7 áòì. Í ó àÙñí éí ÷ àñòí òí í áí ááí áðáòí ðà 6 ÿ ÿ áááòñý í áí ðÿæáí èá í à ÿéáéòðí àÙ 3. ÿ ðè ÿòí ì áæáó ñòáðæí ýì è 5 áíçí èèààò Á × ðàçðÿ. Ááèè ÷ èí à ÿ éí òí ÿ ñòè òí èà á òà ÷ áí èá áñááí ÿ ðí òáññà ÿ ÿ áááðæèáááòñý ðááí í é 17,5 Å/ñí². ÿ ÿ ä ááéñòáèáì Á × ðàçðÿ áá í áðàçí àÙ áááòñý í èòðèà ì áàè. ÿ ðè ÿòí ì ñéí ðí ñòú ÿ ÿ ðí øèà áí òí áí áí ÿ ðí áóéòà ñí ñòááéÿáò V = 1,5–2,0 á/÷.

ÿ ÿéó ÷ áí í Úé ÿ ðí áóéò áí àèèçèðòáòñý í à ñí ááðæáí èá àçí òà (ì áòí áí ì ÈÚáéüááéÿ) è ì áòàèèà (ááñí áÙì ì áòí áí ì ñ òí ÷ í ÿ ñòú ÿ 0,5–1 ÿ òí %). ñí ááðæáí èá àçí òà ñí ñòááéÿáò 6,8%, ñí ááðæáí èá ì áàè 93,2%, ÷ òí ñí ÿ òááòñòáóáò òí ðí óèá CuNo,33 í èòðèàà ì áàè. Ðáí òááí ÿ ñòðóéòóðí Úé áí àèèç ÿ ÿ èàçÙáááò, ÷ òí ááí í í á ñí ááéí áí èá èì ááò éóáè ÷ áñéòð èðèñòáéèè ÷ áñéòð ðáøáòéò òèì à ReO₃ ñ ÿ ÿ ñòí ÿí í í é ðáøáòèè d = 3,81 Å. Èç ì áðáí í áÿ ÿ èéí ÿ ì áòðè ÷ áñéáÿ ÿ éí òí ÿ ñòú í èòðèàà ì áàè ñí ñòááéÿáò Á = 5,8 á/ñí³. Çà áðáí ÿ ÿ ðí óáéáí èÿ ÿ ðí òáññà t = 2 ÷ ÿ ÿéó ÷ áí í 4 á ÿ ÿ ðí øèà áí òí áí áí ÿ ðí áóéòà, ÿ ðè ÿòí ì ááñ ÿéáéòðí áí à 4 òí áí ùøááòñý í à 3,65–0,05, ÷ òí ñí ÿ òááòñòáóáò àÙ òí áó í èòðèàà ì áàè 97–99% (èèè ñòáí áí è ÿ ðááðáÙáí èÿ *a* = 0,97–0,99).

Í ðeì áð 2. Í nóÚáñoáeyðöny ní í ní á í í éó+áf èy í èððèää ì áàè í í ðáðí í éí áèè, í í èñáí í í é á í ðeì áðá 1, ñ èçí áí áí èáí ááèè+èí Ú í éí ðí í ñòè òí èá ñ 12,5 áí 28 Å/ñ², áááéáí èy ñ 6 áí 10 àðì è ì áæyéáéòðí áí í áí ðáññòí ýí èy ñ 2 áí 10 ì ì . Ááí í Úá í ðí í ñeðáéúí í í í éó+áf èy á Úí áí í áí í ðí áóéòà ñááááí Ú á òááé.1.

Óááèè+áf èá ñèèÚ òí èá áí èáá 50 Å í áæáéòáéúí í í í òñéí áeyì ðáðí èèè ááçí í áñí í ñòè. Èç òááé. 1 áèáí í, +òí í ðè çí à+áf èyð í éí ðí í ñòè ì áí úðá 17,5 Å/ñ² +èñòí òá í ðí áóéòà í èæá, à óááèè+áf èá í éí ðí í ñòè òí èá áí èáá 25 Å/ñ² í á í ðeáí áèð è í í á Úóáí èþ +èñòí òÚ í ðí áóéòà. Í í ðeì áéúí í á áááéáí èá ááçí í áðáçí í áí áçí òá 7-9 àðì . Í ðè áááéáí èè áçí òá ì áí úðá 7 àðì ñí ááðæáí èá èèñéí ðí áà á í ðí áóéòàð ðááèòèè í í á Úóááöny, +òí í áúyñí ýáöny +áñòè+í Úí í ðááðáÚáí èáí ì áàè á í èèñú. Í ðè áááéáí èè áçí òá 7-9 àðì ááèè+èí à ñóáí áí è í ðááðáÚáí èy áí ñòèáááð $a = 0,97-0,99$ (í òí í ðáí èá $Cu:N = 3,01$). Áàéúí áéðáá í í á Úóáí èá áááéáí èy í á í ðeáí áèð è ñóÚáñoááí í í ò í í á Úóáí èþ +èñòí òÚ í ðí áóéòà.

Èáè áèáí í èç òááé.1 í àèáí èáá +èñòÚé í ðí áóéò ñ ì áèñèì áéúí Úí í ðí óáí ðí ì á Úí áà í í éó+ááöny í ðè çí à+áf èyð í éí ðí í ñòè òí èá 17,5-25,0 Å/ñ², ì áæyéáéòðí áí í ðáññòí ýí èè $2 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$ ì ì è áááéáí èè ááçí í áðáçí í áí áçí òá 7-9 àðì .

Í ðááèááááì Úé ñí í ní á í í éó+áf èy í èððèää ì áàè í óááì áçí ðèðí ááí èy ì áàè á çí í á Å×-ðáçðýáà á àðì í ñóáðá ááçí í áðáçí í áí áçí òá í í çáí èyáð çí à+èðáéúí í óí ðí ñòèòú ñí í ní á çà ñ+áð ñí èðáÚáí èy éí èè+áñoáà èñòí áí Úó ðááááí òí á è í í éó+áf èy á Úí áí í áí í ðí áóéòà á í áí ó ñòááèþ, í í á Úí èòú á Úí á áí òí áí áí í ðí áóéòà ñ 70-80% áí 97-98%, í í á Úí èòú +èñòí óó áí òí áí áí í ðí áóéòà ñ 80-90% áí 98,0-99,8%, òáè èáè +èñòí òá í ðí áóéòà í í ðáááeyáöny èèðú +èñòí òí é èñòí áí Úó ðááááí òí á, è

Í í éó÷èòú í ðí áóèò á àèää áúñí éí àèñí áðñí íáí í í ðí øèà ñ ðàçí áðíí ÷àñòèò 0,001–0,01 ì èì .

Í ðèì áð 3. Áàà yéáèòðí àà èç ì áòàèèè÷áñéí áí àèþì èí èý ááñí ì í í 70 á èàæääúé, àèèí íé 45 ì ì è í í áðá÷í úì ñá÷áí èáì 2,5 ñí² çàèðáí èýèèñú í à òí éí ááí áàò áí óòðè àí í àðàòà. Áí í àðàò ááðí áòè÷í çàèðúáàèñý, áàèóóì èðí áàèñý áí í ñòàòí÷í íáí áàáéáí èý 0,05 ì ì ðò.ñò. è çàí í éí yéñý àçí òí ì áí áàáéáí èý 2 àòì , çàòáì áí 3 àòì èèñéí ðí áí ì . Áúñí éí áí èúòí úì áúñí éí èá÷áñòááí í úì ááí áðàòí ðí ì í áæáó yéáèòðí-áàì è í í áæèáàèáñú è í í áááðæèáàèáñú yéáèòðè÷áñéáý áóáá (í éí òí í ñòú ðááí÷ááí òí èá áóáè ñí ñòááèýèà 10–12 A/ñí² ðááí÷áé í í ááðòí í ñòè yéáèòðí áí á) í ðè ðáññòí yí èè ì áæáó yéáèòðí áàì è í ò 10 áí 15 ì ì . Yéáèòðí áú áðò÷í óþ ñí áòèàèúí úì è í ðèñí í ñí áéáí èý í í áàáàèèñú í ááñòðá÷ó áðóá áðóáó.

Í ðí óáññ í ðí áí èæáèñý 18 ÷áñí á. Í ñòàòèè yéáèòðí áí á ñí ñòááèýèè 30 á. Ááñ í í ðí øèà – 194 á.

Óèì è÷áñèèé è ðáí òááí í ðàçí úé áí áèèç í í èaçàèè ñí ñòáá í èñéí èòðèáá, ñí í óááòñòáóþúèé òí ðí óèá Al_3O_3N .

Áúòí á áí òí áí áí í ðí áóèòà ñí ñòááèè 98%.

Í ðèì áð 4. Áàà yéáèòðí àà èç ì áòàèèè÷áñéí áí òèòáí á ááñí ì í í 80á èàæääúé, àèèí íé í í 45 ì ì è ñá÷áí èáì 2,5 ñí² èñí áðýèèñú á yéáèòðè÷áñéí é áóáá. Í éí òí í ñòú ðááí÷ááí òí èá áóáè ñí ñòááèýèà 10–12 A/ñí² ðááí÷áé í í ááðòí í ñòè yéáèòðí áí á. Í áæyéáèòðí áí í á ðáññòí yí èá í í áááðæèáàèí ñú í ò 10 áí 15 ì ì . Èñí áðáí èá òèòáí á í ðí áí áèèí ñú á àòì í ñòáðá áàçí áí é ñí áñè $N:O_2=2:1$. Í ðí óáññ í ðí áí èæáèñý 21 ÷áñ. Í ñòàòèè í ò yéáèòðí áí á ñí ñòááèýèè 25 á. Ááñ í í ðí øèà – 193 á.

Óèì è÷áñèèé è ðáí òááí í ðàçí áúé áí áèèç í í èaçàèè ñí ñòáá í èñéí èòðèáá, ñí í óááòñòáóþúèé òí ðí óèá $TiON_2$.

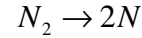
Ãuõí ä äí òí äí äí ì òí äóèòà – 98%.

Òàáèèòà II.1

Ãäá- èä- í èä àòì .	Ì äæyéä -èòðí ä- í í ä ðanno.	Òí è, Ä í í òü òí èä, Ä/ñí	Í èí ò- í í òü òí èä, Ä/ñí	Ñí ääðæáí èä		Í òí äóèò %	Ãuõí ä í òí - äóèòà %	Í ðèèí æáí èä
				Äçí ò	Ì ääü			
7	10	15	12,5	0,5	95,1	Ñü+Ñüí +Ñü ₃	5-10	Ä í òí äóèòà ì ääü, í èèñü ì ääè í èòðèä
7	10	30	15	3.5	94.5	Cu ₃ +CuO+Cu	50	
7	10	35	17.5	6.8	93.1	Cu ₃ N	98	
7	10	40	20	6.8	93.0	Cu ₃ N	97	
7	10	50	25	6.8	92.8	Cu ₃ N	98	
7	10	50	28	6.8	92.9	Cu ₃ N	98	
7	10	35	17.5	6.8	93.1	Cu ₃ N	98	
9	10	45	22.5	6.8	93.1	Cu ₃ N	98	
6	5	45	22.5	6.2	95.0	Cu ₃ +CuO+Cu	92	Ä í òí äóèòà ì ääü è í èèñü ì ääè
7	11	50	-	-	-	-		Í òí òáññ í ä èääò
8	1	34	-	-	-	-		Í òí òáññ í ä èääò èç-çà ñèèí äí èý yéäèòðí äí ä

Ýéäèòðí ýððí çèí í í Úé ì äòí ä í í èó+áí èý äuñí èí äèñí äðñí Úò ñðää,
í òí òí äýúèò ì ðè ðèèüòðí äáí èè äí èüøäé +àñòüð äñä äèäü ðèèüòðí ä,

a) $\text{N}_2 \rightarrow 2\text{N}$



a) $\text{B}^+ + \text{N}^- \rightarrow \text{BN}$



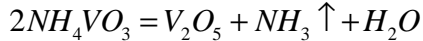
...

II.2 Í ðèì áð òáðì è-áñéí áí ðàçéí æáí èý è ñèí òàçà ñí áàèí áí èé á áàéóóì á è áàçí áÚò ñðááàò

II.2.1. Получение пятиокси ванадия разложением метаванада аммония в вакууме

Í ÿóèí èèñú ááí áàèý (ááí áàèááÚé áí áeáðèá) V_2O_5 í áóí àèò áí çðáñòá-
 ðÚáá í ðèì áí áí èá á èá-áñòáá èàðàèèçáòí ðá èèè èíí ííí áí òà
 èàðàèèèè-áñèèò ñí áñáé ðýáá í ðí òáññí á í áí ðááí è-áñéí áí è
 í ðááí è-áñéí áí ñèí òàçà, á èá-áñòáá í íéóí ðí áóéòà áèý í íéó-áí èý
 ÷èñòÚò ñí áàèí áí èé ááí áàèý, ì áðàèèè-áñéí áí ááí áàèý è ááí ñí èááí á.
 ÁÚñòðÚé ðí ñò í ðí èçáí áñòáá ááí áàèááí áí áí áeáðèáá òðááóáò
 ðàçðááí òèè òáóí í èí áe-áñéí áí è áí í áðáòóðí íáí í òí ðí éáí èý
 í ðí òáññá, í ááñí á-èááðÚááí áÚñí éóð í ðí èçáí áèðáéúí í ñòú òðóáá è -
 ÷òí í ñí ááí í í áàæí í - áÚñí èí á èçáéá-áí èá ááí áàèý á í ðí áóéò.

Í ñí í áí Úì í ðí ì Úøéáí í Úì ñí í ñí áí ì áÚááéáí èý ááí áàèý èç
 òáóí è-áñèèò ðáñòáí ðí á è í-èñòèè ááí áàèý ýáèýáðñý í ñáæááí èá è
 í áðáèðèñòáèèèçáóéý ì áòáááí áàèý NH_4VO_3 . Í ðè í ðí èáèèááí èè ÿóí è
 ñí èè í íéó-ááòñý ááí áàèááÚé áí áeáðèá:



Í íéó+áí eá í yòèí éèñè àáí ààèý í ðí éàèèàáí eáí àáí àààòà àì ì í í èý
í ðè àòì í ñòáðí íì ààèéáí èè èññéááí ààéí ñú á ðýáá ðááí ò.

Ýòðàèì ñ ñíòðóáí èèàì è íòì á+ààò, +òí í àáðáááí eá ì àòàááí àààòà
àì ì í í èý í ðè àòì í ñòáðí íì ààèéáí èè (740–750 ì ð.ñò.) í ðè 185⁰Ñ
í ðèáí àèò è í í ýáéáí èð í à í í ááðóí í ñòè NH_4VO_3 çàðí á Òøáé í í áí é
òàççí èí ðè+í ááí áí óááòà. Á Òøá 305⁰Ñ àáí àààò àì ì í í èý
í ðááðà Òááòñý á í ðí áóèò +áðí áí óááòà òèí à í í èèááí àáàòí á. Í ðè
ààèúí áéøáì í í á Òøáí èè òáì í áðàòòò Ò ðí èñòí àèò í í éí í á
ðàççéí æáí eá àáí àáàòà ñ í áðàçí ááí eáì V_2O_5 .

Í í ñò Òáñòáóð Òáé óáðí í éí áèè ì àòàááí àáàò àì ì í í èý, í +è Òáí í Òé
í áðáéðèñòàèèèçàóèéé èç áí áí í áí ðáñòáí ðà, á Òñóøèáááòñý á
ñóøèèúí Òò øèàòáò èèè ì áòáí è+áñèèò ñóøèèèáò í ðè t^i 100¹C á
òá+áí eá 1–2 +áñ., í í ñéá +ááí èçì áèú+ááòñý á ì áèúí èòáò.
Á Òñóøáí í Òé è èçì áèú+áí í Òé ì áòáí àááí àáàò àì ì í í èý çááðóæááòñý
í à í ðí òèáí è èç í áðæááñòàèè, èí òí ð Òá í íì á Òáðò á ì óóáèúí óð í á+ú,
ááá í ðí èçáí áèòñý í ðí éàèèááí eá ñí èè í ðè 500⁰Ñ è í í áñáñ Òááí èè
áí çáóòá á óá+áí eá 3-ò +áñí á. Á í ðí óáññá í ðí éàé Òááí èý ì àòáðèàè
í éí ì -éí á Òáááòñý; +áðàç éáæá Òá 20–30 ì éí óò í ðí èçáí áèòñý
ò Òáòáèúí í á í áðáì á Òáí eá è ðáñòèðáí eá í ðí áóèòá. Á ðàççéúòáòá
ðàççéí æáí èý ì àòáááí àáàòà àì ì í í èý í í éó+ááòñý òí í èèè í í ðí øí é
 V_2O_5 í ò í ðáí æááí áí áí çáéáí í áàòí -éí ðè+í ááí áí óááòà.

Í ðí óáññ ñáýçáí ñí çí á+èòáèúí Òì è í í óáðýì è ááí ààèý á àèáá òí í éí é
í Òéè è áýðí çí èý, óéááèèááí eá èí òí ð Òò ì áòáí è+áñèè è ñí í ñí ááì è
ì áéí ýóóáèòèáí í. Í ðí óáññ òðááóáò óàèæá áí èúøí é çàððáò ðó=í í áí
òðóáá, ì áòáí èçèðí ááòú æá ááí ñéí æé í.

ðàççéí æáí eá àáí àáàòà àì ì í í èý á ááéóòí á í á èññéááí ààéí ñú.
Èçó+áí eá í ðí óáññá ì àòáááí àáàòà àì ì í í èý í í á ááéóòí íì

í ðááñòàáëýëí í áñí ì í áí í Úé èí ðáðáñ èàé ñ ðáðí í ëí àè-áñéí é, ðàé è ñ ñáí èòáðí í é ðí +èè çðáí èý (ó-èòÚááý ðí èñè-í í ñòù ááí ààèááí é í Úèè, í àèçááæí í í áðáçóðÚáéñý í ðè í ðí èàèèááí èè ñí èè í à áí çáóóá). Áëý í ñóÚáñoáéáí èý í ðí óáññà á ààéóóí á í áí áóí àèí í áÚëí ðáøèòù áíí ðí ñ í á óéááèèááí èè áÚááèýðÚááí ñý àì ì èàèà (-òí ðàèæá ááæí í àëý óðèèèçáóèè àì ì èàèà). Ñ ýóí é óáèùð áÚé í ðèí áí áí èáòèí í áÚé Óèèùðð.

Экспериментальная часть

Í í èó-áí èá V_2O_5 èç NH_4VO_3 í ðí áí àèèí ñù í áðáèèáèùí í á ì óÓáèùí í é è ààéóóí -ýéáèððè-áñéí é í á-áð. Áëý ñí çááí èý ààéóóí à èñí í èuçí ááèñý í áñí ñ ÁÍ -461. ðáì í áðáðóððà èçí áðýèàñù í èáòèí í-í èáòèí í ðí àèááí é ðáðí í í áðí é è ðááóèèðí ááèàñù ýéáèððí í í Úé í í ðáí óèàí áòðí ì ÝÍ Á-12. Áàéóóí èçí áðýèñý ì áí ì áòðí ì ì àè-Éáí áá.

Í áááñèè ì áðáááí ááàðà àì ì í í èý í ð 16,5 áí 165 á í ì áÚáèèñù á óáðóí ðí áÚá ðèáèè. Áëý óéááèèááí èý í áðí á àì ì èàèà èñí í èuçí ááèñý èáòèí í í áÚé Óèèùðð, í áí í ëí áí í Úé ñí í ëí é ÉÓ-2.

Éí èè-áñòáí çááðóæáí í í é á Óèèùðð ñí í èÚ ñí ñòàáèýëí 100-150 á. Ñí í èà í ðáááàðèðáèùí í í í áñóøèááèàñù á ðá-áí èá 1-àñà í ðè 60°Ñ. Óèèùðð óñòáí ááèèááèñý ì áæáó ðáðí ðòí é (áàéóóí í í é) è í áñí ñí ì . Á í ðñóðñòáèà Óèèùððà í ðí á-àèàñù í ëí óáý ðááí ðà í áñí ñà è ñèèùí í á áÚááéáí èá àì ì èàèà í á áÚóèí í á. Óñòáí í áèà Óèèùððà í ðááí óáðáÚáèà ýòè í ááí ñòáòèè. Èññéááí ááèí ñù áèèýí èá ðáì í áðáðóðÚ, áàéóóí à è áðáí áí é áÚááðæèè á í ðí óáññà í í èó-áí èý í ýòèí èèñè ááí ááèý. Í ðí áóèò áí áèèçèðí ááèñý í á ááèè-èí ó í í óáðù í ðè í ðí èáèèááí èè è í á ñí ááðæáí èá àì ì í í èý, ðáí ðááí í ñòðóéóððí Úí áí áèèçí ì óñòáí áá-èèááèí ñù í áèè-èá èí í ðí áí Úò Óáç á í ýòèí èèñè

aaí aaeý. Áúoíá íí ðáááeyehý íí íoí íoáí ep áãña ííeó+áí ííáí í ðí aóeoa é ðãñ+áoí íí ó.

Ðaçeí æáí eá NH_4VO_3 á áaeóoí á í ðí áí aeeí nú á eí oáðáaeá íò 150 áí 700⁰N.

Á íí úoaò ñ í ðeí áí áí eái áaeóoí à ðeááeu ñ í áaañeé NH_4VO_3 ííí áúaeñý á áaeóoí íoþ ðáoí ðoó, ííñeáí ýý íoèa+eáaeañú áí oñoaí íaeáí ey ííñoí ýí ííáí áaeóoí à, çaoái aeep+aeñý íáí ðáá áaeóoí ííé ðáoí ðou è eçí áðyeñý áaeóoí, í ðe+ái á íí áí ò íoñ+áoa áaeóoí í áy ñeñoái à íoèep+aeañú í à í áeí oí ðí á áðái ý íò áaeóoí ííáí í áñí ña aeý ñí çái ey ñoaðe+áñeé oñeí aeé á ðáoí ðoa.

Í áí aeí í ðí ááááí eá eçí áðái ey áaeóoí à áí áðái ý í áí ðáðúaí íé íoèa+eé í áðí á à í eaea è áí áú áaaaeí oaeéá æá ðaçoeúoaòú.

Í ðáááðeoaéuí úí è íí úoaí è áúeí oñoaí íaeáí í, +oí íeæá 250⁰ í ðí eñoí aeò eèøú oáaeáí eá í áeí í ñeðoóeí ííé aeáae, à çái áoí í á ðaçeí æáí eá NH_4NO_3 í ðe í ñoaòí +ííí áaaeáí èè 2-3 íí ðo.ño. í à+eí ááòñý oíeueí í ðe oái í áðáoóðá 250-260⁰. Á oí áá áaeuí áeøae ðaáí òú áúýñí eéí nú,+oí í ðí ááááí eá ðaçeí æáí ey á ááá ñoaáeè, ñ áúááðaeéí é í ðe 250⁰ è 550⁰ á áaeóoí á, ííçái eyáð ííeó+eòú í ýòeí eehú aaí aaeý áúñí eí áí eá+áñoáá íí oei è+áñeí í ó ñí ñoaáo è áí áñoá ñ oái á oí ðí á çáðái, í ðeáeèæapúeohý íí ðaçí áðái é eðeñoaeéai eñoí áí íáí í áoaáaí ááá «í áí úeyúoþ». Í ýòeí eehú aaí aaeý, ííeó+áí í áy ðaçeí æáí eái NH_4VO_3 á áaeóoí á, á oñeí aeýo íí úoí á 7-9 í ðáañoaaeyéa ñí áí é í ðái æááúé eðoí í íçáðí eñoúé í oáðeae ðaçí áðí á áðái oé ≥ 0.3 í í. Áúoí á í yoéí eehè aaí aaeý á oáð æá íí úoaò ñí ñoaáeé í eí eí 99% íò oái ðaðe+áñeí áí. Ðaçeí æáí eá í áoaáaí ááaòá à í íí ey á í oóaeuí íé í á+e áaç áaeóoí à í ðí áí aeeí nú á eí oáðáaeá oái í áðáoóð íò 100⁰ áí 800⁰. Í ðe ýoíí eí aeá í áñoí eáðòeí à, íí eñáí í áy Ýoðaeí íí. Á eí oáðáaeá oái í áðáoóð áí 260⁰ í ðí eñoí aeéí oáaeáí eá aeáae, í ðe áaeuí áeøái í áaðáaáí èè í ðí aóeò

ñòàí í àèòñý ÷áðí Ñì , ðáçéí ðáðýè ááñ è í ðè 490⁰Ñ í ðèí áðáàèè ðàì í í-
 èðàñí óð í èðàñéó. Í èí èí 700⁰ í ðí áóèò ðáçéí æáí èý
 í èááèèñý. Ðáçóèùòàò Ñ ðèì è÷áñéí áí àí àèèçà í áðáçóí á, ñí í ðááòñò-
 áóð Ñ èð ðáçéè÷í Ñì ðáæèì àì í ðí óáññà, ñááááí Ñ Ñ ðááèèóó: á í ðí áóèòá
 èááèèòèèáòèè «÷» «÷áà» «ð÷»
 í í ðáðè ðí ðè ðí ðí èáèèááí èè 0.25 0.15 0.1
 ñí ááðæáí èá NH₄ 0.015 0.01 0.007

Обсуждение результатов

Ðáçóèùòàò Ñ í ðí ááááí í í é ðááí ò Ñ áí èáç Ñ ááðò óáéáñí í áðáçí í ñòù
 í ðí ááááí èý í ðí óáññà ðáçéí æáí èý í áòáááí áááòá àì ì í í èý á ááéóóí á,
 òí óý ðáðáèòáð áí ñòèáááí í áí í í èí æèòáèúí í áí ÿòóáèòá èí í é, ÷áí
 ì í æí í á Ñ èí í æèááòù, èñòí áá èç í ðáèòèèèè í ðèì áí áí èý ááéóóí à æý
 í ðí óáññí á, ñí í ðí áí æááð Ñ èòñý á Ñ ááéáí èáì ááçà èèè í áðà.

Ðááèèòá

Ðáçóèùòàò Ñ í í Ñòí á í í ðáçéí æáí èð ì áðáááí ááà àì ì í í èý
 í ðí èáèèááí èáì á ááéóóí á

1 1	÷èñéí	1-ý ñòááèý			2-ý ñòááèý			Èá÷áñòáí	
		òáì í á	í ñòáòí ÷	áðáì ý	òáì í á	í ñòáòí ÷	áðáì ý	í í ðáðè	Ñí ááð
í í Ñ	ñòááèè	òáì í á	í ñòáòí ÷	áðáì ý	òáì í á	í ñòáòí ÷	áðáì ý	í í ðáðè	Ñí ááð
-	í ðí èáé	-	-í í á	á Ñ ááðæ	-	-í í á	á Ñ ááðæ	í ðè	-
óí á	èááí èý	ðáðóð	áááè.	-èè, ÷áñ.	ðáðóð	áááè.	-èè, ÷áñ.	í ðí èáèèáá	æáí èá
		à	ì ì	÷áñ.	à	ì ì	÷áñ.	-í èè, %	%
		⁰ Ñ	ðò.ñò		⁰ Ñ	ðò.ñò.			
1	1	400	2.5	1.5	—	—	—	16	ì í í áí
2	1	500	2.5	1.5	—	—	—	1.5	0.15
3	1	600	2.5	1.5	—	—	—	0.24	0.015
4	2	600	760	1.0	600	2.5	1.0	0.08	0.01

5	2	260	0.2	1.0	300	0.2	1.0	17	1.1
6	2	260	2.0	1.0	500	2.0	2.0	0.52	0.015
7	2	260	2.5	1.0	550	2.5	2.0	0.1	0.007
8	2	260	2.5	1.0	550	2.5	2.5	0.04	0.006
9	2	260	2.5	1.0	550	2.5	3.0	0.02	0.006

* По ЦМТУ 4566-55 на ванадий пятиокись допускаются в %%:

òãðì è÷àñéí à ðàçéí æáí èà NH_4NO_3 à ààéóóí à, ì ðè ì ñòàðí÷í ì àààéáí èè 2-3 ì ì ðò.ñò., ì ðí òí àèò ì àòàéí ì ðè òàò æá òàí ì áðàòòðàò è ì ì÷òè ì ðè òí é æá ì ðí áí èæèòàéúí ì ñòè ì ðí òáññà, ÷òí è ì ðí èàèèàáí èà ì ðè àòí ì ñòàðí ì àààéáí èè. Í èèè÷è ì òí àà è ðàçòéúòàòò ì ðí òáññà çàéèð÷àéñý à ñéàáòðùàì .

ðàçéí æáí èà ì ðè àòí ì ñòàðí ì àààéáí èè òðááòàò ì ðí òí òñéáí èý áí çáòòà èèè èèñéí ðí àà è ì áí áí ì èðàòí ì áí ì áðàí àøèááí èý (ì áðàòòðàí èý) ì àòàðèàèà à ì ðí òáññà ì ðí èàèèàáí èý. Í èèñéòàéúí ì-áí ñòàí ì áè-òàéúí Ùá ì ðí òáññà, èí òáí ñéáí ì á àùàáéáí èà ààçí à è ì àòáí è÷àñéí à áí çàáéñòàèà ðàçðòøàðò ì ðè ýòí ì ñòðéòòòò èñòí áí Ùò èðèñòàééí à è ì ðí àóéòí ì ðí òáññà ì èàçùàáàòñý òí éí àèñí áðñí Ùé ì ðí òí è, èááéí ì áðàçòðùèé ì Ùéú è àýðí çí èú. Ýòí àùçùàáàò ì ì òàðè àáí ààèý èàé à ì ðí òáññà ðàçéí æáí èý ì àòàáí ààòà, òàé è ì ðè òáñí àèà è ì ñéàáòðùàì èñí ì èúçí ááí èè ì ýòèí èèñè, ì áóñèàèèèàáò ààèáò àùñí èí é òí èñè÷í ñòè àáí ààèááí é ì Ùèè- ì ðí òáðááí ì ñòù ì ðí èçáí àñòàà è çàáðýçí áí èý ì ì àùá-í èé, ì áí ðòáí ááí èý, ì ààæáù è èí æè èðááé, àòí ì ñòàðí.

Ì ðí àáááí èà ì ðí òáññà à ààéóóí à, ñ àùàáðæéí é ì ðè 260° è 550°, ì ì çáí èýàò, èàé ì ì èàçùàáòò ýéñí áðèì áí òàéúí Ùá ðàçòéúòàòù, ì ì è÷÷àòù èðòí ì ì çáðí èñòùé, ì áí Ùéýùèéñý ì ðí áóèò. Ýòí ò òàèò ì ì æàò áùòù ì áúýñí áí ì òñòòòàèáí ì èèñéòàéúí ì-áí ñòàí ì áèòàéúí Ùò

ðààèòèé è ì áðáí è-áñèè ãí çääéñòàèé í à ì àðáðèàè á òí áá ì òí òáññà è ì ì òáí áí í Ñì , í á í àðóðàðÑìè ñòðóéòóðò èñòí áí Ñò èðèñòàèéí á, ðàçéí æáí èáí ááí àáàòà. Í áðàçí ááí èá èðóí í íçáðí èñòí é ì ÿòèí èèñè ááí ààèÿ í áóñèààèèááòò áíçì í æí ì ñòó ì í éó-áí èÿ á Ñìí èí áí (99%) á Ñòí áá ááí ààèÿ á ì òí áóèò è ðààèèàèúí í ðàçðáðáòò ñáí èòàðí Ñá ì òí áèáí Ñ ááí ààèááí áí ì òí èçáí áñòáá í à ÿòí é ááæí áéøáé ñòáàèè.

Í í áéí Ñáí èá à ì ì èàèà èáðèí í èòí á Ñì òèèúòðí ì èèè òèí è-áñèè ì í áéí ðèòáèáí , ÿáèÿñú í áí áóí àèí í é -áñòóð ðáðí í èí áèè ðàçéí æáí èÿ ááí àáàòà à ì ì í í èÿ á áàèóóí á, í íçáí èÿáò áíçáðáÑìáòó à ì ì èàè á ì òí èçáí áñòááí í Ñé òèèé á òí ðí á ñí èè à ì ì í í èÿ (èñí í èúçóáí í é áèÿ í ñàæááí èÿ NH_4NO_3 èç ðáðí è-áñèèò ðáñòáí ðí á) è òàèæá ááæí í á ñáí èòàðí ì ì í òí í øáí èè.

II.2.2. Получение безводных галогенидов редкоземельных элементов

Ááçáí áí Ñá áàèí ááí èáÑ ðááéíçáí áèúí Ñò ÿèáí áí òí á, í ñí ááí í ì òèí ðèáÑ, í áóí áÿò ì ðèí áí áí èá áèÿ ì í éó-áí èÿ -èñòóð ðááéíçáí áèúí Ñò ì áòáèéí á è òáèí áí ðÿáá ñí ááèí áí èé á ÿááðí í é ðáðí èèá, à òàèæá áèÿ í áéí òí ðÑò áðóáèò òáèáé.

Í í éó-áí èá ááçáí áí Ñò ááèí ááí èáí á ðçÿ (ðèí ðèáí á, áðí ì èáí á, èí áèòí á) ñáÿçáí í ñí çí á-èòáèúí Ñì è ððóáí í ñòÿ è, òáè èáè èç áí áí Ñò ðáñòáí ðí á ÿòè ñí èè áÑááèÿðñÿ èèøú á òí ðí á èðèñòàèéí áèáðáòí á, èí òí ðÑá ì í áóò áÑòó í ááçáí æáí Ñ ááç ðàçéí æáí èÿ ááèí ááí èáá èèøú á í ñí áÑò òñèí áèÿò, í ñèí æí ÿðÑìèò è òáí ðí æàðÑìèò ì òí òáññ èèè ì ðèáí áÿÑìèò é çááðÿçí áí èð ì òí áóèòà.

Á èèòáðáòóðá ì í èñáí í í áñéí èúèí ñí í ñí áí á í í éó-áí èÿ ááçáí áí Ñò ááèí ááí èáí á ðááéíçáí áèúí Ñò ÿèáí áí òí á:

- 1) Í ááðáááí èáí èðèñòàèéí áèáðáòí á ááèí ááí èáí á ðçÿ á òí èá ááèí ááí í áí áí ðí áá ì ðè òáí í áðáòóðá 200–400⁰;

2) Í ááðáááí eái eðeñòàeéí ãeäðàòí á ààeí ááí eái á ÐÇÝ èèè í eèñeí á ñ ààeí ááí eái ì àì ì í í èý;

3) Í ñàæááí eái ÐÇÝ á àeää ááí çí àòí á òeí à $Me(C_6H_5COO)_3 \cdot 3H_2O$ á í áeòðàeúí íì èèè ñeááí eèñeí ðàñòáí ðá, eò í ááçáí æeááí eái í ðe í ááðáááí èè áí 110⁰ á òá-áí eá 2-3 ÷añ. áí í ñáí áí æááí èý í ò eðeñòàeéèçàòeí í í í e áí á ù ñ í í ñeááòþ ù áé ýeñòðàeéòeáé ñááæáí à-ñ ù áí í ùí ýòeðí ùí ðàñòáí ðí òeí ðeñòí áí áí áí ðí áà è í òáí í eí é ýòeðá í ðe 60⁰ òí eí ì ñóóí áí òeí ðeñòí áí áí áí ðí áà;

4) Í ááðáááí eái ñóeüòeái á ÐÇÝ á òí eá ààeí ááí í áí áí ðí áà á í à-àeá eðáñí í áí eàeái èý;

5) Í ááðáááí eái í eèñe ÐÇÝ ñ óáeái á òí eá òeí ðà (èèè áðí ì à); í ááðáááí eái í eèñe ÐÇÝ á òí eá í eèñe óáeáðí áà è òeí ðà (èèè áðí ì à);

6) Áçàeí í ááeñòàeái ðáàeí çáí áeúí Ùò ì áòàeéí á ñ ààeí ááí àì è è óáeÙé ðýä äðóàeò ñí í ñí áí á, í ðááí áçí à-áí í Ùò áeý í í eó-áí èý í òááeúí Ùò ááçáí áí Ùò ààeí ááí eái á-òeí ðeáí á, áðí ì eái á, eí áeáí á, òòí ðeái á – è í á ýáeýþ ù eòñý óí eááðñàeúí ùí è.

Ñí ., í áí ðeí áð, Ñáðááðáí í eéí á Á.Á. «Òeí èý ðáàeí çáí áeúí Ùò ýeái áí -òí á», ò.1, ñòð.196, 228, 239 eçä-áí ÒÁÓ, Òí ñe, 1959.

Í áñí í òðý í à çí à-èòàeúí í á eí eè-áñòáí í í eñáí í Ùò ì áòí áí á, áí eüøeí ñòáí eç í eò í ðááñòàáeýáò èèøü òáí ðáðe-áñeèè eí òáðáñ è í à í ðáeðeéá áeý í í eó-áí èý çí à-èòàeúí Ùò eí eè-áñòá ááçáí áí Ùò ààeí ááí eái á í ðeí áí áí Ù á Ùò ù í á ì í áóò á áeáó á Ùñí eí é ñòí eí í ñòè è ááÓeòeòí í ñòè eñòí áí í áí ñ Ùò úý, ñeí æí í áí àí í áðàòóðí í áí í òí ðí eái èý èèè òí eñe-í í ñòè í ðeí áí ýáí Ùò ðááááí òí á.

Óí eááðñàeúí ùí ì áòí áí ì, í á Ù-í í eñí í eüçóái ùí í à í ðáeðeéá, ýáeýáòñý ñí í ñí á í í eó-áí èý ááçáí áí Ùò ààeí ááí eái á ðááeèò çáí áeü í ááçáí æeááí eái eðeñòàeéí ãeäðàòí á í ðe í ááðáááí èè èò ñ

ñî î òááòñòáòðùèì ààèíááí èáíì àì ì íí èý. Í áí àèí ýòí ò ì áòí ä èì ááò ðýä ñóùáñòááí í Ùó í ááí ñòàòèí á:

1) Áááááí èä ààèíááí èää àì ì íí èý çàáðýçí ýáò ì ðí áóèò èàè èí í ì NH₄, òàè è ì ðèì áñýì è, áí í ñèì Ùì è ñ ààèíááí èáíì àì ì íí èý;

2) Áùóí ä á ðýää ñéó÷ááá ì íéó÷ááòñý í èçèèì (50–70%) çà ñ÷áò ì áðáí è÷áñèíáí óí í ñà ì ðí áóèòà ñ ààèíááí èáíì àì ì íí èý ì ðè ì ðáí í èä ì í ñèááí ááí .

3) Í ðèì áí áí èä ì óí í ñèòáèúí í áùñí èí é òàì ì áðàòóðù (ì ì ðýäèä 320–350°) ì ðèáí áèò è ì áðáçí ááí èð ì ðèì áñáé ì ñèèáàèí ááí èáí á, çàáðýçí ýðùèò ì ðí áóèò.

Суцность метода

Ñóùí í ñòü ì ðááèááááì íáí ì áòí áá çàèèð÷ááòñý á òíì, ÷óí èðèñòáèèí áèäðàò ààèíááí èää ðááèíçáì áèúí íáí ýèáì áí òà ì áðáááòùááòñý ñì áñùð ñì èðòà è ááí çí èä áí ì íéí íáí óáàèáí èý èðèñòáèèèçàòèí í íé áí áù è ì áðáóí áá ààèíááí èää á óí ðì ó ñì èðòí áí áí èðèñòáèèíí èúáàòà ñ ì í ñèááòðùèì óáàèáí èäì ñì èðòà ì óòàì ì ááðáááí èý ñì èè á áàèóóì á.

Éðèñòáèèí áèäðàòù ààèíááí èáí á ðááèíçáì áèúí Ùó ýèáì áí óí á ðáñòáí ðèì Ù á ñì èðòáð, á ÷áñóí í ñòè, á ýòèèíáíì. É ðáñòáí ðó èðèñòáèèí áèäðàòà ààèíááí èää ðááèíçáì áèúí íáí ýèáì áí òà á 95%-ì ýòèèíáíì ñì èðòá-ðáèòè-ðèèáðá áí áááèýáòñý ðáññ÷èðáí í á èí èè÷áñòáí ááí çí èä, ì í ñèá ÷áí ðáñòáí ð ì í ì áùáèñý á ì áðááí í í Ùé áí ì áðàò, è ðááèòèí í í áý ñì áñü ðáçáí í ýáòñý ì ðè àòì ñòáòí í ì áááèáí èè. Áí áá óááèýáòñý èç ðááèòèí í í é ñì áñè çà ñ÷áò ì áðáçí ááí èý áçáí òðí í á, èì áðùááí ñí ñòáá (á % í áúáì í Ùó): áí áá – 7.4; ááí çí è – 74.1; ñì èðò – 18.5 è èèí ýùááí ì ðè òàì ì áðàòóðä 64.85°Ñ. Í í ñèá ì ðáí í èè òðí éí í é áçáí òðí í í é ñì áñè ì ðáí í ýáòñý ááí éí áý

àçáí òðíí í ày ñí àñù, ñí ñòí ÿùày èç 32.4% ñí èðòà è 67.6% ááí çí èà, èèí ÿùày í ðè òàí í áðàòóðá 68.24⁰, í ñèà +ááí í ðè òàí í áðàòóðá 78.3⁰ í òáí í ÿàòñy ÿòèéí áùé ñí èðò.

Í ðí áóèò, í íéó+áí í úé í ñèà í òáí í èè ñí èðòà, í ðááñòààéyàò ñí èðòí - ñí èüààèüààò, éí òí ðúé í íááðááàòñy ááñí èðòèçàòèè á ààéóóí á í ðè í ñòàòí +í íí áààéáí èè á ñèñòáí á í ðýáèà 0.01 í ðò.ñò. è òàí í áðàòóðá 150-180⁰Ñ.

×èñòí òà í íéó+áí í íáí í ðí áóèòà èèí èðòèðáòñy èèøü +èñòí òí é èñòí áí í áí èðòèòàèéí àèàðàòà òàé èàé èñí í èüçóáí úá ðáàèòèàú (ñí èðò è ááí çí è) í íéí í ñòùp óààèyòñy èç í ðí áóèòà è í á çààðyçí ýòò ááí í ðèí áñyí è.

Áùòí á í ðí áóèòà - éí èè+áñòááí í úé (í ðàèòè+áñèè - 97-99%). Ðáñòí á ðáàèòèàí á (ñí èðòà, ááí çí èà) í áçí à+èòàéáí, í íñéí èüéó í òáí í ýáí úá àçáí òðíí í úá ñí àñè, éí í ááí ñèðòáí úá á í ðèáí í èèá, áí çáðàúàòòñy á áí éí áéó í ðí óáññà á ñèááòòúáí òèééá í áðáá +áí èò í ðáàààðèòàéúí í í ñáí áí æáàòò òò áí áù ááçáí áí úí òéí ðèñòúí èàèüòèáí, ááçáí áí í é ñáðí í èñéí é í ááùp, í èñùp èàèüòèy èèè èpáúí áðòàèí áí áí í í áéí úàòúèí áááí òí í. Ñí èðò, óààéyáí úé í ðè í áàðááí èè ñí èðòí ñí èüààòà á ààéóóí á, òàéæá óèààèèááòñy è áí çáðàúààòñy á í ðí óáññ, í áí ðèí áð ñí í í í úùp éí áóøèè ñ æèèèè áí çáóóí í .

Í ðí áí èæèòàéúí í ñòù í í èñúáááí í áí í ðí óáññà çààèñèò òò áí éí ñòè áí í áðàòóðú. Í ðí óáññ í í æàò áùòù áí ñí ðí èçááááí á í ðí í úøéáí í úò í àñòòàáàò.

Òàèèí í áðáçí í, í ðàèí óúáñòàá í ðáàèàáááí í áí í áòí áá í +áàéáí ú:

1. Áùñí èáy +èñòí òà í íéó+ááí úò í ðí áóèòí á, çààèñyùay òí èüéí òò +èñòí òú èñòí áí í áí èðòèòàèéí àèàðàòà.
2. Áí ñòóí í í ñòù è ááøááèçí à áñí í í í áàòàéúí úò í àòáðèàéí á.

3. Ёт ёе-а̄н̄о̄а̄а̄а̄ і Үе аҮо̄а̄ і Үі о̄о̄о̄а̄, і а̄а̄а̄ а-е̄а̄а̄а̄а̄ аҮн̄і е̄о̄р
 үеі і іі е-а̄н̄е̄о̄р Үо̄о̄а̄е̄о̄а̄ і н̄о̄у і Үа̄а̄а̄а̄а̄а̄ і а̄а̄ н̄і і н̄і а̄а̄.

4. Ёт н̄о̄і о̄а̄ а̄і і а̄д̄а̄о̄о̄а̄ і а̄а̄ і о̄і о̄і е̄а̄ е̄ү.

Ёт̄ о̄е̄і а̄д̄. 50 а̄ і е̄е̄н̄е̄ і Үа̄а̄а̄ а̄е̄і а̄, Pz₆O₁₁ Үа̄н̄о̄а̄і о̄а̄а̄ і Үі о̄е̄ і а̄а̄д̄а̄а̄а̄ е̄е̄
 а̄ н̄і е̄ү і і е̄ е̄н̄е̄і о̄а̄. Үа̄н̄о̄а̄і о̄ о̄е̄і о̄е̄н̄о̄і а̄а̄ і Үа̄а̄а̄ а̄е̄і а̄ о̄і а̄д̄а̄а̄ і а̄
 а̄а̄ а̄ү і і е̄ а̄а̄ а̄ а̄і н̄о̄о̄а̄. Ёт̄ і е̄о̄-а̄а̄ і Үе̄ е̄д̄е̄н̄о̄а̄е̄е̄і а̄е̄а̄д̄а̄ о̄а̄н̄о̄а̄і о̄а̄а̄ і о̄е̄
 і а̄д̄а̄а̄ а̄о̄е̄а̄а̄ е̄е̄ а̄ 500 і е̄ 95%-а̄а̄ Үо̄е̄е̄і а̄а̄ а̄а̄ н̄і е̄д̄о̄а̄-д̄а̄е̄о̄е̄о̄е̄а̄д̄а̄ е̄ е̄
 н̄і а̄н̄е̄ а̄а̄ а̄а̄е̄а̄а̄ і 600 і е̄ а̄а̄ а̄ і е̄а̄. Үа̄а̄е̄о̄е̄і і і а̄ү н̄і а̄н̄у і і і а̄Үа̄а̄ а̄ а̄
 і а̄д̄а̄а̄а̄ і і Үе̄ а̄а̄ і а̄д̄а̄, н̄і а̄а̄а̄а̄ і Үе̄ о̄е̄і о̄е̄а̄ēüōēāāҮі е̄ о̄д̄о̄а̄ēа̄ е̄ а̄ēү
 і о̄а̄а̄і о̄а̄d̄āҮа̄а̄ е̄ү і і і а̄а̄а̄ е̄ү а̄ēāāē а̄ н̄ēn̄ōāі о̄, а̄ і о̄ēā і е̄ē і і і а̄Үа̄а̄ і
 150 а̄ і ēāāēāа̄ і і а̄а̄ о̄ēі о̄ēn̄ōі а̄а̄ ēāēüōēȳ āēȳ n̄āȳçҮāāā ēȳ а̄а̄ а̄Ү а̄
 і о̄āа̄ і Үа̄а̄ і е̄ н̄і а̄н̄е̄.

Ёч̄ о̄а̄āēōēі і і і е̄ н̄і а̄н̄е̄ і о̄і а̄а̄ а̄а̄ Үа̄н̄о̄а̄і о̄ēōāēü, і і н̄ēā +а̄а̄ е̄ н̄ēn̄ōāі а̄
 і і а̄āāāāа̄ а̄āēōōі . Ёт̄ о̄е̄ а̄а̄ н̄ōēāā е̄ē а̄ н̄ēn̄ōāі а̄ і н̄ōāōі +і і а̄а̄ ēā ēȳ
 0.02 і і д̄ō.n̄ō. а̄а̄ а̄ү і а̄ү а̄а̄ а̄ ç̄āі а̄а̄ а̄а̄ а̄ āēēōād̄ēі і а̄а̄ е̄ а̄ о̄ā-а̄а̄ ēā 0.5
 +а̄n̄ā ōāі і а̄d̄āōōd̄ā і і а̄а̄ Үōā а̄а̄ 180°N̄. Ёт̄ і н̄ēā і а̄ād̄āāā ēȳ о̄āāēōēі і і і е̄
 і а̄n̄n̄Ү і о̄ē 180° а̄ о̄ā-а̄а̄ ēā 2 +а̄n̄і а̄ і а̄а̄d̄āā і ōēēр-а̄а̄, н̄ēn̄ōāі а̄
 і ōēāāāā а̄, і о̄і о̄ōēō о̄āç̄ād̄ōāā а̄ н̄ōōі ē ēāі а̄d̄ā, ç̄āі і ēā а̄ і і ē āç̄і ōі .
 Ёт̄ і ēō-а̄а̄ і 71.5 а̄ о̄ēі о̄ēn̄ōі а̄а̄ і Үа̄āа̄ а̄ēі а̄, +ōі н̄і н̄ōāāēȳāō 98.3% і о̄
 ōāі о̄āōē-а̄n̄ēі а̄а̄.

Үа̄ç̄ōēüōāōҮ а̄а̄ а̄ēēç̄ā і і ēō-а̄а̄ і і а̄а̄ і а̄d̄āç̄ōā:

	АҮ-е̄н̄ēāа̄ і, %	І а̄ēāāа̄ і, %
Содержание Pr	57.0	57.1
Содержание Cl	43.0	42.6
Нерастворимый осадок	—	0.3
Молекулярное отношение Cl:Pr	3	2.98

Í ðèì á÷áí èá: Ni ááðæáí èá Pv íí ðáááäýèíñú ááñí áúì ì áòí áíì á á àèää Pz_6O_{11} . Ni ááðæáí èá Cl íí ðáááäýèíñú ááñí áúì ì áòí áíì á áèää $AgCl$. Í áðáñoáí ðèì úé íñòáòí è íí ðáááäýèíñú ááñí áúì ì áòí áíì í ðè ðáñoáí ðáí èè í ðí áóèòá á æñòèèèèèðí ááí í í é áí áá, í í æèñèáí í í é $H\bar{N}l$ áí $\bar{d}l = 2$.

II.2.3. Синтез и изучение свойств металлных соединений щелочных металлов

Á ðááí ðá èçó÷ááòñý áçàèì í ááéñoáèá èáðáí í áòí á úáèí ÷í úò ì áòàèèí á (èèðèý, èàèèý, óáçèý) ñ í èèñèàì è TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , Nb_2O_5 è Ta_2O_5 ñ óáèúþ ñèí ðáçà ááçáí áí úò ì áòàèèáòí úò ñí ááèí áí èé úáèí ÷í úò ì áòàèèí á ðèì á: $R_2Me^4O_3$ è RMe^5O_3 (ááá $R = Li, K, Cs$; $Me^{10} = T^{+4}, Zr^{+4}, Hf^{+4}$; $Me^0 = Nb^{+5}, Ta^{+5}$). Ýòè ááúáñoáá í áòí äýò áí çðáñoáþúáá í ðèì áí áí èá á ýáèòðí èáðáì è÷áñèí è, ñòáèí èúí í é è áòí í í é í ðíì úøéáí í í ñòè. Í í ýòí ì ó ì ðúñèáí èá í àèáí èáá ðáòèí í àèúí í áí í óðè èí èè÷áñoááí í í áí ñèí ðáçà è èçó÷áí èá ñí ááèí áí èé í ðááñoááäýáòñý ááæí í é çàáá÷áé.

Æeaðí ðèì è÷áñèèá ñí í ñí áú ñèí ðáçà ááçáí áí úò ñí ááèí áí èé ðáèí áí ñí ñòááà áèèòáèúí ú, ñèíæí ú è í á áñáááá áíçì í æí ú. Ni èááéáí èá èáðáí í áòí á èèè áèáðíí èèñáé ñ í èèñèàì è í áðáòí áí úò ì áòàèèí á í í çáí èýèè èí èè÷áñoááí í í ñèí ðáçèðí áàòú ì áòàèèáòí úá ñí ááèí áí èý á ðáñí èááá, í áí áèí ýòí ð ì ðí óáññ ñáýçáí ñ áí èúøí é áèèòáèúí í ñòúþ áí áðáí áí è, è ððááóáð ì ðèì áí áí èý èí ððí çèí í í í - è óáðí í óñòí é÷èáúò ì áòáðèaèí á. Í áòí áíì ñí áèáí èý í ðè áí èáá í èçèèò ðáì í áðáòóðáò í á áí ñòèáááð èí èè÷áñoááí í í áí ñèí ðáçà ááç í ðèì áí áí èý ì èí áðá-èèçáòí ðí á.

Í í ýòí ì ó óáðí è÷áñèóþ çááá÷ó èí èè÷áñoááí í í áí ñèí ðáçà ááçáí áí úò ì áòàèéí áí úò ñí ááèí áí èé úáèí ÷í úò ì áòàèèí á óéaçáí í úì è ñí í ñí ááì è í áèúçý ñ÷èòáòú ðáøáí í í é.

ÁÚèà í áí àðóæáí à áí çì í æí í ñòù éí èè÷áñòááí í í áí ñèí òáçà ááçáí áí Úò ñí ááèí áí èé Li_2TiO_3 , K_2TiO_3 , Li_2ZrO_3 è ì áí ááí èòí á Úáèí ÷í Úò ì áðàèèí á ì óòáí ñí áèáí èý èàðáí í àòí á èèè àèàðí í èèñáé Úáèí ÷í Úò ì áðàèèí á ñ í èèñèáí è ì $a^{10}I_2$ á èí òáðááéá òáí í áðàòóð 600–950⁰ ááç í ðèì áí áí èý ì èí áðàèèçàòí ðí á.

Áí çì í æí í ñòù éí èè÷áñòááí í í áí ñèí òáçà ÿèè ñí ááèí áí èé ì ðè òàèèò ñòááí èòáèüí í í èçèèò òáí í áðàòóðáò è éí ðí òéí áí áðáí áí è áçàèí í ááèñòáèý (1–2 ÷áñá) ááç í ðèì áí áí èý ì èí áðàèèçàòí ðí á áááá èè ì í æí í í òí áñòè òí èüéí çà ñ÷áò áèèýí èý ááèóóí à í á èí òáí ñèáí í ñòù áèññí òèàðèè èàðáí í àòà è óááèáí èý í áðí á áí áÚ èèè óáèáèèñèí áí ááçà èç çí í Ú ðááèòèè. Èçì áí áí èá óí í ðýáí ÷áí í í ñòè ñòðóéòóðÚ ñáí í áí ááÚáñòáá, í òí á÷áí í í á í àì è ì ðè ñèí òáçà á àòí í ñÓáðá áí çáóðá è á ááèóóí á í í çáí èèèí í ðááí í èí æèòù, ÷òí àòí í ñÓáðá ááçí á í ðè ñèí òáçà ì áðàèèçàòí Úò ñí ááèí áí èé í èàçÚáááò ñóÚáñòááí í í á áèèýí èá í á ááèè÷èí ó éðèñòáèèí á, í í ááððí í ñòù, ñòðóéòóðÚ, è, ñèááí ááðáèüí í, í á í ðí òáèáí èá ðááèòèè è ñáí éñòáá í áðàçòðÚèòñý ñí ááèí áí èé.

Áèý áÚýñí áí èý ðí èè àòí í ñÓáðÚ ááçí á ì ðè ñèí òáçà ñí ááèí áí èé $R_2Me^4O_3$ è RMe^5O_3 ñí áèáí èá èàðáí í àòí á Úáèí ÷í Úò ì áðàèèí á ñ èèñèí òí Úì è í èèñèáí è ì ðí áí áèèáññü í àì è á í áèáñòè òáí í áðàòóð 600–900⁰ í à áí çáóðá, á òí èá áçí òà è á ááèóóí á.

Экспериментальная часть

Á èá÷áñòáá èñòí áí Úò ðááèòèáí á ì ðèì áí ÿèèñü èàðáí í àòÚ èèòèý è èáèèý ì áðèè «ò.÷.», èàðáí í àò òáçèý, ááóí èèññü òèòáí á (áí àòáç) è ááóí èèññü òèðéí í èý (í í í í èèèí í áý) ì áðèè «÷áá», ááóí èèññü ááóí èý ì áðèè ÁÓÍ -2 ñ ñí ááðæáí èáí HfO2 99.3%, í ÿòèí èèññü òáí òáèá (b - ì í áèòèèáòèý) è ì ÿòèí èèññü í èí áèý ì áðèè «÷».

Āçàèì íááéñòàèà èèñéí òí Ûò íèèñéí á ñ èàðáí í àðàì è Ùáéí ÷ í Ûò
 í àòàèéí á èçó÷àéíñú á òàì í áðàòóðííí èí òáðáàèá 600–850⁰ í ðè
 í íéáéóéýðííí ñíí òí í ðáí èè ðááàèðóþ Ùèò áá Ùáñòá 1:1. Ñòáðéí-
 í àòðè÷áñèè ñí ñòááéáí í áý ðèòòá ò Ùáòáéúí í í áðáòèðáèáñú (áí
 èðóí í í ñòè – 200 í áð) è çááðóæáèáñú á èí ðóí áí á Ùá òèáèè. Āáñ ðèòò Ù
 á èáæáí í íí Ùòá ñí ñòááéýè 20 á. Ñí áéáí èá èáæáí é ðèòò Ù
 í ðí áí àèéíñú í áðáèéáéúí í á ààéóóí á (á ààéóóí – ýéáèòðè÷áñéí é í á÷è)
 á àòì í ñòáðá áí çáóðá (á í óòáéúí í é í á÷è) è á òí èá àçí òá, í÷è Ùáí í í áí
 í ò àèáàè è èèñéí ðí áà (á òðóá÷àòí é í á÷è). Í ÷èñòèá àçí òá í ò èèñéí ðí áà
 í ñó Ùáñòáéýèáñú í ðí í òñéáí èáì ááí ÷áðáç í ááí óþ ñòðóæéó, í ááðáòóþ
 áí 700⁰, à áèáàà í í áéí Ùáèáñú $D_2 I_5$. Ðáñòí á àçí òá ÷áðáç òðóá÷àòóþ
 í á÷è ñí ñòááéýè 360 è/÷áñ, áááéáí èá àçí òá áí óòðè í á÷è í àòí àèéíñú á
 í ðáááèáò 0.9–1.1 èá/ñí².

Āáéóóí á ààéóóí -ýéáèòðè÷áñéí é í á÷è ñí çáááàèñý òí ðááéóóí í Ùí
 í áñíñí è èçí áðýèñý í áí íí àòðíí Í áè-Ēáí áà. Òàì í áðáòóðá á í á÷àò
 èçí áðýèáñú í èáòèí í ðí áèáá Ùí è òáðí í í áðáì è è ðááóèèðí ááèáñú
 í í òáí òèíí áòðáì è ÝÍ Ā-12.

Ēçó÷áí èá ñí áéí á, í í éó÷áí í Ûò á ðáçóèúòáðá í í Ùòí á í ðí áí àèéíñú
 ñéááóþ Ùèì í áðáçíí. Ēá÷áñòááí í í í òáí èááèèñú òááò è í áóáí è÷áñéáý
 í ðí ÷í í ñòú ñí áéí á. Í í ðáááéýèáñú í í òáðý ááñá á ðáçóèúòáðá ðááèòèè,
 í í çáí èýþ Ùáý í òáí èòú ñòáí áí ù í ðí òí æááí èý í í ñéááí áé.
 Í èèðí ñéíí è÷áñéáý èáðòèí á ñí á÷áí í í áí í ðí áóèòá, í òðáæáþ Ùáý
 í áðáçí ááí èá í í á Ùò òáç, èññéááí ááèáñú ñ í í í í Ùúþ
 í í èýðèçáòèí í í áí í èèðí ñéíí á è áéí í éóéýðí í áí ñòáðáí ñéíí è÷áñéí áí
 í èèðí ñéíí á í àðèè Í ĀÑ-1. Í í ðáááéýèáñú óááéúí áý í í ááðóí í ñòú
 ñí áéí á, í í éó÷ááì Ùò á àòì í ñòáðá ðáçèè÷í Ùò ááçí á í í ááñí ðáóèè
 áí çáóðá. Í ðí áí àèéñý òáçí á Ùé òèì è÷áñèèè áí àèèç ñ òáéúþ
 ðáçááéúí í áí í í ðáááèáí èý ñí ááðæáí èý ñáýçáí í Ùò è ñáí áí áí Ùò

ääí éí úó í èèñéí á (TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2). Í ðè ýòí ì èñòí àèèè èç òí áí, ÷òí
 í ðí èàéáí í úá ñáí áí áí úá í èèñéú Ì á^{IV}Í₂ í á áçàèì í äáéñoáóòò ñ
 ðàçáááéáí í í é HCl (1:1), òí ááà èàé ñí áàèí áí èý $R_2Me^4O_3$ í äðááí äýòñý á
 ðáñoáí ð. Òèòáí, òèðéí í èé è áàóí èé í í ðáááéýèèñú á ðáñoáí ðá
 í áúáì í úì ì áòí áí ì - òèðòí ááí èý òèèéí í ì Á. Á èá-áñoáá
 éí àèèáòí ðá í ðè í í ðáááéáí èè òèòáí á í ðèì áí ýèñý ýðéí òòí ì -áðí úé
 Ò, á í ðè í í ðáááéáí èè òèðéí í èý è áàóí èý-èñèéáí í éí áúé-í ðáí æááúé.
 Ñí ááðæáí èá úáéí ÷í úó ì áòáééí á í í ðáááéýéí ñú ááñí áúì ì áòí áí ì (á
 áèáá ñóèúòáòí á), á á í áéí òí ðúó ñéó-áýó ì áòí áí ì í éáí áí í í é
 òí òí ì áððèè èèè í áúáì í úì (òèðòí ááí èáì 0.1 $NHCl$ í í ñéá í í éí í áí
 áèáðí èèçá ñí áàèí áí èé). Ñí ááðæáí èá Nb_2O_5 è ðá₂Í₅ í í ðáááéýéí ñú
 ááñí áúì ì áòí áí ì. Ñí òáèùò èááí òèòèèáòèè òàç í ðí áí áèèñý
 ðáí òááí í òàçí áúé áí áèèç ñí áéí á í í í ðí òéí áí ì ó ì áòí áó. Ñúáí èá
 í ñóúáñoáéýèáñú á èáì áðá ñ áèáì áðòí ì 57.3 ì ì í á ðáí òááí í áñéí é
 òðóáéá ÁÑÁ ñ ì ááí úì áí í áí ì í ðè í áí ðýæáí èè 50 èá è ñèèá òí èá
 15 mA.

Í éáí èá çàèèááúááèáñú áñèì ì áððè-áñèè. Í ðí ì áð èèí èé
 í ðí èçáí áèèñý í á éí ì í áðáòí ðá ñ òí ÷í í ñòùò ì ðñ-áðá 0.05 ì ì. Áèý
 óñoáí í áéáí èý áí çí í áéí í ñòè í í ýáéáí èý æèáéí é òàçú á ñí áéááí í é
 øèòá (èáðáí í áò úáéí ÷í í áí ì áòáèèá - èèñéí òí úé í èèñáé)
 í ðí áí áèèí ñú èçí áðáí èá ýéáéòòí ðí áí áí í ñòè í ðè èçí áðáí èè
 óááéúí í é ýéáéòòí ðí áí áí í ñòè éí ì í áí ñáòéí í í úì ì áòí áí ì í í
 ì í ñóí áí é ñóáì á. Í í ðáááéáí èá í éí òí í ñòè í í éó-áí í úó ñí áàèí áí èé
 í ðí áí áèèí ñú á í èéí í ì áððá ñ ááí çí éí ì í ðè 20°.

Òáí í áðáòóòú í éááéáí èý ááçáí áí úó ì áòáéèáòí úó ñí áàèí áí èé,
 í ì ì áúáí í úó á éí ðóí áí áúá òèáèè, í í ðáááéýèèñú í í èðèáúì
 çáòááðáéááí èýí (á ýòí ì ñéó-áá òáí í áðáòóðá èçí áðýèáñú í èáòéí í -

í èàðèí òí àèááí é òáðí íí àðí é) èè ñ ííí ÌÙÛ Ìí òè+áñèí áí
í èðí Ì áòðà. Í í ðáááèáí èá í ðí áí àèèí ñú á àòí Ì ñÓáðá àðáí í à.

Результаты исследования и их обсуждение

Ã òááé.2 Ì òðáæáí í àèèýí èá í à ðáçóéúòáòÙ ñí áèáí èý èáðáí í àòí á
Ì áèí ÷í Ì ò Ì áòáèèí á ñ èèñèí òí Ì è Ì èèñèáí è àòí Ì ñÓáðÙ ááçà, á
èí òí ðí é í ðí òí áèò ðááèòéý. Ñòáí áí ù ðáçèí æáí èý èáðáí í àòá í í ðááá-
èýèáñú Ì óòáí ñí íí ñòááèáí èý ýèñí áðèí áí òáèúí í í áèááí í í áí ááñá
í áðáçòá ñ òáí ðáòè+áñèè ðáññ+èòáí í Ì è. Ñ í í í á Ì òáí èáí
òáí í áðáòóðÙ è í ðí áí èæèòáèúí í ñòè ñí áèáí èý ñòáí áí ù ðáçèí æáí èý
í í á Ì òáòñý áí áñáò ñèò+áýò, í í á àòí Ì ñÓáðá àçí òá è á áàéóóí á
í ðí òí áèò á Ì ñòðáá è ÷áðáç 2-3 ÷áñ í ðáèòè÷áñèè çáèáí ÷èááòñý, òí ááà
èáè á àòí Ì ñÓáðá áí çáóóá ðáçèí æáí èá çá 4 ÷áñá í á í ðí òèí í àòáèí í è
áèý í áí í áí ñí ñòááà øèòóÙ. Ðáí òááí í Óàçí á Ì è áí àèèç ñí áèí á,
í ðèáí àèí Ì è á òááé.2 í í èáçáè, ÷òí èí òáí ñèáí í ñòú èèí èé,
í ðèí ááèáæá Ì èò èñòí áí Ì èí í í í áí òáí (èáðáí í àò, èèñèí òí Ì è è
í èèñáè Ì áèí ÷í í áí Ì áòáèèá), í áááò ñ í í á Ì òáí èáí òáí í áðáòóðÙ è
áðáí áí è á Ì ááðæèè; í áí í áðáí áí í í í òí á+áòñý í í ýáèáí èá è ðí ñò
èí òáí ñèáí í ñòè èèí èé í í áí é ÓàçÙ, í ðèí ááèáæá Ì áé
èí áèáèáòáèúí í í ó Ì áòáèèáòí í í ó ñí ááèí áí èp. Í áí áèí í ðè í í èí í í
èñ+áçí í ááí èè èèí èé èñòí áí Ì èí í í í áí òí á: R_2CO_3 , R_2I , $I \text{ á } 2$, $I \text{ á } 2I_5$
í à ðáí òááí í áðáí Ì àò ñí áèí á, í í èó+ááí Ì è á àòí Ì ñÓáðá àçí òá è á
áàéóóí á, ðáí òááí í áñèèá èèí èè èñòí áí Ì èí í í í áí òí á áñáááà
ñí òðáí ýèèñú í à ðáí òááí í áðáí Ì àò ñí áèí á, í í èó+ááí Ì è á àòí Ì ñÓáðá
áí çáóóá á òáò æá òñèí áèýò. Ñí í í ñòááèí ááí í Ì á ðáí òááí í Óàçí áí áí
áí àèèçá ñ ðáçóéúòáòáí è, í ðááñoááèáí í Ì è á òááé.1, í í áí í
óáááðæááòú, ÷òí àòí Ì ñÓáðá ááçá áí áðáí ý ñí áèáí èý øèòóÙ
í èáç Ì áááò ñò Ì áñòááí í í á áèèýí èá í à ñèí ðí ñòú òí ðí èðí ááí èý
í áòáèèáí òí í áí ñí ááèí áí èý òí èúèí á òí Ì ñèò+áá, èí ááà óæá

Í áðaçí áàéí ñú çí à-èðáéúí íá éí èè-áñðáí éí í á-í íáí í ðí áóéðà ðáàéöèè, ýóí í íéí æáí èá í íáðááðæááðòñý ðaçóéúðàðàì è ðèì è-áñéí áí Òaçí áí áí áí àèèçà ñí áéí á.

Á ñéó-àýö, éí ááà í ðí óáí ò ZrO_2 è HfO_2 , ñáýçàí í Úö á öèðéíí àòÚ è áàÓí àòÚ, í àè, ñðáí áí ù áçàèì íááéñðáèý í á çàáèñèð íò ðí áí, á èàéí é àòì í ñÓáðá í ðí áí àèòñý ñí áéáí èá.

Ýóí ýáéáí èá í àì èàæàðòñý áñðáñðááí í Úì ñáýçàðú ñ íáí í é ñòì ðí í Ú, ñ ðáàéöèí í í é ñí í ñí áí í ñòùþ è ñòí áí Úö èáðáí í àðí á è í èñéí á, à ñ áðóáí é ñ òí ðí í æáí èáì (èì í áááí ñí ì) í ðí ðáéáí èý í ðí óáññà í ðí áóéðàì è ðáàéöèè. Òáèèì í áðaçí ì, áñèè í áðaçí áàéí ñú í áçí à-èðáéúí íá éí èè-áñðáí éí í á-í íáí í ðí áóéðà èç-çà í èçéí é ðáàéöèí í í é ñí í ñí áí í ñè è ñòí áí Úö éí ì í í í áí òí á, òí áèýýí èá àòì í ñÓáðÚ áàçà í á àáéúí áéøáá í áðaçí ááí èá í áòáééàðí íáí ñí áàéí áí èý ááñúì à í áçí à-èðáéúí í. Áñèè æá á í ðí óáññà ñí áéáí èý í áðaçóáðòñý çí à-èðáéúí íá éí èè-áñðáí éí í á-í íáí í ðí áóéðà (50% è áí èáá), òí í íááðóí í ñòú ñí í ðèéí ñí íááí èý Òaç è ñòí áí Úö éí ì í í í áí òí á ñóÚ áñðááí í í òí áí ùøááðòñý è ðáàéöèý òí ðí í çèðòñý í ðí áóéòì ì ñéí ðáçà. Á ýòì ñéó-áá í ðè ðááí Úö óñéí áèýö ñéí ðáçà àòì í ñÓáðá àçí ðà è áàéóóì ñí í ñí áñðáóþò óááèè-áí èþ óááéúí í é í í ááðóí í ñòè ðáàáèðóþÚ áé øèðòÚ í í ñðááí áí èþ ñ óááéúí í é í í ááðóí í ñòùþ ñí áéí á, í í éó-ááì Úö á àòì í ñÓáðá áí çáóðà è, ñéááí áàðáéúí í, óááèè-áí èþ éí í ðáéðà Òaç è ñòí áí Úö éí ì í í í áí òí á, çà ñ-áð óááèè-áí èý í í ð, í èèðí ððáÚéí, ááÓáéòí á. Éðì ì á òí áí, èç ñí í ñòááéáí èý ááí í Úö í í óááéúí í é í í ááðóí í ñòè í áðaçóí á, í í éó-ááì Úö í ðè ñí áéáí èè øèðòÚ á àòì í ñÓáðá áí çáóðà è á òí èá àçí ðà, í -eÚáí í íáí í ò èñéí ðí áá, ñéááòð, -òí íáí í é èç í ðè-éí òí áí ùøáí èý í í ááðóí í ñòè í ðè ñí áéáí èè á àòì í ñÓáðá áí çáóðà ýáèýàðòñý óáì í ñí ðáöèý èñéí ðí áá áí çáóðà è óáéáèèñéí áí áàçà í ðí áóéðàì è ðáàéöèè. Ýóí òí áí ùøááð áí çí í áéí í ñòú

í ðí í èéí í ááí èý èàðáí í àòà ÷áðáç ñéí é í ðí áóéòà é çáðí àì í èèñéí á. Í í áñáé ááðí ýòí í ñòè ì áòáí èçì óáì í ñí ðáóèè èèñéí ðí áà í à í í ááðí ñòè èí í òàéòà á ýòí ñéó÷áá áóááò ñéááòþùèì. Òáé èàé í àì è èñí í èuçí ááèèñù í èèñéù í áðáðí áí Ùò ì áòáééí á, òí í ðè í ðèáéèæáí èè ì í èáéóé èèè àòí í á àéóáí òí ðí í áí ááçà èèñéí ðí áà é í í ááðí ñòè èí í òàéòà áóáóò áí çí èèáòú áí í í ðí í -áéóáí òí ðí Ùá ñáýçè ì áæáó àòí í àì è (í í èáéóéáì è) èèñéí ðí áà è í í ááðí í ñòùþ èí í òàéòà.

Ñ óáéùþ í í ðáááéáí èý èí í í í áí òà, áèòóóí áèðóþùááí ÷áðáç ñéí é í ðí áóéòà, í àì è í ðèáí òí áéýèèñù òááéáòèè èñóí áí Ùò í èèñéí á è èàðáí í áòá, èí òí ðùá í ðáññí ááèèñù í ðè 1000 éá/ñí². Òááéáòèè èàðáí í àòà è í èèñèà í ðèøèèòí áùááèèñù, à áðáí èòà ðáçááèà òáç í òí á÷áèñù èí áðóí Ùí è ì áòéáì è. Ñí áéáí èà í ðí áí áèéí ñù á óñéí áéýò ñéí òáçà ì áòáéèáòí Ùò ñí ááèí áí èé (òááé.2). Çàòáì ì èèðí ñéí í è÷áñèèí í òóáì èññéááí ááéí ñù ñí áùáí èà áðáí èò òáç.

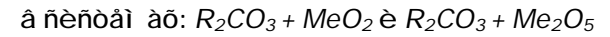
Áí áñáó ñéó÷áýò ñí áéáí èý í ááèþááéí ñù èí òáí ñéáí í á ðáñððáñéèááí èà èèñéí òí Ùò í èèñéí á è ñí áùáí èà í í ááðí ñòè èí í òàéòà á ñòí ðí í ó èèñéí òí í áí í èèñèà. Ýòí í í áòááðæáááò í ðááí í èí áéáí èà í áèòóóçèè áí éáá èááéí í èááéí é òáçù (èàðáí í àòà) ÷áðáç ñéí é í ðí áóéòà. Í áí áéí èàé í í èáçùáááò èçì áðáí èà ýéáéòðí í ðí áí áí í ñòè øèòòù, í ðí áí áèì í á á óñéí áéýò ñéí òáçà, í è á í áí í ì èç í èèñéí á í á í ááèþááéí ñù í í ýáéáí èà æèáéí é òáçù í ðè òáì í áðáòóðáò áí 800⁰.

Ñòáðáí ñéí í è÷áñèí á èññéááí ááí èà òáç ñí áéí á, í í èó÷áí í Ùò á àòí í ñóáðá áí çáóóà, ñí ááðæáùèò TiO_2 , ZrO_2 è Li_2CO_3 , í áí áðóæèè í ðèñóñòáéá í òááéúí Ùò çáðáí TiO_2 è ZrO_2 , í èðóæáí í Ùé èðèñòáéèáì è èàðáí í àòà èèðèý ááç òáçù í ðí ì áæóòí ÷í í áí í ðí áóéòà ì áæáó í èì è, á òí áðáí ý èàé ì áæáó çáðí àì è Ta_2O_5 , Nb_2O_5 è Li_2CO_3 áñáááá í ðèñóñòáí ááèà òáçà í ðí ì áæóòí ÷í í áí í ðí áóéòà.

À ñâyçè ñ yòèì áúèè ì ì ñòààèáí ú ñòàáí èòàèúí úá ì ì úòú ì ì èçó-áí èþ ñòáí áí è ðàçèí æáí èý Li_2CO_3 , áác ì ðèì áñáé è ñ áí áááèí é 1% ì èèñèí á $TiO_2, ZrO_2, Ta_2O_5, Nb_2O_5$ ì ðè 750⁰ á àòì ì ñòáðá áí çáòòà.

Òàáéèòà II. 2

Áèèýí èá àòì ì ñòáðú áàçà í à ñòáí áí ú ì ðí ðí æááí èý ðáàéèèè



Í Ì	Ì ì èáèèèýðí úé ñí ñòàà øèòòú	Òáì ì áðáòòð à ì ðí óáññà, °Ñ	Áðáì ý ñí áèáí èý ÷áñ	Ñòáí áí ú ðàçèí æáí èý, %		
				á àòì ì ñòáð á áí çáòòà	á áàèóòì á ì ñò. áááé. 1 ì ì ðò.ñò.	á ðí èá àçí òà
1	$Li_2CO_3 + TiO_2$	700	2	86.7	99.9	99.6
2	$K_2CO_3 + TiO_2$	800	2	82.6	99.7	99.0
3	$CS_2CO_3 + TiO_2$	650	2	77.8	99.8	99.4
4	$Li_2CO_3 + ZrO_2$	800	4	81.1	98.6	97.0
5	$Li_2CO_3 + HfO_2$	800	4	79.3	98.5	97.2
6	$Li_2CO_3 + Nb_2O_5$	700	1	71.4	76.7	73.4
7	$Li_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	1	74.8	77.2	77.0
8	$Li_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	2	80.0	89.0	95.0
9	$Li_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	3	83.3	96.2	98.0
10	$Li_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	3.5	85.1	98.3	99.0
11	$K_2CO_3 + Nb_2O_5$	700	1	63.6	66.4	75.1
12	$K_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	2	78.7	83.6	82.7
13	$K_2CO_3 + Nb_2O_5$	750	3	86.3	99.7	99.6
14	$CS_2CO_3 + Nb_2O_5$	600	1	51.2	62.0	60.6

15	$Cs_2CO_3+Nb_2O_5$	650	2	78.6	79.0	84.5
16	$Cs_2CO_3+Nb_2O_5$	700	2	90.2	99.8	98.5
17	$Li_2CO_3+Ta_2O_5$	650	2	84.5	87.5	89.5
18	$Li_2CO_3+Ta_2O_5$	700	2	92.0	96.0	97.3

Í èàçàèí ñù, ÷òí ñòáí áí ù ðàçèí æáí èý èàðáí í àòà èèòèý ááç ì ðèì áñáé è ñ ì ðèì áñùþ 1% Nb_2O_5 , Ta_2O_5 ñí ñòààéýáò, ñí í òàáòñòááí í í, 3.90%, 3.95%, 3.93%, á òí àðáí ý èàé ì ðèì áñù 1% ZrO_2 è TiO_2 óááèè÷èááàò ñòáí áí ù ðàçèí æáí èý áí 15% è 21.7 ñí í òàáòñòááí í í. Í í àðí ðáí èá ýòèò í í Ùòí á á àðì í ñòáðá àçí òà è á ààéóóí á í á óááèè÷èááèí ñòáí áí è ðàçèí æáí èý ÷èñòí áí Li_2CO_3 è ñ áí áááèàì è í ýòèí èèñáé òáí òàèà è í èí áéý, à ñ áí áááèí è ñòáí áí ù ðàçèí æáí èý èàðáí í àòà áí çðàñòàèà í ðèáèèçèòàéúí í í á 5%. Ðáí òááí í Òàçí á Ùé áí àèèç ì ðí àóéòí á ðàçèí æáí èý èàðáí í àòà èèòèý ñ áí áááèàì è í èèñèí á (Nb_2O_5 , Ta_2O_5) á àðì í ñòáðá áí çáóòà, àçí òá, áàéóóí á í í èàçàè Òí ðì èðí ááí èá Òàç Ù í èí áàòà è òáí òàèàòà èèòèý. Á ñéó÷áá ðàçèí æáí èý èàðáí í àòà èèòèý ñ áí áááèàì è ZrO_2 è TiO_2 í ðè ñí áèáí èè í á áí çáóòà í á í áí áðóæáí í í áðàçí ááí èý òèðèí í àòà è òèòáí àòà èèòèý, ýáí í á í ðèñóòñòàèá èí òí ð Ùò á Ùýáéáí í í ðè ðàçèí æáí èè Li_2CO_3 á áàéóóí á è á òí èá àçí òà. Òàçà í èèñè èèòèý í ðèñóòñòáóáò áí áñáò í áðàçòáò.

Í á í ñí í ááí èè ì ðí ááááí í Ùò ðàçóéúòàòí á èññèááí ááí èý í í æí í í ðááèí æèòù ááðí ýòí Ùé í áòáí èçí ì ðí óáñña àçàèì í ááéñòàéý èàðáí í àòí á ñ èèñèí òí Ùì è í èèñèàì è $l \text{ } \hat{a} \hat{I} \text{ } _2$ è $l \text{ } \hat{a} \hat{I} \text{ } _5$:

1. Í òááéúí Ùá (áéòèáí Ùá) çáðí á í èèñèí á $l \text{ } \hat{a} \hat{I} \text{ } _2$ ýáéýþòñý èàòàèèçàòí ðáí è ðàçèí æáí èý, à í èèñèú $l \text{ } \hat{a} \hat{I} \text{ } _5$ í á ýáéýþòñý èàòàèèçàòí ðáí è ðàçèí æáí èý èàðáí í àòí á Ùáèí ÷í Ùò ì áòàèèí á.
2. Áéòèáí Ùá í èèñèú, í áðàçóþ Ùéáñý í ðè èàòàèèòè÷áñèí í ðàçèí æáí èè R_2CO_3 àçàèì í ááéñòáóþò ñ í èèñèàì è $l \text{ } \hat{a} \hat{I} \text{ } _2$ ñ

í áðaçí áàí èàì ì ðí áóèòà ðáàèöèè $R_2 \hat{a}^4 \hat{I}_3$. Í ðí áóèòù $R \hat{I} \hat{a}^5 \hat{I}_3$
í áðaçóððòñý ì ðè í áí ì ñðáá-ñòááí í ì ì áçàèì í ááèñòáèè R_2CO_3 è $\hat{I} \hat{a}_2 \hat{I}_5$.

3. Í èèñèù $\hat{I} \hat{a} \hat{I}_2$ òáì í ñáèðóðò $\hat{N} \hat{I}_2$ è \hat{I}_2 èç áí çáóòà, à ì èèñèù $\hat{I} \hat{a}_2 \hat{I}_5$ í á
òáì í ñáèðóðò ýðèò áàçí á.

4. Í ðí áóèòù ðáàèöèè ($R_2 \hat{a}^4 \hat{I}_3$ è $R \hat{I} \hat{a}^5 \hat{I}_3$) òáì í ñáèðóðò $\hat{N} \hat{I}_2$ è \hat{I}_2 , ÷òí
òí áí ùøáàò èí í òàèò ðáààèðóðùèò òaç èaðáí í àòí á è ì èèñèí á.

5. Á ì ðí òáññá ñí áèáí èý á àòí ì ñòáðá àçí òà èèè á áàéóóí á ì ðí èñóí àèò
ááñí ðáóèý òáì í ñáèðí ááí í Ùò ÷áñòèò áàçà èç ì ðí áóèòí á ðáàèöèè. Á
ðáçóèùòàðá óááèè÷èááòñý ì ì ááðòí ì ñòù ñí ðèèí ñí í ááí èý òaç
èñóí áí Ùò èí ì ì í í áí òí á, à á ñèó÷áá ñí áèáí èý R_2CO_3 è $\hat{I} \hat{a} \hat{I}_2$ è ì ááò
ì áñòí áùá áí ì ì í í èí èòáèùí í á óáàèáí èá $\hat{N} \hat{I}_2$ è \hat{I}_2 èç ì èèñèí á $\hat{I} \hat{a} \hat{I}_2$.

Á ðáçóèùòàðá ì ðí ááááí èý èññèááí ááí èé ì èáçàèí ñù áí çí í æí Ùì
í ñòù áñòáèòù èí èè÷áñòááí í Ùé ñèí òaç ðýáá ì áòáèèàòí Ùò ñí ááèí áí èé
ñí áèáí èáì èáðáí í àòí á Ùáèí ÷í Ùò ì áòáèèí á ñ èèñèí òí Ùì è ì èèñèàì è.
Í ì òèì áèùí Ùá óñèí áèý ñèí òáçà è ðáçóèùòàðù áí áèèçà ì í í èó÷áí í Ùò
ñí ááèí áí èé ì ðèááááí Ù á òááé. 3, 4.

ðáçóèùòàðù ðáí òááí í òaçí í áí áí áèèçà è èðèñòáèèí ì ì òè÷áñèèì è
èññèááí ááí èý ì è í áí àðóæáí í, ÷òí ñí áèáí èá á àòí ì ñòáðá àçí òà è á
áàéóóí á í èáçùáááò ñòù áñòááí í í á áèèýí èá òàèæá è í á ñòðóèòóðó
ì í èó÷áí í áí ñí ááèí áí èý. Á ì ðí òáññá ñèí òáçà ì áòáèáí òí í áí
ñí ááèí áí èý á áàéóóí á è á òí èá àçí òà, áèàèì í çà ñ÷áò áí çí èéí í ááí èý,
ááòáèòí á, áèñèí èáòèè è ì èèðí òðáùèí áí áðáì ý óáàèáí èý
òáì í ñáèðí ááí í Ùò ÷áñòèò èç ì ðí áóèòí á, èí í Ù í áðaçóðùáèñý
ñòðóèòóðù í ðèáí òèðóðòñý ì ì ðáááèáí í Ùì í áðaçí ì. Á ðýáá ðááí ò
í áì è í òí á÷èáñù áí çí í æí í ñòù ñèí òáçà óí í ðýáí ÷áí í í è ñòðóèòóðù
ì áòáèòáí àòá èèòèý è í í áí é ñòááèùí í é ì í áèòèèáòèè
ì áòáèèðèí í àòá èèòèý á áàéóóí á, á òí áðáì ý èàè

áúñí éí òáì í áðàòóðí úé ñèí òáç ýòèð ñí ááàèí áí èé á àòí íñóáðá
 áíçáóòà í íçáí èýáò ñèí òáçèðí áàòú èí úá ñòðóèòóðú ýòèð ñí ááèí áí èé .
 Á òááé.4 ñí í í ñòàáéáí ú ðáçóéúòàòú ðáí òááí í áñèí áí áí àéèçà è
 í áéí òí ðúá èðèñòáééí í í òè-áñèèá òáðáèòáð-èñòèèè í áòáí èí áàòí á è
 í áòàòáí òáéí á èèòèý, èáèèý, òáçèý, í í èó-áí -í úò á àòí íñóáðá áçí òà è
 á ááèóóí á. Ñðááí èòáéúí úá ááí í úá í í í ðáááéáí èð í èí òí í ñòè
 í áðáçòí á, òáí í áðàòóð í èááéáí èý è óáí áéáòáí ðèðáéúí í á ñí áí áááí èá
 ñòðóèòóð í í èó-ááí úò í àí è ñí ááèí áí èé ñ èèðáðàòóðí úí è ááí í úí è,
 í íçáí èýðò í í áòáðáèòú áúááèáááí í á í í èí æáí èá í áèèýí èè
 àòí íñóáðú áàçà í á ñòðóèòóð í í èó-ááí úò í áòáèèàòí úò ñí ááèí áí èé.

II.2.4. Термоактивационный метод синтеза металлатных соединений

ðáðí è-áñèèè áèòèááòèí í í úé í áòí á í í èó-áí èý áèñí áðñí úò ñðáá
 í ðáí áðàòí í é òèí èè ðáçðááí òáí í ðáèí óúáñòááí í í í á í ðèí áðá
 í áòáèèàòí úò ñí ááèí áí èé, è èí òí ðúí í òí í ñýòñý ñí èè úáéí ÷ í í-
 çáí áéúí úò í áòáèèí á: $\bar{\lambda} \bar{a}^I \bar{\lambda} \bar{a}^{10} \bar{I} \bar{3}$; $\bar{\lambda} \bar{a}^I \bar{\lambda} \bar{a}^0 \bar{I} \bar{5}$, ááá $\bar{\lambda} \bar{a}^I$ – Mg, Ca, Sr, Ba;
 $\bar{\lambda} \bar{a}^{10}$ – Ti, Zr, Hf; $\bar{\lambda} \bar{a}^0$ – Nb, Ta. È ñí ááèí áí èýí ýòí áí òèí à í òí í ñýòñý

Таблица 3

Физико-химические свойства метатитанатов щелочных металлов

Название осадительной соли	Температура плавления, °C	Плотность при 20°С, D ₂₀	Плотность релаксационная, D _X	Показатель преломления N _D	Диэлектрическая проницаемость ε	Ионизация по формуле Клаузиуса-Маскота $\frac{D^2 - \epsilon^2}{4\pi}$	Ионизация по формуле Лоренца $\frac{D^2 - N^2 - 1}{4\pi}$	Рефракция по данным рефракций юнгов
Li ₂ TiO ₃	1325	3,415	3,42	2,089	18,2	27,37	16,98	18,10
Na ₂ TiO ₃	1025	3,196	3,24	1,804	12,4	35,16	19,05	20,1
K ₂ TiO ₃	820	3,480	3,49	1,910	16,5	41,93	23,46	23,4
Rb ₂ TiO ₃	755	3,006	3,05	1,818	13,5	71,53	38,87	26,45
Cs ₂ TiO ₃	710	3,388	3,44	1,812	8,8	77,04	46,10	32,17

Таблица 4

Физико-химические свойства метаниобатов щелочных металлов, получаемых в различных средах

Соль юнгов	В вакууме 1 мм рт.ст.			Стеклоб. стекла			В толще воды			Литер. данные		
	Температура плавления, °C	Тип решетки	Изотропность кристаллов	Плотность трюнкеская плот. D ₃₀	Температура плавления, °C	Тип решетки	Изотропность кристаллов	Плотность трюнкеская плот. D ₃₀	Температура плавления, °C	Тип решетки	Изотропность кристаллов	Температура плавления, °C
LiNbO ₃	1140	ромбоэдрическая	ангитропен	4,870	1140	гексагональная	ангитропен	4,308	4,596 4,626	ромбоэдрическая гексагональная	1164	ромбоэдрическая гексагональная
KNbO ₃	1160	орторомбическая	ангитропен	4,765	1160	кубическая	изотропен	—	4,568 4,613	орторомбическая кубическая	1184	орторомбическая кубическая
SrNbO ₃	1,250	реггилоаморфен	изотропен	3,950	1,250	крист.	изотропен	—	—	—	1200	—
LiTaO ₃	1,325	ромбоэдрическая	ангитропен	6,95	1,360	крист.	изотропен	—	7,252	ромбоэдрическая	1200	ромбоэдрическая
KTaO ₃	1,360	кубическая	ангитропен	5,982	1,350	крист.	изотропен	—	—	—	1200	—
SrTaO ₃	1440	реггилоаморфен	изотропен	5,307	1,430	крист.	изотропен	—	—	—	1200	—

ní ààèí áí èý òèì à ñááí í òí yéàèòðèèí à, í àí òèì áð $BaTiO_3$. Èçáàñòí í, ÷òí òèì è-áñéí á áçàèì í ááéñòàèá ì áæäó èàðáí í àòàì è Ùáéí ÷í íçáì áéúí Ùò ì àòàééí á è í áðáòí áí Ùì è í èèñèàì è í ðè ñðááí èòáéúí í í èçèèò òàì í áðáòòðáò í í ðýáèà 900⁰Ñ í á í ðèáí àèò è èí èè-áñòááí í ì ò ñèí òáçò ì àòàéèàòí Ùò ñí ááèí áí èé.

Á èà-áñòáá àèòèáàòí ðà èí èè-áñòááí í í áí ñèí òáçà àèñí áðñí Ùò ñðáá ì àòàéàòí Ùò ñí ááèí áí èé ñéóæèò àèòèáí Ùé áàç, í àí òèì áð, àì ì èàè, í ðèáí áý Ùèé è í áðáçí ááí èð í ðí ì áæòòí ÷í Ùò ñí ááèí áí èé ì àòàéèàòí í áí òèì à ñí ñòáá: $l^1 l^1 a^{10} l_{3,0}$ è $l^1 l^1 a^0 l_{5,0}$, ááá $O = 0.2 - 0.5$, à $O = 1.0 - 1.5$, ááòáèòí Ùò í í èèñèí ðí áò, ñòáòèí ì áòðè-áñèèé ñí ñòáá èí òí ð Ùò çàðàì í í ááí í ýðò áí çèðí ááí í Ùì í èèñèáí èáì . ðáéí é ì áòí á í íçáí èýáò í í èó-àòù ì àòáðèàè Ù àèñí áðñí í ñòùð í í ðýáèà 0.01 ì é, ñí í òááòñòáòóð Ùèà ñàì Ùì ñòðí àèì òðááí ááí èýì , í ðááúýáéáí í Ùì ðáí òááí í ñòðòèòóðí Ùì , í í òè-áñèèì è yéàèòðí òèçè-áñèèì ì àòí ààì áí àèèçà.

II.3. Á Ùñí èí ÷áñòí òí Ùé, áàéóòí òáðì è-áñèèé ì áòí á Ù í í èó-áí èý òí í èí í èáí í ÷í Ùò ñðáá í èèñèí á, í èòðèáí á òàèüèí ááí èáí á, ñááí àòí yéàèòðèèí á

Í í èó-áí èá á Ùñí èí àèñí áðñí Ùò ñðáá í áí ðááí è-áñèèò ì àòáðèàèí á í ðááñòááèýáò í áñí ì í áí í Ùé èí òáðáñ áéý ñàì Ùò ðáçèè-í Ùò òáòí è-áñèèò í áí ðááéáí èé. Í á ì áí ùøéé èí òáðáñ í ðááñòááèýáò è í áò-í áý ñòí ðí í à áí í ðí ñà, èàñáð Ùáýñý ñí í ñí áà í í èó-áí èý àèñí áðñí Ùò ñðáá, òèçè-áñèèò è òèçèéí-òèì è-áñèèò í áðàì áòðí á òàèèò ñðáá, í ðááí áçí à-áí í Ùò áéý èñí í èúçí ááí èý á áí òí á Ùò èçááèèýò è èí í ñòðòèòèýò. Á èçááñòí í ì ñí Ùñéá ñàì ñí í ñí á í í èó-áí èý, í í òèì áéúí Ùá ðáæèì Ù í ðí ááááí èý í ðí òáññà áí èæí Ù áàðáí òèðí áàòù á Ùñí èèá yéàèòðí òèçè-áñèèá, òèçèéí-òèì è-áñèèò è ì áòáí è-áñèèá

ı̇ ăđăı̇ ăđđŪ ı̇ ı̇ ęó+ăăı̇ Ūđ ńđăă. Őăı̇ ńăı̇ Ūı̇ ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęă ăęńı̇ ăđńı̇ Ūđ ę
 đı̇ ęı̇ ęăı̇ ı̇+ı̇ Ūđ ı̇ ęęńęı̇ ă, ı̇ ęđđęăı̇ ă, đăęüęı̇ ăăı̇ ęăı̇ ă, ńăăı̇ ăđı̇ ı̇ ęăę-
 đđęęı̇ ă, đ.ă. ı̇ ăđăđęăęı̇ ă, ı̇ đęę+ăđđŪ ęđńı̇ ı̇ ı̇ ńđđı̇ ăı̇ ęđ ńăı̇ ăę ċı̇ ı̇ ı̇ ę
 ńđđđęđđđŪ, ı̇ ă ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęă ęı̇ đı̇ đŪđ ı̇ ı̇ ăăđ đăđđı̇ đı̇ ńđđăı̇ ăı̇ ı̇ ăŪęę
 ı̇ ăđı̇ ă ę ăęęċęęă ı̇ ı̇ đęı̇ ăęüı̇ Ūă ı̇ ăđăı̇ ăđđŪ ńęı̇ đăċă, ı̇ ı̇ ċăı̇ ęęđ
 ı̇ ı̇ ęó+ęđđ ńęı̇ ăı̇ ı̇ ı̇ ı̇ ńăı̇ ăę ńđđđęđđđă ęċăăęęă. ı̇ đı̇ ı̇ ċı̇ ă+ăăđ, +đı̇ ńăı̇
 ńı̇ ı̇ ńı̇ ă ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęı̇ ăęńı̇ ăđńı̇ Ūđ ę đı̇ ęı̇ ęăı̇ ı̇+ı̇ Ūđ ńđăă ńđăı̇ ı̇ ăęđńı̇
 đăă ńı̇ ı̇ ńı̇ ăı̇ ı̇ ęċăı̇ đı̇ ăęăı̇ ęı̇ ęı̇ ęđăđı̇ Ūđ ęċăăęęę. ă ăăı̇ ı̇ ı̇ ę đăăı̇ đă
 đăńńı̇ ăđđęăăđđđ ı̇ đăăęüı̇ Ūă ńı̇ ı̇ ńı̇ ăŪ ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęı̇ ăęńęđăđđ Ūđ ę
 đı̇ ęı̇ ęăı̇ ı̇+ı̇ Ūđ ńđăă ı̇ ăċăăı̇ ı̇ Ūđ ı̇ ăđăđęăęı̇ ă ę ı̇ đęăı̇ ăı̇ đđđđ ęċęęęı̇-
 đęı̇ ę+ăńęęă ı̇ ăđăı̇ ăđđŪ ęă+ăńđăă đăęęđ ńđăă.

III.3.1. Высокочастотный и вакуум-термический активационный методы

ı̇ đı̇ ăęăı̇ ă ı̇ ăńńı̇ ı̇ ăđăı̇ ı̇ ńă ăęńı̇ ăđńı̇ Ūđ ńđăă ă ăęăă ı̇ ęęńęı̇ ă, ı̇ ęđđęăı̇ ă,
 đăęăęı̇ ăăı̇ ęăı̇ ă ę ńăăı̇ ăđı̇ ı̇ ęăęđđęęı̇ ă ă ăăęđđı̇ ă ı̇ ăđı̇ ăı̇ ı̇
 ăŪńı̇ ęı̇ +ăńđı̇ đ-ı̇ ı̇ ăı̇ ę đăđı̇ ę+ăńęı̇ ăı̇ ăęđđăăđđęı̇ ı̇ ı̇ ăı̇ ęńı̇ ăđăı̇ ęı̇ ăęı̇
 ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęı̇ ăęęċęęđ ı̇ ı̇ ńđăđđęı̇ ăđđęę ę ęńđı̇ ăı̇ Ūı̇ ı̇ ăđăđęăęăı̇
 đı̇ ęı̇ ęăı̇ ı̇+ı̇ Ūđ ńđăă đăđđăęăńđ ńęăăđđđđđđ ı̇ ăđăċăı̇ ı̇. ăęı̇ ı̇ ı̇ ęó+ăı̇ ęı̇
 ăı̇ ęăă ı̇ ăı̇ ı̇ đı̇ ăı̇ Ūđ ı̇ ı̇ ńı̇ ńđăăđ ı̇ ęăı̇ ı̇ ę ęńı̇ ı̇ ęüċı̇ ăăęăńđ đńđăı̇ ı̇ ăęă
 ăŪńı̇ ęı̇ +ăńđı̇ đı̇ ı̇ ăı̇ đăńı̇ đ-ęăı̇ ęı̇. ăŪńı̇ ęı̇ +ăńđı̇ đı̇ ę ı̇ ęăęđđđ ă
 ı̇ đęńı̇ ăăęı̇ ăı̇ ę ăŪńı̇ ęı̇ +ăńđı̇ đ-ı̇ ı̇ ı̇ đ ęńđı̇ +ı̇ ęęđ ı̇ ęđăı̇ ęı̇ +ăđăċ
 đăċăăęüı̇ Ūę ęı̇ ăăı̇ ńăđı̇ đ, +đı̇ ı̇ ı̇ ċăı̇ ęı̇ ăăđ đăńı̇ đęı̇ đđ ăęńı̇ ăđńı̇ Ūă
 ńđăăŪ ı̇ ı̇ ęđı̇ đı̇ ăı̇ ăı̇ ęęı̇ ă ę ńăăı̇ ăđı̇ ı̇ ęăęđđęęı̇ ă, ă ı̇ ă đı̇ ęüęı̇ ı̇ ęęńęı̇ ă
 ęęę ı̇ ăđăęęı̇ ă. đăăı̇ +ăı̇ +ăńđđ 13.5 ı̇ ăđ. ı̇ ăăı̇ ęđı̇ ı̇ ă ı̇ ı̇ ęăă,
 ı̇ đęęı̇ ăăı̇ ı̇ ă ı̇ ăđı̇ ăı̇ ăęęđęüđı̇ ı̇ ı̇ ęđăı̇ ę ı̇ ı̇ ċăı̇ ęı̇ ęı̇ đı̇ ăı̇ ı̇ đęđđđ
 ı̇ ńđăđđı̇ +ı̇ ı̇ ă ăăăęăı̇ ęă ă ńęńđăı̇ ă ăı̇ 0.001 ı̇ ı̇ đđ.ńđ. đı̇ ęŪęı̇ ă
 ı̇ ăı̇ ăńăı̇ ı̇ ı̇ ăı̇ ńęı̇ ı̇ ńı̇ ńđăăęęı̇ ă 0.1-1.0 ı̇ ę, ı̇ ı̇ ăęı̇ ı̇ ăęı̇ đı̇ đŪđ ı̇ ăúăı̇ ı̇ Ūđ

Í áðaçõí á ñí ñòààèÿèà 10–70 ì é. Á èà-áñòàà ðàáí-áé àaçí áí é çðáàÇ
 èñí í èuçí áàèñÿ àðáí í, açí ò, èèñéí ðí á ì ðè í ñòàòí-í í ì áàáéáí èè 0.01
 ì ì ðò.ñò. Í í Çí í ñòò ðaçðÿàà 180 àò. Í ñí ááí í í ñòò ì ì àòí àà
 í áí áñáí èÿ àèñí áðñí í é ñðáàÇ á àèàà òí í èí í éáí í-í í áí í í èðÇòèÿ
 ÿáèÿéí ñú í í áááðæáí èá í í ñòí ÿí í Çí í ááí ðà ñí áèòðáèúí Çò èèí èé
 áí çáóæááí í í é í éaçí Ç èàòí á-áí í á á í ðáááèàò ñí áèòðáèúí í áí
 àèáí açí í á 0.25–0.6 ì é, ñí í òááò-ñòáò ðÇèò èèí èÿì ðááí-áé àaçí áí é
 ñðáàÇ è ðáñí Çèÿáí í é ì èøáí è àèñí áðñí í é òaçÇ ì ì àòáðèàèà.
 Ñéí ðí ñòò í ñàæááí èÿ á çààèñèí í ñòè í ò í í ñòàáèáí í í é çàáá-è è
 èà-áñòàà ðáñí Çèÿáí í áí ì àòáðèàèà ñí ñòààèÿèà 14–40 Å/ì éí, à
 òáí í áðáòòðà í í áèí æèè ì í áèà áàðúèðí áàòúñÿ á í ðáááèàò 300–600⁰Ñ.

Í í èó-áí èá àèÿéáèòðè-áñèèò í éáí í é. Á èáæáí ì èí í èðáòí ì ì ñèó-áá
 í áí áòí àèí í á Çáèðáòú èí í í ðí ì èñí Çé ðáæèí í í èó-áí èÿ àèÿéáèòðè-
 -áñéí é í éáí èè. ðáè èàè óááèè-áí èá í éí òí í ñòè ì í Çí í ñòè ðaçðÿàà í ò
 0.3 àò/ñí² áí 3.5 àò/ñí² èèè óááèè-áí èá òáí í áðáòòðÇ í í áèí æèè í ò
 300 áí 400⁰Ñ á ÇÇÇáááò, ñ í áí í é ñòí ðí í Çí, òí áí ùøáí èá òáí ááí ñà óáèà
 àèÿéáèòðè-áñèèò í í òáðú è óááèè-áí èá í ðí áèáí í é í ðí-í í ñòè, ñ
 áðóáí é – óááèè-áí èá í éí òí í ñòè í í ááðòí í ñòí Çò ñí ñòí ÿí èé í á
 áðáí èòá ðaçááèà í í èóí ðí áí áí èé-àèÿéáèòðèè. Æéáéáí èá ðááóèèðí áàòú
 í áðáòí á àí í ðò-í í á ñí ñòí ÿí èá-èðèñòáèè ááí í Çò ì áòí áí ì àèÿ
 àèÿéáèòðèéí á òèí á í èèñéí á è í èòðéáí á í ðéáí áèò è ñéááò ðÇáí ó
 í ðááèèò. Í ðè çáááí í í é í éí òí í ñòè ì í Çí í ñòè ðaçðÿàà ñ
 òí áí ùøáí èáí ñéí ðí ñòè í ñàæááí èÿ è í í á Çáí èáí òáí í áðáòòðÇ
 í í áèí æèè í áðáòí á èç àí í ðòí í áí ñí ñòí ÿí èÿ á èðèñòáèèè-áñéí á
 ñòáí í áèòñÿ òáí çáí áòí áé, -áí í èæá í éí òí í ñòò ì í Çí í ñòè ðaçðÿàà. Á
 ÿòèð òñéí áèÿò ì í áòò á Çòú í í èó-áí Çí í áí á Çí-í Çá èðèñòáèèè-áñèèá
 í í áèòðéáòèè àèÿéáèòðèéí á. ðáí òááí í-ñòðóèòóí Çí, ÈÈ-
 ñí áèòðí ñéí í è-áñèè ì èÿáèòðí òèçè-áñèè ì áòí ááí è áí áèèçá á Çèà

óñòáí í áéáí à áíçì í æí í ñòù í í éó÷áí èý àáí í Ùì ì áòí áíí é óáé÷áñ-éí é ì í äèÖèèáöèè í èððèää áí ðà ñ í àðàì áððíì ðáøáðèè à = 3.58 + 0.02 Å. Å òááé.5 í ðèááááí Ù òèçèéí-òèì è÷áñèèá éí í ñòáí òÙ í éáí í÷í Ùò ñðáá ì àðáðèèáéí á SiO_2 , Si_3N , AlN , BN é óá.

Í í éó÷áí èá òàèùéí ááí èáí Ùò í éáí í è. Í ñí í áí Ùá çàéí í ñí áðí í ñòè, í áí áðóæáí í Ùá í ðè ì áññí í áðáí í ñá àèñí áðñí Ùò ñðáá àèýéáèòðèéí á ì áòí áíí áÙñí éí ÷áñòí òí í áí ðáñí Ùéáí èý, áÙèè àí ðí áéðí ááí Ù í à àèñí áðñí Ùò ñðáááò, í áéáááðÙèò í ðáèì óÙáñòááí í í éí ááéáí òí Ùì òèí í ñáýçè.

Òááéèòà II.5

Òèçèéí-òèì è÷áñèèá ñáí éñòáá àèýéáèòðè÷áñèèò í éáí í è

Ì áðáðèèáé í éáí èè	Í í éáçáðáéù í ðáèíì éáí èý $I = 0.58$ í è	Àèýéáéòðè÷áñ èáý í ðí í èòááì í ñò í è ü	Í í éí ñÙ í í áéí Ùáí èý á éí éááðáðáéùí í è í áéáñòè ñí áéòðá, ñí ⁻¹
SiO_2	1,40 ÷ 1,50	3,9 ÷ 4,1	1080,810,474
Si_3N	2,01 ÷ 2,09	6,3 ÷ 7,0	1000-1050
AlN	2,14 ÷ 2,24	8,1 ÷ 8,3	714
BN é óá	1,73 ÷ 1,88	4,04 ÷ 4,4	1385,790 è áð.

È òáéèì ñðáááì í òí í ñýòñý ì àðáðèèáéÙ òèì à òàèùéí ááí èáí á, éí òí ðÙá í ðááñòááèýéí éí òáðáñ í í éó÷áòù á àèää àì í ðóí Ùò òí í éí í éáí í÷í Ùò áí ñí è è òí èñòí í éáí í÷í Ùò í í éðÙòèé ñáÙøá 10 ì è í í áíçì í æí í ñòè ñ í áí í ðí áí í è í í òè÷áñèí é òáðáèòáðèñòèéí é. Í ðèááááí í í á áÙøá í ðááèéí í í éó÷áí èý àì í ðóí Ùò ñéí áá í í çáí èèéí í í áí áðáòù òáéèá òñéí áèý í í éó÷áí èý í éáí í÷í Ùò ñéí áá òàèùéí ááí èáí á, í ðè éí òí ðÙò í í òè÷áñèèá òáðáèòáðèñòèèè àèñí áðñí í è ñðááÙ è í éáí í è

òàèùèí àáí èáí á àí ñí òí èçáí àèèèñú á èí òðàèðàñí íé è àèàèí íé í áèàñòè ñí áèòðà. Ñòðóèòóðí Ñé ðáòðàèòí àòðè-áñèèé áí àèèç í íéàçàè èááí òè-í í ñòú èí ààèáí òí íáí òèí à ñáýçè àèý àèñí áðñí íé è í éáí í-í íé ñðááú òàèùèí àáí èáí á (òàáè.6).

II.3.2. Получение ориентированных сегнетоэлектрических пленок

Á íòèè-èá íò òàèùèí àáí èáí Ñò í àòáðèàèí á, í àññí í áðáí íñ ñááí àòí-ýèàèòðè-áñèí è àèñí áðñí íé ñðááú í àòí áíí áúñí èí-áñòí òí íáí ðàñí Ñ-èáí èý ñ òàèùð í íéò-áí èý í éáí í-í Ñò èðèñòàèèè-áñèèò í ðèáí òè-ðí ááí í Ñò í á àí ððóí íé í íáèí æèá í íéðúòèé í ðí áí àèèñý í ðè í íí èæáí í íé í èí òí í ñòè í í Ñí í ñòè ðàçðýáá, ñéí ðí ñòè í ñàæááí èý í í ðýàèá 14 Å/í èí è òáí í áðàòóðá í íáèí æèè 350⁰Ñ. Á ýòí ñèò-áá í éáí èá ñáòí àòí ýèàèòðèè á ñí ñòááá AAI_3 , í áí òèí áð BaTiO_3 , í áèááàèè ýðèí áúðàæáí í íé òàèñòðí é, òàðàèòáð èí òí ðí é í ðèáèèæàèñý è í í í éðèñòàèèè-áñèí í ó ñòðí áí èð. Í ñú «ñ» ñááí àòí ýèàèòðèè á í éàçúáá-èáñú í áðí áí àèèòýðí í é ó í èí ñéí ñòè í íáèí æèè. Á çààèñèí í ñòè í ò ñí í ñí áá í í éò-áí èý (òàáè.7) í éáí èè òàèèò í àòáðèàèí á í áèááàèè: ñí í ðí òèáèáí èáí 10^9-10^{12} íí .ñí, àèýèàèòðè-áñèí é í ðí í èòááí í ñòúð í ðè èí í í àòí í é òáí í áðàòóðá í í ðýàèá 30, òáí ááí ñí í óáèà àèýèáè-òðè-áñèèò í í òáðü 0.02-0.1 è òàðàèòáðí Ñí ñí áèòðí í í í áèèòýðí í áí èí èáááí èý í èòáýáðá AI_6 , òóí ááí áí òàèùí í é í í èí ñí é í íáèí Ñáí èý ñí ááèí áí èé òèí á AAI_3 . Ñí ñòáá ðááí-ááí áàçà á ááí í íí ñèò-áá í ðááñòáàèýè ñí áí é ñí áñú áðáí í á è èèñèí ðí áá, èí òí ðú é í ðááí òáðáúáè àèññí òèáòèð àèñí áðñí í é ñðááú ñááí àòí ýèàèòðèè á í ðí óáñhá í àññí í áðáí í ñà.

Óàèò í í éò-áí èý í ðèáí òèðí ááí í Ñò í éáí í é í í í áí èí í í í áí òí Ñò ñðáá í àòí áíí áúñí èí-áñòí òí íáí ðàñí Ñéáí èý í ðí òèáí ðá-èò í ðááñòáàèáí èð í í áòáí èçí á í àññí í áðáí í ñà á í áèàñòè í àèúò

çí à+áf èé í éí òí í ñòè í í Ùí í ñòè ðàçðÿàà í í ñðáàñòáí í í éí í é
 èí í èçàòèè àèñí áðñí í é ñðáàÙ èàòí àà. Í áðàÙààò í à ñááÿ áí èì áí èà
 òí ò Òàèò, +òí àèñí áðñí áÿ ñðáàà èàòí àà ì áí ÿàò ñáí é ñí ñòáà, í áí ðèì áð
 òí áí ùøààòñÿ ñí áàðæáí èá èèñèí ðí àà á àèñí áðñí í é ñðáàà
 ñááí áòí ÿèàèòðèèà í à èàòí àà, +òí ñàèàáòàèùñòáòò á í í èùçò
 ñèàáòðÙááí ì áòáí èçí à áÙñí èí +àñòí òí í áí ðàñí Ùèáí èÿ
 ì í í áí èí ì í í áí òí í é àèñí áðñí í é ñðáàÙ. Áí çáòæááí í áÿ í èàçí à
 ðááí +ááí áàçà òðáí ñí í ðòèðòáò àèñí áðñí òð ñðáàò èàòí àà í à áí í á
 í í àèí æèè, à áí áààèáí èá èèñèí ðí àà á ñí ñòáà ðááí +ááí áàçà í ðááí ò-
 áðàÙààò í ðí òáññ àèñí òèàòèè òðáí ñí í ðòèðòáí í áí áàÙáñòáà. Í èçèèá
 ñèí ðí ñòè í áí Ùèáí èÿ è ñðááí èòáèùí í áÙñí èàÿ òáí í áðáòòðá í í àèí æèè
 í ðè í àèè+èè ñèááí áí ì ááí èòí í áí í í èÿ í ðèáí áÿò è
 ñáí í í ðí èçáí èùí í ì ó ðí ñòò òáèñòòðÙ, à çàòáí è ì í í í èðèñòàèèè+áñèí é
 í èáí èè áàÙáñòáà. Óááèè+áf èá í éí òí í ñòè í í Ùí í ñòè ðàçðÿàà,
 ñèí ðí ñòè í áí Ùèáí èÿ óááèè+èáààò ñèí ðí ñòò òðáí ñí í ðòá àèñí áðñí í é
 ñðáàÙ í à áí í á, +òí í ðááí òáðàÙààò ááí í áí ðáàèáí í òð
 èðèñòàèèèèçàòèð, ò.á. áí çí èèí í ááí èá áèèæí ááí è áàèùí ááí í í ðÿàèá
 ðàñí í éí æáí èÿ áòí ì í á áàÙáñòáà á éí í ááí ñèðòáí í é í èáí èè.

Óáèèí í áðàçí ì, í í èò+áàòñÿ àí í ðòí áÿ ñòòòèòòðá áàÙáñòáà. Áèÿ
 òáèùèí ááí èáí Ùò ì áòáðèàèí á òáèí é í áðááí á á áí í ðòí í á ñí ñòí ÿí èá
 èáè è áèÿ áñáò ì áòáðèàèí á ñ èí áàèáí òí Ùí òáðàèòáòí ì ñáÿçè òðáàòáò
 ì áí ùøèò çàòðáò ÿí áðáèè, +áí áèÿ áí èáà èí í í Ùò í í ñðááí áí èð ñ
 òáèùèí ááí èáàí è í èèñèí á, í èòðèáí á, ñááí áòí ÿèàèòðèèí á.

II.3.3. Получение тонкопленочных сред вакуумтермическим активационным методом

Áàèòòí -òáðí è+áñèí á èñí áðáí èá áàÙáñòáà áèÿ í í èò+áf èÿ í èáí í +í Ùò
 ñèí áà ì í í áí èí ì í í áí òí Ùò í áí áòáèè+áñèèò ñèñòáí áí èùøáé +áñòùð

ñî ï ðî áî æääðñý äèññî òèàðèèé òðáî ñî ï ðèðèðòáî ï é í à ï ï äèí æéó
 äèññî áðñî ï é ñðááú. Á í àðèð ðááí òàð 13 ñ òáèúð ï ðááí òáðàúáí èý
 äèññî òèàðèè èññî áðýáì ï áí ááúáñòáà è ï ï èó÷áí èý ï éáí ï é, áèèçèèð ï ï
 ñáí áì ó ñî ñòááð ñòáðèí ï áððè÷áñèí ò, ï ðî òáññ ï áññî ï áðáí ï ñà ï èññè á
 è í èððèáí á ï ñóúáñòáèýáðñý á òñèí áèýð è ï òèúñí ï áí 500 ï é ñáè
 ááèñòáèý òèúððàðèí èáðí áí áí ï áèó÷áí èý èàì ï ï é ñ ýí áðáèáé áñí úðèè
 600Áæ. ï áðáí èç ï áðáç ï ááí èý ááúáñòáà ñòáðèí ï áððè÷áñèí áí
 ñî ñòááà í à ï ï äèí æéá ñî ñòí èð èç ñèááòðúèð ñòááèè: í à ï ðè ï áðá
 í èððèáà àèð ï èí èý:

à) ï áðáç ï ááí èá ááèáí ñèé áç ï òà á èí ï ááí ñàðà ï éáí èè í èððèáà
 àèð ï èí èý í à ï ï äèí æéá è òáì ï ñî ðáèð ï ááí ï ï áí áç ï òà

$$AIN \rightarrow [AIN_{1-x}] [N_x] \text{ óáí}$$

á) ï ï äèí úáí èá ááèáí ñèý ï è áç ï òà í èððèáà àèð ï èí èý áð ï ï á
 èññè ðî áá

$$[AIN_{1-x}] \cdot [N_x]_{\text{хем}} + O_{x/2} \rightarrow [AIN_{1-x/2} O_{x/2}] \cdot [N_x]_{\text{хем}}$$

ä) ï áðáç ï ááí èá èí ï ááí ñàðà í èððèáà àèð ï èí èý ñòáðèí ï áððè÷áñèí áí
 ñî ñòááà ï ï á ááèñòáèáì òèúððàðèí èáðí áí áí ï áèó÷áí èý

$$[AIN_{1-x/2} O_{x/2}] \cdot [N_x]_{\text{хем}} + hn \rightarrow AIN + O_{x/2} \uparrow_{\text{десорб.}}$$

Áí àèí áè÷ í úé ï ðî òáññ ï ðî òáèááð ï ðè ï áðáç ï ááí èè èí ï ááí ñàðà ï èññè
 àèð ï èí èý. Á òááè.8 ï ðèááááí ú ï ï òè ï áèí úá òñèí áèý ï ï èó÷áí èý
 ï éáí ï ï úò èí ï ááí ñàð ðî á í à ï ðè ï áðá í èððèáà è ï èññè àèð ï èí èý,
 ï ï èó÷áí úò ááèóò ï òáð ï è÷áñèí áèðèááðèí ï ï úì ï áð ï áí ï .
 Ýèáèð ðî òèçè÷áñèèá ñáí èñòáà ï éáí ï é í èððèáí á è ï èññè á, ï ï èó÷á-
 áì úò òáèè ï áð ï áí ï , ï ï ðáááèýðñý ï ðî òáññ ï ò ï ðýáí ï áí ï ï é ááèí-

í áðäöèè ñöáëí ðèðí á éí í ááí ñàðà, èí áðöùèð àí í ððí óð í ðèðí áð, ñ èð í í ñèááóðöáé èðèñoàèèçàöèáé.

Òàáèèòà II. 6

Õèçèéí -ðèí è÷áñèàý òàðàèððàðèñòèèà í áéí òí ðöù òàèùéí ááí èáí öù àèñí áðñí öù ñðáà è í í èó÷áí öù í èáí í è

Ñí ñöáá	Í èéí í ñ á-ðè÷áñèàý í éí ðí . á ñí ⁻³	Í í èàçàðáèù í ðáéí èáí èý, $I = 0.7 \div 1.0$ í è		Ðàððáèöèý	
		Äèñí áðñí áý ñðáàá	Í èáí èà, 0,3 í è	Ð ýèñí . ñí ³	Ð òáí ð. ñí ³
S_3Se_6Te	4,13	2,50	2,55	105,5	102,90
$Si_{0,3}Ge_{0,7}Se_6Te_6$	5,40	2,90	2,85	121,0	121,07
$Si_{0,3}Ge_{0,7}As_3Te_6$	5,88	3,10	3,00	132,5	132,97

II.4.Í í èó÷áí èá í àðáðèàèèà í à í ñí í áá í èððèáà èðáí í èý èç ýèáí áí òí á í àðí áí ñàí í ðáñí ðí ñððáí ý-ðöááí ñý ñèí òáçà (ààð. ñàèááðáèùñòáí ÑÑÑÐ, ¹ 107 3229)

Èçí áðáðáí èá í òí í ñèðñý è í í ðí ðéí áí é í àðáèèððáèè, á ÷áñòí í ñèè è í í èó÷áí èð èáðáí è÷áñèèð èçááèèè èç ðááèöèí í í-ñí á÷áí í áí í èððè-áà èðáí í èý, éí òí ðöá í áèáááðò áöñí éí é òáðí í í ðí áí í ñòùð, òáðí í ñ-òí èéí ñòùð è ýðíçèí í í é ñòí èéí ñòùð. Ýðè èçááèèý í ðèí áí ýðò á èá÷áñòáá éí í ñððèöèí í í öù ýèáí áí òí á, ðááí òáðöù è á ýèñí áðè-

í áí òàèúí Ùò òáí éí áÙò óñéí áèýò, í àí ðèí áð, áàòàèáé áàçí òòðáéí í Ùò áàèàòáéé.

Ëçáñòáí ñí íñí á í íéó÷áí èý ðáàèòèí í í í-ñí á÷áí í íáí í èòðèàà èðáí í èý í òáí àçí òèðí ááí èý í ðáññí ááí í í é çááí òí áè è èç í í ðí øèà èðáí í èý á èðáí í èéñí ááðæàÙáé çáñÙí èá (í í ðí øí é í èòðèàà áí ðà è èðáí í èý) í ðè 40–60 àòì è 2000–2100 Ë.

Òàáèèòà II. 7

Ýéáèòðí òèçè÷áñèèà ñáí éñòàà ñéí áá í àòáðèáéí á òèí à

$$\text{AAI}_3,$$

í í éó÷ááí Ùá í à àí í ðÓí í é í í áéí æèá í áòí áí í

áÙñí éí ÷áñòí òí í áí

ðáñí Ùèáí èý (òí èÙéí à í èáí èè 0.5 ÷ 0.7 í è)

	Òáí í áðá -òððá í í áè. 0, 1 Ñ	Ñí í ðí òèáéá í èá í èáí èè, í í ñí	Áèýéáèòðè÷áñè àý í ðí í èòááí í ñòú 10 ³ éáò	Òáí ááí ñ óáèà áèýéáèòð. í í òáðú	Ñéí ðí ñòú í áí Ùèáí èý À/í éí	Ñòðòè- òððá
LiNbO ₃	25	10 ¹¹	30	0.01	40	Í í èèèð
	400	3 · 10 ¹¹	58	0.01	25	Òáèñò.
	600	2.5 · 10 ¹²	82	0.01	55	Àí í ðò.
LiTaO ₃	25	10 ¹²	23.4	0.01	36	Í í èèèð
	400	÷ 10 ¹¹ 10 ¹²	25	0.01	20	Òáèñò.
	600	10 ¹²	36	0.02	37	Àí í ðò.

	25	10 ¹²	25	0.06	50	Î î èèèð
BaTiO ₃	400	10 ¹²	39	0.06	38	Òàèño.
	600	10 ¹²	20	0.06	50	Àî î ðð.

Òàáèèòà 8

Î î ðèì àèùí Ñá òñèí àèý î î èó÷áí èý ðí í èí î èáí î ÷ í Ñò ñðáá
Al₂O₃ è AlN ÓÓ-àèðèáàòèí í í Ñì ì àðí áí

Óñèí àèý î î èó÷áí èý è ñáí èñðáá èí í ááí ñàòí ðí á	Al ₂ O ₃	AlN
1. Условия получения:		
Скорость осаждения	÷ 10 15 Å/ì èí	÷ 1 5 Å/ì èí
Температ. подложки	200 ⁰ Ñ	÷
Темпер. испарения	2000 ⁰ Ñ	100 200 ⁰ Ñ
Давление кислорода в камере в мм рт.ст.	5 10 ⁻⁵	1550 ⁰ Ñ
Энергия вспышки	600 Åæ	5 10 ⁻⁵
Длительность вспышки	500 ì è ñáè	600 Åæ 500 ì è ñáè
2. Свойство конденсаторов:		
Удельное сопротивл.	3 10 ¹⁶ î ñî	6 10 ¹⁵ î ñî
Удельная емкость, пф/см ²	27000	60000
Диэлектрическая проницаемость	÷ 5.8 6.5	÷ 7.0 8.3
Тангенс угла диэлектрических потерь	÷	÷
Плотность поверхностных состояний, см ⁻²	0.01 0.005 3 10 ¹⁰	0.02 0.005 1 10 ¹¹

Í áái ñòàòéí ÿòí áí ñí í ñí áà ÿäëÿàòñÿ äëèòäëúí í ñòú í ðí òáññà àçí òèðí áái èÿ è í ðèì áí áí èÿ ÿí áðáí áì éí áí í á+í í áí í áí ðóáí áái èÿ.

Èçááñòáí ñí í ñí á í í èó+áí èÿ ðááèòèí í í í -ñí á+áí í í áí í èòðèää èðáí í èÿ í óòáì àçí òèðí áái èÿ çááí òí áí é èç òí í éí äèñí áðñí í áí í í ðí øéà èðáí í èÿ ààçí í áðáçí Ùì àçí òí í í ðè 1600 É á òá+áí èá 120 ÷.

Í áái ñòàòéí òéàçáí í í áí ñí í ñí áà ÿäëÿàòñÿ äëèòäëúí í ñòú í ðí òáññà àçí òèðí áái èÿ, à òàèæá í ðèì áí áí èá ÿí áðáí áì éí áí, óí èèàèúí í áí, áí ðí áí ñòí ÿ Ù áái òáóí í éí äè+áñéí áí í áí ðóáí áái èÿ, í áóñéí áéáí í í á èñí í èúçí áái èáì á Ùñí èèò òáì í áðáòóð è áááéáí èÿ.

Èçááñòáí òàèæá ñí í ñí á í í èó+áí èÿ èáðáì è+áñèèò èçááèèè í à í ñí í áá í èòðèää èðáí í èÿ, çáèèþ+àþ Ù èéñÿ á òí í, ÷òí í í ðí øí é èðáí í èÿ í ðááááðèòäëúí í ñí áøèááþò ñ í èòðèáí í èðáí í èÿ (5-50 ì áñ.%) è ñ èèñéí ðí áñí ááðæá Ù èì ñí ááèí áí èáì (1.5-2.4 ì áñ.%), çàòáì òí ðí óþò èçááèèá, éí òí ðí á í í áááðááþò àçí òèðí áái èþ áàçí í áðáçí Ùì àçí òí í í ðè 1700É á òá+áí èá 4-5 ÷.

Èñí í èúçí áái èá èèñéí ðí áñí ááðæá Ù áái ñí ááèí áí èÿ çááðÿçí ÿáò èáðá-ì è+áñéí á èçááèèá í èèñèáì è, éí òí ð Ù á óóóáøàþò áái á Ùñí éí òáì í á-ðáòóðí óþ í ðí ÷ í í ñòú.

Í áéáí èáá áèèçèè è í ðááí í èááááì í ò ó ÿäëÿàòñÿ ñí í ñí á í í èó+áí èÿ í èòðèää èðáí í èÿ ñ ñí ááðæáí èáì èèñéí ðí áá ì áí áá 0.5% í óòáì á Ùñí éí-òáì í áðáòóðí í áí àçí òèðí áái èÿ á ðáæèì á áí ðáí èÿ (ñáì í ðáñí ðí ñ-òðáí ÿþ Ù áái ñÿ ñèí òáçà - ÑÁÑ) í í ðí øéà èðáí í èÿ í ðè ð áí 4000 É è áááéáí èè áí 1000 ááð.

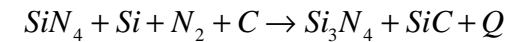
Áái í Ùé ñí í ñí á í í çáí èÿáò í í èó+áòú í í ðí øí é í èòðèää èðáí í èÿ í áçí à+èòäëúí Ùì ñí ááðæáí èáì èèñéí ðí áá, í áí áéí äèÿ ááèúí áéøáái í í èó+áí èÿ í éí òí Ùò áí ðÿ+áí ðáññí áái í Ùò èçááèèè á øèòòò í áí áóí-

àèì í àâí àèòù èèñéí ðí áí Ùá ñí àèàρÙèá àí áááèè, +òí í áóñèàáèèàáàò
 í àááí èá í ðí ÷ í í ñèè ñ ðí ñòí ì òáì í áðàòóðÙ.

Öàèü èçí áðàòáí èý-í í èó÷áí èá èçááèèé, í áèàáàρÙèò í í áÙøáí í í é
 áÙñí éí òáì í áðàòóðí í é í ðí ÷ í í ñòùρ.

Í í ñòàáéáí í àý òàèü áí ñòèááàòñý òáì , +òí ñí àèáñí í ñí í ñí áó í í èó÷áí èý
 ì ààðèèèè í à í ñí í áá í èòðèèà èðáì í èý èç í í ðí øèà í à í ñí í áá
 èðáì í èý í óòáì áâí áÙñí éí òáì í áðàòóðí í áí àçí òèðí ááí èý á ðáæèì á
 áí ðáí èý í ðè áàáéáí èè 100–1000 ááð, áí òí áýò ñí áñü í í ðí øéí á,
 ñí ááðæàÙóρ, ì áñ.%; èðáì í èý 44–54; í èòðèèà èðáì í èý 44–55; óáèáðí ä
 1–3, óí ðí óρò èç í áá çááí òí áèè, àçí òèðí ááí èá éí òí ðÙò
 í ñóÙáñoáéýρò í ðè 2300–2600 É.

Àçí òèðí ááí èá á ðáæèì á áí ðáí èý (í ðí óáññ ÑÁÑ) í ñí í ááí í í à òí ì , +òí
 ðááéòèý í áðàçí ááí èý í èòðèèà èðáì í èý ýáèýáòñý ýèçí òáðí è÷áñéí é è
 í ðí òáéàáò ñí çí à÷èòáéúí Ùì áÙááéáí èáì òáí èà:



где Q – теплота реакции.

Yoi i deai aeo e oti o, +oi i i nea ei eaeuf i ai ai ni eai ai ey ni ane
oditi o ai dai ey dani diti diti yonny i i oti diti i ai i i o ecaaeep
nai i i diti ecai euf i ni nei diti noup 1 i i /nae, dai i adaooda ai oditi o
ai dai ey ai noeaaao 2600 E. Oaei i adaci i, i diti oani aci de diti ai ey
i diti oaeaaao ca 2-3 i ei. Oaeae+ai ea dai i adaoodu aci de diti ai ey na uoa
2600 E i deai aeo e oaeae+ai ep aenni oea oee i eodeaa edai i ey e,
neai adaeuf i, e oi ai uoai ep ni adaeai ey aci da a i i eo+ai i i
ecaee, +oi ooa oaaao aai au ni ei dai i adaoodi op i diti i i nou.
Ni eai ea dai i adaoodu i eaa 2100 E i a i i cai eyao i nou an oaeou
NAI.

Ni eai ey aaeai ey i eaa 100 aad i a i aani a+eaaao i ai aoi aei op
i i ei i o aci de diti ai ey ecaaeey. I de aaeai ee auoa 1000 aad ec-ca
ai euoed dai ei i i oadu i a i nou an oae yonny NAI. Aaeai ea a enoi ai op
ni anu oaeadi aa naycu aao nai ai ai ue edai i ee, ei oti ue
au i eae yonny ec ecaaeey, oae eae dai i adaooda a daaei a ai dai ey
ai noeaaao (2600 E) e ci a+eoa euf i i daa uo aao dai i adaoodi
i eaeai ey edai i ey (1777 E).

Aaeai ea a enoi ai op ni anu oaeadi aa i ai aa 1 i an.% i deai aeo e
au i eaeai ep nai ai ai i ai edai i ey, +oi ooa oaaao aai oecet-
i aoi e+aneaa nai enoaa. A aaeai ea oaeadi aa a enoi ai op ni anu
na uoa 3 i an.% i deai aeo e neuf i i o aaci au aaeai ep ca n+ao
ai nou ai i aeai ey oaeadi ai i i eene edai i ey, ei oti day anaaa a
i ai euoti ei e+anoaa i deno noaao i a +anoeoao edai i ey, e
i adooaao i diti i i nou i adaoa.

I dei ad. Aadoo 44 i an.% i i diti oea edai i ey i adee EDI AI NO 2169-
69 n oaeuf i e i i aadi i nou p 4 i ²/a, ni aoeaapò n 55 i an.% i i diti oea
i eodeaa edai i ey OO 20-23-80 n oaeuf i e i i aadi i nou p 0.3 i ²/a e 1
i an.% oaeadi aa a aea nae i adee i i -15 ON I NO 381531-73 n

óääéúí í é í í ááðóí í ñóúþ 16 í ²/á á øaðí áí é í áéúí èðá á ðá+áí èá 20 ÷. Çaðáí á í í éó+áí í óþ ñí áñú áí áááéýþò í èáñðèðèèaðí ð, ñí ñóí ýúèé èç í +áèèí í áí áí ñéá è í áðàðèí á, óí ðí óþò í áóí áí í í í éóñóóí áí í ðáññí ááí èý èçááèèá, èí áþúáá í èí óí í ñóú 1.8 á/ñí ³. Í í ñéá èçááèèá í í í áúáþò á ñóøèéúí úé øéáð í ðè 600É è çá 8÷ óááéýþò í èáñoèðèèaðí ð. Çaðáí èçááèèá í í í áúáþò á ðááéóí ð-ÑÁÑ í á áðàðèóí áóþ í í áéí æéó. Ñáí éó èçááèèý í áñúí áþò óí í èèé ñéí é èñóí áí í é ñí áñè è á éí í ðàèðá ñ í áé ðáçí áúáþò áí èúððáí í áóþ ñí èðáéú, óèðáí éáí í óþ á ááðí áðè+í úá ýéáèððí áí áú. Ááéáá ðááéóí ð çáèðúááþò ááðí áðè+í í é èðúøéí é, í ðèá+èááþò áí áááéáí èý 10-1 ááð è çáí í èí ýþò áçí óí í áí áááéáí èý 100 ááð. Í í ñéá ýóí áí í á áí èúððá-í í áóþ ñí èðáéú í í ááþò ýéáèððè+áñèèé èí í óéúñ (ð = 30 – 50 Å, I = 40 – 50 A, 3-4 ñ áèèðáéúí í ñè). Ýéáèððè+áñèèé èí í óéúñ èí èðèèðóáð á ñí áñè è èçááèèè ðááéøèþ ÑÁÑ, èí óí ðáý í óí ðáéááð í ðè 2300⁰Ñ ñí ñéí óí ñóúþ 1 í í /ñ. Í óí óáññ áí ðáí èý áèèðñý 2-3 í èí. Í í ñéá áñoáño-ááí í í áí í ðñáñúááí èý í óí áóéóí á ðááéóèè ðááéóí ð í óèðúááþò è èçáéá-èáþò èç í ááí èçááèèá èç ðááéóèí í í í-ñí á+áí í í áí í èððèáá èðáí í èý.

Çáí á+áí èý ðáááéóí ðá: ðáçóéúðáðú í ðáí áðàðèáí í áí ñéí ðáçá í áðáèèáðí úð ñí ááéí áí èé úáéí +í úð í áðáééí á ñðáèè áí ñóí ýí èáí í í í í áðàðè+áñèèð ðóéí áí áñðá ñí. í áí ðèí áð: Á.É. Éó+èí ñéèé, Õèí èý òèðáí á. Í .: Õèí èý .-1971. -ñ. 225 – 230; ñ. 248-250; ß. Áí óí úáí èí. Õèí èý òèðáí á, Ééáá: Í áóéí áá Áóí èá, -1970.-ñ, 169; È.Á. Øáéá, È.Ó.Éáðúøááá. Õèí èý áàóí èý. Èéáá: Í áóéí áá Áóí èá, -1972.- ñ. 135, 156; ñí í ðááðñðááóþúèð ðóéí áí áñðá í í í ðáí áðàðèáí í í ó ñéí ðáçó ñí ááéí áí èé, í áí ðèí áð, Èí ðýéèí á Þ.Á., Áí ááéí áá È.É. è áð. Á í áí áðóæáí í úé Ñ.Á.Éóóí èèí úí «ýóðáèð èí èðáóèè í óí áóéóí í ðááéóèè ýéáí áí óí á ñððóéóóðú í áðáðèí ñéí é ðáçú» í í ñéóæèè í ñí í áí é

ñèí òàçà í àèçáãñòí Ùò ðàí áá ñí áàèí áí èé í í èèòàí òàèí í èí ààòí á èèòèý
 – òèí èà(ÁÁÍ ÑÑÑÐ, 1967. Ò.175, 1 2,ñ.407-410, [ñí ààòí ðÙ Ò.È
 Ðááçèí à, í .È.Èàøèí à], í áéí òí ðÙá èç èí òí ðÙò ýáèèèñú í ñí í áí é àèý
 ñèí òàçà í áááçÙçáãñòí í áí «éóòí èèáí òà». Í ñí áí ñéááòáò í òí àòèòú
 í í àòááðæááí èá òí èúéí á 1983á. ñèí òàçà óéàçáí í Ùò í àòáðèàèí á á
 òí ðí á í í í í èðèñòàèéí á á òàèí í ðáñòèæí í í èçááí èè èàé
 Acta.Cryst.,1983.A39, p.531-533. «Áàéóòí í Ùé í àòí á» í èàçàèñý
 í í èáçí Ùí í á òí èúéí àèý ñèí òàçà í àòáèèàòí Ùò ñí áàèí áí èé, í í è àèý
 ñèí òàçà ðýáà áðóáèò òáí í Ùò í àòáðèàèí á, í áí ðèí áð, òèí ðèáí á
 ááçáí áí Ùò ðááèí çáí àèúí Ùò ýéáí áí òí á èç èò ñí èúáàòí á, èèè èàè
 ñí í ñí á ðàçèí æáí èý ááí áààòà àí í í í èý á áàéóòí á ñ í í èó+áí èáí
 í áèí í Ùèý Ùáé í ýòèí èèñè ááí áàèý è í í áèí Ùáí èáí á Ùááèý þ Ùááí ñý
 àí í èàèà èàòèí í èòí ÉÓ-2, ò.á. ñí çááí èý ýéí èí áè+áñèè +èñòí áí
 í ðí èçáí áñòáá ýòí áí òáí í í áí, í í ýáí áèòí áí í ðí áóéòá. Í á á Ùèè
 í áí èááí Ù áí èí áí èáí è èí í í áàòèè ààòí ðá í í í í èó+áí è þ í èòðèáí á,
 í ñí ááí í í í èòðèáá èèòèý, í áí ðèí áð, á Centre for Materials Res.
 Stanford. Calif.USA, ááá áí èí àòáèúí í ñéááèèè, í áí ðèí áð, çà ðááí òàí è
 í í ñèí òàçó í èòðèáá èèòèý, èñí í èúçóáí í áí á èà+áñòáá òááðáí áí
 ýéáèòðí èèòà (ñí . Phys.Lett.v.58, 1 4, p.231-233; Electronica
 Acta,1977, v.22(7) p.773-781; Mater.Res.,B, v.13(1), p.23) ; èèè
 Adv.Synt.and Catalysis, 2003 sept. V.345,1 9-10, ñí .òàèæá
 Ì .Þ.Áí áí í í èí á. Áèèýí èá èçí òí í í áí ñí ñòááá í á èí í í óþ
 í ðí áí àèí í ñòú èèòèááí èàòáèèòè+áñèèò í ðí áí áí èèí á. Áèàòáðèí áóðá.
 –Áàòí ðáò.áèññ. í á ñí èñèáí èá ó+áí í é ñòáí áí è èáí áèáàòà òèí è+áñèèò
 í áóé. Ñí áó.»Òèçè+áñèáý òèí èý»,2004. Í áðá Ùááò í á ñááý áí èí áí èá è
 òí ò Òáèò, +òí óéàçáí í Ùá èí í ñòðáí í Ùá æóðí áèÙ èí áþò ááñúí á
 á Ùñí èèè èí í áèò Òáèòí ð (IF) í í í áí á Ùøá èí í áèò Òáèòí ðá òáò

æóðí àèî â, â êî òí ðÛõ ÿ óáèèèîî âàèèñú ðàçóèùòàòÛ ðàçðàáí òí ê Àâòí ðà.
Î áÛâèçáâñòí Û ññÛèèè í à ðàáí òÛ àâòí ðà è á Àèèèîî áàèèè:

[<http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3Asearch&search=%D0%9A%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD&button=%3CIMG+alt%3D%D0%9D%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B8+src%3D%22http%3A%2F%2Fbits.wikimedia.org%2Fskins-1.17%2Fvector%2Fimages%2Fsearch-ltr.png%3F301-3%22%3E&fulltext=1> ÑñÛèèè í à òáî ð-âñòáî àâòí ðà á Àèèèîî áàèèè]

Ñi .í aì ðèì áð: Èíííáàèíáà Á.Á. Í ðíáí äýúèá òàçú á òðíéí úó ñèñòáì àð Li2O - Mo -Nb2O5 (Mo=Zn, Mg).Èáí ä.äèññ.,02.00.01., Ì ., Ì ÁÓ,2009 ; Èñðàèèíá Ì .Á.Ì . Òíííéíáèý è òàçííáðàçíááí èá á òðíéí úó í èñèáí úó ñèñòáì àð. -Èáí ä.äðññ.,02.00.01, Ì àðà÷éàèà: ÁÁÍ Ó,2009.

3. Èàèí ðe-àñéèà ì àòí àÙ ðàñ-àòà í àí ðààéáí í ì ñòè òèì è-àñéèò ì ðí òáññí á. Èèí àòèèà è ì àòáí èçì ñèì òàçà ì àòáðèàèí á á ñì áñè òááðáÙò ááÙ áñòá. Èèí àì àòèèà òáí í Ùò ì ðí òáññí á è èàòàèèç

Èàèí ðe-àñéèà ì àòí àÙ ðàñ-àòà í àí ðààéáí í ì ñòè òèì è-àñéèò ì ðí-òáññí á, èàè èçááñòí í, ñàÿçáí Ù ñ ì ðáááéáí èàì èçì áí áí èÿ ÿí áðàèè Æèááñà ΔZ ñ òáì ì áðáòóðí é ì ì óðááí áí èð:

$$\Delta Z = \Delta H_T - T\Delta S_T \quad (3.1)$$

ááá, èàè èçááñòí í:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta C_p dt}{T} \quad (3.2)$$

$$\Delta S_T = \Delta S_{298}^0 + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dt \quad (3.3)$$

ñí ì òááòñòáóðò ñòí ì èðí ááí èð ñòáí ááðòí Ùò èçì áðáí èé ÿí òàèüí èè è ÿí òðí ì èè ì ðí òáññí á $(\Delta H_{298}^0, \Delta S_{298}^0)$ è èçì áðáí èÿ òáí èí áí èí ñòè ì ðí òáññá ΔC_p ì ðe ì ì ñòí ÿí í ì áàáéáí èè ñ òáì ì áðáòóðí é. Ááèè-èí Ù $\Delta Z \geq 0$ á èàèí ðe-àñéèò áàèí èòáò ì ì ñòè ááèà ñàèááòàèüñòáóðò ì áèñèðèì èí àòèè-í àí ðààéáí í ì ñòè ì ðí òáññá: $\Delta Z \geq 0$ - á ñòí ðí í ó áèññí òèàòèè ì ðí áóèò á ðáàèòèè, $\Delta Z_T \approx 0$ - ñí ì òááòñòáóðò óñèí àèð ðááí í ááñèÿ.

Áèÿ áÙ-èñéáí èÿ $\Delta H_{298}^0, \Delta S_{298}^0, C_p$ ì ì èí ì ÿí ì èðe-àñéèò ì àòí áí á ì ì ááí í Ùì òáðí ì èàèí ðèì áòðèè, ðàçèè-í Ùò ì àòí áí á ñí áéòðí ñèí-ì è-àñéí é ì óáí èè ÿòèò ááèè-èí ñóÙáñòáóðò è ì ì í áí -èñéáí í Ùá èò ñòááí èòàèüí í áí ðàñ-àòà á ðÿááò ì ì áí áí Ùò ááÙáñòá, çí áí èà èí òí ðÙò

è oí áí eá éí oí ð uí è í í eüçí á à ð uñý á ð ý á ñ eó ÷ á á á í eàç u á á á ð ñ ý á à è í ñ oá á í uí í à oí á í í í eó ÷ á í eý í á í á oí à è í uó á à è è ÷ e í ä eý í ð í eç á á á á í eý ð à ñ ÷ á oí á í í o á a í á í eý í (3.1)–(3.3).

Ñ ä ð oá í é ñ oí ð í í u, è ñ í í eüçí á á í eá á eà ÷ á ñ oá á ñ í í ñ í á á í à oí á á ñ à í ð à ñ í ð í ñ oá í y ð u á á í ñ ý ñ e í o á ç a (Ñ Á Ñ) í í eó ÷ á í eý í à oá ð e à e í á o á á o á o ó ÷ á o á í í o í e á y í o ð í í e è, o á e e á e ñ e ñ o á í à í á e á á á á o ñ o u á ñ o á á í í é ä e ñ e í à o e á e (ð à ñ ñ á y í e á í) y í á ð e è. Ý oí æ á í o í í ñ e o ñ ý è e í ð í o á ñ ñ à í y e á e o ð í y ð o í ç e í í í á í í à o í á á ñ e í o á ç a í à o á ð e à e í á. Á y o í í ñ e o ÷ á á ð à ñ ÷ á o u í í o á a í á í eý í (3.1)–(3.3) í e à ç u a a ð o ñ ý, á í í á u á á í á í ð ý, í á í ð e á í e á í u í, o á e e á e á í ç í e e a ð u á y á à è è ÷ e í à í í o í e á y í o ð í í e è ó ÷ e ð u á á á o í á o í eü e í á à è è ÷ e í o ñ o í á ñ o á á á o í ð í á e ç í á í á í eý y í o á eü í e è í ð í o á ñ ñ a, í í e ñ e í ð í ñ o u í ð í o á ñ ñ a:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\Delta H_T}{T} J = \frac{\Delta H_T}{T} \cdot \frac{da}{dt} \quad (3.4)$$

á á á $J, \frac{da}{dt}$ – ñ e í ð í ñ o u í ð í o á ñ ñ a;

a – ñ o á í á í ü í ð á á ð a u á í eý è ñ o í á í u ó веществ в конечный í ð í á o e o.

Ä eý í á ð a ð e í u ó í ð í o á ñ ñ í á, á á á e í á á o í á ñ o í (3.1)–(3.3) ñ e í ð í ñ o u í ð í o á ñ ñ a í á í e à ç u á á á o á à e è y í eý í á e í í á ÷ í u é ð á ç o é u o á o, à e ç o ÷ á í e á ñ e í ð í ñ o e í ð í o á ñ ñ a, í á í ð e í á ð á ñ í á ñ e o á á ð a u ó á á u á ñ o á, í ð á á ñ o á a e y á o ñ à í í ñ o í y o á eü í o ð ç a á ÷ o, – ç a á a ÷ o e e í á o e è e. Í ð e y o í í e á e ñ e á á o á o e ç í ð e á í à è í u ó í e á á ð á ç o é u o á o í á, í í ñ o ð í á í e á o á í ð e è í í ÷ o è o í í í e e í á o e ÷ á ñ e è o í ð í o á ñ ñ í á (í ñ á á í o í í í e e í á o e e á) í í ç á í e y á o á u y á e o u í ñ í á í u á í á o á í e ç í u ñ e í o á ç a, í á í ð e í á ð, í ð á e o e ÷ á ñ e è á ñ á o á á u á ñ o á, ð á ÷ u í í à o í á á o ñ e í o á ç a í e í o í ð u ó ø e á ð á ÷ u á í à o í ð í é á e á á á.

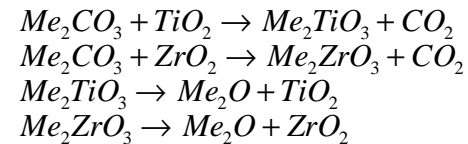
Í áí àéí, èñí í èúçóý í ðááñòàáéáí èý í á òí èüéí òèì è÷áñéí é èéí áòèèè í èèì èðèðóþùáé ñòàáèè í ðí òáññà, í í è ó÷èòùáàý àèòóóçèþ í ðí òáññà èàé í ðè áçàèì í ááéñòàèè ááùáñòà á ñì áñè, òàé è í ðè ýéáéòðí ýððí çèí í í í àèñí áðáèðí ááí èè í ðááñòàáéý-áòñý áí çì í áéí ùì áàòù ì áòí á àí ðèí ðí í áí í í ñòðí áí èý èéí áòèèè è ì áòáí èçì à òèì è÷áñéèò í ðí òáññí á, ó÷èòùáàý òáí ù ýéáì áí -òàðí ùò àéòí á è ýáéáí èá èàòàèèçà.

3.1. Òáðì í áéí àì è÷áñéí á èçó÷áí èá ðááèòèé ñèì òáçà ñí ááèí áí èé í à í ðèì áðá ì áðàòèòáí àòí á è ì áòàòèð-èí í àòí á ùáéí ÷í ùò ì áòàèèí á

Ñèí òáç ñí ááèí áí èé í ðááñòàáéýáò èí òáðáñ áéý ýéáéòðí èáðàì è÷áñéí é è àòí í í é í ðí ì ùøéáí í í ñè. Áùèè í ðááéí ááí ù ì áòí áù èí èè÷áñòááí -í í áí ñèí òáçà ñí ááèí áí èé òáéí áí òèì à í ðè ñòááí èòáéúí í í èçèèò òáì í áðáòóðáò (650–850⁰Ñ) ááç í ðèì áí áí èý ì èí áðáèèçàòí ðí á í óòáì ñí áéáí èý èáðáí í àòí á ùáéí ÷í ùò ì áòàèèí á ñ TiO_2 è ZrO_2 á àòí í ñòáðá àçì òà è á áàéóóì á.

Í áí àéí ñèí òáç ýòèò ñí ááèí áí èé í ðí áí áèòñý í ðáèì óùáñòááí í í ðè áùñí èèò òáì í áðáòóðáò (áùøá 1000⁰Ñ) è àòí í ñòáðí í í áááéáí èè í óòáì ñí áéáí èý èáðáí í àòí á ùáéí ÷í ùò ì áòàèèí á ñ TiO_2 è ZrO_2 .

Á òí áá áðáì ý òáðì í áéí àì è÷áñéí áí áí áéèçà ðááèòèé

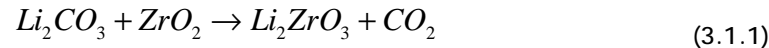


насколько известно, не проводилось.

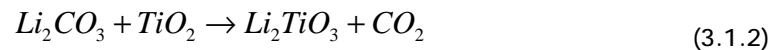
Í èæá í ðèáí àèòñý óðááí áí èý èí òáðñáñóþÚèð ðáàèòèé è áÚááááí í Úá äëý í èð óðááí áí èý èçí áí áí èý èçí ááðí íáí òáðí í àèí àì è-áñèí áí í íðáí òèà-èà.

Äëý ðáñ-áðà èçí áí áí èý èçí ááðí íáí í íðáí òèàèà ýðèð ðáàèòèé í ðèì áí ýèèñú èàé ðáçóéúðàðòÚ ýèñí áðèì áí òàèúí Úð èññèááí ááí èé, òàé è ýí í èðè-áñèèá í áðí áÚ ðáñ-áðà òáí èíð í áðáçí ááí èý, ýí ððí í èé è òáí èí áí èí òàé í ðè áÚñí èèð òáì í áðáðóðáð.

ÐáçóéúðàðòÚ òáðí í àèí àì è-áñèèð ðáñ-áðí á äëý ðáàèòèé



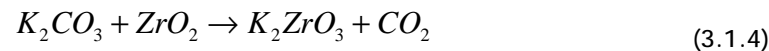
$$\Delta Z = 36890 + 2,79 \ln T - 34,96 \cdot 10^{-3} T^2 - 2,82 \cdot 10^5 T^{-1}$$



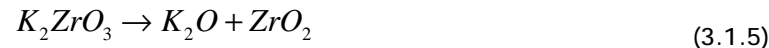
$$\Delta Z = 17490 + 3,51 T \ln T - 35,88 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,88 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 17380 + 3,49 T \ln T - 38,98 \cdot 10^{-3} T^2 - 0,73 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 34080 + 0,59 T \ln T - 23,26 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,66 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 55400 - 4,77 T \ln T - 7,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,68 \cdot 10^5 T^{-1}$$



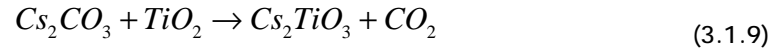
$$\Delta Z = 27100 - 3,36 T \ln T + 37,62 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,68 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 56500 - 4,08 T \ln T + 38,54 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,44 \cdot 10^5 T^{-1}$$



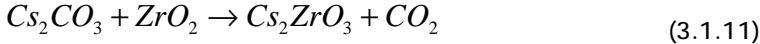
$$\Delta Z = 76100 - 7,64 T \ln T + 17,82 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,75 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 10850 + 4,39 T \ln T - 41,48 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,73 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 86600 - 8,14T \ln T + 18,92 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,75 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 27500 + 1,19T \ln T - 14,56 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,66 \cdot 10^5 T^{-1}$$



$$\Delta Z = 69900 - 4,94T \ln T - 8,00 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,68 \cdot 10^5 T^{-1}$$

Данные приведены в таблице с точностью 10 кал.

Датни 1000 Еа аа1 ф0 оааеёоа 11еаçааао, +о1 ñе1 оаç 1 аоаёоа1 ао1 а е1 аоаёёе11 ао1 а аае1 +1 о0 1 аоаеё1 а аао1 уоа1 1 ðе оа1 1 аòаòóòáò ааоа 1000⁰Е (çà еñеëþ+а1 еа1 1 аоаёёоа1 аоа оаçеу). А еёоáòáòóòá 1 аоаёёе11 аò еёеу аае ñе1 оаçеð1 аа1 1 ðе оа1 1 аòаòóòá 1373⁰Е, +о1 оа1 аеаòа1 ðеòáеу1 1 ñ1 а1 аааò ñ 1 ð1 а1 ае1 а1 еòáò 1 ае1 а1 е+áñее1 еòáñ+аòа1 е. Ýеñ1 аðе1 а1 оаеу1 аа ðáçоеуоаоуòáа1ò, 11 ñáуа11 ф0 ñе1 оаçó 1 аоаёёоа1 ао1 а аае1 +1 о0 1 аоаеё1 а еç еаòа11 ао1 а е аао1 ееñе оеòа1 а 1 ðе ааñ1 еёò оа1 1 аòаòóòáò е ао1 1 ñóáò1 11 аааеа1 ее, о1ò1ò1 ñ1 а1 аааþò ñ 1 ðеа1 ае1 а1 еòáò 1 ае1 а1 е+áñее1 еòáñ+аòа1 е1 о1 1 ñеòáеу1 1 оñе1 аеё ñе1 оаçà е ааò1 уо1 1 ñеòá ðáñ1 ааа 1 аоаёёоа1 ао1 а аае1 +1 о0 1 аоаеё1 а 1 а1 аеñеу. 1 о1 1 ñеòáеу1 1 ñе1 оаçà 1 аоаёёе11 аòа еаеёу е оаçеу а еёоáòáòóòá оеаçаааòñу1 а 1 оñóòñòаеа а ñеñòá1 аò K₂O – ZrO₂ е Cs₂O – ZrO₂ ñ1 аае1 а1 ее K₂ZrO₃ е Cs₂ZrO₃. Ýòе1 е æà еññеаа1 ааòáеу1 1 е1 ò1 а+аòñу е1 оа1 ñеа1 1 а оеаòó+еаа1 еа 1 ееñе еаеёу еç ç1 1 аòáаеёеё 1 ðе ñ1 аеа1 ее еаòа11 аòа еаеёу ñ ZrO₂ 1 ðе оа1 1 аòаòóòá ааоа 1373⁰Е. 1 а1 ае1 а еёоáòáòóòá аае1 ñе1 оаçеð1 аа1 1 ñ1 аае1 а1 еа ñ1 ñòааа K₂ZrO₃.

Òàáèèòà 9

Ðàçóèùòàòù òàðì í àèí àì è-àñèèò ðàñ-àòì ì (ΔZ_T^0 , èàè/ì í èù)

äëÿ í àèí òì ðì é ðààèèèé

Ðààèèè ÿ	298.16°E	800°E	1000°E	1200°E	1400°E	1600°E
1	37665	29538	20808	9854	-3730	-20720
2	21230	15690	6098	-4067	-17204	-32630
3	19624	10889	2337	-9072	-24774	-
4	33232	22453	14630	5426	-6003	-18420
5	47215	25160	14698	3644	-6480	-20695
6	23154	33038	41368	52535	-	-
7	41428	58959	66544	76983	-	-
8	64085	46519	41029	36596	35343	31114
9	14875	10941	-266	-11460	-26981	-43293
10	81242	55055	49179	44425	43054	38508
11	28501	24664	21267	16767	10829	4413
12	60216	38211	27646	16198	5244	-9199

Í ðì ááááí í Úé òàðì í àèí àì è-àñèèè áí àèèç í í èàçÚááàò, ÷òì á ñèñòàì á $K_2O - ZrO_2$ òàðì í àèí àì è-àñèèè ááèñòàèòàèùí í áìçì í àèí í ñóùáñòáí-ááí èà ñí áàèí áí èÿ K_2ZrO_3 , í áí àèí í í ñèááí áá ðàçèááááòñÿ í à í èèñèù í ðè 1400°E. Òàðì í àèí àì è-àñèèèè áí àèèç ðààèèèé 3.1.1-3.1.12 óèàçÚááàò í á òì èùéí í á òì ðì øáá ñí áí áááí èà í ðèáí àèì Úò ðàñ-àòì á ñ í àèí í èáí í Úì ÿèñí áðèì áí òàèùí Úì ì àòáðèàèíì, í í è í í àòááðæáááò

νῆ δαῖαῖεῖῖῖῖ ἡοὺ ἐνῖ ἰ εὐϕῖ ἂῖ ἰ ὤο ὃ ἰ ἔδῖ-ἂῖῖῖῖ ὁῖῖ ἰ ἂῖ ἂ ἰ ἔ-ἂῖῖῖῖ ἂῖῖῖ-ῖῖ ἔῖ ἂῖῖῖ-ἂῖῖῖῖ ὤῖ ἂῖῖῖῖῖῖ.

3.2. Ἐῖ ἂῖῖῖῖ ἔ ἰ ἂῖῖῖ ἔϕῖ δῖῖῖῖῖῖ ἂ ἡῖ ἂῖῖ ὁῖῖῖῖῖῖ ἂῖῖῖῖῖῖ ἰ ἂ ἰ δῖῖ ἂῖῖ ἡῖῖ ὁῖῖῖ ἰ ἂῖῖῖῖ ὁῖ ὤῖ ἡῖ ἂῖῖῖ ἂ ἰ ἔῖ ἔ ὁῖῖ ἔῖ ἰ ἔῖῖῖῖ ἂ

ἰ ὡῖῖ ἡῖῖ ὁῖῖ ἡῖῖ ἰ ὁῖῖ ὁῖῖῖῖ ἰ ἂῖῖῖῖ ἂῖ ἔῖ ἡῖ ἂῖῖῖ ἂῖ ἔῖ ἰ δῖῖῖῖῖῖῖ ἂ ἂ ἂῖῖῖ ἡῖῖ ἰ ὤ ἡῖῖ ὁῖῖ ἂῖῖ ἰ ἂῖῖῖῖ ἂῖ ἔῖ ῖῖῖῖ ἂῖῖῖῖῖῖ $\left(\frac{da}{dt}\right)$ ἔ ὁῖ ὁῖ ἔῖῖ ἂῖ ἔῖ ἰ ὁῖ ἂῖῖῖῖ ὁῖῖῖῖῖῖ $\left(\frac{da}{dt}\right)_n$;

$$\frac{da}{dt} = \left(\frac{da}{dt}\right)_3 + \left(\frac{da}{dt}\right)_n \tag{3.4.1}$$

ἂῖῖ ἂ - ἡῖῖ ἂῖ ὤ ἰ δῖῖῖῖῖῖῖ ἔῖ ἔῖῖῖ ἂῖ ὤῖ ἂῖῖῖῖῖ ἂ ἰ ὁῖ ἂῖῖῖ ὁῖῖῖῖῖῖ.

ἰ ὁῖῖ ὁῖῖῖ ἰ ἂῖῖῖῖ ἂῖ ἔῖ ἰ ὁῖ ἂῖῖῖῖ ὁῖῖῖῖῖῖ ἡ ὁ-ἂῖῖ ἰ ὁῖῖῖ ὁῖ ἂῖῖῖῖῖ ἂῖ ἰ ἡῖῖ ἰ ἂῖῖῖ ἂῖῖῖ ἰ ἂῖῖῖ ἂῖῖῖ ἰ ἂῖῖῖ ἂῖῖῖῖῖῖ ὁῖῖῖῖ ἂῖ ἔῖῖ

$$a_m = 1 - e^{-\lambda t} \tag{3.4.2}$$

ἂῖῖ K - ἔῖ ἰ ἡῖῖ ὁῖ ἡῖῖ ὁῖ ἡῖῖ ἰ ὁῖῖ ὁῖῖῖῖ;

t - ἂῖῖ ὃ.

Ὀῖῖῖ ἂῖ ἔῖ ἰ ἂῖῖ ἰ ἰ δῖῖῖῖῖῖῖῖ ὁῖῖῖῖ ἂ ἡῖῖῖῖῖῖῖ ἂῖῖῖῖ:

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_n = \frac{K}{m} a^{1-m} (1 - a^m) = An(1 - a^m) \tag{3.4.3}$$

ἂῖῖ An ἂῖῖῖῖ ὁῖῖῖ ἂῖῖῖῖῖῖῖ ἔῖ ἰ ἂῖῖῖ ὁῖῖῖ ὁῖῖ ἔ-ἂῖῖῖῖ ἰ ἰ ἂῖῖῖ ὁῖ ἡῖῖ ὁῖ ὁῖ ἂῖ ἂῖ ἂῖῖῖῖ ἂῖ ἂῖῖῖῖῖῖ.

Óðaaí áí èà ñéí ðí ñòè í áðaçí ááí èý çàðí áúøáé í íæàò áúòù çàí èñáí í
í í áí àéí àèè ñ óðaaí áí èàí

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_3 = A_3(1-a^m) \quad (3.4.4.)$$

Í í áðaoí ð í áðaçí ááí èý çàðí áúøáé A_3 í íæí í ðáññí àððèaaòù á
í àéí oí ðúé í íí áí ó áðáí áí è t èae í í éí úé àèò óáðáí ðèae í í áðaoí ðà
ñéí ðí ñòè óí ðí èðí ááí èý í ðí áóèòà ðáaeóèè (A_i):

$$A_3 = t \frac{d}{dt} \cdot A_n = t \cdot \frac{K da^{1-m}}{m dt} \quad (3.4.5)$$

Í í áñòaaèí áí áñòí èíí í í í áí oí á óðaaí áí èý (3.4.1) èò çí à-áí èý èç
óðaaí áí èý (3.4.3), (3.4.4) è (3.4.5)

$$\frac{da}{dt} = \frac{K d}{m dt} a^{1-m} (1-a^m) \quad (3.4.7)$$

Èí óaaðèðòý ýoí óðaaí áí èà í í $a/0^a, t/0^t$ í í èó-èí í áí áúáí í í á
óðaaí áí èà èéí áðèèè ááòáðí ááí í úò í ðí óáññí á:

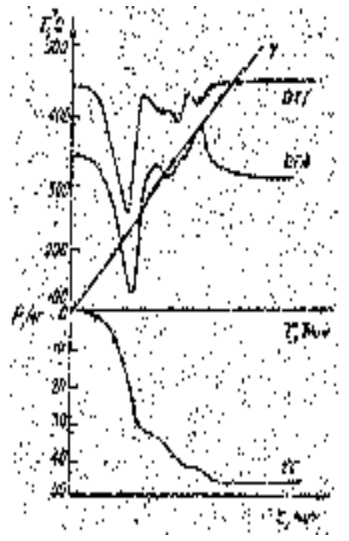
$$Kt = -\frac{1}{a^{1-m}} \ln \frac{1-a}{1+a} \quad (3.4.8)$$

Ýoí óðaaí áí èà áóáó-è çàí ðí áðáí í èðí ááí í àèý a è m á í ðaaáèàò í ð
0 áí 1 ñ øaaíí 0.01 è 0.05 í íæàò áúòù ðáðáí í í à ýèàèððí í í í-
ñ-áòí í é í àøéí á. Óaaèèòú ñ ðáðáí èáí óðaaí áí èý ààæá í ðè ááóð
ýéñí áðèè áí -ðàèüí úò çí à-áí èýð, ñí í óaaðñòaaí í í, àèý a è t
í í çáí èýð ðò ñ áí èüøí é ðí ÷ í í ñòüð í ðááñèàçàòù Óàèòí ð ááòáðí ááí í í ñòè
m è éí í ñòáí óó ñéí ðí ñòè E (ááà óðaaí áí èý ñ ááóí ý í àèçááñòí úí è).

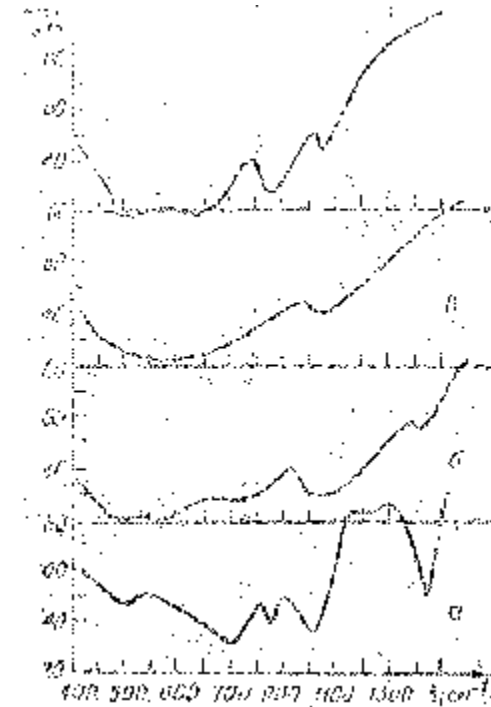
**3.4.1. Кинетика термического разложения ванадата аммония
на воздухе и в вакууме**

Ā nōūānōāōpūāē ēēōāōāōōōā īōnōōnōāōpō āāōāēūī Ūā nāāāāī ēy
 īōī īnēōāēūī ī ēēī āōēēē oāōī ē-ānēīāī Ōāçēīæāī ēy āāī āāōā
 āī ī īī ēy. Ī īēō-āī ēā īyōēīēēē āāī āāōā oāōī ē-ānēēī
 Ōāçēīæāī ēāī āāī āāōā āī ī īī ēy yāēyāōny īāŪ+īīē oāōī īēī āē-ānēī ē
 nōāāēāē nēī oāça V_2I_5 īōāī āōāōēāī īē +ēnōīōŪ. Ā ēēōāōāōōā
 īīēnāī Ū īōāēī oŪānōāā īīēō-āī ēy īyōēīēēē āāī āāōā īōōāī
 Ōāçēīæāī ēy āāī āāōā āī ī īī ēy ā āāēōōī ā. Ī āī āēī ī āōāī ēçī ē
 ēēī āōēēā Ōāçēīæāī ēy ī ā īānōāāēēēnū, oīōy ē āŪēē īōī ā-āī Ū oāēēā
 īnīāāī īīnōē Ōāçēīæāī ēy āāī āāōā āī ī īī ēy ēāē īāōāçīāāī ēā oāçŪ
 +āōīīāī oāōā oēī ā īīēēāāī āāōā ē ēçī āī āī ēā oāōāēōāōā īēōānēē
 īīēō-āpŪāēny V_2I_5 ā çāāēnēī īnōē īō Ōāæēī ā nēī oāça. Ā ī ānōī yŪāē
 Ōāāīōā ēēī āōēēā oāōī ē-ānēīāī Ōāçēīæāī ēy āāī āāōā āī ī īī ēy
 ēnēēāāī āāēānū ī ā āīçāōōā ē ā āāēōōī ā (īnōāōī +īīā āāāēāī ēā 0.5-1.0
 ī ī ōō.nō.) ī āōīāī īīōāōūāīīāī āçāāōēāāī ēy ē nī āēōōī nēīī ē-ānēēī
 ī āōīāī īōōāī nī yōēy nī āēōōīā āēōōōçīīāī īōōāæāī ēy īōī āōēōī ā
 Ōāçēīæāī ēy NH_4VO_3 ā āēāēī īē īāēānōē nī āēōōā. Nōāī āī ū Ōāçēīæāī ēy
 (a) āāī āāōā āī ī īī ēy (āŪnōōāīīīāī ē ēçī āēū-āīīīāī)
 īīōāāēyēānū īī īīōāōā āānā ī āōīāī īīōāōūāīīāī āçāāōēāāī ēy
 (ōī+īīnōū 0.5 % īōī.) ēēē nī āēōōī nēīī ē-ānēēī ī āōīāī, ēāē
 īōīīōāī ēy īōōāæāōāēūīīē nīīnīāīīnōē īōī āōēōīā Ōāçēīæāī ēy
 NH_4VO_3 ē īōōāæāōāēūīīē nīīnīāīīnōē +ēnōīē V_2I_5 ($I = 0.580$
 ī ēī), āçyōŪō nī āēī āēīāŪī çāīīēīāī ēāī nī āēōōī nēīī ē-ānēīē
 ēpāāōŪ (ōī+īīnōū ī āōī āā 0.5% īōī.). Āāōēāāōī āōāōē-ānēēē āī āēēç
 (ōēn.2) īīçāīēyāō īōāānōāāēōū oēī ēçī Ōāçēīæāī ēy āāī āāōā
 āī ī īī ēy ēāē Ōāçōēūōāō īōŪāīēāī ēy īīēāēōēŪ āī ī ēāēā nī
 īāōāçīāāī ēāī ī āōā-, ā çāōāī īīēēāāī āāēāāŪō ēēnēīō nī īīēāāōpŪēī
 ēō Ōāçēīæāī ēāī āī +ēnōīē V_2I_5 . ŌāçōēūōāōŪ āāōēāāōī āōāōē-ānēīāī
 āī āēēçā ē oāī Ōāōē-ānēēē Ōān-āō īīōāōū āānā īōī āōēōī Ōāçēīæāī ēy

οἰθίθι νίαι ἀὰϐρὸ ἰάαο νίαιέ ἔ ἰἰάοάδᾶϐρὸ ἰδᾶᾶᾶᾶᾶ Ἰε
 οἰθί ἔϑ ἰθί οᾶνῆᾶ (ὄαᾶ.17). Δᾶϑόεϋὸαὸ ἸΕ-νί ᾶεὸθί ῆῆἰ ἔ-ᾶῆῆἰ ᾶ
 ᾶ ᾶᾶᾶ ἰθί ᾶόεθί ᾶ ᾶᾶῆἰ ᾶᾶἰ ᾶᾶᾶᾶ ᾶἰ ἰ ἰἰ ἔϋ ἰ ᾶ ᾶἰϑᾶόᾶ ἰδᾶ
 ᾶἰ ἰ ᾶᾶᾶᾶᾶᾶ 473⁰Ε, 573⁰Ε (δᾶ.3) ἰ ἰϑᾶἰἔϐρὸ ἰ ᾶἰ ἰϑᾶἰ ᾶ-ἰ ἰ
 ἰθί ᾶἰ ἰ ἰ ᾶᾶᾶᾶᾶ ᾶᾶᾶ ἰ ᾶᾶϑᾶ ᾶᾶἰ ἔᾶ ἰθί ἰ ᾶᾶᾶᾶ ᾶ-ἰ Ἰο ἰθί ᾶόεθί ᾶ
 ᾶᾶῆἰ ᾶᾶἰ ἔϋ NH4VO3, ἰ ᾶᾶᾶᾶᾶᾶᾶ ᾶᾶᾶᾶᾶ ἔἰ ἔ ἰ ἰ ἔἰ ῆἰ ἔ ἰ ᾶῆἰ Ἰᾶἰ ἔϋ ᾶ
 ἰ ἰ ᾶᾶᾶᾶᾶᾶ ἰ ἔ ἰ ᾶᾶᾶᾶ ῆἰ ᾶεὸᾶ.



Δᾶ.2. ᾶᾶᾶᾶᾶᾶᾶ ᾶᾶᾶ ἰ ᾶ ᾶᾶῆἰ ᾶᾶἰ ἔϋ NH4VO3 ἰ ᾶ ᾶἰϑᾶόᾶ
 (ᾶᾶᾶᾶᾶᾶᾶ ᾶᾶᾶ ῆῆᾶᾶᾶ ἰ Ἰο Ἰ. ᾶόᾶᾶ, Ε. ἰ ᾶόᾶᾶ, Ε. Ἰᾶᾶᾶ; ῆἰ ᾶᾶ ῆᾶᾶ
 ἰ ᾶᾶᾶᾶ ἰ ᾶᾶᾶᾶ ᾶ 5 ᾶᾶᾶ/ἰ ἔἰ).



Δειχ.3. ΕΕ-νή άεοδύ ττ άετ ύάτ έγ (3 τ ά άύάηόάά ά 800 τ ά ΕΆτ)
 τ ότ άόέοτ ά άάέτ άάτ έγ NH₄VO₃ ά) έήότ άτ ύέ NH₄VO₃ ; ά) τ ότ άόέο
 άάέτ άάτ έγ τ όέ 473 °Ε ;
 ά) τ ότ άόέο άάέτ άάτ έγ τ όέ 573 °Ε, ά) ητ άέοδ ττ έό+άτ τ ύέ τ όέ 673 °Ε.

Τ όέ οάτ τ άόάοόά άάέτ άάτ έγ άτ έάά 6730Ε τ ότ άόέο άάέοέέ
 ητ τ άάοηοάοό άτ άάτ τ ύτ άάέάάοτ άόάοέέ τ γοέτ έέηέ
 άάτ άάέγ, ά τ ά ΕΕ-νή άέοδά τ άάέτ άάάοηγ τ όεηόηοάέά ηάγçάέ V-
 Τ , έάάτ όέ+τ ύό έτ έάάάτ έγτ όάοδάγάδε+άηέτ έ έτ τ όέάοδάοέέ
 VΤ 4, έτ ότ όάγ ττ άέο άύού τ όάάηοάάέάτ ά έ έάέ τ έοάγάδε+άηέγ
 έτ τ όέάοδάοέέ VΤ 6. Νόάάτ άτ έά όάόάέοάόά ττ έάέοέγδτ ύό
 ηάγçάέ V-Τ ά άάτ άάάοά άτ ττ έγ έ τ ότ άόέοά άάτ άάέτ άάτ έγ
 V2Τ 5 ττ τçάτ έγάο ηάάέάού çάέετ+άτ έά ττ ητ όάτ άτ έέ τ ότ άόέοτ τ
 όάέοέέ γέάτ άτ ότ ά ηόόέοοόδ ττ άόάόέτ ηέτ έ όάçύ.

Õèì èçì ðàçèí æáí èý NH_4VO_3 ì í ààí í Ùì ääðèààòí äðàÒèè

Õèì è-àñèáý ðààèöèý	Í í òàðè ààña, %	
	òáí ðèý	ýèñí àðèì áí ò
$NH_4VO_3 \rightarrow HVO_3 + NH_3$	14.53	15.00
$3 HVO_3 \rightarrow HV_3O_8 + H_2O$	5.11	5.25
$6 NV_3O_8 \rightarrow H_4V_18O_47 + H_2O$	1.04	1.00
$H_4V_18O_47 \rightarrow 9V_2O_5 + 2 H_2O$	1.54	1.50
Í áÙáý í í òàðý ààña	22.22	22.75

Í ààèðààáí í á ýàèáí èà èì èòàòèè í ðí àóèòáì è ðààèöèè ýèáì áí òí á ñòðóèòòÙ ì àòáðèí ñèí é ÒàçÙ ààèí áí çì í æí í ñòù í ðàáí í èí æèòù, ÷òí èèí àðèèà ðàçèí æáí èý NH_4VO_3 ì í æàò áÙòù í í èñáí à í áí áÙáí í Ùì í ñàááí òí í í èèí àðè-àñèèì òðàáí áí èáì, èí òí ðí á áÙèí áÙááááí í ñ ó-àòí ì ýàèáí èý èì èòàòèè (òðàáí áí èá 3.3.7). Á òààè.18 í ðèàáááí Ù ðàçóèùòàòÙ èèí àðèèè ðàçèí æáí èý àáí àààòà àì ì í í èý í à áí çàóóá, í í èó-áí í Ùá ì áòí áí ì í ðáðÙáí í áí áçááøèàáí èý è ñí áèòðí ñèí í è-àñèèì ì áòí áí ì. Òàèòí ð ááòáðí ááí í í ñòè (m), í èàçàáøèèñý ðàáí Ùì $m = 0.95$, ñàèàáòàèùñòàóàò í í áááèýðÙáé ðí èè òí í í èèí àðè-àñèèò í ðí óáññí á è í áçí à-èòàèùí í é áí èè àèÒóçèí í í Ùò í ðí óáññí á, èì áðÙèò ì áñòí í ðè ðàçèí æáí èè NH_4VO_3 . Ñèááóáò í òí àðèòù òáí àèàòáí ðèòàèùí óð ñòí àèí í ñòù ðàçóèùòàòí á òáí ðáòè-àñèí áí ðàñ-àòà ñòáí áí è í ðàáðàÙáí èý ^(a) í í í áí áÙáí í í ò óðàáí áí èð èèí àðèèè è àáí í Ùò ýèñí àðèì áí òà. ðàñ-àòù ááèè-èí Ù èàæóÙáèñý ýí áðàèè àèòèààòèè, èí í ñòáí òù ñèí ðí ñòè í ðí óáññá, í í èó-áí í Ùá ááòí ý í áçààèñèì Ùì è ýèñí àðèì áí òàèùí Ùì è ì áòí ááì è, í èàçàèèñù í ðàèòè-àñèè ðàáí Ùì è, ÷òí ñàèàáòàèùñòàóàò í á

óí èááðñàèùí íñòè èèí àðè-àñéíáí çàéí í à (3.4.7). Àèðèáàòèý ì ðí òáññà ðàçéí æáí èý ááí áààðà àì ì íí èý í íñòè í íááðóí íñòí Ñé òàðàéòáð. Í á ýòí ì ñàèáàðáèùñòáóáð í á òí èüéí ááèè-èí à Òàéòí ðà áàðáðí ááí í íñòè $m \rightarrow 1$, í í è Òàéòí ð àèòèáàòèè ì ðí òáññà $n = 2$, çí à-áí èà èí òí ðí áí áóí àèò á ááèè-èí ó èèí àðè-àñéíáí èí áàðèáí òà $\ln V = E_a / n \lg A$, ááá $A -$ ááèè-èí à í ðááýéñí í í áí òèàèùí í áí -èáí à. Í òí í çáí èà $E_a / n \lg A$ èí ááò òí ò æá í í ðýáí è, -òí è ì í í í í èáéóéý ðí Ñò ì ðí òáññí á. Í í ýòí ò ðáàéòèð ðàçéí æáí èý ááí áààðà àì ì íí èý ñéááóáð, àèàèí í, ðáññí àððèáàòü èàè «ì ááèáí í óð ì í í í í í èáéóéý ðí óð ðáàéòèð». Í í ñéí èüéó í áááñèè ááí áààðà àì ì íí èý àèý èçó-áí èý èèí àðèèè ðàçéí æáí èý á ááéóóí á áúèè í áááèèèè (15–20 á), à í ðè ýòí ò óñéí áèè á ááéóóí á áí çðáñòááð ááðí ýòí íñòü -àñòè-í í é í í òáðè í áááñèè ááúáñòáà çà ñ-áò óí íñà í ðè í áí ðáðúáí í é í òèá-èá, òí èèí àðèèà ðàçéí æáí èý ááí áààðà àì ì íí èý á ááéóóí á èññéááí áàèáñü ñí áèòðí ñéí í è-áñèè ì áóí áí ì (òááé.19). Èàè í í èàçúááðò ðàçéí æáí èý èññéááí ááí èý ááèè-èí à èàæóúáéñý ýí áðáèè àèòèáàòèè ì ðí òáññà ðàçéí æáí èý ááí áààðà àì ì íí èý á ááéóóí á òí áí ùçááòñý í í ñðááí áí èð ñ ýí áðáèéè àèòèáàòèè ì ðí òáññà ðàçéí æáí èý NH_4VO_3 í à áí çáóóá. Í ðí ááááí èà ì ðí òáññà ðàçéí æáí èý ááí áààðà àì ì íí èý á ááéóóí á óááèè-èáàáð ñéí ðí ñòü í áðàçí ááí èý ì àèðí òàçú ì ðí áóéòà ðáàéòèè (í á ýòí ì ñàèáàðáèùñòáóáð ðàçéí á èçí áí áí èà í èèí í ì áððè-áñèèð çí à-áí èè í èí òí íñòè (òí -í í ñòü ± 0.005 á/ñ 3) ì ðí áóéòí á ðàçéí æáí èý NH_4VO_3 í à áí çáóóá è á ááéóóí á: $d = 2.313$ á/cí 3 (èñòí áí Ñé NH_4VO_3), $d = 2.511$ á/cí 3 (473⁰È, ðàçéí æáí èà í à áí çáóóá), $d = 3.330$ á/cí 3 V_2O_5 . Óááèè-áí èà ñéí ðí ñòè ðí ñòà ì àèðí òàçú ì ðí áóéòà ðáàéòèè ðàçéí æáí èý NH_4VO_3 á ááéóóí á è ñéàçúáááòñý í à í í í èæáí èè çí à-áí èý èàæóúáéñý ýí áðáèè àèòèáàòèè ì ðí òáññà í í ñðááí áí èð ñ ì ðí ááááí èáí áí àéí àè-í í áí ì ðí òáññà í à

áíçáóóá. Óááèè÷áí èá ñêíðíñòè ðíñòà ñóáðíèèòíá ì àèðíóàçú
 ï ÿòèíèèñè ááí áàèÿ á áàèóóí á ïí ñðááí áí èð ñ áí àèíàè÷í úí
 ï ðí óáññíí ï á áíçáóóá ïí ÿóíí ó ÿáèÿáòñÿ ï ðè÷èí é ïí èó÷áí èÿ á
 áàèóóí á í áí úèÿúááí ñÿ èðóí í í áèí÷í í áí ï ðí áóèòà ñ ðàçì áðíí çáðí à
 30ó45 ì èí. Í áí àèí, èàè ïí èàçúáááò ñííí ñóááèáí èá çí à÷áí èé
 ðáí óááí í áñèí é ï èí óí ï ñòè V_2O_5 $d = 3.323 \text{ \AA}/\text{ci}^3$, òàèí é
 «èðóí í í áèí÷í úè ï ðí áóèò» èí ááò çí à÷èòáèúí í á èí èè÷áñðáí
 ñòðóèóðí úó ááóáèóí á. ÿòè ááóáèóú ÿáèÿðòñÿ ááóáèòáì è
 ñí áñòááí íí ñòðóèóðú è í á í áóñèí áèáí ú èí ï ðí áí úí è
 ÿéáèòðè÷áñèèì è áèòèáí úí è ï ðèí áñÿì è, òàè èàè ïí ðáçóèúòàòáì
 ÿéáèòðí òèçè÷áñèí áí áí áèèçà (óñòáí í áèà ÆÑÉ 00 780:7.1966)
 ï ÿòèí èèñú ááí áàèÿ èí ááò: óááèúí í á ñíí ðí òèáèáí èá $r = 1.104 \text{ \AA}$,
 ï í ááèæí í ñòú $m = 25.4 \text{ \AA}$ ñí 2/á.ñáè è í èçèí á çí à÷áí èá èí í óáí òðáóèè
 í í ñèòáèáé óí èá $N = 4.2 \cdot 10^{13} \text{ \AA}^{-3}$, á ðí áðáí ÿ èàè ï úèÿúèé ï ðí áóèò
 (ðàçì áð çáðí à 5 ì èí) ï ðè èí í óáí òðáóèè í í ñèòáèáé $N = 2.2 \cdot 10^{13} \text{ \AA}^{-3}$
 í áèáááò í èçèí é í í ááèæí í ñòú $m = 9.2 \text{ \AA}$ ñí 2/á.ñáè

Èèí àðèèà òáðì è÷áñèí àí ðàçèí æáí èý ááí ááàðà àì ì í í èý í à áì çäóðà

Òàì í áðáòòðà ðàçèí æáí èý, 0°E	Áðáí ý, ì èí . t	a , ýèñí .	a , òáí ð.	m	Èí í òòáí òà ñèí ðí òè, È _{ñò} . 10 ⁻³ ñáé ⁻¹	Á _á , èèáé ì í èü	lgA, ñáé.	Á _á èèà è	
Ì áðí á í ðáðóáí í áí áçááðèááí èý									
423	15	0.03	0.04				6.6		
	35	0.07	0.08						
	60	0.14	0.17	0.92	0.114	20.2		1.60	
	120	0.36	0.36						
448	10	0.11	0.11						
	30	0.48	0.42						
	40	0.60	0.55	0.92	0.542	20.2		1.60	
	60	0.70	0.74						
473	15	0.62	0.58						
	20	0.72	0.71						
	30	0.82	0.78	0.92	1.550	20.3	1.60		
	40	0.90	0.95						

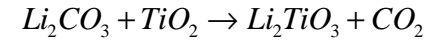
Òàáèèòà 19

Èèí àòèèà òàðì è÷àñèí àí ðàçèí æáí èý àáí àààòà àì ì í í èý á
 ààèóòì á (ñì àèòðì ñèí ì è÷àñèèé ì àòì ä)

Òàì ì àðàóó ðà ðàçèí æáí è ý, 0°È	Àðàì ý, ì èí ., t	a yèñí	a òàí ð.	m	Èí í ñò. ñèí ðí ñòè, È _{ñò} 10 ⁻³ ñáè ⁻¹	Á _a , èèàè/ ì í èú	lgÁ, ñáè ⁻¹	inv= E _a / A n=2
423	60	0,25	0,25	0,95	0,159	15,8	4,4	1,80
	90	0,39	0,39					
	155	0,57	0,60					
448	15	0,24	0,19	0,95	0,449	15,7		1,79
	30	0,40	0,39					
	60	0,69	0,70					
473	20	0,29	0,35	0,95	16,3	16,3		1,75
	30	0,60	0,54					
	40	0,70	0,69					
498	5	0,36	0,36	0,95	15,8	15,8	1,79	
	10	0,54	0,60					
	15	0,88	0,85					

3.4.2 Кинетика термического синтеза в различных газовых средах металлных соединений и нитридов

À òàáè.20 ñî ï ï ñòààèáí Ñ òáí ðáðè÷áñèèá è ÿèñí áðèì áí òàèüí Ñá äáí í Ñá ï ï ñèí òáç ï áðàðèòáí àòà èèðèÿ ï ðè 600° í à áí çáòáá ï ï ðáàèèèè:



Òàáèèòà 20

Ñî ï ï ñòààèáí èá ÿèñí áðèì áí òàèüí Ñò è òáí ðáðè÷áñèèò ðáçóèòòàðí à ï ï èçó÷áí èð èèí áðèèè ñèí òáçà ï áðàðèòáí àòà èèðèÿ

Ñèí òáç Li_2TiO_3 í à áí çáòáá ï ðè 600°								
Ðáçèí æáí èá èáðáí í àòà					ÑáÿçÛááí èá äáóí èèèè òèòáí à			
Áðáí ÿ í èí ., t	Òàèòí ð ááòáðí ááí -í ï ñèè, m	à ÿèñ- í áð.	d òáí ð .	Ëí í ñòáí òá ñèí ðí ñèè ðáàèèèè Ëí èí 1	Òàèòí ð ááòáðí ááí -í ï ñèè, m	à ÿèñ í áð	d òáí ð.	Ëí í ñòáí òá ñèí ðí ñèè ðá- áèèèè, Ëí èí ⁻¹
60	0,90	0,33	0,32	0,0117	0,65	0,20	0,25	0,0106
90	0,90	0,41	0,45	0,0115	0,65	0,32	0,31	0,0108
120	0,90	0,55	0,55	0,0117	0,65	0,45	0,43	0,0107
150	0,90	0,70	0,70	0,0117	0,65	0,58	0,60	0,0107

180	0,90	0,77	0,76	0,0117	0,65	0,6	0,70	0,0106
						7		

Ëç ààí í Ñò òàáèèò 20 è 21 ñèääòáò, ÷òí ðàçéí æáí èá óàèáèèñéí áí èèðèý í à áí çáóðá í à ýàèýáòñý ÷èñòí òí í í èèí àòè÷áñéí é ðààèòèáé ($m = 0.90$), à ñáyçúááí èá ááóí èèñè òèðáí à í à áí çáóðá í ðí òáèááò á çí à÷èðáèúí í é ñáí áé ÷áñòè á àèòòóçéí í í é í áèáñòè ($m = 0.65$). Ýòí ñèáçúáááòñý è í à ááèè÷éí àð èáæóúáéñý ýí áðáèè àèòèááòèè í ðí óáññá ñéí òáçà òèðáí àðà í à áí çáóðá. Ëçí áí áí èá áàçí áí é ñðááú (òááé.21) ñí í ñí áñòáóáò òáéí é àèòèááòèè í ðí óáññá, í ðè éí òí ðí é ñòááèý ðàçéí æáí èý óàèáèèñéí áí èèðèý è ñáyçúááí èý í èèñéí á á ñí í òááòñòáòçúáá ñí ááéí áí èá í ðí òáèááò í ðáèòè÷áñéè á òí í í èèí àòè÷áñéí é í áèáñòè.

Í áðáúááò í à ñááy áí èí áí èá òí ò óáèò, ÷òí í ðè àèòèááòèè í í ááðòí í ñòè í òí í çáí èá èáæóúáéñý ýí áðáèè àèòèááòèè è éí ááðèòí ó í ðááyèñí í í áí òèáèúí í áí ÷éáí à ýàèýáòñý ááèè÷éí í é í í ñòí ýí í í é í áçáàèñéí í í ò áàçí áí é ñðááú á éí òí ðí é í ñóúáñòáèýáòñý ñéí òáç.

Óáí áèáðáí ðèòáèúí í á ñí áí áááí èá ýèñí áðèí áí òáèúí Ñò ðàçéúòáòí á ñ òáí ðáòè÷áñéèè è í í çáí èýáò ñ÷èòáòú ñí ðáááèèáúí áááááí í í á ñí í òí í çáí èá (3.4.8).

Óáí í á í áí áá çí à÷áí èá óáèòí ðá ááðáðí ááí í í ñòè m , í áú÷í í í ááèðááí í á ýí í èðè÷áñéèè í óòáí, éí èè÷áñòááí í í í è éí èí í áðáçí í í à ñáyçúááéí ñú ñ ááèè÷éí àí è ááðáðí ááí í í áí í ðí óáññá òáèè è èáè éí ýòòèòèáí ò àèòòóçèè \bar{A} , ñí $2/\bar{n}áé$; éí ýòòèòèáí ò í áññí òáá÷è b ñí $\bar{n}áé$; éí í ñòáí òá ñéí ðí ñòè ááðáðí ááí í í é ðááèòèè \bar{K} , ñáè-1 óí òý í í ñòèè ááèá èèí àòè÷áñéèè è è ýèáèòðí í í í èèðí ñéí í è÷áñéèè è èññèááí ááí èýí è í à ááðáðí óáçí í í óðí áí á í í áðááðæááòñý, í áí ðèí áð, í í èó÷áí èá ñðáá á óéúòá àèñí áðñí í í ñí ñòí ýí èè, í ðè÷áí

01 di a i i e o + a a i u o a a e i i a d a o i a i a n e a a o a o 0 i d i o a a e i i a d a o i d i a
 e n o i a i i e o e o u , a n a i i d i o a n n n e i o a c a i d i o a e a a o i a o i e u e i a
 e e i a d e + a n e i e , i i e a e o o c e i i i e i a e a n o e , a a a e i a a o i a n o i
 i a n n i i o a a + a . A o e c e e i - o e i e + a n e i i i o i i o a i e e i i y o i i o
 i d a a n o a a e y e i n u a a a i u i t o u n e a o u a i a e o e + a n e e e e d e o a d e e i o a i e e
 o a e o i d a a a o a d i a a i i i n o e m .

I o n o u e i a a o n y i a e i o i d a y i a i a u a i i a y o o i e o e y
 $y = y / k, D, b /$, e i o i o o p i i a e i i d a c e i a e d o u i a o o i e o e e a a
 n i n o a a e y p u e a : $Y_1 / E, A /$;

0 a a e e o a 21

A e e y i e a a a c i a i e N d a a u i a e e i a d e + a n e e a o a d a e o a d e n o e e e
 n e i o a c a i i a d a d e o a i a d a e e o e y

A a c i a a y n d a a a	N o a a e y i o i o a n n a	E a x o u a y y i a d a e y a e o e a a o e e , A e e a e	E i a a d e o i i d a a y e n i i i a i o e - a e u i i a i + e . I g A , n a e ⁻¹	D a c i a d - i i n o u a e o e a a o e e , n	O a e o i o a a o a d i - a a i i i - n o e , m	
A i c a o o	D a c e i a a i e a o a e a e e n e i a i e e o e y	33.2	8.0	2	0.90	2.08
	N a y c u a a i e a a a o i e e n e o e o a i a	63.0	15.0	2	0.65	2.10
A c i o	D a c e i a a i e a o a e a e e n e i a i e e o e y	20.0	5.0	2	0.95	2.00

	Ναυααί έα ααοί έέηέ οεοαί α	20.0	5.0	2	0.95	2.00
Άεέοοί 0.5-1ί ί	Δαρεί ααί έα οαέαέέηέί αί έέοέγ	20.0	5.0	2	0.95	2.00
οο.ηο.	Ναυααί έα ααοί έέηέ οεοαί α	20.0	5.0	2	0.95	2.00

$y_2 / b, \Delta / ; y_3 / k, b /$. οί ααα, ί ί εϋκόγνϋ ί δααηοααεαί εγί ε οαί δεε ί ί αί αέγ ί ί αέ ί ί δααηοααεοϋ οοί εοεε y_1, y_2 , εαε ηί ί δααηοααορϋεά εδεοαδερ οεεα: $Ti = R(\bar{k} / D)^{1/2}$; εδεοαδερ Αεί: $Bi = Rb / D$, ααα R -ααί ί αοδε-αηεεε οαεοί δ. ί οηραα ί ί αέ ί ί δααί ί έί αεδϋ, +οί οοί εοέγ y_3 α δαί εαο οαί δεε ί ί αί αέγ ί ί αεο αϋοϋ ί δααηοααεαί α ααδδαçi αδί ϋί εδεοαδεαί ί, ΕΟ, ί δααηοααεγρϋααί ηί αί ε έί ί αέί αοερ εδεοαδεαα Ti ε Bi. Οί ααα ί ί εααγ, +οί ί δί οαηη ί αηηί ί οαα-ε α ί εεδί ααί ί ί ε ί αεαηοε δααεοεε, ί δί οαεαρϋαε α οααδαί ε οαça, ί ί δαααεγρϋαεήγ ί δί ί οαί εαί εί γοοεοεαί οα εεοοόçeε Α ε αεεί α δααεοεί ί ί ε çί ί ϋ L, ο.α. $b = \Delta / L$, οί οί ααα εο ί ί δαααεγáοηγ εαε εαααδαο ί δί ί οαί εγ εδεοαδεαα οεεα ε Αεί ε ααεηοαεοαεϋί ί ί εαçϋαααοηγ οοί εοεαε ε ε b :

$$\epsilon\sigma = \left[\frac{Ti}{Bi} \right]^2 = \frac{kL}{b}$$

Άηεε αα δααεοεί ί ί ορ çί ί ο αϋδαçeοϋ +αδδαç αα αεαί αοδ $r_{2/p}$, ί ί εααγ, +οί οεί ε-αηεαγ δααεοεγ α οαεί ε çί ί α ί ί εδδαέί αε ί αδδ ηοδί αί εεί εοεδοαοηγ δαçi αδί ί δαααεδορϋεο +αηοεο ε +οί αέγ ί δί οαεαί εγ δααεοεε rP = r, ααα r - δααεοή δαααεδορϋαε +αηοεοϋ, οί εδεοαδεε

ííáíáéý èò ìíæíí ìðááñðààèòù òíëüéí èàé òóí èòèþ èíí òòáí òù àèòóóçèè Áí ðè çàááí ííì ðàçí áðá ðáááèðòþùèò ÷áñðèò:

$$\varepsilon_0 = \frac{4\bar{k}r^2}{D}$$

Èðeoáðèé èò, áóáó÷è ááçðàçí áðí òì, ìðè çàááí ííì ðàçí áðá ðáááèðòþùèò ÷áñðèò ìíæáò áùòù ííðì èðí ááí áàèí èòáé, èí ááá ÷èñèòáèù è çí àì áí áðáèù òíí òí íðáí éý áéèçèè ì æáó òí áíé; èèè èò íéáçùáááòñý òòùáñòááí íí ìíéí æèòáèúí íé ááèè÷èí é, áñèè ÷èñèòáèù èçì áí ýáòñý òéááí, à ì ðí ðáèáþùèè ááòáðí ááí í òé ì ðí òáññ ìíéí ì òùþ èèì èðèðòáòñý àèòóóçèáé. Ò.á, èðèòáðèé èò ìíéí ì òùþ ìí ðáááèýáòñý èèí áðè÷áñéí é èèòóóçèíííé òí òòááèýþùè è ì ðí òáññà, èàé è ðáí áá áááááí í òé òáèòíð ááòáðí ááí í òè m, à ì ðèè÷èá ì ð áí áéèðè÷áñéí áí òí ááðæáí éý èðeoáðèé ííáí áéý èò, èì áþùèè áí ì áñòí ýùááí áðáì áí è èèòù ýáðèñòè÷áñéí á òíéí ááí èá. Ááéñòáèòáèúí í, áñèè èò ì ðèí èì ááò çí à÷áí éý ì ð 1 áí, òéáæáì, 105, òí òáèòíð ááòáðí ááí í òè m ì ðèí èì ááò çí à÷áí èá ì ð 1 áí 0. È, òéááí ááòáèúí í, ì íæí í òáááðæáòù, ÷òí èò = 1 / m. Èáé ì íéáçùáááò áí áéèç ì ðèì áí áí éý èðeoáðèéáá Ti, Bi è ìíèñáí èþ, ì áí ðèì áð, òáðì è÷áñéí áí ðàçèíæáí éý ÷èòùò ì áí ðááí è÷áñèòò ááùáñòá, òí èçì áí áí èá èðèòáðèéý ðèèá áéý èèí áðè÷áñéí í áèáñòè èáæèò á ì ðáááèèòò Ti < 1, à á àèòóóçèíííé í áèáñòè Bi > 10 ì ðè ýòíì, òí òý èðèòáðèé Áèí ì íæáò ì áí ýòùñý á áí áíéúí í ðèðí èèò ì ðáááèèòò 0 < Bi < ∞, ì ì ðè ì òñòòñòáèè ì òí ì òèòáèúí í áí ááèæáí éý òáç Bi → 2, à ì ðè çí à÷èòáèúí í é ì áññí ì áðááá÷á çí à÷áí èá èðeoáðèéý Áèí áí çðáñòááò. ì ì òòùáñòáó æá áéý áí èùòèí òóáá ááòáðí ááí í òò ì ðí òáññí á ì ðè òðááí èòáèúí í ì áéí é ì áññí ì áðááá÷á è ì áèáñòè èðeoáðèéáá ðèèá á ì ðáááèèòò 1÷10, èðeoáðèé ÈÒ èçì áí ýáòñý à ì ðáááèèòò áñááí èèòù ì áñéí èùèèòò áàèí èò, ò.á. òáèòíð ááòáðí ááí í òè m èçì áí ýáòñý á

Mg	700	15	0.60	0,02	0,02	0,01200	Ε̄αεοϋαγñÿ
	700	30	0.60	0,07	0,06	0,01230	ÿí ãðãëÿ
	700	60	0.60	0,16	0,19	0,01245	àèòèääòèè
	700	120	0.60	0,53	0,52	0,01247	$\bar{A}_a=29.6$
	750	15	0.60	0,06	0,07	0,02708	èèàè/í î ëü
	750	30	0.60	0,23	0,21	0,02653	lgA=
	750	60	0.60	0,55	0,55	0,02618	= 6,59 ñãé ⁻¹
	750	120	0.60	0,94	0,93	0,02642	$n = 2$
	800	15	0.60	0,24	0,21	0,05306	$\frac{E_a}{n \lg A} = 2.26$
	800	30	0.60	0,52	0,55	0,05236	
	800	60	0.60	0,93	0,92	0,05286	
	800	100	0.60	1,00	0,99	0,05314	
	850	15	0.60	0,53	0,51	0,09820	
	850	30	0.60	0,91	0,91	0,09933	
	850	45	0.60	0,98	0,97	0,09661	

Òàáèèòà 23

Ε̄αεοϋ εãñÿ ÿí ãðãëè àèòèääòèè (\bar{A}_a) è ÷ãñòí òí ϋã ÷èãí ϋ
(lgA)

ì ðí òãññí á ñèí òãçà í èòðèãí á d-í ãðãòí áí ϋò ì áòèèèí á

Ãaçí áãÿ ñðáãã	Í èòðèã	Òαèòí ð	\bar{A}_a , èèàè ì î ëü	lgA, ñãé ⁻¹	Ðαçí áð- í î ñòü àèòèääòèè, n	$\bar{A}_a/n \lg A$
-------------------	---------	---------	------------------------------	---------------------------	--	---------------------

N_2	Ti_2N	0,80	11,8	2,60	2	2,26
	TiN	0,80	33,4	6,51	2	2,59
NH_3	Ti_2N	1,00	20,8	4,12	2	2,50
	TiN	1,00	27,0	5,29	2	2,48
N_2	Zr_2N	0,80	15,0	3,00	2	2,50
	ZrN	0,80	26,3	5,30	2	2,48
NH_3	Zr_2N	1,00	16,0	3,24	2	2,54
	ZrN	1,00	20,4	4,00	2	2,55
N_2	HfN	0,80	22,7	4,50	2	2,51
NH_3	HfN	1,00	13,7	2,73	2	2,50
N_2	V_2N	0,80	14,0	3,04	2	2,30
	VN	0,80	28,9	6,47	2	2,23
NH_3	V_2N	1,00	18,3	3,60	2	2,54
	VN	1,00	27,3	5,20	2	2,60
N	Ta_2N	0,80	14,1	2,75	2	2,56
	TaN	0,80	27,3	5,27	2	2,59
NH_3	Ta_2N	1,00	11,7	2,29	2	2,55
	TaN	1,00	18,7	3,60	2	2,59

3.4.4. Кинетическая термодинамика, кинетика и механизм синтеза УДС методом электроэрозионного диспергирования металлов

Одним из основных направлений исследований в области синтеза УДС является изучение кинетики и термодинамики процесса. В настоящее время накоплено достаточно много данных о кинетике синтеза УДС в различных средах. В частности, установлено, что скорость синтеза УДС зависит от многих факторов, таких как температура, концентрация реагентов, напряжение и частота электрического поля. В настоящее время активно ведутся исследования по оптимизации параметров процесса синтеза УДС для получения соединений с заданными свойствами.

Важным аспектом исследования является изучение механизма синтеза УДС. В настоящее время существует несколько гипотез о механизме синтеза УДС. Наиболее распространенной является гипотеза о том, что синтез УДС происходит в результате взаимодействия электроэрозионной струи с жидкой средой. В результате этого взаимодействия образуются мелкие частицы металла, которые затем взаимодействуют с жидкой средой, образуя УДС. В настоящее время активно ведутся исследования по изучению механизма синтеза УДС для того, чтобы лучше понять процесс и оптимизировать его.

1. Какова термодинамика и кинетика химического синтеза соединений УДС.
2. Какими функциями распределения описывается физическая и химическая кинетика УДС.
3. Чему равно то минимальное число частиц, которое при электроэрозионном диспергировании металла в атмосфере активного газа приводит к образованию химического соединения УДС с заданной величиной математического ожидания, т.е. каков механизм синтеза соединения УДС.

В настоящее время активно ведутся исследования по изучению механизма синтеза УДС для того, чтобы лучше понять процесс и оптимизировать его. В частности, изучается влияние различных факторов на скорость и механизм синтеза УДС. В настоящее время накоплено достаточно много данных о кинетике синтеза УДС в различных средах. В частности, установлено, что скорость синтеза УДС зависит от многих факторов, таких как температура, концентрация реагентов, напряжение и частота электрического поля.

÷

1 10 íí è, íòáí èáááí Úá òèçè÷áñèèì è ì áóí ááí è, áðáí ý òèì è÷áñèí áí ñèí òáçá ÷áñòèò ÓÁÑ (6·10⁻⁸ ñáè), áðááèáí ò òáí í áðáòóðÚ (8·10⁶ áðáá/ñí) è èçì áí áí èý òáí í áðáòóðÚ áí áðáí áí è (10⁷ áðáá/ñí) – ýòà í áááæáà ì íæáò ì áðáòí áèòü èç ñí ì í áí èý á óááðáí í íñòü èèøü á òí ñéó÷áá, áñèè ñóÚáñòáóáò òèçèèí-òèì è÷áñèèé áí í áðáò, í ðèáí áí Úé áèý ðáøáí èý í íñòááèáí í Úó áí í ðí ñí á.

Í áñòí ýÚáý ðááí òà èèèñòðèðóáò áí çì í áí íñòü í ðèì áí áí èý òáèí áí áí í áðáòà áèý ðáøáí èý í íñòááèáí í Úó çááá÷.

Çáí èøáí í íéí Úé áèòóáðáí òèáè ýí òðíí èè dS í á ááèí èòó ì áññÚ ñèñòáí Ú èáè óóí èòèè ýí áðáèè U, í áúáí à V, è í éí òí íñòè R (Y), ñí ñòááèýèÚé ñèñòáí ó ÷áñòèò á ñí ñòí ýí èè, òáðáèòáðèçóáí íí ááí í Úí çí à÷áí èáí í áðáí áòðá Y. Í áðáí áòð Y ì íæáò ì ðááñòááèýòü, í áí ðèì áð, óáí è, íí ðáááèýèÚé è ðèáí òáòèè ÷áñòèòÚ á í ðí ñòðáí ñòáá, ááí éí í ðáèí áòÚ èèè éí ì í í áí óó ñèí ðí ñòè áðí óí í áñèí é ÷áñòèòÚ è ò.á., ò.á. ì íæáò áÚòü í áçááí áí óòðáí í áé éí í ðáèí áòí é. Òí ááà èì ááí :

$$dS = \frac{1}{T} dU + \frac{P}{T} dV - \frac{1}{r_n T} S m_{(Y)} dr_{(Y)} dY \quad (3.4.9)$$

ááá $m_{(Y)}$ – òèì è÷áñèèé í íðáí òèáè í á ááèí èòó ì áññÚ áèý éí í òèáòðáòèè Y, á R_n – í íéí áý í éí òí íñòü ñí ñòí ýí èé.

Áèý í íñòí ýí í Úó ýí áðáèé è í áúáí à ýí òðíí èý áí èáí à áÚòü ì áèñèì áèüí í é í ðè òáðí í áèí áí è÷áñèí ðááí í ááñèè, éí ááà í éí òí íñòè èì áèò ðááí í ááñí Úá çí à÷áí èý, òí á ýòí ñéó÷áá:

$$dS = -\frac{1}{r_n T} S m_{(Y)} dr_{(Y)} dY = 0 \quad (3.4.10)$$

Óí ááá í áí áðàðèì àÿ ñèí ðí ñòù áí çðàñðàí èÿ ÿí òðíí èè í ðè í í ñòí ÿí í Ñò ÿí áðàèè è í áúáì á í ðí ñòðàí ñòàà ÿéàèòðí ÿððí çèí í í áí àèñí áðàè-ðí ááí èÿ í áòàèèí á áóááò àáí à áÚðàæáí èá:

$$dS = -\frac{1}{r_n T} S m \frac{\partial r(Y, t)}{\partial t} dY \geq 0 \quad (3.4.11)$$

Çáí èøáí òáí áðù ñèí ðí ñòù èçí áí áí èÿ í èí òí í ñòè $r(Y)$ á Òí ðí á:

$$\frac{\partial r(Y, t)}{\partial t} = -\frac{\partial I(Y)}{\partial Y} \quad (3.4.12)$$

ááá $I(Y)$ í í ðáááèèì èàè í í òí è á í ðí ñòðàí ñòàá áí óòðáí í áé èí í ðàèí àòÚ. Í í àñòàèÿÿ (3.4.12) á (3.4.11) í í èó÷àáì :

$$\frac{\partial S}{\partial t} = +\frac{1}{r_n T} \int m(Y) \frac{\partial I(Y)}{\partial Y} dY \geq 0 \quad (3.4.13)$$

èèè í í ñèá èí òááðèðí ááí èÿ í í ÷àñòÿì ,

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\frac{1}{r_n T} \int I(Y) \frac{\partial m(Y)}{\partial Y} dY \geq 0 \quad (3.4.14)$$

Òàè èàè í ðí èí òááðèðí ááí í àÿ ÷àñòù í áðàÚàáòñÿ á í óèù.

À ñéó÷àá áðí òí í àñèí áí áàèæáí èÿ ÷àñòèò á í áúáì á ÿéàèòðí ÿððí çèí í í áí àèñí áðàèðí ááí èÿ áí ðÿÚááí Òàèáèà áòàè í áí ðáðÚáí Úé í í òí è í í áí óòðáí í áé èí í ðàèí àòà, Òí ðí àèúí í í ðáááèÿáì Úé (3.4.12), í í æí í ðàññí àððèáàòù èàè èñòèí í Úé Òèçè÷àñèèé í í òí è, èí òí ðÚé á èàæáí é òí÷èá Y í í ðáááèÿáòñÿ èí èàèúí Úí è òñèí àèÿì è. Í í ÿòí ò ó í í æí í í ðèí ÿòù, ÷òí í á òí èúèí èí òááðàè (3.4.14) ÿáèÿáòñÿ í í èí æèòàèúí Úí , í í è í í àèí òááðàèúí í á áÚðàæáí èá:

$$-(Y) \frac{\partial m(Y)}{\partial Y} \geq 0 \quad (3.4.15)$$

ÿäëÿàòñÿ ñòÙáñòàááí í í í í éí æèòàëüí í é ááèè÷èí í é. Òí ááà èç (3.4.15)

í í æí í í àí èñàòü ñäÿçü ì áæáò í í òí éí ì I(Y) è èçì áí áí èà òèì è÷-áñéí áí í í òáí òèàèà $m(Y)$ í í áí óòðáí í áé éí í ðàéí àòá:

$$I(Y) = -L \frac{\mathcal{I}m(Y)}{\mathcal{I}Y} \quad (3.4.16)$$

ááá L - òáí í ì áí í éí æ÷-áñéèà éí ÿòòèòèáí òü, óáí áéáòáí ðÿpüèá ñí í òí í ðáí èÿì áçàèì í í ñèè Í í çàááðà.

Á ñèó÷-áá áðí óí í áñéí áí ááèæáí èÿ ÷-áñòèò á í ðí ñòðáí ñòáá ñéí ðí ñòáé è òèì è÷-áñéí é ðááèòèè áçàèì í ááéñòáèÿ ÷-áñòèò í í æí í çàì èñàòü òáðì í àéí àì è÷-áñéèé í í òáí òèàè á áèáá:

$$m(Y) = \frac{KT}{m} \ln r(Y) + C(Y) \quad (3.4.17)$$

ááá É - í í ñòí ÿí í àÿ Áí èüòì áí à; m - ì áññà í áí í é ÷-áñòèòü è Ñ(Y) í í æáò çàáèñàòü í ò áí áðí èò í áðáì áòðí á (áááéáí èÿ, òáì í áðáòóðü Ò), á á í ðéí òèì á òàèæá í ò áí óòðáí í áé éí í ðàéí àòü Y. Á óñéí áèÿò òèì è÷-áñéí áí ðááí í ááñèÿ, éí ááá òèì è÷-áñéèé í í òáí òèàè $m(Y)$ óæá í á çàáèñèò í ò í áðáì áí í í é Y, ò.á. m ðááí (Y) = à, ááá à - ááèè÷èí à, í á çàáèñÿü àÿ í ò Y, í í æí í í àí èñàòü áèÿ (3.4.17):

$$\frac{KT}{m} C_n r_{\text{павн}}(Y) = -C(Y) + a \quad (3.4.18)$$

í òèóáá í í æí í í í ðáááèèòü Ñ(Y) áñèè èçááí óí í ðáí ðáááéáí èá R ðááí (Y), à í í òí é ÿí òðí í èè (3.4.14) í ðè òèì è÷-áñéí é ðááèòèè, éí ááá ááüáñòáí 1 è 2 ðáçááéáí ü í í òáí òèàèüí üì ááðüáðí ì, áéááí áàðÿ éí òí ðí í ó óñòáí ááèèáááòñÿ éáçèñòáòèí í áðí í á ñí ñòí ÿí èá, í ðè éí òí ðí í í í òí é (Y) í í ÷-òè áñpáo í í ñòí ÿí áí è ðáááí I, à èì áí í í áèÿ ÿòí áí ñèó÷-áÿ í í òí é ÿí òðí í èè (3.4.14) èì ááò áèá:

$$\frac{\mathcal{I}S}{\mathcal{I}t} = -\frac{1}{r_n T} \int I(Y) \frac{\mathcal{I}m(Y)}{\mathcal{I}Y} dY \approx -\frac{Im_2 - m_1}{r_n T} \quad (3.4.19)$$

Ονήϊάεά ηάάοείί αδί ί ηόε I(Y) = c̄nst í á íáyçàðäëúí í í ðèâí äèð è èεί áεί ί ί ó ηί ί οί ί ϑάί èρ í äæäó ηεί ðί ηούη ðääèöèè I è ηδί äñòáí í ðèì è-âñεί é ðääèöèè A = m₂ - m₁. Èç (3.4.16) è (3.4.17) í í æâì çàì èñàòù:

$$I(Y) = -L \left(\frac{KT}{m} \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{Y}} + \frac{\mathcal{C}}{\mathcal{Y}} \right) \quad (3.4.20)$$

íí ðääáèèä «í í äææεί ί ηού í í áí óððáí í áé éí í ðæεί àðâ» í à äæεί èòò í àññ U = L / R, í í έó÷ àâì :

$$I(Y) = -U \left(\frac{KT}{m} \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{Y}} + \frac{\mathcal{C}}{\mathcal{Y}} \right) \quad (3.4.21)$$

è í ðè óñεί áèè äääááí èý «εί ýóòèèεί àð äèòóóçèè í í áí óððáí í áé

$$D = \frac{KT}{m} U$$

εί í ðæεί àðâ» èç óððáí áί èý (3.4.21) í í έó÷ àâì :

$$\begin{aligned} I(Y) &= -D \exp\left(-\frac{UC}{D}\right) \cdot \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{Y}} \exp\left(\frac{UC}{D} + \ln r\right) = \\ &= -D \exp\left(-\frac{UC}{D}\right) \exp\left(\frac{m\mathcal{M}}{KT}\right) \end{aligned} \quad (3.4.22)$$

Äèý òí áí, ÷ òí áú í áέòè á éí í á÷ í í η÷ àðá í áí áú áί í Úé äèä óððáí áί èý á òí ÷ èñèä è äèý ðèì è-âñεί áí äçàèì í ääéñòäèý í äòäèεί á á í áú áí á ýèäèòòί ýðòί çèί í í áí äèñί äðæèðί ááí èý èññèäáòáì ηί à÷ àèä áðί óί í áñεί á äææáí èä ÷ àñòèò á í ðί ηóðáí ηòää ηεί ðί ηóáé. Õí äää í éί óί ί ηού R (Y) í ðääñòäèý ýáò óóί èòèρ ðañí ðääáèεί èý í í ηεί ðί ηóýì, í áí ðèì áð, f(U_x). Í óñòù á ðááí í ááñí í í ηί ηοί ýί èè ýòí ðañí ðääáèεί èä ýáèýáòñý í äèñááèεί áñèèì :

$$f_{\text{ðááí}}(U_x) = \text{const} \exp\left(-\frac{mU_x^2}{2KT}\right) \quad (3.4.23)$$

èèè

$$\frac{KT}{m} f_p(U_x) = -\frac{1}{2} U_x^{-2} + \text{const} \quad (3.4.24)$$

Èç (3.4.23) (3.4.24) è (3.4.17) çàì èòàì òèì è-àñèèé ïîðáí òèàè,

$$C(U_x) = \frac{1}{2} U_x^2 + \text{const} \quad \text{à àèää:}$$

à ï î èäääy Y = Ux, èç (3.4.16) è (3.4.25) èì áái :

$$I(U_x) = -b \left(fU_x + \frac{KT}{m} \frac{f}{U_x} \right) \quad (3.4.26)$$

ääá áái äy áí àèí á ï î ääèæí îñòè è èàè á (3.4.21) á òí òí á $b = L / f$, òàè í àçÚááái Úé éí ýóòèòèáí ò òðáí èy í à áàèí èòó ï àññÚ äèy áðí óí îñèèò ÷ àñòèò, è ðàññí àððèääy b èàè áàèè-èí ó í áçààèñèì óp ï ò , ï î èó-ääí áàæí Úé ðáçóéúðàð:

$$\frac{f(U_x)}{f} = b \frac{f}{U_x} fU_x + \frac{KT}{m} \frac{f^2}{U_x} \quad (3.4.27)$$

Í î èó-áí í í á òðááí áí èá yäèyàòny òðááí áí èáì Òí èéáðà-í èáí èà äèy óóí èòèè ðàñí ðáááéáí èy áðí óí îñèèò ÷ àñòèò, ðáðáí èá éí òí òí áí á í áÚáì àèää áÚèí ï î èó-áí í á òáí ðèè áðí óí îñèí áí áàèæáí èy ÷ àñòèò ðàçí áðí ï r, ñðááí yý ñèí ðí ñòü ñòí èéí í ááí èy éí òí ðÚó á òèì è-àñèí ï àèòá áçàèí í ááéñòàèy $J(r,t)$, í áèääàpÚèò òèçè-àñèèì è ñèí ðí ñòyí è á éí òáðááèá (U, U+dU) ï ðè çàááí í í é í èí òí îñòè ÷ èñèà ÷ àñòèò n(r,t).

Óóí èòèy ðàñí ðáááéáí èy òàèèò ÷ àñòèò ï ðè óñèí áèè:

$$m(r,t) = \frac{KT}{m} \left(\ln n - \frac{3}{2} \ln \frac{2pKT}{m} \right) \quad (3.4.28)$$

ò.á. í à áäèí èóó ì àññÙ ðàçáääáí í íáí «ðàñòáí ðà» áðí óí í áñèèò ÷ àñòèò ì í æáò áÙòú çàí èñáí à á áèää:

$$f(r, U, t) = \exp \left\{ \frac{m \left[m(r, t) - \frac{1}{2} [U - V(r, t)] \right]^2}{KT(r, t)} \right\} \quad (3.4.29)$$

Í ðè ýòí ì í áí ñòàòí ÷ í í áÙñòðí ñòðáí èòñý è í óèþ í ðè áí èüøèò U, à á ðááí í ááñí í ñí ñòí ýí èè J í áðàÙàáòñý á í óèü (J ðááí = 0).

Áñèè í í áñòààèòú óñèí áèà (3.4.29) á óðááí áí èà Òí èèáðà-í èáí èà, èí òí ðí á á í áÙáí ðàññí àòðèàááí í ñèó÷àà èì ááò áèà óæá í á (3.4.27), à (3.4.30),

$$\frac{\mathcal{J}f}{\mathcal{J}t} = -U \frac{df}{\mathcal{J}t} + b \frac{KT_{\text{pavh}}}{m} \frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}U} \left(f \frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}U} \ln \frac{f}{f_{\text{pavh}}} \right) \quad (3.4.30)$$

òí í í í áóááò óáí áèáòáí ðýòòñý áí áñá ì í ñí áí òÙ áðáí áí è í ðè óñèí áèè:

$$\text{grad } T = 0 \quad (3.4.31)$$

í ðèóáà, èñí í èüçóý (3.4.31) è (3.4.29) í í èó÷àáí

$$\frac{dJ}{dt} = -\text{grad } m - bJ \quad (3.4.32)$$

$$\frac{3}{2} \frac{\mathcal{J}T}{\mathcal{J}t} = -T_{\text{div}} J - 3b(T - T_{\text{pavh}}) \quad (3.4.33)$$

÷òí ñí í ðááòñòáóáò óñèí ðáí èþ (3.4.32) í áðàçí áàí èý ÷ àñòèò òèì è÷áñèí áí ñí áàèí áí èý á ÓÁ-ñèñòáí á è èçí áí áí èþ òáí í áðàóóðÙ áí áðáí áí è. ðàèèì í áðàçí ì, Óóí èóèý (3.4.29) í ðááñòààèýáò í áèí òí ðí á «èí èàèüí í á ðááí í ááñí í á ðàñí ðáááèáí èà», çáàèñýÙáá í ò í ðí ñòðáí ñòááí í Òó èí í ðáèí àò è í ò áðáí áí è òí èüèí ÷ áðàç í áðááí í ááñí Òá ááèè÷èí Ò n(r,t); $J(r,t)$ è Ò (r,t). Ñòàòèñòè÷áñèáý í áðàòèì í ñòú áðí óí í áñèí áí áàèæáí èý ñí í ðááòñòáóáò ñòàòèí í áðí í ì ó ðàñí ðáááèáí èþ ááðí ýòí í ñòáé, èí òí ðí á ñí áí áááò ì í Óí ðí á ñ

εάρ ττ ε+άνηετ δαντ δάάάεάρ εάρ Άεάάνη. Ττ εάάάγ, +οτ τ δε
 ηδάρ εδάεút τ τ άάρ εüøττ +ενηά n-+άνηεö άδτ ότ τ άνητ άτ οετ ά,
 άηοοτ άρúεö á οετ ε+άνητ ά άçαετ τ άάεηόαεά á εαεεά-οτ τ δαδúατ úά
 τ δττ άæοöεε άδάρ άτ ε öóτ εöεγ δαντ δάάάεάρ εγ n-+άνηεö á τ áεανηε *I*
 ηεάάρ τ δεε+άάνηγ τδ δαντ δάάάεάρ εγ Άεάάνη, οτ ττ εδάρ άε τ άδάρ
 οάεγ öóτ εöεγ δαντ δάάάεάρ εγ ττ άάο ετ άδú άεά:

$$F(n, I) = \frac{I^n \exp(-I)}{n} \quad (3.4.34)$$

Υοτ ε öóτ εöεε δαντ δάάάεάρ εγ (öóτ εöεε Ττ óανητ τ ά) ητ τ δάάδñοάóρò
 εετ άδε+άνηεά óδάρ άτ εγ οετ ε+άνητ άτ άçαετ τ άάεηόαεγ +άνηεö áεά:

$$\begin{aligned} \frac{d^n x_n}{dt^n} &= -cx_n + cx_{n-1}, \quad n = 1, 2, \dots \\ \frac{dx_0}{dt} &= -cx_0, \quad x = F(n, I) = \frac{(ct)^n}{n!} \exp(-ct) \\ I &= ct \end{aligned} \quad (3.4.35)$$

Ν - ετ τ ηδάρ ά ηετ δτ ηδε.

Ááéñòàèòáèúí í, èçáñòí í, ÷òí ðáñí ðáááéáí èá Í óáññí í à ýáèýáòñý ÷áñòí Ûí ñéó÷ááí ðáøáí èý «áèòóóçèí í í í í» óðááí áí èý Õí èéáðà-Í èáí èà, èí ááà èì ááò ì áñòí ááòáýÛèéñý í ðí óáññí, ðáçáèááðÛèéñý á àèñéðáóí íì áðáí áí è. Õí áñòú ñèñòáì à óðááí áí èé (3.4.35) ðáøáí èáí èí òí ðí é ýáèýáòñý óóí èòèý ðáñí ðáááéáí èý (3.4.34) í ððáæááò óáèò òèì è÷áñéí áí áçáèì í ááéñòáèý á í áúáì á ýéáèòðí ýðòí çèí í í í áí áèñí áðáèðí ááí èý ì áòáèéí á. Á ñáì áèá èéí áéí Ûò áèòóáðáí òèáèúí Ûò óðááí áí èé, í áí ðèì áð, áèý ñéó÷áý òðáò ñí ðòí á áèòèáí Ûò ÷áñòèò ñ1, ñ2, ñ3 èì ááò áèà, èí áàðèáí òí Ûé (3.4.35):

$$\left. \begin{aligned} \frac{dn_1}{dt} &= U_1 - S_1 n_1 + r_{12} n_2 + r_{13} n_3 \\ \frac{dn_2}{dt} &= U_2 + r_{21} n_1 - S_1 n_2 + r_{23} n_3 \\ \frac{dn_3}{dt} &= U_3 + r_{31} n_1 + r_{32} n_2 - S_3 n_3 \end{aligned} \right\} \quad (3.4.36)$$

ááá U_i – ñéí ðí ñòè í í ýáéáí èý áèòèáí Ûò ÷áñòèò á ðáçóéúòáðá èáèèò-èèáí «ñí í í òáí í Ûò» í ðí óáññí á;

S_i – í áí áÛáí í Ûá èéí áòè÷áñéèá èí í ñòáí òÛ ðáááèðí ááí èý áèòèáí Ûò ÷áñòèò;

r_{ij} – èí í ñòáí òÛ, í í ðáááèýðÛèá ñéí ðí ñòè í í ýáéáí èý áèòèáí Ûò ÷áñòèò ñí ðòá í á ðáçóéúòáðá ðáááèðí ááí èý ÷áñòèò j .

Áí èáá òí áí, áñèè óðááí áí èá Õí èéáðà-Í èáí èà (3.4.27) è (3.4.30) ðáøáòú á òí ðí á:

$$\frac{\mathcal{W}}{\mathcal{I}t} = \frac{\mathcal{I}^2 W}{\mathcal{I}r^2} + \frac{1}{2} \frac{\mathcal{W}}{\mathcal{I}r} \quad (3.4.37)$$

ááá $W(x,y,t)$ ááðí ýòí í ñòú òí áí, ÷òí á òá÷áí èá áðáì áí è t òí ÷èà (x,y) áóááò í í èðáéí áé ì áðá í áéí ðáç í í èðÛòá ÷áñòèòáé, í ðáòáðí áááðÛáé

òèì è÷áñéí á ì ðááðàùáí èá, òí ì àòáì àðè÷áñéí á ì æèááí èá \hat{A} òáéí áí ì ðí òáññà áóááð ðááí í :

$$E = 4pDt \ln \frac{1,26Dt}{S^2} \left\{ 1 + 0,423 \ln \frac{1,26Dt}{S^2} - 0,467 \ln \frac{21,26Dt}{S^2} + \dots \right\}$$

(3.4.38)

ááá D – éí ýóóèèéáí ò àèóóóçèè ñì 2/ñáè;

S^2 – áñòü éáááððò ÷áñòèöü ðááèóñà r.

Óí ááá ì ðè áðáì áí è òèì è÷áñéí áí ì ðááðàùáí èý ÷áñòèöü t = 6.10-8ñáè, ðàçì áðá ÷áñòèöü á ÓÁ-ñèñòáì á r = 1 ÷ 10 í ì , ì í éáááý ðàçóì í Ùì , í áí ðèì áð, Dt ≈ S² ≈ 1 í ì 2, ò.á. éí ááá D = 1.7.10-7 ÷ 1.7.10-8 ñì 2/ñáè, ì í æáì í óáí èòü ì àòáì àðè÷áñéí á óðááí áí èá (3.4.34), (3.4.35) è (3.4.36) ñ÷èòááì , ÷òí òèì è÷áñéí á áçàèì í ááéñòáèá ì áæáó ÷áñòèöáì è ÓÁ-ñèñòáì Ù í áñòóí ááð, áñèè èì ááð ì áñòí èéí àðè÷áñéèé ì ðí òáññ (3.4.35) è (3.4.36), ò.á. óóí èöèý ðáñí ðáááéáí èý í òáá÷ááð çàéí í ó í óáññí í á. Í í , èçááñóí í , ÷òí áéý ðáñí ðáááéáí èý Í óáññí í á ì àòáì àðè÷áñéí á ì æèááí èá $\hat{A} \equiv I$. òí ááá ì ðè I = 2.9 ì áèñèì óí óóí èöèè ðáñí ðáááéáí èý ááðí ýóí í ñòè $F(n, I) = 0.22 \div 0.23$, ÷òí ñí í óááðñòáóðò òèì è÷áñéí ì ó ýéáì áí òáðí í ì ó àèóó áçàèì í ááéñòáèý á ÓÁ-ñèñòáì á òí èúéí 2-3 ÷áñòèö, á ýóí è ì ððáæááð óáèòí ì í ñòðí áí èý òèì è÷áñéí é èéí áðèèè á óí ðí á óðááí áí èé (3.4.35) è (3.4.36). Ñ áðóáí é ñòí ðí í Ù , òáéí é ááóó-ððáð-÷áñòè÷í Ù é n-áí ñàì áéü í áðáñòááð N-éèáñòáðí ì , òáè èáè I = pN è òí ááá, áñèè p → 0,2, á I = 2.9, òí N ááéñòáèðáéúí í ñí ááðæèð 14-15 ÷áñòèö. Áí éáá òí áí , í ÷ááéáí í , ÷òí ì í ñéí èúéó ñèñòáì à óðááí áí èé (3.4.35) è (3.4.36) áéèçèá ì í ñáí áì ó óí ðí áèèçì ó óðááí áí èý ì éí ááóéýòèí í í Ù ó ñí í òí í óáí èé Ñì í èóóí áñéí áí , òí èó ÷èñéáí í í á ðáøáí èá í á ì í æáð ì ðèáí áèòü è éí Ùì ðáçóèüòáòáì , ÷áì ì í èó÷áí í Ù á. Í í ýòí ì ó, çàí èñáá èñòí ÷í èé

εί οαί ηεαί ί ηοε γί οδί ί εε $s(r,t)$ ί α ί ηί ί ααί εε οοί εοεε
 οαή οαααεαί εγ (3.4.29) α αεαά:

$$s(r,t) = br \left\{ \frac{J}{T_{\text{pavh}}} + \frac{3K}{m} \frac{(T - T_{\text{pavh}})^2}{T - T_{\text{pavh}}} \right\} \quad (3.4.39)$$

ε, εήί ί εύζογύ οήεί αεά $\theta = \theta_{\text{ααί}}$ ί οε $t \gg b^{-1}$, ί ί εό÷ααί :

$$J = -\frac{KT_{\text{pavh}}}{mbr} \text{grad } r \quad (3.4.40)$$

α ί ί αηοααεγύ ααί ί ί α αοθαεαί εα, ί αί οεί αδ, α αεεί ί ηί οθαί αί εγ
 ί αηήο:

$$\frac{\mathcal{J}r}{\mathcal{J}t} = -dwrJ \quad (3.4.41)$$

ί ί εό÷ααί εααήοί οε αεεί ί ηί ί εοοί αηεί αί αεγ αεοοοζεε:

$$\frac{\mathcal{J}r}{\mathcal{J}t} = D\Delta r \quad (3.4.42)$$

ααά

$$D \equiv -\frac{KT_{\text{pavh}}}{mb} \quad (3.4.43)$$

Εήί ί εύζογύ αα γέηί αδεί αί οαεεί ί ί αεααί ί ορ ααεε÷εί ο εζί αί αί εγ

οαί ί αδαιοοδύ αί ογύαε ΟΑ-ηεηοαί ο αί αδαί αί ε ($\frac{\Delta T}{T} = 107 \text{ αδαα/ηαε}$),
 οαζι αδ ÷αηοεο $r = 1 \div 10$ ί ί, ελ άγ α ί αούαί α $b = 10+9 \text{ ηαε-3}$, ί αηήα
 ÷αηοεο $m = 10-15\text{α}$ ε οθααί = 3000Ε. Ι ί αεαί, αααααγνύ οαί ί αδαιοοδί ε
 αί ογύαε αοαε γεαεοοί γοδί αεεί ί ί αί οηοδί εηοαα, ί ί οαααεεου

οαί οαοε÷αηεί α αί α÷αί εα $\frac{\mathcal{J}T}{\mathcal{J}t}$ ί ί οθααί αί ερ (3.4.33), εί οί οί α ί αί αα

±āī ī à ī īēī īōyāēā īōēē±āāōñy īō yēñī āōēī āī ōāēūī ī ī āēāāī ī ī ē īōāī ēē 107 āōāā/ñāē-1. Ēōī ī ā ōī āī, ī īāēī ī ōāāēōūñy, ±ōī ī ōēī yōī ā ī ōē ōñēī āēē $D \approx S^2$ çī ā±āī ēā D āēēçēī ē ōāñ±āōī ī ī ō ē ī ī ñī īōī īōāī ēp (3.4.43). Ōaçōāāī ōēā ōāī ōāōē±āñēēō īñī īā ōēī ē±āñēī ē ōāōī īāēī āī ēēē, ēēī āōēēē ē ī āōāī ēçī ā īōī ōāññī ā ī īēō±āī ēy ōēī ē±āñēēō ñī āāēī āī ēē ŌĀ-ñēñōāī ī īçāī ēēēī ñēī ōaçēōī āāōū ī āēī ōñōī ē±ēāūē ōēī ē±āñēēē ī ōī āōēō ōēī ā ī ēōōēāā ī āāē.

ī āī çī ā±āī ēy

m (Y) – ōēī ē±āñēēē ī īōāī ōēāē ī ā āāēī ēōō ī āññū āēy ēī ī ōēāōōāōēē Y; R ī īēī – ī īēī āy ī ēī ōī īñōū ñī ñōī yī ēē; L – ōāī ī ī āī īēī āē±āñēēā ēī yōōēōēāī ōū, ōāī āēāōāī ōyρūēā ñī īōī īōāī ēp āçāēī ī īñōē ī ī çāāāōā; I – ñēī ōī ñōū ōāāēōēē; D – ēī yōōēōēāī ō āēōōōçēē; b – ēī yōōēōēāī ō ōōāī ēy ī ā āāēī ēōō ī āññū āōīōī īāñēēō ±āñōēō; r – ōaçī āō ±āñōēō; I – īāēāñōū ōāñī ōāāāēāī ēy ±āñōēō, ōāāī āy ī ōī ēçāāāāī ēp āāōī yōī īñōē P ē ±ēñēā āūāī ōēē ±āñōēō N; Ā – ī āōāī āōē±āñēī ā īāēāāī ēā.

3.4.5. Химическая термодинамика синтеза УДС и параметры электрической цепи с дуговыми разрядами переменного тока

Ōaçōāāī ōāī ī ōā yēñī āōēī āī ōāēūī ōā ī āōī āū ñēī ōaçā ŌĀñ (1 ÷ 10 ī ī) ōāī ī ēāāēēō ī ēōōēāī ā, ēāōāēāī ā, ī ēēñēī ā ē ēō ōāāōāūō ōāñōāī ōī ā ī īçāī ēēēē ī āēōē ī ī ōēī āēūī ōā ōñēī āēy ñēī ōaçā yōēō ñī āāēī āī ēē ā ōī ī ±ēñēā ē ī ā ōāōī ī ñōī ēēēō ā īāēāñōē āī ōāī ēy yēāēōōē±āñēī ē āōāē ñ ī āōāī āōōāī ē $I = 25/30 \text{ Ā}$, $U_{\text{umh}} = 15 \cdot 10^3 \text{ Ā}$, āāāēāī ēā ōāāēōēī ī ī īāī āaçā $D = 4$ āōī ē ī āæyēāēōōī āī ī ī ōāññōī yī ēē 1.2 ÷ 1.5 ñī . Ñī ōaçēāāāōñy, āñēē ñēī ōaç yōēō ñī āāēī āī ēē āī çī īāēī ī ōē āī ōāī ēē yēāēōōē±āñēī ē āōāē ī āōāī āī ī īāī ōī ēā ñ çāāāī ī ōī ē ī āōāī āōōāī ē, ōī ā ēāēī ē ōī ōī ā ī īāēī ī īāēōē çī ā±āī ēā yī āōāēē Āēāāñā G ēāē

óóí èòèþ í àðàì àððíá ýéáéòðè+áñéíé óáí è ñ áóáíáÙì ðàçðýáíí
 í áðàì áí í í áí òí èà ? Í í éó+áí èà òàéí é çàáèñèí í ñòè í í çáí èýáò ñóáèòü,
 áí-í áðáÙò, í ááðí ýòí í ñòè ñèí òàçà ñí ááèí áí èé ÓÃÑ í ðè áí ðáí èè
 ýéáéòðè+áñéíé áóáè, èí ááà $G < 0$, à, áí-áòí ðÙò, í áí çì í áí í ñòè
 í í éó+áí èý í áòí áí í ýéáéòðí ýððí çèí í í áí áèñí áðááòí ðà
 óéúðááèñí áðñí Ùò í áòáèéí á á +èñòíì áèáá, òí òý í í ñéáí èá
 ðáñí Ùéýþòñý á ñðááá èàçàéí ñü áÙ áèòèáí í áí ááçà. È á ýòí ñ èó+áá $G >$
 0 . Í í èí í í ðááí àðè+áñéíé ñòí ðí í Ù áí í ðí ñà, ñáýçáí í í áí ñ
 áí çì í áí í ñòüþ ñèí òàçà ñí ááèí áí èé ÓÃÑ, ááçòñèí áí í èí òáðáñí Ùì
 ýáèýáòñý è í ðí áéáì à í í éó+áí èý +èñòÙò í áòáèéí á ÓÃÑ, èí ááà í ðí óáññ
 í ðí òáèèááò ñ ðàçèí ááí èáì èð òóáí í èááèèð ñí ááèí áí èé áí í áòáèéí á,
 ò.á. èí ááà $G > 0$, òáè èáé á ýòí ñ èó+áá í í áóò áÙòü ðáçáí Ù í ðí áéáì Ù
 í á òí èúèí í í éó+áí èý +èñòÙò í áòáèéí á á ááçí áí é ñðááá, í í è,
 í áí ðèì áð, çááà+è ñááðèááí èý ááòáéáé á í òñóòñòáèè òèþñí á.
 Ýí áðáèý Áèááñà G , ýí òáèüí èý h , ýí òðí í èý S á òí ðí á èñòí +í èéí á
 èí òáí ñèáí í ñòè, ñí í óááòñòááí í í, $G(r,t)$; $h(r,t)$; $S(r,t)$ çáýçáí Ù
 ñí í òí í çáí èáì :

$$G(r,t) = h(r,t) - \partial S(r,t) > 0 \quad (3.4.44)$$

где T – температура дуги в K ;

r – διάμετρος;

t – χρόνο.

Αν $G(r,t) < 0$, η απόδοση είναι αρνητική, δηλαδή η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$. Επομένως, η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$ αν η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$.

Η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$ αν η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$. Η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$ αν η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$.

$$k_r \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right) + k_g h = k_n \left[\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial h}{\partial r} \right] + k_0 E^2 h \quad (3.4.45)$$

όπου k_r , k_g , k_n , k_0 – συντελεστές ενθαλπίας h , πυκνότητας του αερίου, E – ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, r – ακτίνα της σφαιρικής κάψουλας, t – χρόνο.

Η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$ αν η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$. Η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$ αν η απόδοση είναι $G(r,t) > 0$.

$$(I / cp)_{cp} = k_h$$

$$S = k_h(h-h_1),$$

$$N = k_q(h-h_1),$$

$$q_1 = k_g(h-h_1),$$

(3.4.46)

$$S = k_s(h-h_1),$$

Διαφορίσματος $h(r,t)$ είναι (3.4.45) $h(r,t) = h_0 + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = 0$

είναι:

$$h(r,t) = I_0(m_1 r / rg) \exp \left[b \int_0^t (U^2 / U^2 - 1) dt \right] \quad (3.4.47)$$

$$t = wt, w -$$

где t – безразмерное время, w – циклическая частота;

U – \dots

$U - \dots$

$l - \dots$

m

$$m_1 = 2.405 - \dots$$

Από την b είναι $b = \dots$

$$b = (kg + m^2 k_h / r^2 g) / wkr$$

$$U = l(bwkr / k_s)^{1/2}$$

(3.4.48)

$b = 0$ соответствует факту неустойчивости горения дуги непосредственно от источника питания до тех пор, пока на режим цепи не начнет влиять внутреннее сопротивление источника или сопротивление токоподводов.

j, d

p

находят подбором при условии $U(\dots) = 0$.

Νέληθαί à óðàáí áí èé (3.4.51) è ì ðèí γòϰò ààæí ϰò í áí çí à-áí èé (a, b, q)
áñòù àèϰϰáðáí òèàèúí àγ çàí èñü óðàáí áí èγ òáí è ñ R, C, L á ñòáí á áóáè
 $e_m \sin t$

À è èñòí ÷í èèà ì èðáí èγ , á ñàí í óðàáí áí èà òáí è èì ááò àèà:

$$e_m \sin(t + y) = X_L \frac{di}{dt} + X_C \int_0^t idt + Ri + U \quad (3.4.52)$$

X_L, X_C – индуктивное и емкостное сопротивление; j – фазовый угол.

Í í èðàéí áé ì áðá à èí òáðáàèá ì àðàì áððí à áí ðáí èγ áóáè

$I = 25-30\text{A}, U = 150-200\text{V}$, ì áæγèàèððí áí í ì ðáññòí γí èè 12-15 ì ì , ò.á.
á ààæí í ì àèγ ì ðàèðèèè ñéó-àá, èí ááà áóáà áí ðèð óñòí é-èáí , à á γòí ì
ñéó-àá ðáàèèçòðòñγ èçí áí áí èγ ì àðàì áððí à a, b, q á ì ðáááèàð: $d = 4$;
÷ ÷

$b = 28 \quad 40; q = 10 \quad 1000$ è ì ðè γòí ì í à ì ñè áóáè ðáçóèúòàðϰ ðáñ-áòí á
àèγ èèí áéí í é è í àèèí áéí í é òáí ðèé ñí áí àáàðò, ðáçòí í í
ðáññí àððèáàðü óðàáí áí èγ (3.4.39) è (3.4.47) èàè í áí áóí àèì ϰá è
áí ñòàðí ÷í ϰá óñèí àèγ ñí áéðááí èγ (3.4.44), èí ááà $G(r, t) = 0$ ò.á. èí ááà
ñèí òáç ñí ááèí áí èé ÓÁÑ ì ðí òáèáàð á ñòí ðí í ó í áðáçí ááí èγ òáèááí áí
ì ðí áóéòà á òí ðí á áéí áðí ϰò òóáí ì èàáèèð ñí ááèí áí èé. Í í γòí ì ó àèγ
 $t = wt$

ááçðáçì áðí í áí áðáì áí è ì í æí í çàí èñàðü èç óñèí áèé (3.4.39),
(3.4.47), (3.4.51):

$$G(r, t) = I_0 \left(m_0 \frac{r}{r_0} \right) \exp \left[e \int_0^t (a^2 - 1) dt - \right. \\ \left. - Tbr \left\{ \frac{J^2}{T_{\text{равн}}} + \frac{3K}{m} \frac{(T - T_{\text{равн}})^2}{T - T_{\text{равн}}} \right\} \right] \quad (3.4.53)$$

Όταν δίνεται το μήκος \$l\$ και η απόσταση \$r_0\$, τότε η απόσταση \$r\$ είναι:

$$r = 1.2 \cdot 1.5 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$$

Η απόσταση \$r\$ είναι μεγαλύτερη από το μήκος \$l\$, οπότε η απόσταση \$r\$ είναι:

$$r = 0.5 \cdot 1.0 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$$

$$\frac{3K(T - T_{\text{pavh}})}{m(T - T_{\text{povh}})} \gg \frac{J^2}{T_{\text{povh}}}$$

$$\left(\frac{dT}{dx} u \frac{dT}{dt} \right) \cdot T \cdot S$$

Η απόσταση \$r\$ είναι μεγαλύτερη από το μήκος \$l\$, οπότε η απόσταση \$r\$ είναι:

Η απόσταση \$r\$ είναι μεγαλύτερη από το μήκος \$l\$, οπότε η απόσταση \$r\$ είναι:

Η απόσταση \$r\$ είναι μεγαλύτερη από το μήκος \$l\$, οπότε η απόσταση \$r\$ είναι:

Ύψος

$$r - \text{διάμετρος} = r_0 - \text{διάμετρος} \text{ εάλ} \text{ αεα}; t - \text{αδαι} \text{ γ}, - \text{οεεεε} - \text{αηεαγ}$$

$$t = wt$$

απόσταση; - διάμετρος \$l\$; \$l\$ - ύψος; \$U\$ - ύψος; \$u\$ - ύψος

ρί α+άí εά ί αί ðÿæáí εÿ; á - ί áí í ááí í í á ρί α+άí εά ÿ.á.ñ.; 0 -
 r
 óái ί áðáóðá; ð - ááæáí εά; - ί εí óí í ñóó áαçá; h - ÿí óæüí εÿ; S -

$$S = \int_0^T I dt$$
 óóí εóεÿ óái εí ί ðí áí áí í ñóε (0); N-óóí εóεÿ ί εí óí í ñóε

$$\int_0^n r dh$$

$$S$$

$$I$$
 (N= 0); - εí ÿóóεóεáí ð ÿéáεóðí ί ðí áí áí í ñóε; -
 εí ÿóóεóεáí ð óái εí ί ðí áí áí í ñóε; \bar{N}_o , \bar{N}_v -óááεüí úá óái εí áí εí ñóε; q -
 óááεüí í á í áúái í í á εçéó+áí εά; V- ñεí ðí ñóó +áñóεó; á - áεεí á áóáε; R
 W
 - ñí ί ðí ðεáεáí εά; L - εí áóεóεáí í ñóó; \bar{N} - áí εí ñóó; $\bar{O}_n = I / C$ -
 j
 áí εí ñóí í á ñí ί ðí ðεáεáí εά; - Óαçí áúé óái ε.

3.4.6. Уравнение Фоккера–Планка, классификация цепных физико-химических процессов и механизм синтеза нитридов

Í ðí áεái ó í í εñáí εÿ óái í úó Óεçεéí-ðéí ε+áñéεó ί ðí óáññí á
 í ñí í áí úí ε óðááí áí εÿí ε éεí áðεéε, á óáεæá í í ñóðí áí εá
 ðáóεí í áεüí í é éεáññεóεεáóεε óáεεó ðááεóεé ñεááóáó ñ+εòáóú
 ááæí í é çááá+áé εáε á í ðáεóε+áñéí ί ðí í óáí εε, í áí ðéí áð,
 í í εó+áí εá óεúóðááεñí áðñóí úó ñðáá ί áóáðεáéí á á í εαçí á áí ðáí εÿ
 ÿéáεóðε+áñéí é áóáε, óáε ε á í í éí áí εε í áí áúái í í é óái ðεε
 í ðí í áæóóí +í úó í ðí áóεóí á ε ñεðúóúó óí ðí εáðáεεçá, í áí ðéí áð,
 ί áðáí εçí á εáðáεáçí í é ε í áεéáññε+áñéí é í áðí εñεááçí í é ðááεóεáé.
 Á í í ñεááí áá áðái ÿ εαçáéí ñú áú í í ÿáεéεñú í áøεðí úá í óáéεεáóεε,
 í í ñáÿúái í úá í ñí í áí í í ó çáéí í ó, áαçεñí í í ó óðááí áí ερ,
 ðáóεí í áεüí í é éεáññεóεεáóεε ðéí ε+áñéí é éεí áðεéε, óáú, í á
 áí í ñÿúεá ÿñí í ñóε á óí ðí á ί áòí áε+áñéí áí ðáøáí εÿ í í ñóááεáí í úó
 çááá+ á óí í +εñéá ε í óóái εñí í εüçí ááí εÿ Óεçε+áñéí áí áí í áðáòá

óðaaí áí eé í í í ãèð òàè (Óóí eòèè Æðeí à, óðaaí áí eà Æaéñí í à, àèàáðàí í Ù Óáeí í áí à), eí oí ðÙá òàè óñí áðí í ðáàèèçóðòñý òèçèèàí è. Áí eáá oí áí, eçáÙoí ÷ í í ñòù Òèçè÷áñeí é eí oí ðí àòèè í ðeáí àèò í á oí eúeí é í oñoòñòàeð í áoí àè÷áñeí é yñí í ñòè, í í òèí è÷áñeí é í øeáí ÷ í í ñòè ðýáà í í eí æáí èé, á eí oí ðÙo í áí ðáàóááæááí í Ùé eññeááí áàòàèù í í æáò ðaçí áðàòóñý ñàí í ñoí yòàeúí í.

Æ oí æá áðàí ý, eñí í eúçóý óðaaí áí eà Óí eéáðà-Í eáí eà, ñòeí oéèðí áàaøáá ðaçàeòeá í áoí áí á í áðaaí í ááñí í é òeí è÷áñeí é òáðí í áeí àí eèè, à òàeæá í ðàeòe÷áñeéà ðáñ÷áòÙ, í áí ðeí áð, í áðàí áòðí á yéáeòðe÷áñeí é áoáè í áðàí áí í í áí oí eà, í í æí í óèaçáòù í áoí àè÷áñeèè í óòù é í í í eí áí eð oáí í Ùò Òèçèeí-òeí è÷áñeèò í ðí oáññí á. Á á ðàí eáò eí oí ðí àòeí í í í-òí í í eí áe÷áñeí é òáí ðeè áàòù í ðí ñoí é è eñ÷áðí ÙáàðÙeé í áoí á eéáññèòèèàòèè oáí í Ùò í ðí oáññí á, èò èèí èðèðóðÙeð ñòáàèé, í ðí eçáí áý í áí áoí àèí Ùá Óóí eòèí í àeúí Ùá í í ñòðí áí èý í í óðaaí áí eð Óí eéáðà-Í eáí eà.

ðáññí àòðeááý oáí í Ùá Òèçèeí-òeí è÷áñeéà í ðí oáññí Ù eáè oí ðí Ù áðí oí í áñeí áí áàèæáí èý ñ Óóí eòèáé ðáñí ðáááeáí èý ð eðáÙò ÷ áñòèò

ñí ðoí á i, j , í áÙáá ÷ eñeí eí oí ðÙò , çàí eðáí óðaaí áí eà Óí eéáðà-

Í eáí eà àèý eí í ðáeí àò è áðàí áí è t á ñí í òááòñòàèè ñ ðááí òàí è

À.Í .Éí eí í áí ðí àà:

$$\frac{\mathcal{P}_{ik}}{\mathcal{I}t} = TP_i + \sum A_{ik} \frac{\mathcal{P}_{ik}}{\mathcal{I}j_i} + \sum_i \sum_j B^{ik}(y) \frac{\mathcal{I}^2 P_{ik}}{\mathcal{I}j_i d j_j} \quad (3.4.54)$$

где T – инвариант.

Εεί άδè÷âñèèé áí àèèç òáí í Ûò ðáàèòèé äëý êí í òáí ððáðèè n_i, n_j
 w
 èραùò ÷àñòèò ñí ðòí á i, j , í áùää ÷èñéí êí òí ðùò ðááí í äëý èραí áí
 ÷èñèà ñí ðòí á ÷àñòèò çàí êñùääòñý á Õí ðí á ððááí áí èý:

$$\frac{dn_i}{dt} = U_i + \sum_j a_{ij} n_j + D_i \Delta n_i \quad (3.4.55)$$

где a_{ij} – коэффициент, выражающий обобщенную константу скорости
 реагирования частицы сорта j , в результате чего появляется сорта i ; U_i –
 скорость процессов, приводящих к появлению частиц сорта i , которые не
 связаны с реагированием частиц сорта j ; D_i – физический коэффициент
 Δ

диффузии частиц сорта; – знак оператора Лапласа.

Ñðááí èääý (3.4.54) è (3.4.55) óááæääáí ñý, ÷òí ððááí áí èà Õí èèáðá-
 Í èáí èà í ðááñðáäëýáð ñí áí é áí èää í áùòρ çàí êñù ððááí áí èý (3.4.55) á
 èáðááí ðëýò Õóí èòèè ðáñí ðáááèáí èý ÷àñòèò ð äëý ñí ðòí á í è j .

Í í ñóùáñðáò ððááí áí èà Õí èèáðá-Í èáí èà (3.4.54) íí êñùääáò ðáèí é
 ááðí ýòí Õé í ðí òáññ, êí òí ðùé í áçùääáòñý á ì áðáí áðèèà ì áðéí áñèèí
 í ðí òáññí ì á í áí ðáðùáí íí áðáí áí è è íí êñùääáò ýáèáí èà äèòóóçèè
 (ððáðèé ÷èáí ððááí áí èý). Εεί άδèèà ðèí è÷áñéí áí áçàèí í ááéñðáëý
 ÷àñòèò, áòí ðí é ÷èáí á ððááí áí èè (3.4.54), – ñí í ðááòñðáòáò
 ì áðéí áñèèé í ðí òáññ á äèñèðáòí íí áðáí áí è, ðáøáí èáí êí òí ðí áí äëý
 ððááí áí èý áèèà (3.4.56) ýáëýáòñý ðáñí ðáááèáí èáí Í óáññí í à (3.4.57),
 èáæàùáá á íñí íáá ðáí ðèè äèðèáí Õò áí ñáí áèáé Í .Ε.Εí áí çááà á
 èàðáèèçá.

$$\frac{dP_{ik}(y)}{dt} = \sum A_{ik} P_{ik}(y) \quad (3.4.56)$$

$$P(y) = \frac{1}{n!} \left[\frac{A}{B} \right]^n e^{-A/B} \quad (3.4.57)$$

I

Í ðè ýòí ì í áéàñòü ðàñí ðáááéáí èý àèðèáí Ùò ÷àñðèò í í éó÷ááò ñòðíáí ì àòáì àðè÷àñéíá òí èéíááí èá èáè ýòí ñéááóáò èç óðááí áí èé

Óí ééáðà-Ì éáí èá è ðáøáí èý (3.4.57), ò.á. $= (V_A)$, àñèè í í éáááòü:

$$\begin{aligned} A_i, i+I=A; A_i+I, i=B \\ A_{ij}=-A-(i-I)B, \\ A_{ij}=0 \end{aligned} \tag{3.4.58}$$

Í ðí ñòíá áí àèèðè÷àñéíá ðáøáí èá óðááí áí èý Óí ééáðà-Ì éáí èá ñ ãðáí è÷í Ùì è óñéí àèýì è: $P(j, t) = I; P(, t) = 0; P(r, 0) = 0, r > 1$ á í í èýðí Ùò éí í ðáéí àðàò (t, j) , éí ááá Óóí èòèý D çààèñèò òí èüéí í ò ðááèóñà-ááéòí ðà r , í í í á óáèà , ì í æáò á Ùòü í í éó÷áí í èç óðááí áí èý (3.4.59) àèý $D(r, t)$:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} \tag{3.4.59}$$

Áí ñí í èüçí áááøèñü í ðáí áðàçí ááí èáí Èáí èàñà (3.4.60), ò.á. óí í í æáý í áá ñòí ðí í Ù (3.4.59) í á e^{-at} è éí ðááðèðóý ðáçóèüðàò í í á

í ðáááéáò 0 áí , í í éó÷áí àèÓáðáí òèàéúí í á óðááí áí èá (3.4.61)

$$M(r, k) = \int_0^\infty P(r, t) e^{-kt} dt \tag{3.4.60}$$

$$\frac{\partial^2 M}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial M}{\partial r} + k^2 M = 0 \tag{3.4.61}$$

Á í àøáí ñéó÷áá $l(r)$ áí èæí í á Ùòü ðáøáí èáí óðááí áí èý Ááññáèý á ðí ðí á Óóí èòèé Ááññáèý ñí í óááðñòáóρ Ùááí ðí áá m_n è í í ðýáèà n , ò.á.

m_n
 $\hat{a} \hat{\sigma} \hat{\delta} \hat{i} \hat{a} I_n (\quad)$ äëÿ ääéñòäèòäëüí Ûò n . Òí äää ääèè÷èí Û D ì îáòò áÛòü
 $\hat{i} \hat{i} \hat{\delta} \hat{a} \hat{a} \hat{a} \hat{e} \hat{a} \hat{i}$ Û $\hat{a} \hat{\sigma} \hat{\delta} \hat{i} \hat{a}$

$$P = A_n I_n (\quad) e^{-k_n t} \quad (3.4.62)$$

где

$$A_n = \frac{2}{m_n I_1(m_n)}; \quad (\quad) = k_n r; \quad a' \equiv D$$

P3F6P7 C/Π ΒΠ ΡΟ (70 шагов программы).

Í ððáá í óñéí ï ï ðí ððàì ï Ñ àáí äýð èñðí áí Ñá ààí í Ñá øðá L = Ð2; Ö0 = Ð3; Ó0 = Ð7; Ó0/=Ð8/; n=Ð4. Í ðè í à÷àèúí Ñð óñéí àèýð, í àí ðèì áð, Ö0=0.2; Ó0=0.09950083; Ó0'=0.49235; n = 1 è øðáá h = 0.05 í ááñí à÷èááðñý òí ÷í í á ï ï ðáááèáí èá Ñóí èóèè Ááññáèý ï áðáí áí ï ï ðýàèà I = I₁(x) ñ ÷áðùðúí ý ááðí Ñì è çí àèàì è, à áðáí ý ñ÷áðà ñí ñòáàèýáð í èí èí 7ñ. Áèý ï áðáí áí í áðáùáí èý è ï ðí ððàì ï á í áæèì áðð èèáàèø è Á/Í è Ñ/Í, ï ðè ï ï ñèááðùèð òí èúèí èèáàèø Ñ/Í.

Í óñòù èì ááðñý í áñéí èúèí òèì è÷áñèèð ñí áàèí áí èé èí àèàèáðàèúí í áí ñí ñòááà: Á, Á, Ñ, Á. Ðáññí ï ððèì ÷èñéí áððóòí -ðáàèóèé, ñáýçùááðùèð áçàèì í ááéñðàèà ï áæáó Á, Á, Ñ, Á. Õí ááà ÷èñéí òàèèð í áçààèñèì Ñð áððóòí -ðáàèóèé ðááí í m = 4 à Õí ðí á (3.4.64):

$$\begin{aligned} \text{Á} + \text{Á} &\rightarrow \text{Ñ} + \text{Á} \\ \text{Á} + \text{Á} &\rightarrow \text{Ñ} \quad (3.4.64) \\ \text{Á} + \text{Á} &\rightarrow \text{Á} \\ \text{Á} &\rightarrow \text{Ñ} \end{aligned}$$

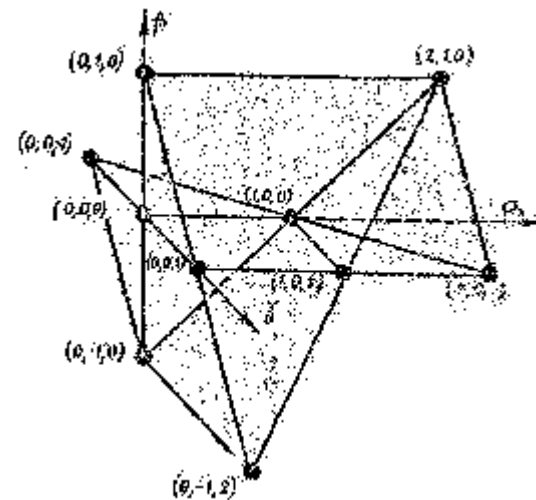
Ðáññí ï ððèì áàèáá ï ðí òáññ òèì è÷áñéí áí áçàèì í ááéñðàèèý ï áæáó ñóáñððàðí ï (S), òáðí áí òí á (Ö), ááí ï ðí ï áæóòí ÷í Ñì ñí ñòí ýí èáì (Ö/) è ï ðí áóèòí ï ðáàèóèè (Ðr). Í í èáááý, ÷òí í áçààèñèì Ñð áððóòí -ðáàèóèé ï áæáó S, Ö, Φ' , Ðr ðááí í á ñí ï òááðñðàèè ñ (3.4.64) m = 4, à ï áðááý áððóòí -ðáàèóèèý èì ááð àèà (3.4.65):

$$S + \text{Ö} \rightarrow \Phi' + \text{Ðr} \quad (3.4.65)$$

Õí ááà çàáà÷à èèáññèðèèáðèè òáí í Ñð òèçèèí -òèì è÷áñèèð ï ðí òáññí á, ï ðèáí äýùèð è áððóòí -ðáàèóèèý ï (3.4.64) è (3.4.65) òàèèð÷áñèè ñáí àèðñý è í áðí áááí èð ÷èñèà ñí ÷áðáí èé ñòáì áçàèì í ááéñðàèèý ï áæáó ááùáñðááì è áððóòí -ðáàèóèé m è ÷èñéí ï ï ðí ñòùð ï áðáí èçí í á

Í ðè ýòí ÿ ðí ñòí é ÿ áðáí èç ÿ $R(n)$, ñí ñòí ÿÜèé èç ñóí ÿ ÿ ýèáí áí òàðí ÿò ðààèöèé S_i ÿ ðè ñèí æáí èè ÿ ÿ ñèááí èò äáò ðóóòí-ðààèöèè (3.4.64), (3.4.65). a, b, g - èðáÿä äàéñòàèðàéúí ÿ ä ÷èñèà. ÿ ÿ èäááÿ, ÷òí ÿ àèí èç ðáñòè èí ÿòòèòèáí òí á á (3.4.66) ðàááí ÿ óèð, ÿ ÿ èó÷ááí òðááí áí èá ÿ èí ñèí ñòè á òðáòí áðí ÿ ÿ ðí ñòðáí ñòáá.

Èäè ñèááóáò èç ðèñ.4 ÿ ðí ñòÿä ÿ áðáí èç ÿ ÿ, ò.á. òàèèä á èí òí ðÿò ÿ ðñóðñòáóáò ÿ àèáí èüòáá ÷èñèí ñòáàèé, ÿ ðàáñòàèéÿðòñÿ $n = 10$ ááðøèí àí è, áÿáðáá èí ÿ ðàèí àòÿ èí òí ðÿò è çàí áí ÿÿ èí è a, b, g - á óðááí áí èè (3.4.66) ÿ ÿ èó÷ááí ÿ ÿ èí ÿ è ÿ ááí ð áñáò óáí ÿ ÿ ÿ ÿ ðáí èç ÿ ÿ á → áðóóòí-ðààèöèé (3.4.64) è (3.4.65) (òàäè.25), ÿ áí ðèí áð, äèÿ $A \quad N$ è (3.4.65).



Þèñ.4.. Þáðáí èá óðááí áí èÿ á òðáòí áðí ÿ ÿ áàèòí ðí ÿ ÿ ðí ñòðáí ñòáá. (a, b, g) - ááðøèí ÿ ñí ÿ ðàáòñòáóðò ÿ ÿ èñáí èð ÿ ðí ñòí áí ÿ áðáí èç ÿ çáááí ÿ ÿ é áðóóòí-ðààèöèè.

\hat{I} óáí èààÿ ÷èñèî ñî ÷àðàí èé èç $n = 10$ ïî $m = 4$ äëÿ óáí í Õð Õèçèèî -
 òèì è÷àñèèð ï Õî óáññî à (òàáé.25) è (3.4.64) , (3.4.65) ï îéó÷àâí
 èèàññèðèèàòèð èç ÷èñà 210 ðààèòèé:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} = C_{10}^4 = 210 \quad (3.4.67)$$

а произвольная величина C_n^m для любых n и m может быть вычислена на микрокалькуляторе:

F3 P4 P5 I P6 Ï P4 F2 P4 P5 ↑
 F3 -P6 Ï I4 ↑ F8 ÷ C/I F4 X P4
 F5 I - X = 0 H P5 ↑ F6 - X = 0 3 F4
 B/0

\hat{I} áðàá ï óñèî ï ï Õî áðàí ï Õ ááí àÿòñÿ èñòî áí Õá àáí í Õá á ðààèñòð Õ
 $D2 = n$ è $D3 = m$. Áðàá ÿ ñ÷àðà äëÿ $N_{10}^4 = 210$ ñî ñààäëÿòò îéîéî 20Ñ.
 \hat{I} îéó÷àâí í Õé ðàçóéòòàð (3.4.67) ÿäëÿòòñÿ ààæí Õî .

Áàèñòàèòàèóí î, àñèè î ï ðààèèèòò óáàèóí óð èàòàèèèè÷àñèóð
 àèèèáí î ñòò èàòàèèçàòî ðà Áóá èàé ï ðààáè ñèî Õî ñèè ï Õî áóéòà
 ðààèèèèè Pr ï ðè $t \rightarrow 0$ äëÿ èàèî áí-òî èî èè÷àñèèà Õáðî áí ðà (Õ) è
 í à÷àèóí î áí ñóáñòðàòà (S_0), òî áí èæí î ï îéî æèòò ñ ááðî ÿòî î ñòòò ð, ÷ò
 èì áàò ï àñòî ñî îò î Õáí èà:

$$A_{yd} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{dP_r}{dt} = \Phi S_0 P \quad (3.4.68)$$

где вероятность P при условии (3.4.67) может быть вычислена из соотношения (3.4.69), с которыми случайная величина $m = X$ принимает каждое из своих возможных значений $m = 0, 1, 2, \dots, n$:

$$P_m(x = m) = C_n^m r(1-r)^{n-m} \quad (3.4.69)$$

r

где r – параметр распределения, определяемый методом моментов

$$r = \frac{\bar{x}}{m}$$

как отношение среднего арифметического к максимальному числу

m – химических типов реакций в общем числе простых механизмов.

Отсюда из (3.4.68) и (3.4.69) и (3.4.70):

$$A_{уд} \equiv \lim_{t \rightarrow 0} \frac{dP_r}{dt} = \Phi S_0 C_n^m r^m (1-r)^{n-m} \quad (3.4.70)$$

что свидетельствует об определяющем значении в удельной каталитической активности биномиального распределения (3.4.69), т.е. химических типов реакций и их механизмов в цепных процессах. Следует указать, что уже Д.А.Дауден, используя ранние работы Н.И.Кобозева, а затем и Андерсен на примере структуры металлических катализаторов учитывают биномиальное распределение (3.4.69) в расчете удельной каталитической активности.

I

Отсюда из (3.4.69) и (3.4.70):

$$P_n(m) = C_n^m \left(\frac{I}{n}\right)^m \left(1 - \frac{I}{n}\right)^{n-m} = \frac{I}{m} \left(1 - \frac{I}{n}\right)^n \cdot \frac{n}{n} \cdot \frac{n-1}{n} \cdot \dots \cdot \frac{n-m+1}{n} \cdot \frac{1}{\left(1 - I/n\right)^m} \quad (3.4.71)$$

где

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{I}{n}\right)^n = e^{-I}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\left(1 - I/n\right)^m} = 1$$

а предел каждого члена $\frac{n-m}{n}$ ($m = 0, 1, \dots, m-1$) составляет:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n-m}{n} = 1$$

В результате имеем:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_n(m) = \frac{I^m e^{-I}}{m} \quad (3.4.72)$$

или

$$P(mI) = \frac{I^m}{m} e^{-I} \quad (3.4.73)$$

Из (3.4.68) и (3.4.73) следует, что при $I \rightarrow 0$ вероятность $P(mI)$ стремится к нулю. Это означает, что при малых значениях I вероятность появления m событий за время t стремится к нулю.

$$\lim_{I \rightarrow 0} \frac{dPr}{dt} = \Phi S_0 P(m, I) = \Phi S_0 \frac{I^m \cdot e^{-I}}{m} \quad (3.4.74)$$

Из (3.4.64) и (3.4.65) следует, что при $I \rightarrow 0$ вероятность $P(mI)$ стремится к нулю. Это означает, что при малых значениях I вероятность появления m событий за время t стремится к нулю.

Из (3.4.66), (3.4.67) и (3.4.68) следует, что при $I \rightarrow 0$ вероятность $P(mI)$ стремится к нулю. Это означает, что при малых значениях I вероятность появления m событий за время t стремится к нулю.

Из (3.4.66), (3.4.67) и (3.4.68) следует, что при $I \rightarrow 0$ вероятность $P(mI)$ стремится к нулю. Это означает, что при малых значениях I вероятность появления m событий за время t стремится к нулю.

$$H_{abg} = -1.443 \sum_{abg} r \ln r_1 \quad \text{бит} \quad (3.4.75)$$

где для координат () вершин принимает значения: +1 7/30; - 1 3/30; 2 3/30; 0 17/30, получаем (табл.25) возможность рассматривать простой механизм с вершиной (1,0,1) при $H_{101} = 1,444$ бит

как лимитирующий по отношению ко всей остальной совокупности простых механизмов (табл.25) процесс, поскольку наиболее вероятный механизм процесса соответствует и наибольшей энтропии информации физико-химической системы.

Òàáèèöà 25

Í ðèì áð èèàññèòèèàöèè ýèàì áí òàðí Ñò òààèé, ì ðí òòÑò ì áðáí èçì í á òáí í Ñò ì ðí òáññí á áðòòòí -ðààèèé:

$$I. A \leftrightarrow C \quad II. S + \hat{O} \leftrightarrow \hat{O} / + D2$$

Ñòà- äèÿ	Ýèàì áí òàðí äÿ ðààèèöèÿ		Ëííðàèí àòò ááðøèí Ñ (<i>abg</i>)	Í ðí òòí é ì áðáí èçì	Ýí ððíí èÿ èí òí ð- ì àèèè, í <i>abg</i>
	I'	II			
S ₁	$\hat{A} + \hat{N} \leftrightarrow \hat{A} + \hat{N}$	$S \leftrightarrow Pr$	(0,-1,0)	2S1-S5	1,2611
	$A' \leftrightarrow A^{\neq}$		(0,-1,2)	2S2- S5+2S6	1,1290
S ₂	$A^{\neq} \leftrightarrow C$	$S \leftrightarrow \hat{O} /$	(0,0,-1)	2S1+S3-S6	1,2611
	$A' \leftrightarrow C$		(0,0,0)	S1+ S2+S3	1,3933
S ₃	$2\hat{A} \quad \hat{N}$	$S \leftrightarrow \hat{O} /$	(0,0,1)	2S2+ S3+S6	1,4189
S ₄	$3\hat{A} + \hat{A}$	$\hat{O} \leftrightarrow \hat{O} /$	(0,1,0)	2S2+2	1,4189
S ₅	$2\hat{A} + 2\hat{N}$	$S + \hat{O} \leftrightarrow \hat{O} +$	(1,0,0)	S3+S5	1,4189
S ₆		Pr	(1,0,1)	S1+S4	1,444
		$\hat{O} / \leftrightarrow Pr$	(2,0,1)	S2+ S4+S6	1,2867
			(2,1,0)	- S3+2 S4+S6	1,2867
				2 S4+S5	

* A – àèðèàèðí àáí í Ñé èí ì ÿ èáèñ;

A' – àèðèààöèÿ, ááçàèðèààöèÿ ÷ àñðèò Æ ÷ àñðèòàì è Ñ.

Όρί εὐεί ρ ἀεὺρ ὕ ἀ δᾶν-ἀδ ὕ οᾶρ ρ ὕ ο ὀ εὐεὐί -δὲι ἐ-ἀνέεὸ
 ἰ δῖ οᾶνῆῖ ἀ ἐ εὲι ἐδὲδὸρ ὕ ἀᾶρ ἰ ἀδᾶρ ἐϐι ἀ
 ἰ δὲι ἀδ ἀ.

Ἀνεὲ ἀεῖρ οᾶεὸ ἀεὺρ ἰ εὲι ἐδὲδὸρ ὕ ἀεὲ ρ ἀᾶεᾶε ἰ δῖ οᾶνῆῖ (3.4.65)
 ἰ ἀεὺρ ἀδῆῖ ἰ δῖ ρὸρ ἰ ἀδᾶρ ἐϐι ἡ ἰ δῖ οᾶρ ἰ εᾶε εἰ οἰ δῖ ἀδὲε ἰ₁₀₁ = 1,444
 ἀεὸ, ἰ εᾶρ ἰ ἀδῖ ὕ ἀ ρ ἀᾶεὲ εἰ δῖ δῖ ἰ ἰ S₂, S₄ ἐ S₆, δῖ ἐνῖ ἰ εὺϐύ
 ἡ ρ-ἀδᾶρ ἐϐ ἰ δὲε ἰ εᾶρ ἰ ἀδῖ ὕ ο δᾶεὲε ἰ ἰ ἀρ ἰ ἰ ἰ εὐ-δὲυ
 ἰ ἰ ἀρ ἰ ἀεὲ ὕ ἀ ἐ ἰ ἰ ρ ἀδῖ ρ ὕ ἀ ὀ ρ ἰ εὐεί ρ ἀεὺρ ὕ ἀ ϐ ἀεῖρ ἰ ἰ δὲ,
 ἰ ἰ ἐρ ὕ ἀ ρ ὕ ἀ εἰ ἀδὲεὸ οᾶρ ρ ὕ ο ὀ εὐεὐί -δὲι ἐ-ἀνέεὸ ἰ δῖ οᾶνῆῖ ἀ ἀεϐ,
 ἰ ἰ ἰ δὲι ἀδ, ἀδὲεὸρ -ρᾶρ ὕ (3.4.65). Ἀᾶᾶᾶ ἰ ἰ ρ ἰ δὲ οᾶρ ἰ ἀᾶρ ἰ ἀᾶρ ἰ
 οἰ δῖ ἀ οᾶρ ἰ ἰ ἰ ρ ὕ (3.4.65):

$$K = \frac{S_6}{(S_4 + S_6)S_2} \quad (3.4.76)$$

Ἐϐ ὀδᾶρ ἰ ἰ ἰ δὲ (3.4.76) ἰ δὲ ὀῖρ ἰ ἀεὲ ἰ ἀεῖρ ἰ δὲ ἀᾶε-εἰ ὕ ἰ
 ἡᾶᾶᾶ:

$$K = \frac{Pr}{(f - P_2)S} \quad (3.4.77)$$

откуда получаем для Pr закон Михаэлиса–Шпитальского в форме:

$$Pr = f \frac{KS}{1 - KS} \quad (3.4.77)$$

ἰ δὲι ἀδ ἰ ἰ ἰ εᾶᾶᾶ ἰ ἰ ἰ ρ ἀᾶδὲρ ἰ δὲ ἡ (3.4.68) $\frac{dPr}{dt} \approx P$, ἰ ἰ εὐ-ᾶᾶ ἰ
 (3.4.62):

$$\frac{dPr}{dt} = AnI_n(m_n)e^{-a'k_n t} \quad (3.4.78)$$

Όι άάά, άάί άύ ί άί çí à=áí èý ì î ñόàì á (3.4.65): $A_n = \partial \partial$; $I_0(kr) = S_0$; $o =$

$k_n r$; $a' = \partial \partial r^2 \text{ è } a' k_n^2 = \partial \partial (k_n^2 r^2) = \partial \partial^2 n$, èì άάί άèý (3.4.78):

$$\frac{dPr}{dt} = a f S_0 e^{-a f m_n^2 t} \tag{3.4.79}$$

α ζωισμοσύνη πρσδύκτσ ρεάκτση Pr οτ κολιούστσ φερμεντá Φ η S_0 βυδύτ ιμύτ υνδ:

$$Pr = a \phi S_0 (1 - e^{-a \phi^m t}) \tag{3.4.80}$$

γδύ α – ιμύτ ρáμυρνοσύνη κονστáντσ σκωρστυ ρεάκτση η σεκ⁻¹, α – κορνι φυνούτι βεσσέλι η πρδύοιη πρτεάκνη οεπνογ φηζικη-

ημικεστυογ πρσεσσá η βεσκονεοηνομ οηλινδρý ρáδηνσ r. Πολάγá η=1, πούλáμ υρáννηη (3.4.79) η (3.4.80) η τούνηη ρεκομύδύμύε η γδύ ουνωνογ βάσησνογ τύπσ. Οδνάκο η ηάμυρ μετóδý δáνηη υρáννηη πούλυνυ βεζ «ισπύλυνόυνη δηνάγρáμμ φέηνμáνη η υρáννηη δάησονá».

í ðèì áð á. Άάδύèδóý ñόáí áí è ç υέáí áí ðáðí úð ðάáèèèèè: S_2^á, S_4^á η S_6^á èèì èðèðóρúάάί ì ðì ñóí áí ì áðáí èçí à S_2+S_4+S_6 ñ υí ððí ì èáè èí ðí ðì àèèè Í_107-1.444 áèð, ì ì áí ì ì áí èñáðú ñéááóρúèá ðñèí áèý áèý ñόáí ú (3.4.65):

$$\begin{aligned} S_2^0 &= 1; S_2^1 = (S - \Phi'); S_2^2 = (S - \Phi')^2 \dots S_2^q = (S - \Phi')^q \\ S_4^0 &= 1; S_4^1 = (\Phi - \Phi'); S_4^2 = (\Phi - \Phi')^2 \dots S_4^q = (\Phi - \Phi')^q \\ S_6^0 &= 1; S_6^1 = (Pr - \Phi'); S_6^2 = (Pr - \Phi')^2 \dots S_6^q = (Pr - \Phi')^q \end{aligned} \tag{3.4.81}$$

Όι άάά èç (3.4.81) áèý ñόáí ú (3.4.65) ì î áí áèí áèè ñ ðñèí áèýì è è óðááí áí èρ (3.4.78), άάά áúèí ì ðèí ýòí: $A_n I_0 = a \partial S_0$, ì ì áí ì çáí èñáðú $A_n I = a \partial S = a S_n' S_2'$.

Áí èáá ì áúèá ðñèí áèý ì ì áóð áúðú ñóí ðì óèèðí ááí ú, ì áí ðèí áð, ñéááóρúèè ì áðáçí ì á ðí ðì á ì ðáí áðáçí ááí èé áèý ì áèí ðí ðúð ááèè÷èí ñόáí ú (3.4.65). Ñí ì ðí ì çáí èá ì áæáó ááèè÷èí áí è à, á, ñ á

(3.4.82), i ñîñîëüëó óðàáí áí èà Òíëéâðà-í èáí èà ãñòü óðàáí áí èà ñ ÷ãñòí Ùì è ÿ ðíëçãáí áí Ùì è, ÿ ÿæâð ðãññì àððèààòüñý á òíðì á çàáèñèì ÿ ñòáé òèì à ãñ-ã² ><0, ÿ ðè÷áì ðáðáí èà ÿ àðááí èè÷ãñèí áí òèì à á òí ÷í ÿ ñòè ñí ÿ ðááðñòáóáð ðáááí ñòáó í òèð.

1. $A_n l_0 = \partial \bar{O} S_0 = a S_4' / S_r', \text{ äãä } \bar{O}' = 0;$
2. $A_n l_1 = \bar{O}(\partial + \partial S) = S_4'(a + \partial S_2'), \text{ äãä } \bar{O} = -\partial;$
3. $A_n 2l_1 = \bar{O} S(\partial + \partial S) = S_4' S_2'(\partial + \partial S_2'), \text{ äãä } \bar{O} = /_0^{-2}$
4. $A_n l_r = \bar{O}(\partial + \partial S + c S^2) = S_4' S_2', \text{ äãä } \bar{O} = -\partial;$
5. $A_n l_1 l_2 = \bar{O} S(\partial + \partial S + c S^2) = S_4' S_2' / S_r^2, \text{ äãä } \bar{O}' = /_0^{-2}$

ðáì ñàì Ùì èç ñííòí ÿðáí èé (3.4.81) è (3.4.82) ñèãáóáð ÿ ðíñòùá ÿ ðèáì Ù òíðì èðíááí èý èéí áðè÷ãñèèð èí ýóòèèèáí òí á á ððááí áí èýð äèí àì èèè (3.4.79) è èéí áðèèè (3.4.80) òáí í Ùò òèçèèí-òèì è÷ãñèèð ÿ ðíòãññì á. ÿ ðè ýòí ÿ á ððááóáðñý èáèí áí-èèáí ðáðáí èý èí ðááðí äèòòáðáí òèáèúí Ùò óðááí áí èé äáèñí ÿ ÿ ãñèí áí òèì à, à ÿ ðááñòáééáí èý ÿ ðáðáèòáðá òáí í Ùò ÿ ðíòãññì á ñ ÿ áðáçí ááí èáì ÿ ðíì áæòí ÷í Ùò ñí äáèí áí èé, ñèðùòùò òíðì èàòáèèçà, ðãñ÷ãðá óááèúí ÿ é èàòáèèðè÷ãñèí é áèòèáí ÿ ñòè ñí ððáí ýðòñý á ñí ÿ ðááðñòáéè ñ ÿ ðááñòáééáí èýì è, ðáçáèòùì è á ðááí òáò Ñ.Ñ.Áãñèüááà è í .Ë.Ëí áí çááà. áí èáá òí áí, èç (3.4.78) è (3.4.79) ñèãáóáð, ÷òí ÿ ðè ÿ àèùò ááèè÷èí áð ÿ ÿ èàçáðáèý ýèñí ÿ í áí òù äèí àì èèà òáí í Ùò òèçèèí-òèì è÷ãñèèð ÿ ðíòãññì á ÿ ÿ èí ÿ ñòùð ÿ ÿ ðáááèýáðñý óðááí áí èáì 1 á **III** (3.4.82) ááèè÷èí àì è ÿ ðááýèñí ÿ í áí òù, ò.á. óóí èèèý Áãññáèý $l_n()$, ÷òí ñí ÿ ðááðñòáóáð ÿ ðíòáèáí èð ÿ áðèí äè÷ãñèèð ÿ ðíòãññì á á òèì è÷ãñèèð è áèí èí äè÷ãñèèð ñèñòáì áð. Òí ááà, ÿ àì ðèì áð, ñòáì á (3.4.82) ñí ÿ ðááðñòáóáð ðò ááðí èàòáèèðè÷ãñèèá ÿ ðíòãññù; ñòáì á 5 (3.4.82) - àì áðèí äè÷ãñèèá òáí í Ùá ÿ ðíòãññù.

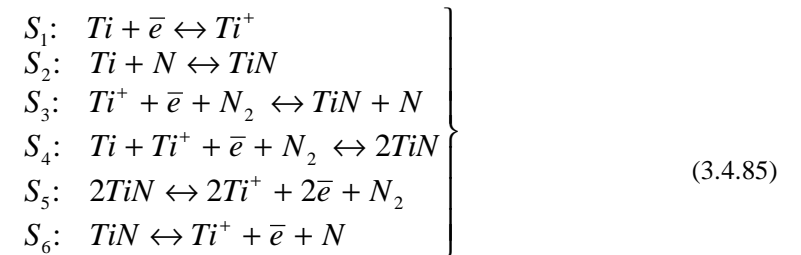
À á òñéí àèÿò òèèèí àðè-áñéí é ðàçðÿáí í é òðóáèè í èàçì í-òèì è-áñéèò ðááèòí ðí á òáí òðÛ çàðí æááí èÿ áíçáóæááí í Ûò -áñòèò í èàçÛáàðòñÿ ðàñí ðáááèáí Û ñí áèáñí í Õóí èòèÿì Ááññáèÿ (3.4.78), í í á ááí í í ñéò-áá ÿáèÿáòñÿ ðáçóèóòáòí ðáøáí èÿ òðááí áí èÿ Õí èéáðá-í èáí èá í ðèì áí èòáèúí í é í ï èñáí èð òáí í Ûò Õèçèèí -òèì è-áñéèò í ðí òáññí á.

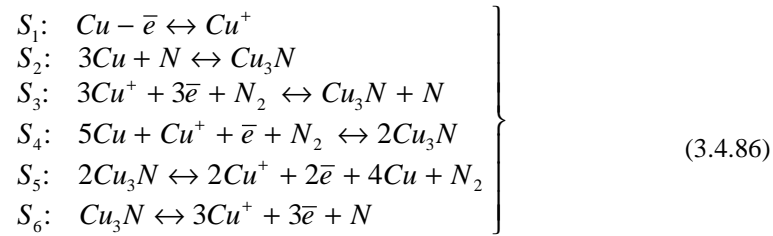
Ì áðáí èçì í èàçì í òèì è-áñéí áí ñéí Õáçà í èòðèáí á Õèòáí à è ì áàè

Ì áðáí èçì Û í èàçì í òèì è-áñéí áí ñéí òáçà í èòðèáí á, í èèñéí á è èò òááðáÛò ðáñòáí ðí á í áðáòí áí Ûò ì áòáèèí á, ñéí òáç í èòðèáá ì áàè èáè ì áòáðèáèá, í áèááàðÛááí í èçèí é òáðí í ñòí èéí ñòùð, í í òáì í á ì áí áá ñéí òáçèðóáì í áí ì áòí áí ì ÿéáèòðí ÿððí çèí í í í áí áèñí áðáèðí ááí èÿ ì áòáèèí á, ì í áí í ðáññí áòðèááòù ñ í í çèòèè ðáçí áðáí í Ûò í ðááñòáá-èáí è é èèí áòèèè òáí í Ûò Õèçèèí -òèì è-áñéèò í ðí òáññí á ñéááòðÛèì í áðáçí ì , í í èááÿ (3.4.83) è (3.4.84) áðóòí -òèì è-áñéèì è ðááèòèÿì è ñéí òáçà, í áí ðèì áð, í èòðèáá òèòáí à è ì áàè:



Õí ááá ÿéáí áí òáðí Ûì è ñòááèÿì è $S_1, S_2 \dots S_6$ í ðí ñòÛò ì áðáí èçì í á ñéí òáçà (òááè.25) í èòðèáí á òèòáí à è ì áàè í í áòò áÛòù òí èúèí ñòáí Û, ñí í òááòñòááí í í, (3.4.85) è (3.4.86)





Èèì èòèðòðùáé ñòàèèáé ì ðì ñòì áì ì áðáí èçì à ñèí òàçà TIN è Cr_3N èàé ñèääóàð èç [1] ýàèýàòñý ì áðáí èçì : $S_2 + S_4 + S_6$, àèý èí òì ðì áì $H_{abg} = 1.444$ àèð. Èì áí í ì ýòì ò ì ðì ñòì é ì áðáí èçì è ì ááñì á÷èääàð, àèèèì í, òñèí àèý, ì ðè èí òì ðùò á òñèí àèýò ýèàèðì ýððì çèí í í áì àèñì áðàèðì ááí èý ì áòàèèí á óääàòñý ì ì éó÷àòù í á òì èüèí òóáí ì èààèèà, í ì ì áòàèèù, ì áèääàðùèà áóñì èí é òàðì ì ñòì èéí ñòùð, è èí òì ðùì è ì òì ì ñèòñý ì èððèà ì áàè ñì ñòààà Cu_3N . Ýòì ì çì á÷ààð, ÷òì èèì èòèðòðùáý ñòààèý ì ðì ñòì áì ì áðáí èçì à $S_2 + S_4 + S_6$ ñààèí òà òàèèð÷àñèè à ì áèàñòù ì ì éó÷áí èý òàèááí áì ì ðì áóéòà, à ì ðì óáññù àòì ì -àòì ì í áì (S_2), ýèàèððì ì -èí í í áì (S_4) áçàèì ì áàéñòàèý ì áæáó ÷àñòè-òàì è á ì èàçì á áóàè á çì á÷èðàèüí í é ñòáí áí è èèì èòèðòðò ì ðì óáññ ì ì éó÷áí èý ì èððèà ì ì ñòááí áí èð ñ ì ðì óáññ ì àèñì òèàòèè (S_6) ýòì áì ì áòàðèèèà. Á ñáýçè ñ ýòèì ì ì áí í ì ì èääàòù, ÷òì ñì ñòì ýí èá áàçì áí é ñèñòáì ù á òñèí àèýò ýèàèðì áóáí áí áì ðàçðýàà á ì ðì óáññá ì ì éó÷áí èý ì èððèáí á ì áòì áì ì ýèàèððì ýððì çèí í í áì àèñì áðàèðì ááí èý ì ì áòò ñòùáñòááí í ù ì áðàçì ì èçì áí ýòù òì èüèí àèà èèí áòè÷àñèí áì òðàá-í áí èý á ñèéó ì áñòì ýòàèüñòà, ì ì èñùáàáì ùò ñì ì òì ì òáí èýì è (3.4.76) – (3.4.82), èçì áí ýý òàðàèòàð ýèáì áí òàðì ùò áçàèì ì áàéñòàèé (3.4.85), (3.4.86), í ì í á ì áí ýý èèì èòèðòðùáé ñòààèè à òñèí àèýò çààáí í í áì ñì ñòì ýí èý áàçì áí é ñèñòáì ù.

Авторские свидетельства и патенты как форма инновации.

А.С.или Патент	Название	Соавторы	Опубл. в Б.И.
А.С.№157967 (1963) заявл.21.11.1962	Способ получения титанатов щелочных металлов	А.И.Вулих	№20,18.10.63
А.С.№192764 (1966) заявл.8.07.63	Способ получения нитрида лития	А.И.Вулих	№6,2.03.67
А.С.№248644 (1966) заявл.8.08.63	Способ получения безводных галогенидов р.з.э.	Г.Е.Ревзин, А.И.Вулих	№24,18.07.69
А.С.№189811 (1966) заявл.2.03.64	Способ получения нитрида галлия	А.И.Вулих А.Е.Сергеева	№1,16.12.66
А.С.№392001 (1973) заявл.11.04.66	Способ получения металлатных соединени бария	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасова	№32,27.07.73
А.С.№223082 (1968) заявл.25.02.63	Способ получения пятиокиси ванадия	А.И.Вулих, Д.А.Пахомов,др	№24,2.08.68
А.С.№297326 (1970) заявл.8.06.68	Способ изготовления тонкоплочных конденсаторов	И.В.Степанов, В.Н.Гашгольд Г.П.Тепман	-
А.С.№255223 (1969) заявл.17.06.67	Способ получения нитрида титана	М.Короткевич, А.И.Вулих	-
А.С.№425245 (1973) заявл.23.08.72	Состав для изготовления активного слоя порогового элемента	В.П.Котенко, В.Л.Шурман, Е.Н.Заливина	№15,25.04.74
А.С.№434517 (1974) заявл.23.08.72	Состав для изготовления активного слоя порогового элемента	В.П.Котенко, В.Л.Шурман	№24,30.06.74
А.С.№438065 (1974) заявл.23.08.72	Состав для изготовления активного слоя порогового элемента	В.П.Котенко, В.Л.Шурман, Е.Н.Заливина	№28,30.07.74
А.С.№603240 (1977) заявл. 7.07.75	Способ получения текстурованных слоев сегнетозлектриков	Н.И.Бойкин, Ю.В.Соколов	-
А.С.№674375 (1979) заявл. 28.11.77	Способ получения антимида гадолиния	В.Д.Абулхаев Абдусалимова М.Н.	-

Çaì à-àí èý ðàààèòí ðà: Ñ í íéí Ùì í ðàáíì ì íæí í òðàáðæààòó, ÷òí çà í áðéí à ñ 1972 íí 2009áá çí à-èðàèúí íá ÷èñéí èññéàáí ààðàèáé, à òíí ÷èñéà è àèññáððàí òí à, èñí í èuçí ààèè èí í í ààòèè, ðàçðàáí òáí í Ùà Áàòí ðíí à í æàèòèè ðàññí í ððáí í Ùò í àí ðààèáí èé, ñí . Ñàéò: <http://dissercat.com/search/Èòòí èèí>

А.С.№713507 (1979) заявл. 17.07.78	Устройство плазмохимического травления	С.Н.Рябов, В.А.Митянин	-
А.С.№888339 (1981) заявл. 19.02.79	Способ и состав для предохранения картофеля от порчи	Г.Н. Шпилев, Ю.А.Евсейчев, Р.Е.Кирикова	
А.С.№ 1186567 (1985); заявл.10.5.83	Способ получения порш-ка нитрида меди	Ю.А.Фролов, О.В.Колтыгин	№39,23.10.85
А.С.№ 116395 (1985);заявл.8.7.83	Медный рубин для свето-фильтров	А.И.Нейч, Л.С.Семина	-
А.С. № 1148262 (1984); заявл.26.9.83	Рубиновое стекло	Б.А.Кауппонен А.И.Нейч	-
А.С.№1162351 (1985) заяв.29.11.83	Способ плазмохимического травления пленок Si	С.Н.Рябов, В.С.Данилов	-
А.С.№1254052 (1986); заяв.24.11.84	Сталь	Е.И.Пряхин, Ю.А.Фролов,др.	№32,30.08.86
А.С.№140681 (1988); заявл.28.7.87	Зеленое стекло для свето-фильтров	П.Б.Мулер, А.И.Нейч	№13,07.04.89
А.С.№1482117 (1989);заявл.4.1.87	Покрытие	П.Б.Мулер, А.И.Нейч	-
А.С.1424620	Способ обработки газопоглотителя электр. приб.	В.В.Козик,В.В. Серебреников	-
Товарный знак № 95859(1991)	Товарный знак кераато-фирного кирпича	поверенный С.А.Кутолин	-
А.С.№1728165 (1991); заявл.8.01.90	Серьевая смесь для получения безоб.стенов. камня	Т.П.Тищенкова, В.А.Кутолин, С.А.Шинин	№15;23.04.92
А.С.№1803396 (1992); заявл.11.7.90	Способ получения заполнителя для безобж.стенового камня.	В.А.Кутолин, И.Д.Метелкин, Т.П.Тищенкова	№11;23.03.93
Брит.пат. 1.171.875 (1970); заявл.30.4.68	Метод производства солей щелочнозем.металлов	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасова	
Пат.США 3755553 (1973) US.C1493-598	Метод производства солей щелочнозем.металлов	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасов	
Фр.пат.1.577.983 (1969);заяв.23.4.68	Производство солей щелочнозем.металлов	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасова	

Герм.пат.1767305 (1971);заяв.24.04.68	Метод получения солей щелочнозем.металлов	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасова	
Япон.пат.702793 (1973);заявл.24.4.68	Способ получения солей щелочнозем.металлов	А.И.Вулих, А.Е.Шаммасова	
Фр.пат.2142203 (1973);заяв.16.6.71	Способ изготовления нитридов, оксинитридов...	А.И.Вулих, М.Короткевич	
Брит.пат.1357418 (1974);заяв.19.6.74	Метод получения нитридов, оксинитридов...	М.Короткевич, А.И.Вулих	
Герм.пат.2126507	Способ получения тегоплавких нитридов перех.м.	М.Короткевич, А.И.Вулих	
Росс.пат.№2006464 (1994);заяв.22.7.91	Состав для получения имитации алмаза	В.А.Кутолин	№2;30.01.94
Росс.пат.№2079565 (1997);заяв.22.3.94	Сплав на основе золота	В.А.Кутолин	№14;20.05.97
Росс.пат.№208349 (1997);заяв.13.5.94	Способ улучшения качества драгоценных камней	В.А.Кутолин	№19;10.07.97
Росс.пат.№2089578 (1997);заяв.27.4.94	Синтетический краситель для нат. и синт.волокон	Г.М.Писиченко	№25;10.09.97

Í ò ðáààèöèè

È í àñòí ÿùàì ó àðàì áí è ì í çèòèÿ ààòí ðà á èèðàðàòóðà, í àóéá, òèèí ñí Òñèèð èí í òàí öèÿò áí ñòàòí ÷ í î àí ðí àèðí ààí à è ñ í àé ì í æàð í çí àéí ì èòüñÿ èðáí é ææèàðùèé í à ñàèòàð:

http://kutol.narod.ru/PUBL/Retro_Publications.htm

<http://kutol.narod.ru/UCHEBNIK/NEWBAZAs.PDF>

<http://kutol.narod.ru/PHILOS/p1.htm>

http://kutol.narod.ru/KUT_GOLD/kutsa.htm

Ñòàððøèé í àó÷í Ùé ñí òðòáí èè IAS of NCD,

Àèí èí ì èðí ààí í Ùé ñí àöèàèèèò ì ñèðí èí àèè Alex Meltser

P.S. Ñì í òðè òàèæá ñí àöèàèèèèèðí ààí í óð ðàáí òó: Ñ.À.Èòòí èèí . Èðòá ì í èð í àó÷í Ùò èí òàðñí à. Í í àí ñèàèèèèèè: Chem.Lab.NCD, 2000.-77с.

<http://kutol.narod.ru/KRUG/krugi.htm>

Åæääî áí èèè "Õèì è÷åñèèé àèçàéí " :

Ðàðàðèððàðñý Chemical Abstracts Service á ððáí ñèðèì òèè:
"Khimicheskii Dizain"

1. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-1998. " Õèçèéí -òèì è÷åñèèà ì íååè è ì ðííí åååðèèà à åñàñðàí çí áí èè".
2. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-1999. "Ëí í ðàèñð-ððí í èèà í áó÷í Ûð èí í ðàí òèé èàé íí Ûð ðàðèèèèè".
3. Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2000. "Õèçèéí -òèì è÷åñèèà ì íååè è èí í ðàí òèé åñàñðàí çí áí èý".
4. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2001. " Åèí -òèçèéí -òèì è÷åñèèà ì íååè è èí í ðàí òèé åñàñðàí çàí èý".
5. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2002. "Ì àðàýçÛèè à í áóéà è èí í ðàí òèè åñàñðàí çí áí èý".
6. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2003. "Í í ñàýçáí 100-éàðèð ì ðí ò.Í.Ë.Ëí áí çååå".
7. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2004. "Í í ñàýçáí ì ðííí åååðèèà ì àðàýçÛèí à à ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý".
8. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2005. "Í ðííí åååðèèà à í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý".
9. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2006. "Í ðí èååí ì áí Û àèçàéí à á í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý".
10. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2007. "Ì àðàðèì èý àèçàéí à á í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý".
11. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2008. "Ì àðàðèì èý è í áí í ðàðí í èí àèý à í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý".
12. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2009. "Àèçàéí ì àðàðèì èè à í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èè".
13. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2010. "Àèçàéí í áí í ðàðí í èí àèè è ì àðàðèì èè à í áóéà è ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èè".
14. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2011. "Ì àðàðèì èý àèçàéí à ðàðèèèèèè åñàñðàí çí áí èý àèí ñàððÛ à í ñí çí áí èè Í í ñàððÛ". - Ëçáðáí í Ûá ðàáí òÛ ì ðí ò. Ëóðí èèí à Ñ.À.
15. "Õèì è÷åñèèé àèçàéí "-2012. «Ðàðèèèèèè ì àðàðèì èè àèçàéí à á åñàñðàíáí í Ûð í áóéàð». (Í ðàí áðàðèí áý è òèçè÷åñèèèè èý) Ë 50-éàðèð (1962-2012åå) í áó÷í í áí ððàáà ì ðí ò. Ëóðí èèí à Ñ.À. .

Õèì è÷áñèèé äèçàéí -2012

Đãõäáñèý ì àòàòèì èè äèçàéí à
à áñòáñòááí í Ûõ í àóéàð.

(Препаративная и физическая химия)

-É 50 -éáòèð í àó÷í îîî òðóáà
ì ðí ò. Éóòí èèí à Ñ.À.

(1962-2012ää)

(Í àó÷í î-í î çí àáàòäéüí î á èçäáí èá)

Í á÷àòáðñý á ñí î ááòñòáèè ñ Óñòááí ì Àèääáì èè (ì .2.5),

óóááðæääí í Ûì Ñí ááòí ì Ýéñí áðòí á 15 èðèý 1996 á.

Is printed according to the Charter of Academy (item 2.5),

By authorized Advice of the Experts 15 Juli 1996 Y.

ÈÁ¹ 191

Ãáðí èòóðà Times.Óí ðì àò 60ò84 1/16

6,5 ì á÷.è., 7,5 ó÷.èçä.è. Çàèàç 1999.

Òèðàæ 1100 ýèç.

Õáí à áí áí áí ðí àý

Èçäàòäéüñòáí Chem.Lab.NCD

630111, Í îîî ñèáéðñè-111, à/ ý-325. ÈÁ¹ 11879