УДК: 621.315.592.

КРЕМНИЙ КРИСТАЛЛДАРЫН ОТУРУКТАШТЫРУУ ПРОЦЕССИНДЕ, ЭНЕРГЕТИКАЛЫК АБАЛДАРЫ ӨЗГӨРУЛМӨЛҮҮ БОЛГОН АРАЛАШМАЛАР
ПРИМЕСИ ПРИ ПРОЦЕССЕ ОСАЖДЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ
IMPURITIES IN THE DEPOSITION OF SILICON CRYSTALS WITH VARIABLE ENERGY STATE

КРУИА нын "Жалал-Абад илимий борбору"
"Жалал-Абадский научный центр" НАН КР
"Jalal-Abad science center" of national Academy of Sciences
ф-м. и.к. доц. Б Б.Чотонов

Аннотация: *Кремний кристаллын өзөкчөгө отурукташтыруу процессинде, аралашмалардын абалдарын энергетикалык параметри аркылуу аныктоо.*

Аннотация: *Определение состояния примесей в энергетические параметры при процессе осаждения в кремниевый кристаллический стержен.*

Annotation:: *Determination of the state of impurities in the energy parameters during the deposition process in a silicon crystal rod.*

Ачкычтуу сөздөр: *кремний, поликристал, монокристал, трихлорсилан, тетрохлорида, микроэлектроника, наноэлектроника, экстенсивдүү параметр, кварц тигели, конденсация.*

Ключевые слова: *кремний, поликристаллический, монокристаллический, трихлорсилан, тетрохлорид, микроэлектроника, наноэлектроника, экстенсивный параметр, кварцевый тигель, конденсация.*

Keywords: *silicon, polycrystalline, monocrystalline, trichlorosilane, tetrachloride, microelectronics, nanoelectronics, extensive parameter, quartz crucible, condensation.*

Киришүү

Бүгүнкү күнү дүйнөлүк окумуштуулар микроэлектрониканы багынтып, наноэлектрониканы башкарууну максат кылууда.

Учурда бүткүл дүйнө элдеринин микроэлектроникага болгон муктаждыгы дүркүрөп өсүүдө. Илимий изилдөөлөрдө 2009- жылга микроэлектрониканын негизги сырьесу болгон поли- жана монокристаллдык кремнийди өндүрүүнүн көлөмү 60 000 тоннага жетсе, ал эми 2019- жылга 500 000 тоннага жеткен. Мындан биз дүйнөлүк коомчулдуктун суроо талабы болуп көрбөгөндөй тагыраак айтканда 8 эсе өскөндүгүн көрдүк [1].

Азыркы учурда дүйнөлүк көйгөйлөрдүн эң негизгилеринин бири, поли- жана монокристаллдык кремнийди өндүрүү болуп саналат. Ошондуктан бул көйгөйлөрдүн үстүндө илим изилдөө актуалдуулугун жоготкон жок.

Микроэлектроникага, наноэлектроникага болгон дүйнөлүк коомчулуктун суроо талабын, канааттандырууну Кыргыз өкмөтү колго алса болот. Анткени Орто Азиядагы жападан жалгыз поли- жана монокристаллдык кремний өндүрүүчү Таш-Көмүр "Солар" заводубуз бар.

Микроэлектроникалык жана наноэлектроникалык приборлордун сапаттуулугу, негизги сырьесунун сапаттуулугуна көз каранды болот. [2].

Ошол себептен бүгүнкү күнү жаңы аталыштагы Таш-Көмүр "Солар" ззаводу өз алдына өндүргөн поли- жана монокристаллдык кремнийинин сапаттуулугун арттыруу маселесин максат кылууда. Бул маселе бүгүнкү күнү дүйнөлүк көйгөйлөргө айланды. Мындай көйгөйлөрдүн үстүндө бүгүнкү күнү илимий изилдөөлөр жокко эсе. Ошондуктан

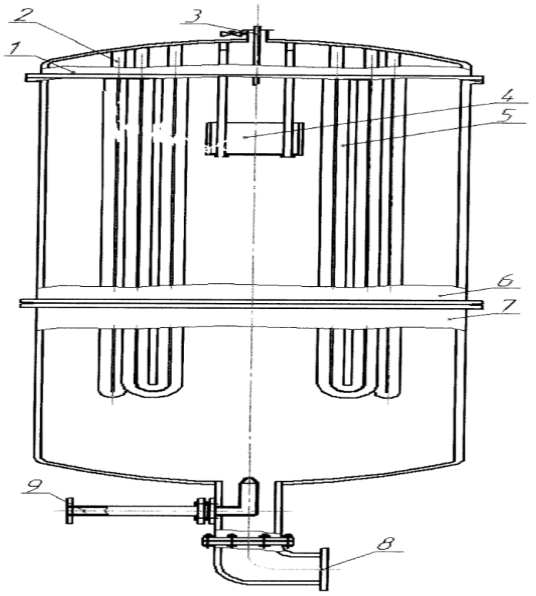
КРУИА нын “Жалал-Абад илимий борборунун” окумуштуусу ф-м.и.к.доцент Б.Б.Чотонов аспиранттары менен жогорудагы көйгөйлөрдү чечүүгө аракеттенишүүдө.

Бул уникалдуу завод дүйнөлүк базарга арзан жана өтө сапаттуу төмөнкүдөй поли- жана монокристаллдык кремнийди өндүрүп берүү мүмкүнчүлүгүнө ээ:

1. Күн энергиясын колдонуучу монокристаллдык кремний пластиналарын
2. Электрдик сапаттуулуктагы монокристаллдык кремнийин.
3. Фотоэлектрдик түзүлүштөрүн.
4. Кварс тигелин [1,2]

Мында завод поли- жана монокристаллдык кремнийди өндүрүүдө алгач трихлорсиланды ($SIHCI_3$) жана тетрахлориданы ($SICI_4$) өндүрөт [2,3]. Өндүрүлгөн трихлорсиландан ($SIHCI_3$) жана тетрахлоридадан ($SICI_4$) хлориддерди тазалоонун ректификациялоо (конденсациялоо) бөлүгүнө, андан кийин экинчи этабы болгон кремний кристаллын кремний өзөкчөсүнө отурукташтыруу прцессине жөнөтөт [2,3].

Мында изилдөө негизинен кремний кристаллдарын кремний өзөкчөсүнө отурукташтыруу прооцессине арналган. Аны төмөнкү сүрөттөлүштөн көрүүгө болот:



Сүр. № 1 Кремний кристаллдарын өзөкчөгө отурукташтыруу процессинин сүрөттөлүшү

Мында; 1 - реактордун капкагы;

2 - ток алып жүрүүчү;

3 - киргизүү бөлүгү;

4 - бууландыруучу стакан;

5 - негизги стержендер;

6 - ортоңку царга;

7 - төмөнкү царга;

8 - буулуу-газ аралашмасын чыгаруу бөлүгү;

9 - буулуу-газ аралашмасын киргизүү бөлүгү.

Бул жогорудагы технологияда техникалык кремний (Si), суутек (H_2) жана хлор (Cl_3) реакцияга кирип, кремний кристалдары өзөкчөгө отургузууга умтулушат [3].

Кремний кристалдарын өзөкчөгө отурукташтыруу процессинде, кремний хлоридинин ($SiHCl_3$) эритмеси, буулуу-газ эритиндисин пайда кылат. Мындан биз жогорудагы буулуу-

газ эритиндисинде болуучу процесстерди изилдөөдө, кремний кристаллдарын өзөкчөгө отурукташтыруу температурасын, теориялык температура менен гана чектебей, илимий жана техникалык өнүгүүлөрдү эске алып, T=1473(K) ÷ 1573(K) температуралар аралыгына чейин көтөрүп, термодинамикалык эсептөөлөрдү жүргүзүүнү максат кылып, ишке ашырууга жетиштик.

Мында изилдөөнү кремний кристаллдарын өзөкчөгө отурукташтыруу процессинде, системадагы аралашмалардын ички энергетикалык абалдарын (dH) аныктоодо, өзөкчөгө отурукташтыруучу температуралар 1473(K) - 1573(K) аралыгынын ар бир кадамы үчүн төмөнкү (1) - теңдемесин колдонуп, физика-математикалык эсептөөлөрдү жүргүздүк:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + a(T-298) + b\left(\frac{T^2-298^2}{2}\right) - c\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{298}\right) \quad (1)$$

Мындан алынган эсептөөлөрдүн жыйынтыктары төмөндөгү диаграмма №1 түрүндө берилди [6,7]:

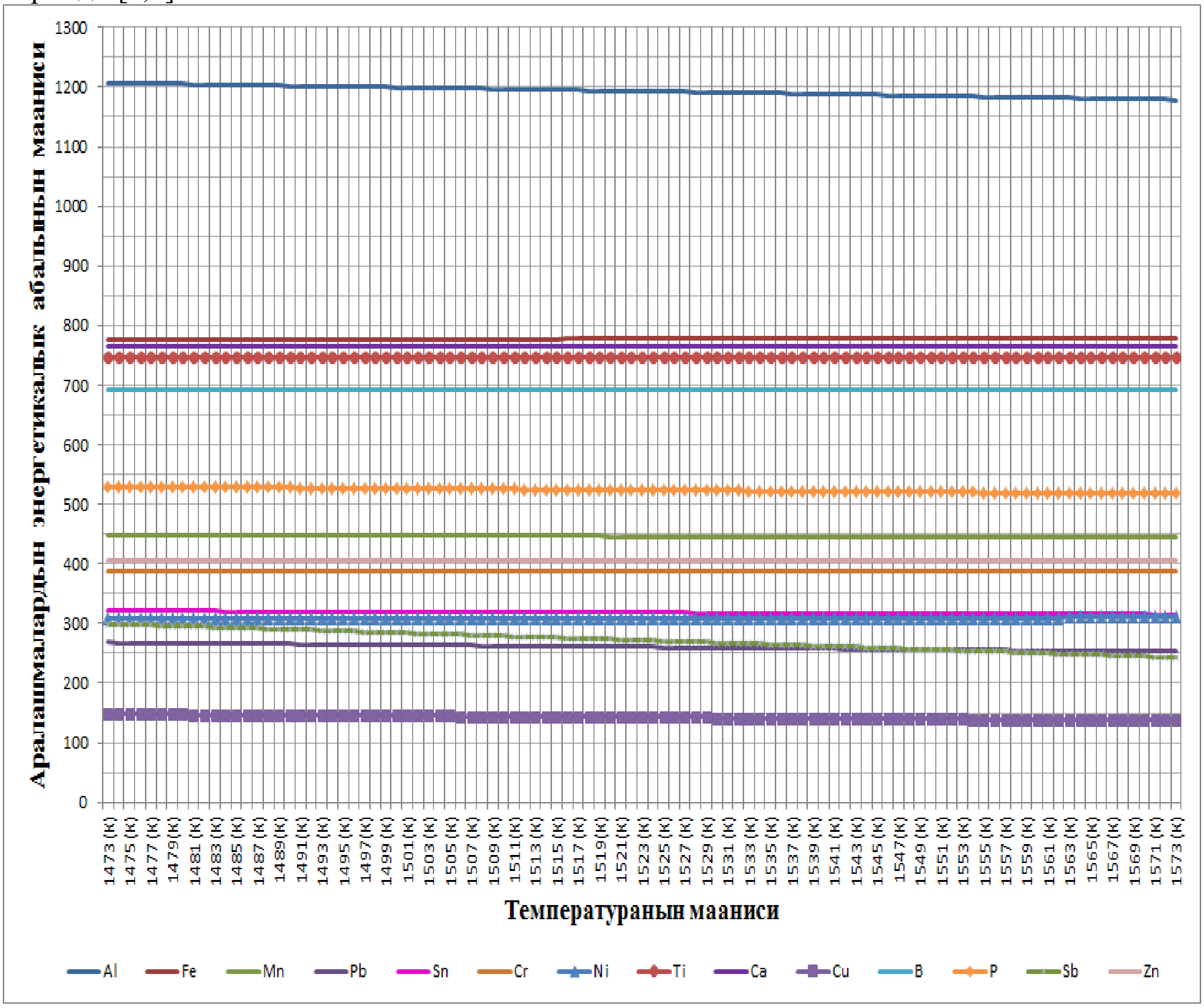


Диаграмма №1.Кремний кристаллдарын өзөкчөгө отурукташтыруу процессиндеги аралашмалардын ички энергетикалык абалы

Бул алынган диаграммада ички энергетикалык абалдары өзгөрүлмөлүү болгон аралашмалары болуп төмөнкүлөр алынды:

1. $dH_{(Al)}$ = 1207,03 кДж / моль) – 11178,67(кДж / моль)
2. $dH_{(Fe)}$ = 776,59(кДж / моль) – 778,35 (кДж / моль)
3. $dH_{(Mn)}$= 447,32 (кДж / моль) – 445,81 (кДж / моль)
4. $dH_{(Pb)}$ = 268,26 (кДж / моль) – 252,59 (кДж / моль)

5. $dH_{(Sn)}$= 321,31 (кДж / моль) – 315,26 (кДж / моль)

6. $dH_{(Ni)}$= 307,91 (кДж / моль) – 3107,43 (кДж / моль)

7. $dH_{(Ca)}$ = 766,63 (кДж / моль) – 765,35 (кДж / моль)

8. $dH_{(Cu)}$ = 148,29 (кДж / моль) – 137,41(кДж / моль)

9. $dH_{(P)}$ = 530, 05 (кДж / моль) – 517,79 (кДж / моль)

10. $dH_{(Sb)}$ = 299,58 (кДж / моль) – 243,18 (кДж / моль)

Жогорудагы алынган диаграммага карата төмөндөгүдөй илимий анализ жүргүзөбүз:

-Жогоруда алынган диаграммада аралашмалардын ички энергетикалык абалдары 100 % га оң мааниге ээ болгондугу алынды.

-Жогорудагы аралашмалардын буулуу-газ эритиндилери өзгөрүлмөлүү болгондуктан, алардын ички энергетикалык абалдары да өзгөрмөлүү болушу алынды.

-Ички энергетикалык абалдары (dH) **өзгөрмөлүү** сан мааниге ээ болгон аралашмалардын атомдору **учуучу** болгондуктан алар кристалл түрүндө бөлүнүп чыгуудан алыстап, кремний өзөкчөсүнө отурукташуудан четтегендиги аныкталды.

-Мында атомдору кристалл түрүндө бөлүнүп чыгуудан алыстаган аралашмалар системада сапаттуу тазаланууга дуушар болушуу менен өндүрүлүүчү поликристаллдык кремнийдин сапатуулугуна терс таасирин бербеши аныкталды. [4].

Поликристаллдык кремнийдин сапаттуулугун жогорулатууда төмөнкү шарттар заводдорго сунушталат:

1. Поликристалдык кремнийди өндүрүү технологиясында реактору болоттон жасалса жакшы болот,
2. Реактордун калпакчасын кварцтан жасоо эффективдүү
3. Хлордун нымдуулугун жоготуу зарыл [123].

Жыйынтык:

1. Кремний кристаллын кремний өзөкчөсүнө отурукташтыруу процессинде, системанын аралашмаларынын ички энергетикалык абалы 100 % га (dH > 0) оң мааниге ээ болгондугу аныкталды .

2. Кремний кристаллын кремний өзөкчөсүнө отурукташтыруу процессинде, төмөнкү аралашмалардын : (Al), (Fe), (Ca), (Mn), (Pb), (Sn), (Ni), (Cu), (P), (Sb) ички энергетикалык абалдары (dH) **өзгөрмөлүү** сан мааниге ээ болуусу алынды

3. Кремний кристаллын кремний өзөкчөсүнө отурукташтыруу процессинде, ички энергетикалык абалдары (dH) **өзгөрмөлүү** болгон аралашмалардын кристаллдары учуучу болуу менен кристаллдары өзөкчөгө отурукташуудан четтеши аныкталды.

Колдонулган адабияттар:

1. А.А. Асанов, Т.Б. Клычбаев. "Технология производства кристаллического кремния ". Бишкек. 2012 Б. 6 – 277.

2. С.А. Медведов, " Введение в технологию полупроводниковых материалов. " М: Высщая школа 1970. Б.5 – 500.

3. Иоффе А.Ф. Физика полупроводников - М-Л.: Изд. Москва - Ленинград. 1957. С. 486

4. Ормонт В.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников.- М.: Изд. Высшая школа. 1968. С. 200

5. Чотонов Б.Б. Кремний кристаллын отурукташтыруу процессинде ички энергетикалык абалдары каныгууга ээ болгон аралашмалар ///Эл аралык конф. КР нын

эмгек сиңирген ишмери, ф-м. и.д.,проф.Б.А Арапов 70 жашта: ОшМУ нун жарчысы. Вып.II. 2013. №2.-С. 160-162.

6. **Чотонов Б.Б.** “Поликремнийди өндүрүү процессинде аралашмалардын экстенсивдүү абал параметрлерин изилдөө” **Монография.**”
Ч.П. Буланов” менчик басмаканасы. Жалал-Абад. 2017 Б. 120 -14

7. **Бекмолдо Чотонов** “Исследование термодинамических процессов очистки хлоридов кремния”.- Verl aq / Издатель ; LAP LAMBERT Academic Pubшishinq Германия издания (ННБ) / Немецская Национальная Библиотек