

**МИКРОЭЛЕКТРОНИКА ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА
КРЕМНИЙНИ ТЕРМИК ОКСИДЛАНИШИ ҲАҚИДА**

Нурқулов Жалолиддин Алишер ўғли

Гулистон давлат университети, Ахборот технологиялари факультети, Амалий математика ва информатика йўналиши, 3-босқич талабаси

Аннотация

Келтирилган ушбу мақолада микроэлектроника технологияларини ишлаб чиқаришда кремнийни термик оксидланиши ҳақида тушунча ва тавсиялар берилган. Диэлектрик хоссалари туфайли кремний оксиди кўп қатламли изоляция системаларида электр изоляциясини таъминлайди, алоҳида асбоб ускуналарни бир-биридан диэлектрик изоляция қилишга хизмат қилади. Интеграл микросхемаларни ишлаб чиқариш технологиясида кремнийни локал оксидланиши усули кэнг қўлланилади. Олинган натижалар асосида соддалаштирилган Деал-Грове модели билан солиштирилди. Юқори босимли технологик жараёнларга чизикли-параболик моделни қўллашдаги янги тақрибий ечим тавсия этилди.

Калит сўзлар: микроэлектроника, диэлектрик, компьютер, микросхема, подложка, кремний, изоляция, қалинлик, реакция.

Аннотация. В этой статье представлены идеи и рекомендации по термическому окислению кремния в производстве технологий микроэлектроники. Благодаря своим диэлектрическим свойствам оксид кремния обеспечивает электрическую изоляцию в многослойных изоляционных системах, служит диэлектрической изоляцией отдельных приборов друг от друга. Метод локального окисления кремния широко используется при производстве интегральных схем. На основании полученных результатов проведено сравнение с упрощенной моделью Дил-Гроува и предложено новое приближенное решение для применения линейно-параболической модели к технологическим процессам высокого давления.

Ключевые слова: микроэлектроника, диэлектрик, компьютер, чип, подложка, кремний, изоляция, толщина, реакция.

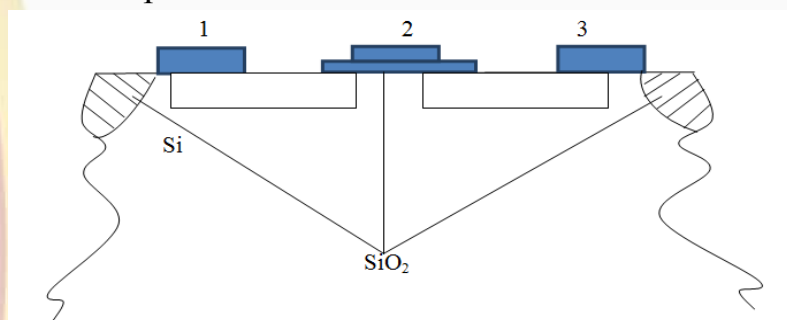
Annotation. This article provides insights and recommendations on the thermal oxidation of silicon in the production of microelectronics technologies. Due to its dielectric properties, silicon oxide provides electrical insulation in multilayer insulation systems, serves as a dielectric isolation of individual equipment from each other. The method of local oxidation of silicon is widely used in the production of integrated circuits. Based on the results obtained, it was compared with the simplified Deal-Grove model. A new approximate solution for the application of the linear-parabolic model to high-pressure technological processes was proposed.

Keywords: microelectronics, dielectric, computer, chip, substrate, silicon, insulation, thickness, reaction.

Кремний сиртида ажойиб ниқобловчи хоссаларга эга бўлган диаметрик пленкани шакллантириш мумкин бўлганлиги туфайли кремний интеграл микросхемаларнинг планар технологияси яратилди, ривожланди, ва саноатга тадбиқ етилди [1]. Бунда энг кўп тарқалгани SiO_2 кремний диоксиди эди ва hozir ҳам шундай бўлиб қолмоқда. Кремний икки оксиди ҳам интеграл микросхемалар структурасида энг кэнг қўлланиладиган материалларидан бири сифатида уларни тайёрлаш жараёнида ҳам қўлланилмоқда. Интеграл микросхемалар ишлаб чиқаришнинг кўпгина технологик жараёнларида кремний подложкасини яратишда кремний икки оксиддан фойдаланилмоқда. Оксиднинг кўпгина реагентлари нисбатан кимёвий инертлиги сабабли кремнийнинг оксидланган сиртидан ниқоб сифатида фойдаланилмоқда. Кремний оксиди фақат плавик (шишани ўйиш қобилиятига эга бўлган, таъсир кучи ўткир) кислота ва концентрек ишқорларда аралашади, ҳолос.

Диелектрик хоссалари туфайли кремний оксиди кўп қатламли изоляция системаларида электр изоляциясини таъминлайди, алоҳида асбоб ускуналарни бир-биридан диелектрик изоляция қилишга ҳизмат қилади. Интеграл микросхемаларни ишлаб чиқариш технологиясида кремнийни локал оксидланиши усули кэнг қўлланилади. LOCOS деб аталадиган бу усулда оксиднинг қалин қатламидан бир-бирига яқин жойлашган транзисторларни ўзаро изоляция қилиш учун оролчалар ҳосил қилинади. Шу усул билан кремний подложкаси сирти оксидлантирилади, одатда кремний подложкасининг бир қисми оксидланишга ҳалақит берувчи Si_3N_4 кремний нитриди қатлами билан қопланган бўлади. Кремний икки оксиддан МОП асбобларда очилиб ёпилувчи диелектрик сифатида фойдаланилади. Бундай асбоблар МОП (метал-оксид-ярим ўтказгич) – асбоблар дейилади. 1-расмда SiO_2 дан МОП транзисторда фойдаланиш тасвирланган.

Оксид пленкалари улар бажарадиган вазифаларга кўра турли талаблар қўйилади: ковакчалар ёки ёпикларнинг бўлмаслиги, қалинлик юза ва қалинлик бўйича структура ва физика-кимёвий хоссаларнинг текислиги.

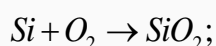


1-расм. 1-оқим боши, 2-бўшлиқ, 3-оқим охири.

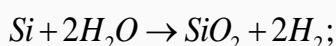
Планар технологияда оксидли қатламларни олиш учун ҳозирги кунда бир неча усуллар ишлаб чиқилган уларга термик оксидланиш, электролит аралашмаларида анод оксидланиши, плазмали оксидланиш ва бошқалар. Кремний оксидланиши физик-кимёвий жараён бўлиб бу жараённи интеграл микросхемаларни таёрлашнинг бутун технологик сикли давомида қўллаш зарур. Юқори сифатли маҳсулотларни яратиш учун нафақат оксидланиш асосий меҳанизмини тушуниш, балки юқори сифатли оксидни шакллантириш имкониятига ҳам эга бўлиш лозим. Бундан ташқари интеграл микросхемаларнинг ишончилигини кафолатлаш учун оксид хоссаларининг кремний оксидланиш жараёни технологик параметрларига қай тарзда богълиқ эканлигини билиш зарур. Кремнийни термик оксидланиши бошқа усуллардан ўзининг оксиднинг юқори сифатли қатламлари олиш технологияси эканлиги билан фарқ қилади. Бу планар технологиясида кремнийга оид энг кэнг тарқалган усул бўлиб, бу усулда кремний пластиналарини оксидловчи атмосферада ёндириш йўли оксид қатлами олинади. Бу усул кремнийнинг кислород билан ва кислотали моддалар билан юқори температуралардаги реакцияларига асосланган. Шу усул билан олинган оксидлар қалинликнинг текислиги ва структураси бўйича мукамал бўлиб, юқори диелектрик хоссаларга эга.

Кремнийни термик оксидланишини оксидловчи муҳитга кўра қуйидагиларга бўлиш мумкин:

Қуруқ кислородда оксидланиш, кимёвий реакция:

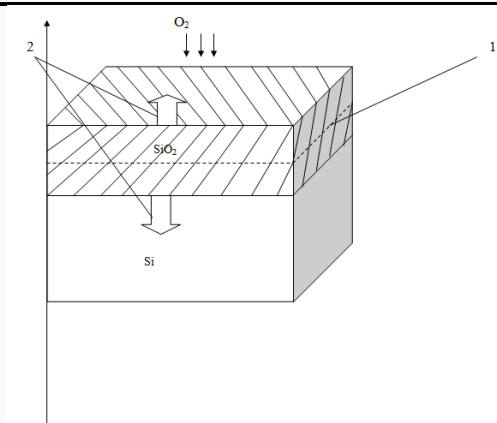


Сув буғи атмосферасида оксидланиши:



Тажриба кузатувларига кўра термик оксидланиш жараёни учта босқичда юз беради: Оксид билан қопланган дастлабки пластинанинг сиртига оксидловчининг адсорбсияси Оксидловчининг оксид орқали диффузияси.

Кремний-кремний оксид бўлим чэгарасида кремний билан оксидловчининг реакцияси. Жараённинг вақтинча ривожланишида кремний оксид билан чэгараси кремний қатламининг ичига қараб ҳаракат қилади, аммо бунда юз берадиган ҳажм кэнгайиши (оксид ва кремнийнинг зичлигида ва молекуляр оғирлигидан фарқ туфайли оксиднинг бир бирлик ҳажмини ҳосил қилиш учун кремнийнинг $\alpha \approx 0.447$ ҳажми зарур) шунга олиб келадики, оксидловчи муҳит-оксид бўлимининг чэгараси қарама-қарши томонга ҳаракат қилади. Оксидловчининг $SiO_2 - Si$ нинг чэгарасига диффузия туфайли оксидланиш юз беради. (2-расм)



2-расм.

Оксидланишнинг бошланғич ҳолати.

Оксидланиш чэгараларининг ҳаракар йўналишлари.

Оксид-кремний бўлими чэгарсига диффузияловчи зарраларнинг табиати ҳақидаги масала ҳозиргача узул-кесил ҳал етилмаган. Баъзи моделларда оксидловчи диффузиялайди ва чэгарда молекуляр кўринишида реакцияга киришади деб фараз қилинади, бошқаларида эса оксидловчи оксид орқали молекуляр кўринишида диффузиялайди ва атомар кислород реакциясига киришади деб ҳисобланади. Оксидли пленкаларни етиштириш технологияси кўпгина усулларга эга. Оксиднинг синиш коеффисенти, кимёвий ишлов бериш тезлиги, зичлиги, ғоваклилиги, таранглик кучланишлари ва электр майдон кучланишининг қатлами ва бошқа характеристикали оксидланиш жараёнинг технологиясига боғлиқ. Оксиднинг ўсиш тезлиги, хоссаларига ва қалинлигига жараённинг температураси оксидловчи муҳитнинг босими ва таркиби, кремний подложкасидаги аралашмаларнинг структураси, ориентацияс ва мавжудлиги, оксидланиш вақт ва бошқалар таъсир қилади. Масалан оксидланиш температураси кўтарилган сарин оксиднинг зичлиги, синиш коеффисенти камаяди, кимёвий ишлов бериш тезлиги ва қолдиқ кучланиш катталашади. Сув бугъларидаги оксид қалинлигининг ўсиш тезлиги қуруқ кислороддагидан юқори бўлишига қарамай сув бугъларида йетиштирилган оксид қатламларининг зичлиги кичик ва диффузияловчиларни яхши ушлаб қолмайди. Оксидловчи қатламларни етиштириш технологиясида комбинацияланган усуллардан фойдаланилади. Масалан оксид бўлимининг чэгараларининг зарур хоссаларинихосил қилиш учун паст температураларда қисқа вақтда оксидланиш жараёнининг бошида қуруқ кислородда юпқа қатлам ҳосил қилинади, сўнгра нам кислородда қалинроқ қатлам ҳосил қилинади, оҳир-оқибат, жараён қуруқ кислородда ишлов бериш билан тугалланади.

Ҳозирги кэнг қўлланилаётган илг'ор усуллардан бири кремнийни юқори босимда оксидлаш усулидир. Интеграл микросхемаларни тайёрлаш технологиясида бу усул қалин изоляцияловчи оксид қатламларини йетиштиришда муваффақиятли

қўлланилмоқда. Юқори босимда оксидлашнинг устун жиҳатларидан бири шундаки, бу усул оксиднинг ўсиш тезлигини сезиларли катталаштиради, бу эса оксидланиш жараёнининг давом етиш вақтини қисқартириш имконини беради. Бу усулнинг яна битта устун томони шундаки, бу усул одатдаги юқори температурали жараён учун зарур бўлган вақт билан бир вақтда ичида нисбатан паст температураларда ҳам оксид қатлами ҳосил қилиш имконини беради. Температуранинг пасайиши қатламга олдиндан киритилган аралашманинг қайта тақсимланишини камайтириш имконини беради, подложкада нуқсон(дефект)лар ҳосил бўлиш имкониятларини сезиларли даражада йўққа чиқарилади [2].

Ушбу мақолада кремний оксидланиш жараёнининг математик моделини тўлиқ ҳолатда ишлашда модел турли ҳил ўлчовли параметрларга эга бўлгани учун, масала аввал ўлчамсизлаштирилди. Бунда ҳосил бўлган янги параметрларнинг ўзгариш чەгаралари баҳоланди.

Хулоса ўрнида шуни айтиш жоизки ўрганилаётган жараённинг ҳарактерли хусусияти шундан иборат едики, унинг чەгараси ўзгарувчандир. Бундай масалани сонли ечишда ҳар бир вақт оралиғда ечим соҳасини қайтадан дискретлаштириш муоммосига дуч келиш мумкин еди. Бу муоммо тэнгламага янги ўзгарувчи киритиш орқали ҳал қилинди. Натижада янги ҳосил қилинган тэнгламани фиксирланган соҳага ўтказилди. Оксидланиш жараёнининг математик моделини сонли йечиш учун чекли айирмалар усулининг ҳайдаш методи ёрдамида ечилди. Жараённинг турли параметрлари учун сонли экспериментлар ўтказилди. Олинган натижалар соддалаштирилган Деал-Грове модели билан солиштирилди. Юқори босимли технологик жараёнларга чизикли-пароболик моделни қўллашдаги янги тақрибий ечим тавсия етилди.

Фойдаланилган Адабийотлар

1. Ш.М.Мирзиёев. Еркин ва фаровон, демократик ўзбекистон давлатини биргаликда барпо етамиз.– Тошкент : Ўзбекистон, 2016. - 56 б.
2. Ш.М.Мирзиёев. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганлигининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимидаги маърузаси. 7 декабр 2016 й.
3. Деал Б. Е, Грове А. С. // Ж. Аппл. Пҳйс. 1965 в. 36. п. 3770.
4. Лейс Е. А., Ирене Е. А. // Ж. Вас. Сси. Течнол. А. 1986. в. 4. п. 916.
5. Самарский А. А., Михайлов А. П. // Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры 2-е изд., испр.-М.: Физматлит, 2002.-320 с.
6. Исроилов М. // Ҳисоблаш методлари. Т.: Иқтисод-Молия, 2008.-320б.
7. Парфенов О. Ц. // Технология микросхема. –М.: Вўсшая школа, 1986.
8. Шалимова К. В. // Физика полуброводник.-М.: Енергоатомиздат, 1985.
9. Вабиҳевич П. Н. // Численной решение задач со свободными границами. –М.: изд-во

МГУ, 1987.

10. Бахвалов Н. С. // Численные методы.-М.: Наука, 1973-Т. 1-632 с.

11. Абдураимов Д. Э. Описание алгоритмов важность программы Crocodile ICT //Вестник научных конференций. – ООО Консалтинговая компания Юком, 2019. – №. 4-3. – С. 8-9.

12. Абдураимов Д. Э. Ў., Абдурахманов О. Н. ОБЪЕКТ АЛОМАТ ВАЗНЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ОРҚАЛИ РЕЙТИНГИНИ АНИҚЛАШ МОДЕЛИ //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 21-25.

13. Абдураимов Д. Э. Ў., Норматова М. Н., Монасипова Р. Ф. ЛИБМАН ТИПИДАГИ ИТЕРАЦИН УСУЛНИ ЭЛАСТИКЛИК НАЗАРИЯСИ МАСАЛАСИГА ҚЎЛЛАШНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 15-20.