УДК 621.315.592.

ПОЛИКРЕМНИЙДИ ӨНДҮРҮҮ ПРОЦЕССИНДЕГИ ДЕФЕКТИЛЕРДИ ИЗИЛДӨӨ
ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИКРЕМНИЯ
RESEARCH ON THE DEFECTS IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF POLYSILICON

Чотонов Б.Б. – к.ф-м.н. доцент, Институт ЭР и ГЭ
Мамажакып кызы Н. – аспирант, **Nasyikat91@mail.ru**
Алымбаев Ж.К. – аспирант, **Jak1989kg@mail.ru**

Аннотация: *Жарым өткөргүчтүү поли жана монокристаллдык кремнийди өндүрүү процессиндеги энергиялык жана электрондук дефектилеринин сапаттуулукка тийгизген таасирлерин изилдөө.*

Аннотация: *Полупроводник полиненасыщенные и монокристаллический кремниевый процесс, производства энергии и исследование качества воздействия электронных дефекты.*

Annotation: *Semiconductor polyunsaturated and mono crystalline silicon process, energy production and research guality impact of electronic defects.*

Ачкыч сөздөр: *Ректификация, хлорид кремний, поликристалл, монокристалл, микроэлектроника, термодинамика, трихлорсилан, энтальпия, энтропия.*

Ключевые слова: *Ректификация, хлорид кремний, поликристалл, монокристалл, микроэлектроника, термодинамика, трихлорсилан, энтальпия, энтропия.*

Key words: *Rectification, chloride silicon, poly a crystal, mono crystal, microelectronics, thermodynamics, three chlorine silane, entropy, enthalpy.*

Киришүү

XXI кылымда жарым өткөргүчтүү материаллдардан жасалган микроэлектроника дүркүрөп өсүп, наноэлектроникага жетти. Ал эми наноэлектроникалык приборлор негизги жарым өткөргүчтүү материал болгон поли жана монокристаллдык кремнийден жасалат [3].

Дүйнө элдеринин микроэлектроникага болгон муктаждыгы күн санап өсүүдө. Бул муктаждыкты канаттандыруу үчүн поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугун арттыруу зарыл. Бул негизги жарым өткөргүчтүү материал поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугун арттырууда, анын кристаллдык дефектилерин изилдеп, илимий анализ жасоо бүгүнкү күндүн суроо талабы.

XXI кылымдын биринчи жарымында дүйнө элдеринин микроэлектроникага болгон суроо талабын канаттандыруу, негизги жарым өткөргүчтүү материал поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугуна көз каранды [1]. Ал эми бүгүнкү күндө поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулукгун арттыруу дүйнөлүк проблемага айланды. Бул көйгөйдү чечүү үчүн дүйнөлүк илимий аренада оумуштуулар тарабынан терең изилдөөлөр жүргүзүлгөн жок. Ошондуктан жогорудагыдай кемчилдиктерди эске алып, КРнын УИА нын ТБ гү “Энергоресурстар жана геоэкология” илим изилдөө институтунун илимий кызматкерлери изилдөөлөрдү жүргүзүшкөн. Мында илимий изилдөөлөр негизинен кристаллдардын энергиялык жана электрондук жетишсиздигине багытталган.

Негизинен ар бир реалдуу кристаллдык зат , идеалдуу кынтыксыз түзүлүшкө ээ эмес. Ал эми идеалдык мейкиндиктик торчосунун кристаллдарындагы кемчиликтери же

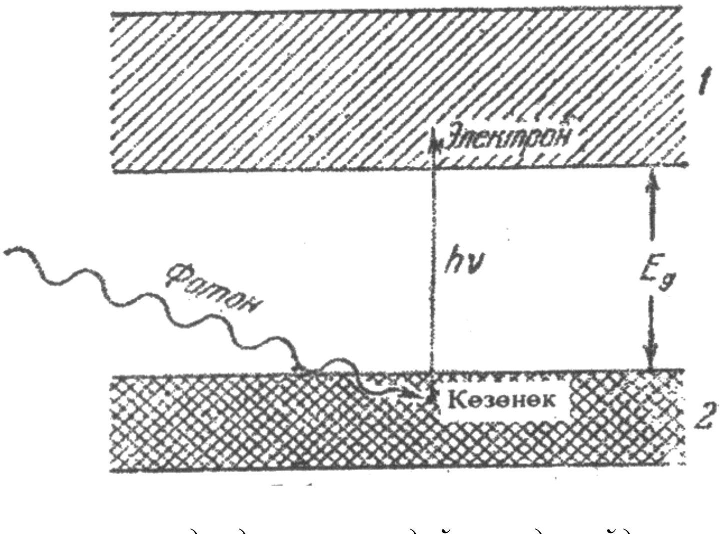
торчолордогу түйүндөрдүн бузулуусу илимий тил менен айтканда дефектилер болушат [1**]**.

Бүгүнкү күнү илимий изилдөөлөрдө дефектилер менен бардык кристаллдардын жана металлдардын бышыктыгын о.э. жарым өткөргүчтүү материаллдардын электрдик өткөрүмдүүлүгүн ж.б.у.с.көптөгөн касиеттерин анык тайт [4].

Мындан биз күн энергиясын электр энергиясына айландыруучу системасына илимий изилдөөлөрдү жүргүзөйлү.Эгерде биз негизги жарым өткөргүчтүү материал поли жана монокристаллдык кремнийден жасалган күн батареясын күн нурунун жолуна жайгаштырсак (1-сүрөт);

1 -сүрөт. Күн батареясы

анда күн нурунун фотондору, күн батареясындагы монокристаллдык кремнийдин кристаллдарына урунуп жутулат да, кристаллдардагы атомдордун дүүлүгүүсү менен кристаллдардан электрондордун жана көңдөйчөлөрдүн жуптук байланыштагы физикалык кубулушу пайда болот. Аны биз физикалык тил менен айтканда **"экситон"**дейбиз [4]. Мындан биз.электрон-көңдөйчөлүү жуптук байланышынын пайда болуу схемасын 2-сүрөттөн карап көрөбүз:



2 – сүрөт. Эркин электрондорду жана көңдөйчөлөрдү пайда кылуунун схемасы.

Мында келип түшкөн фотондун E= hv (1) энергиясы тыюуу салынган зонанын жазылыгы $E_{орт}$ дон чоң болгон фотон келип түшкөндө, электронду валенттик зонадан өткөргүчтүк зонасына которот. Бул процессте пайда болгон электрон да, көзөнөк да эркин кыймылда болушат.. Температуранын өзгөрүшүнөн улам кристаллдардын атомдорунун торчолору бузулуу менен физикалык кубулуш **фононду** пайда кылат. Мында өткөргүчтүк зонасы боюнча кыймылдаган экситондун электрону пайда болгон фонондор менен кагылышып,. электрондун энергиясы болжол менен ички энергияга E= $^3/_2$ кТ (2) барабар болуп калгыча тез жоготуп жиберет. **Фонон бул кристаллдын атомдорунун кыймылынын кванты болуп эсептелинет.**

Электрон фонондор менен болгон кагылышуусунда энергиясын сарп кылуу менен кыймылдуулугун азайтат. Ошондой эле атомдордун ортосундагы өз ара аракеттенишүүсүнүн натыйжасында фонондор толкун түрүндө таралышат да, (R) каршылыктын жогорулашына алып келет [4].

Бул системада көзөнөк валенттик зонанын жогорку бетин көздөй суунун бетине аба көбүкчөсү көтөрүлгөндөй көтөрүлөт. Чындыгында энергиясы валенттик зонанын (тыюу салуу зонасынын төмөнкү чеги) жогорку чегине жакын болгон электрон аз энергиялуу абалга өтүп, өзүнүн энергиясын торчонун термелүүсүнө берет да көзөнөктү толтуруп, валенттик зонанын жогорку чегинин жанында жаңы көзөнөктү пайда кылат.

Энергиясы бар фотондор электронду дүүлүктүрө алат, бирок ага зонаны таштап кетүүгө жетишерлик энергияны бере албайт [4]. Бул процесс принсибинде энергиясы негизги абалдын энергиясы менен дүүлүккөн абалдардын биринин энергияларынын ортосундагы айрымага барабар б.а. фотон менен атомду дүүлүктүргөнгө окшош.

Экситондун толук заряды нөлгө барабар болгондуктан **(q= 0)** ал электр зарядын ташыбайт [3]. Бирок электрондор да көзөнөктөр да кыймылдуу болушкандыктан алар энергияны ташууга кудурети жетет башкача айтканда **(q > 0)** шарты аткарылат [4]. Демек, экситон кристаллдагы кошулманын орду мейкиндикте белгиленген дүүлүккөн абалдагы атомунан таптакыр айрымаланып турат. Фотондун экситонду пайда кылууга керек болуучу эң кичине энергиясы адатта тыюу салынган зонанын кеңдиги (E) нин б.а. эркин электронду жана көзөнөктү пайда кылууга керек энергиянын $^3/_4$ үн түзөт [4].

Бүгүнкү күндө жарым өткөргүчтүү материаллдарды өндүрүүдө хлорид кремнийди тазалоонун ретификациялоо процессинде пайда болгон дефектилерди колдонуу зарыл керек [4].

Мындан биз хлорид кремнийди тазалоонун ретификациялоо процессинде аралашма хлориддердин **энергетикалык абалдарына** термодинамикалык эсептөөлөрдүн жардамында изилдөөлөрдү жүргүзүп, анда пайда болгон дефектилерин аныктап, изилдөөлөргө жетиштик.. Мында аралашма хлориддердин реакцияга кирүүчү ар бир температураларында аралашмалардын **энергетикалык абалдарын** аныктоо үчүн, төмөндөгүдөй теңдемелерди колдондук:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^{T} Cp^0 \cdot dT \qquad (.1)$$

$$C_p^0 = a + вT + cT^{-2} \qquad (2)$$

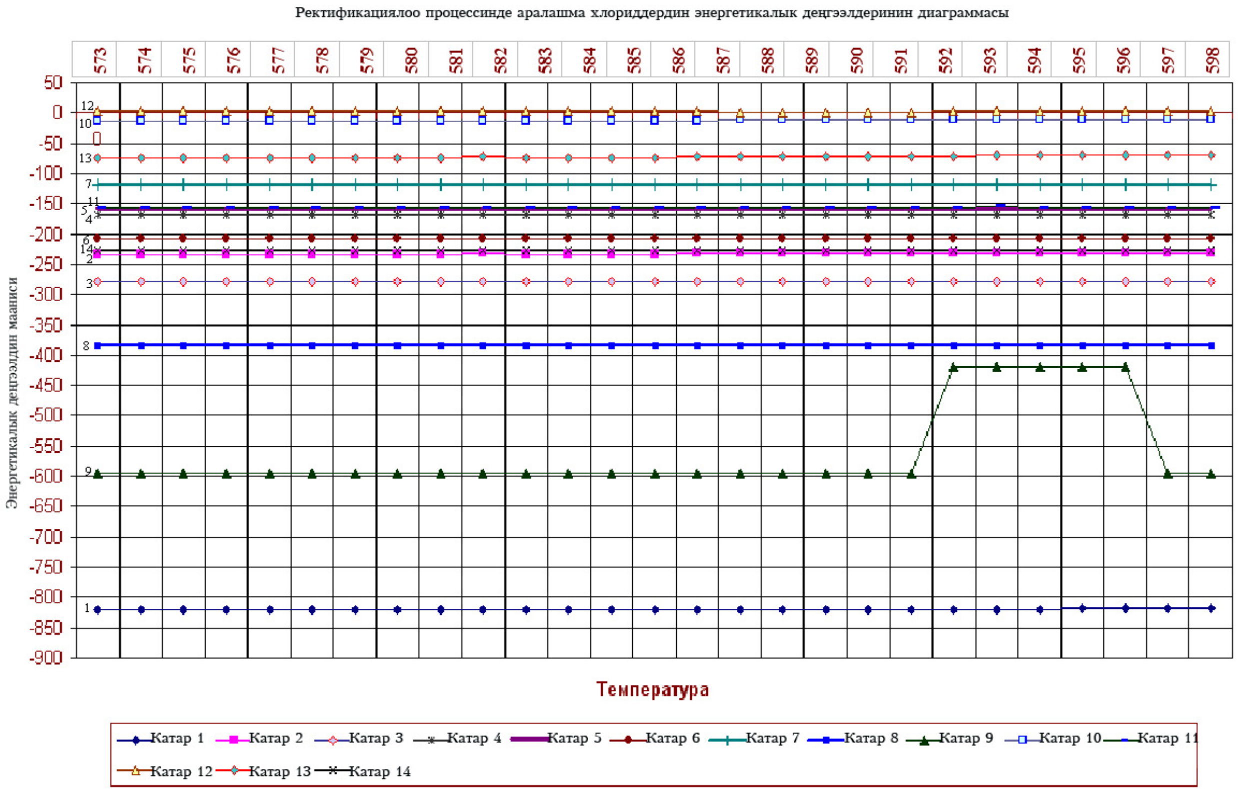
Бул (2) теңдемеси жылуулук сыйымдуулуктун эмприкалык теңдемеси болуп эсептелинет. Мында а, в, с - эмприкалык туруктуулуктар болушуп, төмөнкүдөй сан мааниге ээ;

$$в = 10^{-3}, \quad c = 10^{5}$$

Мындан биз, (1) жана (2) теңдемелерин колдонуп, төмөндөгүдөй (3) - теңдемеге ээ болобуз:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^{T} (a + bT + cT^{-2}) dT \qquad (3)$$

Мындан (3) теңдемени өзгөртүп түзүү аркылуу төмөндөгүдөй жалпыланган (4) теңдемени алабыз:



$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + a(T - 298) + b\left(\frac{T^2 - 298^2}{2}\right) - c\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right) \qquad (4)$$

№1- диаг.Аралашма хлориддердин рекцияларынын энергетикалык абалдарын мүнөздөөчү диаграмма.

Мындан (4) теңдемесин колдонуп, тандалып алынган 573 (К)- 598 (К) температуралар боюнча термодинамикалык эсептөөлөр жүргүзүлүп, №1-диаграммасы алынды.

Алынган диаграмма боюнча төмөндөгүдөй илимий анализ жүргүзөбүз:

Мында тазалоонун ректификациялоо процессинде, реакцияга кирүүчү тандаклып алынган бардык температураларда төмөндөгүдөй он төрт (14) $AlCl_3$, $FeCl_3$, $MnCl_2$, $PbCl_2$,$SnCl_2$, $CrCl_2$, $NiCl_2$, $TiCl_4$, $CuCl_2$, BCl_3, PCl_3, $SbCl_3$, $ZnCl_2$.аралашманын термодинамикалык эсептөөлөрү алынды.

№.1-диаграммада бардык аралашма хлориддердин энергетикалык абалдары тилкелүү каныккан абалга ээ болгондугу аныкталды..

Үчүнчүдөн кремний хлоридинин ($SlHCl_3$) курамындагы фосфор хлоридинен (PCl_3) башка калган бардык аралашмалардын энергетикалык абалы терс мааниге (ΔH<0) ээ экендиги да келип чыкты [5] Бул кубулуш аралашмалардын электрондору менен фонондорунун кагылышуусунан улам энергиясын сарп кылуудан пайда болгон.

Электрон фонондор менен болгон кагылышуусунда энергиясын сарп кылуу менен кыймылдуулугунун азайуусу жана атомдордун ортосундагы өз ара аракеттенишүүсүнүн натыйжасында фонондордун толкун түрүндө таралышынан улам, системанын каршылыгынын (R) жогорулашына алып келет. Мында аралашмаларды тазалоонун ректификациялоо учурунда кристаллдардын сапаттуу болушу үчүн системанын каршылыгынын (R) жогорулашы оң таасирин берет [2].

Эгерде системанын реакциясынын энергетикалык абалы терс мааниде (ΔH<0) болсо, анда системанын каршылыгы жогору болуп, аралашмалардын реакцияга кирүү жөндөмдүүлүгү артат. Ал эми оң мааниде ($\Delta H > 0,$) болсо, анда реакцияга кирүү жөндөмдүүлүгү төмөндөйт [5]. Демек №.1-диаграммасынан системанын аралашмаларынын 92,86% зы реакцияга кирип, кремний хлоридинен бөлүнүүгө дуушар болот. Ал эми фосфор хлориди (PCl_3) 7,14% ды түзүү менен конденсатта кармалып, кремний хлоридинен оор тазалануучу аралашма экендиги келип чыкты [5].

Ал эми өндүрүлүп алынган поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугу канчалык жогору болсо, ошончо сапаттуулукка ээ болгон күн энергиясын электр энергиясына айландыруучу күн батареялары жасалат. Бүгүнкү күнү адам затынын бекер электр энергиясына болгон муктаждыгы жана суроо талабы күн санап артып турган учурда, күн батареялары зарыл керек. Мындай энергиянын үй –бүлө шартында колдонулушун төмөнкү 3-сүрөттөн көрүүгө болот:

Жыйынтык

1. Сапаттуулугу жогору болгон жарым өткөргүчтүү поли жана монокристаллдык кремнийди өндүрүү процессинде , кристаллдардын энергиялык дефектисин колдонуу зарылдыгы аныкталды.
2. Экситондун электронунун зоонаны таштап кетүүсү үчүн, фотондун энергиясын жогорулатуу зарыл экендиги аныкталды.
3. Кремний хлоридинен ($SiHCl_3$) аралашмаларды тазалоо процессинде, төмөнкү аралашма хлориддердин энергетикалык абалы терс (ΔH<0) мааниге ээ болуп, системанын 92,86% ын түзүү менен реакцияга кирип, кремний хлоридинен ($SiHCl_3$) тазаланууга дуушар болушу алынды.
4. Кремний хлоридинен ($SiHCl_3$) аралашмаларды тазалоо процессинде, аралашма хлорид фосфордун (PCl_3) энергетикалык абалы оң (ΔH>0) мааниге ээ болуп, системанын 7,14% ын түзүү менен конденсатта кармалып, оор тазалануучу аралашма экендиги аныкталды.

Колдонулган адабияттардын тизмеси:

1. Иоффе А.Ф. Физика полупроводников. Москва. Издательство АНСССР, 1957. 486с.
2. Медведов С.А. Введения в технологию полупроводниковых материалов. Москва. Издат Высшая школа, 1970. С. 292-398.
3. Чотонов Б.Б. Жарым өткөргүчтөр физикасынын негиздери. Жалал-Абад. Басмакана ЖАМУ, 2007. 105с.

4. Чотонов Б.Б. Жарым өткөргүчтөрдүн кристаллдык дефектиси. Жалал-Абад. Ч.П. Буланов менчик басмаканасы, 2016. 103с.
5. Чотонов Б.Б. Монография Поликремнийди өндүрүү процессинде аралашма хлориддердин экстенсивдүү абал параметрлерин изилдөө. Жалал – Абад. Ч.П. Буланов менчик басмаканасы. 2016. 103с.