

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

Өмірқұл Айя

«Физикалық тозандату әдісімен өткізгіш қабаттарын кондыру»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА
ЖІБЕРІЛДІ**
«Инженерлік физика»
кафедра меңгерушісі
PhD доктор
_____ Р.Е.
Бейсенов

« ____ » _____ 2020
ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Физикалық тозаңдату әдісімен өткізгіш қабаттарын қондыру»

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы

Орындаған

Өмірқұл Айя

Пікір беруші:
Физика-техникалық институтының
кіші қызметкері

_____ Мереке А.Л.

« ____ » мамыр 2020 ж.

Ғылыми жетекшісі:
PhD доктор

_____ Бейсенова Е.Е.

« ____ » мамыр 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

5B071000 – «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы

**ҚОРҒАУҒА
ЖІБЕРІЛДІ**
«Инженерлік
физика»
кафедра меңгерушісі
PhD доктор
_____ Р.Е.
Бейсенов

«_____» _____ 202
0 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Өміркүл Айя

Тақырыбы: «Физикалық тозаңдату әдісімен өткізгіш қабаттарын қондыру»
Университет ректорының «27» қаңтар 2020 ж. №762-б бұйырығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «27» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Жұқа қабыршақ алу жолдары, 2) Термовакуумдық тозаңдату, 3)

Магнетронды тозаңдату

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер:

а) Жұқа қабыршақ алу құрылымы, қасиеттері, қолдану аясы;

б) Жұқа қабыршақ алу әдістері;

в) Жұқа қабыршақ алу әдісімен танысу және талдау.

Ұсынылған негізгі әдебиет атаулары:

1 Preparation and properties of amorphous TiO₂ thin films by plasma enhanced chemical vapor deposition / W.G. Lee [et al.] // Thin Solid Films. 2010. Vol. 237.P. 105-111.

2 Tannous, C. The Stoner-Wohlfarth model of ferromagnetism / C. Tannous and J.Gieraltowski // Eur. J. Phys. 2014. - V.29. - P. 475-487.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдер	Ескертулер
Әдеби шолу	23.01.2020 - 28.01.2020	
Тәжірибелік бөлім	02.03.2020 – 07.03.2020	
Дипломдық жұмысты алдын – ала қорғау	27.04.2020	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған **қолтаңбалары**
(жұмысқа қарасты тараулардың нұсқаумен)

Бөлім атауы	Кеңесшілер, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Әдеби шолу	Е.Е. Бейсенова , PhD докторы		
Тәжірибелік жұмыстар	Д.А.Муратов. Физика-техникалық институттың кіші ғылыми қызметкері		
Нормоконтр олер	А.Б. Телешова , PhD докторы		

Ғылыми жетекші _____ Бейсенова Е.Е.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Өміркүл А.А.

Күні « » _____ 2020 ж

АНДАТПА

Жұқа қабыршақтарды қалыңдығына, агрегаттық күйіне, кристалдық құрылымына, химиялық байланысына, қасиеттеріне, өңдеу жолдарына басқа да қасиеттеріне байланысты жіктеуге болады. Жұқа қабыршақтар әртүрлі функционалды жабындар ретінде кеңінен қолданылады, коррозияға төзімділікті арттырады, авиациялық және ғарыштық техникада, инженерияда, медицинада, энергетикада, цифрлық материалдарда микроэлектроникада қолданылатын материалдардың магниттік және электрлік қасиеттерін жақсартады. Машина жасау және аспап жасау бұйымдарын модификациялаудың озық әдістерінің бірі-олардың құрамдастарының геометриялық өлшемдерінің азаюы. Олардың барлығы дерлік жұқа пленкалы жабындарды қамтиды, олардың қасиеттерін өзгертуге болады.

Дипломдық жұмыс барысында жұқа қабыршақтарды алу әдістері, қолдану аясы, қасиеттері, құрылымы қарастырылды. Магнетрондық тозаңдату әдісінің көмегімен жұқа қабыршақ алынды. Онда магнит өрісінің әсерінен Si жұқа қабаты өсірілді. Si қабықшасының беткі қабатының морфологиясы және кеңістіктегі бөлігі сканирлеуші электронды микроскопта жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Тонкие пленки могут быть классифицированы в соответствии с их толщиной, физическим состоянием, кристаллической структурой, химической связью, свойствами, технологическими свойствами и др. Тонкие пленки широко используются в качестве различных функциональных покрытий, повышающих коррозионную стойкость, в аэрокосмической промышленности, технике, медицине, энергетике, цифровых материалах. улучшает магнитные и электрические свойства материалов, используемых в микроэлектронике. Одним из наиболее совершенных методов модификации изделий машиностроения и приборостроения является уменьшение геометрических размеров их компонентов. Почти все они содержат тонкопленочные покрытия, свойства которых можно изменить.

В диссертации были рассмотрены методы получения тонких пленок, область применения, свойства, структура. Тонкая пленка была получена методом магнетронного распыления. Тонкий слой меди выращивался там под воздействием магнитного поля. Морфологию и пространственную часть поверхностного слоя Si-мембраны проводили под сканирующим электронным микроскопом.

ABSTRACT

Thin films can be classified according to their thickness, physical state, crystalline structure, chemical bonding, properties, technological properties, etc. Thin films are widely used as various functional coatings that increase corrosion resistance in the aerospace industry, technology, medicine, energy digital materials. improves magnetic and electrical properties of materials used in microelectronics. One of the most advanced methods for modifying engineering and instrumentation products is to reduce the geometric dimensions of their components. Almost all of them contain thin-film coatings whose properties can be changed.

Were considered methods for producing thin films, scope, properties, structure. A thin film was obtained by magnetron sputtering. A thin layer of copper was grown there under the influence of a magnetic field. The morphology and spatial part of the surface layer of the Cu membrane are located under a scanning electron microscope.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	9
1	ӘДЕБИ ШОЛУ	10
1.1	Тозандату әдісімен жабынды алудың физикалық негіздері	11
1.2	Термовакuumдық немесе жәй ғана термиялық тозандату	11
1.3	Жұқа қабыршақтарды алудың ионды-плазмалық әдістері	12
1.4	Катодты тозандату	13
1.5	Үш электрлік тозандату жүйесі	15
1.6	Жоғары жиілікті тозандату	16
1.7	Магнетронды тозандату	17
1.8	Жұқа қабыршақтарды алудың ионды-сәулелік әдістері	18
1.9	Өткізгіш қабаттарды фотолитография әдісі арқылы қондыру	19
2	ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ	21
2.1	Магнетронды бүрку әдісімен мыстың Си жұқа қабатын өсіру	21
2.2	Сканерлеуші электронды микроскоп	22
2.3	Қабыршақтың бет-бедерін зерттеу	22
2.4	Рентгенді дифракциялық талдау.	23
3	Нәтижелер және оларды талдау бөлімі	24
3.1	Мыс жұқа өткізгіш қабаттарын қондыру	24
3.2	СЭМ дегі беткі қабатының морфологиясы	25
3.3	Магнетронды тозандатылған мыс қабатының АКМ нәтижелері	
3.4	Рентгендік талдау нәтижелері	26
	I - V сипаттамаларын өлшеуге арналған электрод негізін және датчиктерді сынауға арналған контактты базасын жасау	27
	ҚОРЫТЫНДЫ	
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	30
		32

КІРІСПЕ

Жұқа қабыршақ -қалыңдығы бірнеше нм - ден 100 нм - ге дейінгі аумақты қамтитын қабыршақтар. Жұқа қабыршақтарды қалыңдығына, агрегаттық күйіне, кристалдық құрылымына, химиялық байланысына, қасиеттеріне, өңдеу жолдарына басқа да қасиеттеріне байланысты жіктеуге болады. Жұқа пленкалы жабындарды алумен байланысты технологиялар жаңа материалдарды, оның ішінде наноқұрылымдық материалдарды алудың ең өзекті бағыттарының бірі болып табылады. Жұқа қабыршақты жабындарды қолдану маңызының жақсы мысалы жартылай өткізгіш, оптикалық өнеркәсіп және энергетикадағы сутекті технологиялар болып табылады. Осы ғылымды қажет ететін салалардың жоғары даму қарқыны жабындардың сапасы мен пайдалану қасиеттерін үздіксіз арттыруды талап етеді. Бұл талаптарды іске асыру жабдықты әзірлеу мен құрастырудағы жетістіктерге және жұқа пленкаларды алу технологияларын жетілдіруге тікелей байланысты.

Қазіргі уақытта жабындарды алудың ең перспективалы әдістері вакуумдық-плазмалық әдістер болып табылады. Бұл олардың экологиялық қауіпсіздігіне, технологиялық процестердің жоғары тазалығына және өнім сапасына байланысты. Сондай-ақ иондалған немесе қозған күйде атомдар мен молекулалар жабынды алу процесін неғұрлым тиімді ете отырып, бір-бірімен өзара әрекеттеседі.

Жабынды алудың қазіргі әдістерінің проблемасы жабдықтың жоғары құны және жабынды шөгудің аздаған жылдамдығы, СВЧ разряд жағдайында, доғалы тозаңдату қолданғанда алынатын жабындардың нашар біртектілігі, не лазерлік абляция кезінде өңделетін беттердің шағын аудандары, не термиялық булану кезінде сияқты төмен адгезия болып табылады. Магнетронды тозаңдату жүйелер бұл кемшіліктерінен белгілі бір дәрежеде айрылды. Электр және магнит өрістерінде МРС-да қолданылатын электрондардың дрейфтік тогы кең диапазонда бақыланатын сипаттамалары бар жеткілікті тығыз плазманың созылған ағындарын алуға мүмкіндік береді. МРС өткен ғасырдың 70-ші жылдары ойлап тапты, алайда олардың конструкциялары әлі күнге дейін жетілдірілуде.

Әдістің мүмкіндіктерін кеңейту белгілі бір энергияға дейін жылдамдатылған жұмыс газдарының (инертті де, химиялық белсенді де) иондарының бағытталған ағындарын генерациялайтын ҰҚМ мен иондар көздерін бірлесіп пайдалануға мүмкіндік берді. Бұл өз кезегінде, оның құрылымын өзгерту үшін оның өсу процесінде төсемге иондық ағынмен әсер ету және төсемнің бетін тазалау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Машина жасау және аспап жасау бұйымдарын модификациялаудың озық әдістерінің бірі-олардың құрамдастарының геометриялық өлшемдерінің азаюы. Олардың барлығы дерлік жұқа пленкалы жабындарды қамтиды, олардың қасиеттерін өзгертуге болады, олардың қалыңдығын өзгертеді. Функционалдық мақсаты бойынша бұл жабындар физиканың барлық бөлімдерімен байланысты: Механика, электр, магнетизм, оптика, ал оларды қолдану үшін материалдар ретінде периодтық жүйе элементтерінің көпшілігі қолданылады.

Электронды және микроэлектронды аспаптар өндіретін өнеркәсіп салаларында әртүрлі технологиялық процестерді пайдаланады, онда жартылай фабрикаттар радио -, опто - немесе акустоэлектрлік функцияларды орындайтын күрделі бұйымдарға айналады. Жартылай өткізгіш құрылғылардың барлық түрлерін және ИМС жасау кезінде вакуумда жұқа пленкаларды жағудың технологиялық процесі қолданылады.

Бұл жұмыста жұқа пленкаларды алудың негізгі тәсілдері, олардың жұмыс сызбалары, сондай-ақ осы тәсілдердің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген.

1 ӘДЕБИ ШОЛУ

1.1 Тозаңдату әдісімен жабынды алудың физикалық негіздері
Пленканы физикалық әдістермен жағу процесі келесі негізгі кезеңдерді қамтиды:

- газ фазасының генерациясы;
- зат бөлшектерінің көзден төсенішке бағытталған массопереносы;

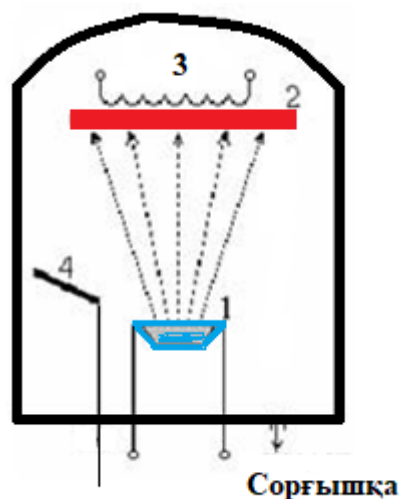
- төсеніш бетінде бөлшектерді конденсациялау және пленкалы жабынның пайда болуы. Пленкаларды физикалық тұндырудың қажетті шарты Жұмыс орнында және олардың газ фазасының бөлшектерімен өзара әрекеттесуін болдырмау үшін жоғары вакуум камерасында атомдарды төсенішке тасымалдауды қамтамасыз ету. Сондықтан қабыршақ алудың физикалық әдістері вакуумдық деп аталады.

Пленкаларды тұндырудың вакуумдық әдістері газ фазасын генерациялау тәсілдерімен, массоперенос және пленка түзілу режимдерімен және жағдайларымен ерекшеленеді. Қатты фазалы нысананың атомдарын газ фазасына ауыстырудың негізгі механизмдері термиялық булану және нысананы жоғары энергетикалық иондармен немесе атомдармен иондық тозаңдату болып табылады. Булану және тозаңдату әдістерімен генерацияланатын газ ағындары бөлшектер энергиясының әртүрлі мәндерімен, иондану дәрежесімен, ағын тығыздығымен сипатталады; сондықтан тозаңдалған немесе буланған бөлшектерден алынған қабыршақтар құрылымымен және қасиеттерімен ерекшеленеді [1].

1.2 Термовакuumдық немесе жәй ғана термиялық тозаңдату

Жұқа қабыршақтарды алудың термовакuumдық әдісі заттың вакуумында оның белсенді булануына және төсеніш бетінде буланған атомдардың конденсациясына дейін қыздыруға негізделген. Жұқа қабыршақтарды термиялық буландырумен тұндыру әдісінің артықшылықтарына тұндыру материалының жоғары жиілігі, әмбебаптығы және салыстырмалы іске асыру қарапайымдылығы жатады. Әдістің шектеулері шөгудің реттелмейтін жылдамдығы, төмен, тұрақты емес және шөгілетін бөлшектердің реттелмейтін энергиясы болып табылады.

Термовакuumдық тозаңдату әдісінің мәнін суреттегі қондырғының оңайлатылған схемасының көмегімен түсіндіруге болады [2].



1 Сурет - Термовакуумдық булануды орнату схемасы

Тозаңдануға жататын зат буландырғыш - 1-ге орналастырылады, онда ол жеткілікті жоғары температурада қарқынды буланады. Камераның ішінде арнайы сорғылармен құрылатын вакуумда буланған заттың молекулалары қоршаған кеңістікке еркін және тез таралады, атап айтқанда, төсеніштің бетіне - 2 жетеді. Егер төсеніштің температурасы сыни мәннен аспаса, төсеніште заттың конденсациясы болады, яғни үлдірдің өсуі. Буланудың бастапқы кезеңінде буланатын заттың беті адсорбцияланған қоспалар есебінен үлдірдің ластануын болдырмау үшін, сондай - ақ буландырғышты Жұмыс температурасына шығару үшін заттың төсекке ағынын уақытша жабатын қалқа-4 пайдаланылады. Тұндыру процесінде пленканың функционалдық мақсатына байланысты тозаңдату уақыты, қалыңдығы, электрлік кедергі немесе қандай да бір басқа параметр бақыланады. Параметрдің берілген мәніне жеткенде жапқыш зат ағынын қайтадан жабады және қабыршақтың өсу процесі тоқтатылады. 3-қыздырғыштың көмегімен төсеніштің қызуы, тозаңдату алдында оның бетінде адсорбцияланған атомдардың десорбциясына ықпал етеді, ал тұндыру процесінде өсіп келе жатқан құрылымын жақсарту үшін жағдай жасайды. Үздіксіз жұмыс істейтін сору жүйесі шамамен 10-4Па вакуумды қолдайды.

Термовакуумдық тозаңдаудың барлық процесін үш сатыға бөлуге болады: зат атомдарының булануы, оларды төсенішке көшіру және конденсация[3].

1.3 Жұқа қабыршақтарды алудың ионды-плазмалық әдістері

Ионды-плазмалық әдістер өзінің әмбебаптығы мен басқа технологиялық әдістермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарының арқасында электрондық құралдар технологиясында кеңінен таралған. Әмбебаптылық олардың көмегімен түрлі технологиялық операцияларды жүзеге асыруға болатынымен анықталады: төсеніш бетінде жұқа пленкаларды қалыптастыру, төсеніштің бетін оған берілген интегралды микросхеманың суретін жасау мақсатында өңдеу, бетін тазалау. Ионды-плазмалық әдістердің артықшылығына

процестің жоғары басқарылуы жатады; сондай-ақ берілген құрамның химиялық қосылыстары мен қорытпаларын алу; қабыршақтардың бетіне ең жақсы адгезиясы және тағы басқалар кіреді[4].

Жұқа қабыршақтарды ионды-плазмалық тозаңдату әдістерінің мәні қажетті заттардан нысананың бетін иондармен өңдеуден және нысанадан атомдарды (молекулаларды) қағудан тұрады. Бұл ретте иондардың энергиясы жүздеген және мың электрон вольт шамаларын құрайды. Түзілетін Атом ағыны заттың конденсациясы болатын және қабыршақ қалыптасатын төсенішке жіберіледі. Электродтардың бірі болып табылатын және оның бомбардировкасы газ разрядының нәтижесінде пайда болатын иондармен жүзеге асырылады.

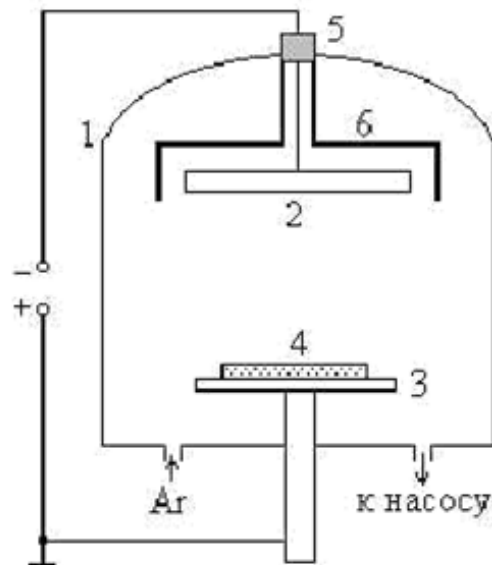
Нысананы тозаңдату үшін инертті газдар иондары қолданылады. Иондардың көзі дербес жарылыс разряд немесе дәрменсіз разрядты плазма болып табылады.:

- коректендіруші кернеудің сипаты: тұрақты, айнымалы, жоғары жиілікті;
- разрядты қоздыру және қолдау тәсілі: автоэлектронды эмиссия, термоэмиссия, магнит өрісі, электр жоғары жиілікті өрісі;
- газ разрядты камерадағы электрод саны: екі электродты, үш электродтыжәне көпэлектродты жүйелер[5].

1.4 Катодты тозаңдату

Катодты тозаңдату-қабыршақ алудың ең танымал тәсілдердің бірі болып табылады. 1852 жылы электр тогының сиретілген газдар арқылы өтуі кезінде катод бұзылады және камера қабырғаларында жабынды тұндырады.

2 суретте катодтық тозаңдату әдісімен жабындарды алуға арналған құрылғының схемасы берілген. Аспап 1 - ден 10Па - ға дейінгі қысыммен жұмыс газы енгізілетін газ разрядты камерадан тұрады; тозаңдататын нысана функциясын орындайтын катод - 2; анод-3және оған бекітілген төсеніштер-4. Анод пен катод арасында электрод аралық кеңістікте 0,5 кВ/см кернеулігі бар электр өрісін құруды қамтамасыз ететін бірнеше киловольт шамасымен тұрақты кернеу беріледі. Камераның шыны қалпағының ластануын болдырмау үшін катодтың жанында 6 - экранды бекітеді.



2 Сурет - Катодты тозаңдату үшін орнату схемасы

Құрылғының жұмыс істеу принципі анод пен катод арасында потенциалдар айырмасы (0,5...10 кВ). Нәтижесінде жұмыс камерасында газ разряды пайда болады. Иондар катодтың бетіне әсер еткенде әрдайым бетте болатын оксидті қабаттардың бұзылуы жүреді. Металдың тозаңданған атомдары белсенді газдармен өзара әрекеттеседі және нәтижесінде бақыланбайтын қоспалармен ластанған қабаттар шөгеді. Бұл ретте, алайда, камерадағы химиялық белсенді газдардың парциалды қысымының төмендеуі байқалады, сондықтан, әдетте, бастапқы кезеңде жабынды тұндыру технологиялық жапқышқа жүргізіледі. Біраз уақыт өткеннен кейін жапқыш ашылады және өнімнің бетіне жабынды тұндырады. Шашыраңқы атомдар өз қозғалысы кезінде көптеген қақтығыстарға ұшырайды. Нәтижесінде шашырайтын нысананың атомдары өз энергиясын жоғалтады, бұл әдетте шөгілетін жабынның адгезиялық беріктігінің төмендеуін тудырады. Газ фазасындағы қозғалыс процесінде шашыраған атомдар энергиясының шығынын азайту мақсатында анод пен катод арасындағы қашықтық ең аз болады.

Осылайша, катодты тозаңдату келесі артықшылықтармен сипатталады:

- газ фазасының тозаңдану процесі үнсіз, катодқа әлеует беруді тоқтату кезінде газ фазасының генерациясы іс жүзінде дереу тоқтатылады;
- бұйымға төмен жылу әсері (катодтың беті ғана қызады);
- баяу балқитын металдарды тозаңдату мүмкіндігі;
- әртүрлі химиялық құрамның жабындарын алу мүмкіндігі (мысалы, реактивті катодты тозаңдату әдісімен);
- жабындардың жоғары біркелкі шөгуін қамтамасыз ету;
- жабындардың стехиометриялық құрамы оларды қорытпадан нысананы тозаңдату арқылы алған кезде сақталады.

Катодты шашыраудың негізгі кемшіліктері:

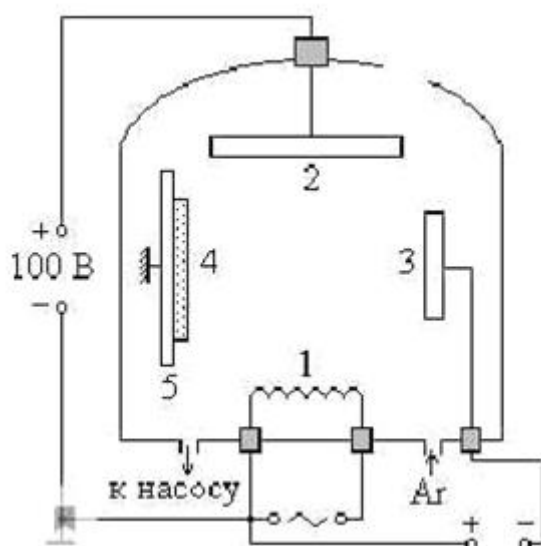
- жабынның төмен өсу жылдамдығы (1НМ / с дейін);
- бөлшектердің төмен энергиясы, иондау дәрежесі және осының салдарынан жабындардың жоғары емес адгезиясы;
- газ фазасының атомдарымен жабындылардың ластануының жоғары дәрежесі;
- жабында жоғары тығыздықтағы радиациялық ақаулардың болуы, олардың пайда болу себебі жоғары энергетикалық электрондардың, теріс иондардың бетіне әсер етуі болып табылады[6].

1.5 Үш электрлік тозаңдату жүйесі

Тозаңдату жылдамдығы камерадағы қалдық газдың қысымын төмендетіп, иондардың бос жүрісінің ұзындығын ұлғайтады. Алайда, қысымның төмендеуі электрондардың бос жүрісінің үлкен ұзындығында олардың жұмыс газының атомдарымен соқтығысу ықтималдығы аз болады, және 10-3 мм Нg жуық қысым кезінде газдағы дербес разряд тоқтатылады. Төмен қысым кезінде дербес разрядты қолдау үшін арнайы шаралар қажет:

- электрондардың қосымша көзін құру
- қолда бар электрондармен газды иондау тиімділігін арттыру, мысалы, доғалы разряд есебінен.

Проблеманы шешудің бір жолы-3 суретте бейнеленген үш электродты тозаңдату жүйесін қолдану. Сандармен ауыстырылсын суретте белгіленді: 1 - термокатод; 2 - анод; 3 - нысана; 4 - подложка; 5 - подложкодержатель. Осылайша, бұл жүйеде үш тәуелсіз басқарылатын электрод бар: термокатод, анод және тозаңданатын нысана, оның әлеуеті термокатодқа қатысты бірнеше киловольтты құрайды .



3 Сурет- Үш электрлік тозаңдату жүйесі

Шаңдаудың үш электродты әдісінің басты ерекшелігі нысана мен төсеніш арасындағы аралықта қосымша дәрменсіз доғалық разряд әрекет етеді.

Сонымен қатар, камерадағы Ag қысымын 10^{-3} - 10^{-4} мм Hg дейін азайтуға болады, бұл оң иондардың бос жүріс ұзындығын арттырады.

Камерада вакуумға шамамен 10^{-4} Па жеткенде термокатодты қыздырады және камераға ағқыш арқылы $0,05$ - 1 Па (10^{-3} - 10^{-4} мм Hg) қысымы кезінде инертті газ беріледі. Катодтан термоэлектрондық эмиссияның нәтижесінде тік электр өрісімен жылдамдататын электрондар қарқынды түрде жіберілетін болады. Термокатод шығаратын қосымша электрондар қалдық газдың иондану дәрежесін арттыруға ықпал етеді. Термокатод пен анод арасындағы кернеу $+50$ - 100 В кезінде өздігінен газ разряды пайда болады. Бұл ретте термокатод-анод аралығында бірнеше амперге дейін ток алуға болады. Катодқа қатысты теріс әлеуеті бар нысана газ разрядында түзілетін иондардың едәуір бөлігін өзіне тартады және оларды тездетеді. Осылайша, Нысананы бомбалау қарқындылығы артады.

Нысананың иондармен бомбардировкасының нәтижесінде оның тозаңдануы болады және шашыраған атомдар жұқа пленканы қалыптастыра отырып, төсекке шөгеді. Электр тізбектері ажыратылып, бір-біріне қарамастан басқарылатын үш электродты жүйелер процесті басқарудың икемділігін қамтамасыз етеді. Тұндыру жылдамдығы 1 нм/с астам құрайды, бұл катодтық тозаңдаудың екі электрлік схемасы үшін ұқсас көрсеткіштен бірнеше есе асады[7].

1.6 Жоғары жиілікті тозаңдату

Егер анод пен катод-нысана арасында 10 МГц жиілігімен ауыспалы кернеуді берсе (әдетте осы жиілік диапазонында жұмыс істейтін технологиялық қондырғылар үшін рұқсат етілген $13,56$ МГц жиілігін пайдаланады) тозаңдату тиімділігін айтарлықтай арттыруға болады. Жоғары жиілікті шашырату кезінде тиімділікті арттыру келесідей түсіндіріледі. Электрондардың массасы иондардың массасынан едәуір аз. Сондықтан, айтарлықтай қозғалысқа ие бола отырып, электрондар бір электродтан екінші электродқа ауысып, жылдам өрісті бақылауға үлгереді. Иондар, әлдеқайда аз қозғалмалы бола отырып, электрод аралық кеңістікте айтарлықтай қозғалуға үлгермейді, нәтижесінде иондардың көлемді оң заряды пайда болады. Бұдан басқа, жартылай периодтан нысанаға түсетін электрондардың саны нысанаға иондардың зарядын бейтараптандыру үшін қажетті мөлшерден едәуір асып түседі. Нәтижесінде диэлектрлік нысанада электрондардың теріс заряды жиналады. Осының барлығы электрод аралық кеңістікте қосымша электр өрісінің пайда болуына алып келеді, ол иондардың бір бөлігін үлкен энергияға дейін тездетеді, бұл нысананың тозаңдануының тиімділігін арттырады.

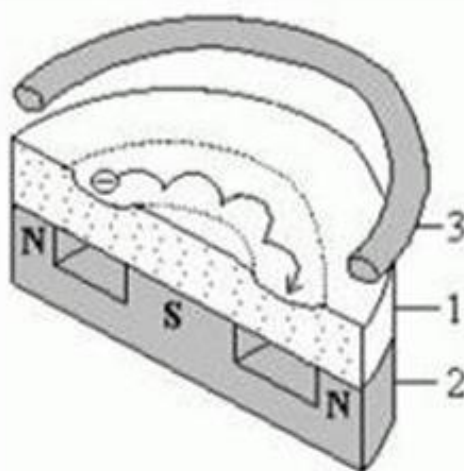
Газ разрядты камерадағы төмен қысымның арқасында, жоғары жиілікті жүйелердиэлектрлік нысаналарды ғана емес, сонымен қатар металдар мен жартылай өткізгіштерден жасалған нысаналарды тозаңдату үшін табысты қолданылады[8].

1.7 Магнетронды тозаңдату

Жарылған алқаптарда диодты разрядты плазмада нысананы катодты тозаңдату арқылы төсенішке жұқа қабыршақтарды алу технологиясы. Осы технологияны жүзеге асыруға арналған технологиялық құрылғылар магнетронды тозаңдату немесе қысқартылған магнетрондар деп аталады.

Магнетронды тозаңдаудың технологиялық мәні-катодтың бомбардирлеуші беті (нысаналар) иондар оны тозаңдатқанда. Бұл әсерде магнетронды өңдеу технологиясы негізделген, ал нысананың тозаңдатылған заты төсенішке тозаңдатылып, тығыз қабыршақты қалыптастыруы мүмкін. Магнетронды тозаңдату ең көп қолданылатын әдіс болып табылады.

Магнетронды тозаңдату схемаларының бір нұсқасы 4 суретте көрсетілген.



4 Сурет - Магнетронды тозаңдату үшін орнату схемасы

Сандармен белгіленген: 1-тозаңдату жүйесінің катоды болып табылатын нысана; 2-магнит өрісін жасайтын тұрақты магнит, оның күштік желілері нысананың бетіне параллель болатын; 3 - сақиналы анод. Анодтан жоғары нысан материалынан қабыршақ қалыптасатын төсеніш (суретте көрсетілмеген) орналасады.

Иондардың нысананың бетімен соқтығысуы кезінде импульс моментін материалға беру жүреді. Құлайтын ион материалда қақтығыстар каскадын тудырады. Бірнеше рет соқтығысудан кейін импульс материалдың бетінде орналасқан атомға жетеді және нысанадан үзіледі және төсеніштің бетіне отырғызылады. Аргонның бір құлайтын ионға соғылған атомдардың орташа саны процестің тиімділігі деп аталады, ол ионның құлау бұрышына, энергиясы мен массасына, буланатын материалдың массасына және материалдағы атом байланысы энергиясына байланысты. Кристалды материал буланған жағдайда тиімділік кристалды тордың орналасуына байланысты.

Нысананың тастайтын беті төсеніште қабыршақ түрінде шөгіледі, сондай-ақ қалдық газдар молекулаларында ішінара себіледі немесе вакуумдық жұмыс камерасының қабырғаларында шөгіледі.

Металдар мен қорытпаларды тозаңдату инертті газ ортасында, әдетте, аргон жүргізіледі. Термиялық булану технологиясына қарағанда, магнетрондық тозаңдану кезінде күрделі құрамдағы нысаналарды (қорытпаларды) фракциялау жүргізілмейді[9].

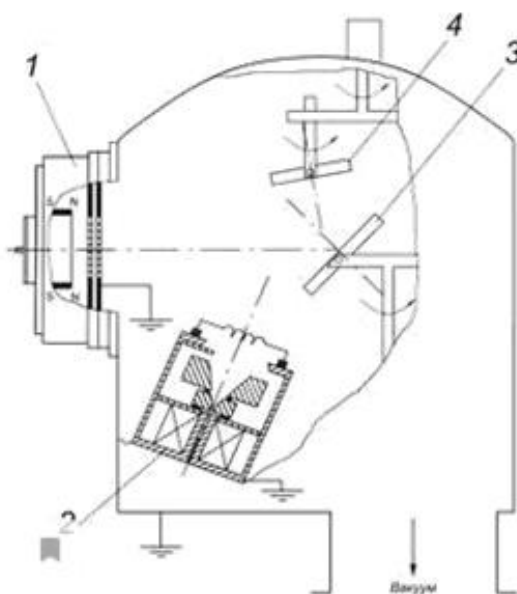
1.8 Жұқа қабыршақтарды алудың ионды-сәулелік әдістері

Әр түрлі материалдардың жұқа қабыршақтарын, нысананың материалын инертті газдар иондарының шоғырымен тозаңдату арқылы төсенішке отырғызуға болады. Ионды-плазмалық тозаңдату әдісімен салыстырғанда қабыршақтарды түсірудің осы әдісінің негізгі артықшылықтары мыналардан тұрады:

- нысананың компоненттік құрамын сақтай отырып, күрделі құрамдағы материалдарды қабыршақтарын салу мүмкіндігі;
- разрядты қолдау шарттарымен емес, вакуумдық жүйені жылдам сорумен шектелген технологиялық камерадағы аз жұмыс қысымы;
- төсеніш аймағында электр өрістерінің болмауы, бұл диэлектрлік пленкаларды өткізгіш материалдардан жасалған төсемдерді алу кезінде аса маңызды;
- бейтараптандыру катодымен эмиссияланатын электрондардың көмегімен тұндыратын диэлектрлік қабыршақта зарядты басқару мүмкіндігі.

Ионды-сәулелік әдіс көп компонентті материалдардың, әртүрлі диэлектриктердің, магниттік материалдардың қабыршақтарын алу үшін ең тиімді.

Ионды-сәулелі тозаңдату қондырғысы 5 суретте ұсынылған.



5 Сурет- Ионды-сәулелі шашыратуды орнату схемасы

Қондырғыда 1 - суық қуыс катоды бар екі каскадты дербес разряд негізіндегі иондардың көзі және 2 - ашық шеті бар Кауфман иондарының

көзінің модификацияланған нұсқасы бар. Иондар - 1 көзі 0,8 кэВ энергиясымен және токтың тығыздығы 0,3 мА/ см²мишени - 3 99,8% - дан кем емес аргон иондарының шоғырын тозаңдату үшін қызмет етеді. Тоzaңданатқыш материал ағынының бағыты бойынша айналмалы ұстағыштың төрт позициясында бекітілген төсеніштер орнатылған - 4. Орташа энергиялы 80 эВ және ток тығыздығы 0,45 мА/ см² аргон иондарының ағыны иондардың - 2 көзінен жұмыс төсенішінің бетін пленканы алу алдында 2 минут ішінде тазалау және активациялау үшін қызмет етеді. Иондардың көзі - 2 пленканы алу кезінде ажыратылады, аргонды беру ол арқылы тоқтатылады, ал термокатод жұмыс төсенішінің бетін қыздыру үшін пайдаланылады[10].

1.9 Өткізгіш қабаттарды фотолитография әдісі арқылы қондыру

Мақсат интегалды микросхема элементтерінің сызықты өлшемін кішірейту. (ИМС) – микроэлектроника негіздерінің бірі. Қазіргі уақытта бұл саладағы технологияның дамуы, элемент өлшемін субмикронға дейін қол жеткізуге мүмкіндік береді және нанометр деңгейіне өту кезеңі басталып кетті. Соған қоса элементтердің жұмыс жасауының физикалық негізінде өзгереді. Енді олар квантық механика заңына бағынады. Негізі интегралды наноэлектронды кфанттық схеманы жасап шығару, ол нанотехнологиялық литографияның ақырғы мақсаты болып саналады. Литография (грек тілінен «lithos» - тас және «grapho» - жазамын, сурет саламын) – наноқұрлым алудағы ең көп тараған технологиялардың бірі. Бастапқыда литография басып шығару әдісі деп аталды. Ол жерде кескін тегіс (бедерсіз) басатын формаға жағылған бояуды тегіс бетке көшіру арқылы алынады. Микро және наноэлектроникадағы литография – бұл микросхема топологиясын қайталайтын рельефті кескінді төсеніш бетіне ауыстыру арқылы сезімтал қабатта (резистте) кескіннің пайда болуы.

Литография деңгейлері

Фотолитографияның типтік (әдеттегі) технологиялық деңгейлері. 1.1 суретте келтірілген фотолитография негізіндегі фотолитографияның типтік технологиялық қадамдар: 1- төсенішті тазалау; 2- резистан масканы қалыптастыру (жасау): төсенішке ауыстыру, кептіру; 3- фотошабломмен біріктіру, экспонирлеу; 4- кескіннің көрінуі; 5- бетін өңдеу; 6-фотомасканы (резисті) алу. Бұл әдістер күрделі литографиялық технология кезінде бірнеше рет қайталануы мүмкін.

Фотошаблондар

Фотошаблон – трафарет болып қолданылатын оптикалық сәулелерге мөлдір және мөлдір емес бөліктері бар, бетіне бүркемелейтін қабатпен қапталған шыны пластина (төсеніш). Фотолитография кезінде фоторезистің қабаты фотошаблондағы кескінге сәйкес көшіріледі (экспонирленеді). Фотошаблон төсенішін шыныдан жасайды. Фотошаблонның бүркемелейтін (мөлдір емес) қабаты материалы ретінде әдетте тозуға төзімді қабатты түзетін қатты затты қолданады. Бұл – резист иондарымен өңделген күміс эмульсия, темір тотығы, германий хром және оның тотығы, европий тотығы және

басқалар. Фотошаблонға кешенді талаптар қойылады, бірінші кезеңде мыналар: бүркемелейтін материалдың жоғары оптикалық тығыздығы - 100 нм-ден көп емес; оның шағылыстыру қабілеті - 15% дан аспау керек; жоғары ажыратылымдылық қабілеті – кескіннің барлық өлшемдерін дәлме дәл беруі; жазық болмауы (фотошаблонның әртүрлі классына бірнеше мкм-ден ондаған мкм-ге дейін); - азғана микроақаулар, кетірілуге төзімді. Пластина мен фотошаблонның қосылуы нашар, яғни араларында саңлау болған жағдайда дифракция пайда болады. Ол көшірілетін аймақ өлшемін қате беруі мүмкін. Кескіннің геометрлік өлшемдерінің ауытқуына экспонирлеудің және кескінді айқындаудың режимдерінің дұрыс таңдалмауы әсер етуі мүмкін. Шаблонның ақауына келесілері жатады: жиегінің дұрыс болмауы, кескіннің бөлінуі, сызаттар, тесіктер. Шаблонды әр 15-20 біріктіруден кейін ионсыздалған суда жуып-шаайылып,кептірілу керек [11].

2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1 Магнетронды тозаңдату әдісімен мыстың Cu жұқа қабатын өсіру

Cu жұқа қабатын алу үшін, «JFC-1600 auto fine coater» магнетронды құрылғысы қолданылды. Негізгі қондырғы мен сорғыдан тұратын бұл қабат негізінен SEM байқауға үлгілерді дайындауға арналған. Негізгі қондырғы магнетронды бөліктен, үстелден, жұмыс газын жіберу мен реттейтін блоктан және вакуумдық әйнек камерадан тұрады. Үлгі үстінде орналасса тозаңдатылатын нысана магнетронды бөлікте орналасады.

Ол биологиялық және басқа да диэлектрик үлгілерді металдық қабатпен тиімді және қысқа мерзімде жабады.



6 Сурет - JFC-1600 auto fine coater

2.2 Лазерлік скрайберлеу қондырғысында шаблонды маскаларды дайындау

Лазерлік скрайбер (7-сурет), дайын конструкциялар арасында бөліну қаупі плазманың фокусталған лазер сәулесіне қатысты қозғалысы кезінде материалдың тар жолағын булануды тудырады. Бұл пластинадағы салыстырмалы түрде терең (50 ... 100 мкм дейін) және тар (25 ... 40 мкм дейін) ойықтардың пайда болуына әкеледі.



7 Сурет - Лазерлік скрайберлеу қондырғысы

Тар және терең пішінді кернеу концентраторының рөлін атқарады. Пластина сынған кезде пайда болатын кернеулер плитаның бүкіл қалыңдығы арқылы таралып, ойықтың түбінде жарықтар пайда болуына әкеледі.

2.2 Сканерлеуші электронды микроскоп

Электронды-микроскопты зерттеулер үлгі пленкасы мыс морфологиясы сканерлеуші электронды микроскопта JSM-6490LA(JEOL, Жапония) (12 -сурет) жасалды.

Жылдамдатқыш кернеу 0.1 ден 30кV дейін, зонд диаметрі 3.0 нм, ұлғаюы $\times 5$ тен $\times 300000$ дейін, электрондар режимі, шағылысқан электрондар топографиялық, композиционды және көлеңкелі контрасттағы көрінісі, энергодисперсионды талдау жүйесі, атомды номері $Z > 5$ болатын элементті анализ аумағы. Қосымша құрылғы: көлденең қиманың ионды өңдеу, жабындыларды өткізу, үлгіні дайындау құрылғысы: кесу, тегістеу, жылтырату.

Морфологиялық зерттеулер үшін, негізінде, үлгінің құрылымы өтпелі электронды шоғырда бақыланғанда жарық кеңістігі әдісі (ЖК) түзіледі.



8 Сурет - JEOL JSM-6490LA Сканерлеуші электронды микроскоп

2.3 Қабыршақтың бет-бедерін зерттеу

Алынған қабыршақтардың кедір-бұдырлығы NSG01 зондымен NT-MDT AFM микроскопының көмегімен өлшенді. Атомды күштік микроскоп «Solver-M» NT-MDT компаниясы (9-суретте) Си қабыршағының беткі микрорельефін анықтауда қолданып, оның көмегімен құрылымның беткі қабатының жеткіліксіз мүмкіншіліктері байқалды. Сканирлеуші зондты микроскоп «Solver-M» NT-MDT моделі, үлгіні сканерлеу әдісі, атомды-күштік және туннельді жұмыс режимі, сканердің максималды көлемі 25x25 мкм де, жұмыс температурасы интервалы 130 К нен 500⁰С дейін болды. микроскоп вакуумды опциялармен тереңдігі 10⁻⁶ мм. сынап. бағанасы жабдықтандырылған. Микроскоптың әр түрлі электрлік және магниттік өлшеу әдістері енгізілді, сондай-ақ күштік және анодты- тотықтыру литографиясы бар.



9 Сурет - «Solver-M» NT-MDT Атомдық күштік микроскоптың сыртқы кескіні

2.4 Рентгенді дифракциялық талдау.

Рентгенді талдау — өте кіші объекттерді зерттеуге негізделген. Электромагнитті сәуле толқыны 0,01 ден 1 нанометрге дейінгі ұзындықтарға негізделген. Біз өз үлгіміздің интенсивті шындарын білу мақсатында қолдандық.

ДРОН-6 Рентгенді дифрактометр «Буревестник» (Ресей) (10-сурет) өндірілген. Үлгілері үшін 0⁰-360⁰ гониометр бұрышы диапазонында, ал детектор үшін 10⁰-230⁰, үлгінің үздіксіз айналып тұруына негізделген.

Рентгенді микроскоптар ажыратымдылығы электрондық және оптикалық микроскоптар арасын құрайды. Теоретиялық ажыратымдылық әсері 2-20нм жетеді. Қазіргі уақытта ажыратымдылығы 5 нм дейін жететіндей қабілетті рентгенді микроскоптар бар.



10 Сурет - ДРОН-6 Рентгенді дифрактометр «Буревестник» (Ресей)

3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ БӨЛІМІ

3.1 Мыс жұқа өткізгіш қабаттарын қондыру

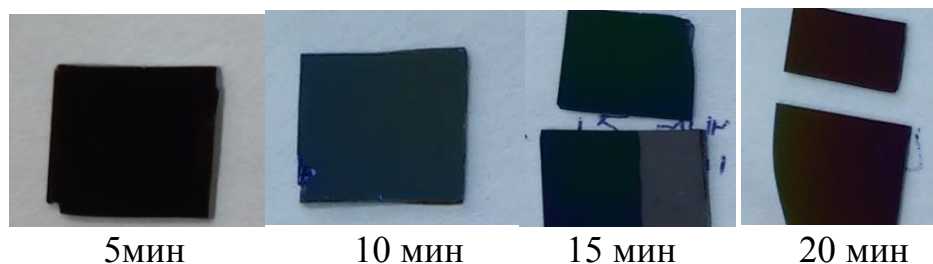
Тұндыру камерасындағы қысым $p = 5 \times 10^{-3}$ mbar болды. Мыс нысандарының тазалығы 99,9999% және диаметрі 57 мм болды. Тұндыру үшін қолданылатын мыс нысаны жылытылмаған жағдайда орналасады. Жұмыс істейтін газ ретінде Ar (99,999%) пайдаланылды, ток разряды 40mA, процес уақыты 5 минуттан 20 минуттар арасында жүргізілді. Төсеніш пен нысан арақашықтығы барлық уақыттарда тұрақты 40 мм қашықтығында сақталынды. Ағымдағы тозаңдандыру уақытының және мақсатты – нысан мен төсеніш арасындағы қашықтықтың тұндыру жылдамдығына, қалыңдығына, түйіршіктер мөлшеріне, алынған қабықтардың кедір-бұдырлығына әсері зерттелді.

Мысты кремний төсенішіне қондыру режимі параметрлері 1-кестеде көрсетілген.

1 - кесте - FC-1600 auto Fine Coater қондырғысында кремний пластина төсеніш бетіне мыс қабыршақтарын тозаңдандырып қондыру параметрі

№	Үлгі	Ток, mA	Қысым	t, уақыт, мин
1	Cu /Si	40	10^{-1} мм	5
2	Cu /Si	40	10^{-1} мм	10
3	Cu /Si	40	10^{-1} мм	15
4	Cu /Si	40	10^{-1} мм	20

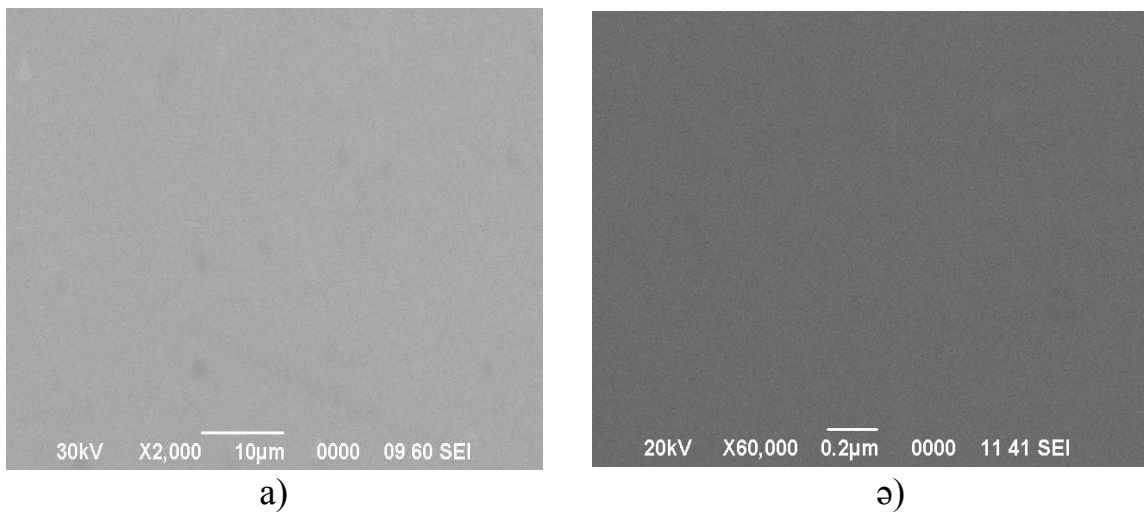
Әр түрлі режимдегі үлгілер алынды. Бірінші үлгі, 40mA разрядты токпен, процес уақыты 5 минут құрады. Екінші үлгіде, 40 mA разрядты токпен, процес уақыты 10 минут. Үшінші үлгі, 40 mA разрядты ток, процес уақыты 15 минут. Сәйкесінше, төртінші үлгі уақыты 20 минутты, 40mA разрядты токпен қондырылды. Үлгілердің айырмашылығы, уақыты, берілген қысымы мен инертті газ жіберілуіне қарай өзгеріп отырды.



11 Сурет - Әртүрлі уақыттағы тозаңдатылған кремний бетіндегі мыс қабыршақтары бар үлгілердің суреттері

3.2 СЭМ дегі беткі қабатының морфологиясы

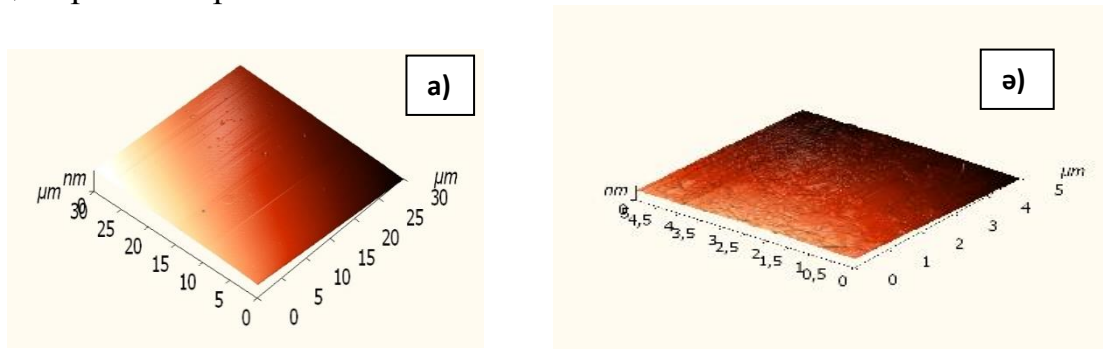
Cu /Si (100) қабықшасының беткі қабатының морфологиясын және беткі кеңістіктегі бөлігін сканирлеуші электронды микроскопта жүргізілді. Өсірілген қабықшаның қалыңдығын және кеңістіктегі бөлігінің алынды. 12-суретте көрсетілгендей, СЭМ қабықшаның беткі қабаты Si(100) а) төсенішінде және ә) оның үстінде мыс өсірілген суреттері берілген. Суреттен қондырлығын қабықшаның қалыңдығы процес уақытына байланысты әртүрлі болуы мүмкін екенін көре аламыз. Бастапқыда кремний төсеніші біртегіс беткі құрылымға ие болса, нысана ретінде мыс алынып, магнетронды қондыру көмегімен төсеніш беткі қабаты кедір- бұдыр бола бастағандың байқаймыз. Мыс қапталған Si(100) төсенішінің СЭМ суретінен морфологияның біртекті қалыптасуының, сонымен қатар кремний салыстарғанда жақсы электронды өткігіш болғаны байқалады.



12 Сурет - Бастапқы Si(100) төсеніші(а) және мыс өсірілген үлгі(ә)

3.3 Магнетронды тозаңдатылған мыс қабатының АҚМ нәтижелері

АҚМ- көмегімен алынған үлгінің беткі қабатын зерттелді. Қабықша қалыңдығы шамамен 30 нм құрайды. Алынған үлгі беті тегіс болмаса да, әлдеқайда біртекті көрініске ие.



13 Сурет - магнетронды тозаңдатылған мыс қабатының АҚМ кескіндері Si(100) төсеніші (а) және мыс өсірілген үлгі (ә)

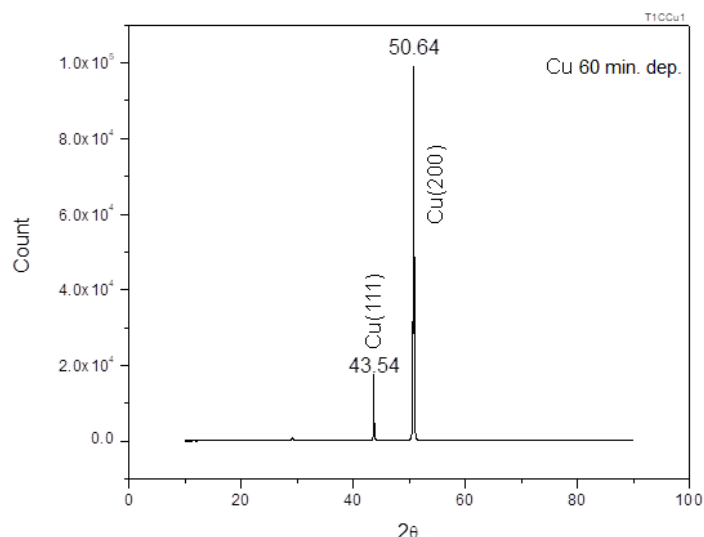
Тұндыру тогының алынған пленкалардың морфологиясына әсері (кесте. 1) көрсетілгендей 13 - суретте (а, ә) көрсетілгендей 15 минуттардағы қондыру бастапқы кремний бетімен салыстырғанда беттің біртіндеп түйіршіктермен толықтай жабыла бастағаны аңғарылады. Тәуелділік өлшемі-түйіршіктерінің тогі және өлшемі-түйіршіктерінің тозаңдану уақыты сызықтық болып табылады. Бұл магнетронды бүрку әдісін қолданғанда қолайлы параметрлерді таңдау болады дегенді білдіреді.

Тұндырудың қажетті көлемдегі түйіршіктері бар қабыршақтарды алуға болады. Әр түрлі масштабтыққа қарамастан, шөгілген Си беті кремний төсеніштің бетіне қарағанда біркелкі емес (Сурет 13) екендігін көрсетеді. АҚМ кедір-бұдырлығын өлшеу нәтижелері суретте көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, тұндыру тогының артуы кедір-бұдырлық параметрлерінің ұлғаюы (R_a - орташа кедір-бұдырлығы, RZ -биіктіктің он нүктелік әдісі) мән. Кедір-бұдырлықтың ұлғаюы Электрондық компоненттер арасындағы нүктелік байланыс бетінің азаюына, сондай-ақ қабыршақтарының тиімді көлденең қимасының азаюына әсер етеді.

Түйіршіктер мөлшері электрондық байланыстардың үлес кедергісіне айтарлықтай әсер етеді.

3.4 Рентгендік талдау нәтижелері

Түйіршіктер мөлшерін неғұрлым жұқа қабатта алу үшін төменгі мәнді және тұндырудың ұзақ уақытын қолдану керек. Бұл төменгі деңгейдегі кедір-бұдырлықты сақтауға және үлкен мөлшерде астық алуға мүмкіндік береді. Нәтижесінде байланыс беті мен электронның орташа еркін жолы артады. $I = 40$ мА және $L = 40$ мм қолдана отырып, 60 минут уақытта қондырылған қабыршақтың дифракциялық анализі 17 суретте көрсетілген. (111), (200) және (220) Си фазасына сәйкес келетін үш шыңы бар.

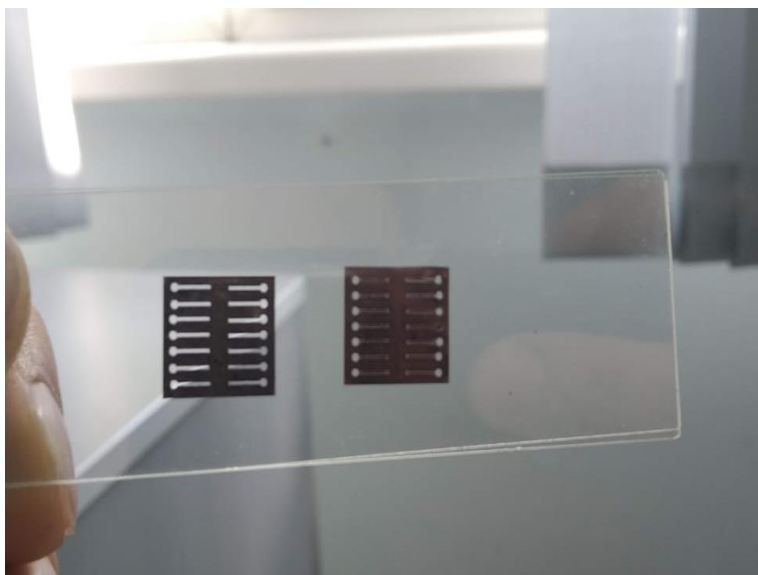


14 Сурет –60 минут уақытта алынған мыс қабыршақтың рентгендік шыңдары

I - V сипаттамаларын өлшеуге арналған электрод негізін және датчиктерді сынауға арналған контактты базасын жасау

Маска дайындау Физика-техникалық институтындағы лазерлік скрайбер қондырғысында жүзеге асырылды. Шаблонның өлшемі мен формасы «Corel draw» графикалық редакторда жобаланып, содан кейін «G-code» бағдарламасына көшіріліп, шеберлер кестесін қысқа бақылау арқылы жүзеге асырылды. Шаблондымаска жасау кезінде диаметрі 20 мкм болатын жартылай өткізгіш лазер сәулесі таңдалды. Шаблондар суреті ортасында бойлық сызықпен шеттерінде радиалды саңылаулармен жасалды. Көршілес жабысқақ және параллель электродтар арасындағы қашықтық 3x2 см ауданнан 1 мм жасалды, кесілген құрылымдардың диаметрі мен беті JEOL атомдық-күшейтпелі микроскоптың көмегімен қаралды. Лазер сәулесінің дөңгелектеуінің диаметрі 500 мкм құрады, алайда материалды жоғары энергиямен өңдеу кезінде агрегаттану пайда болады, бұл түзілген тесіктердің мөлшерінің азаюына әкеледі.

15 Сурет мыс пластинаның маскасында диаметрі 300 мкм тесіктердің пайда болуын көрсетеді.



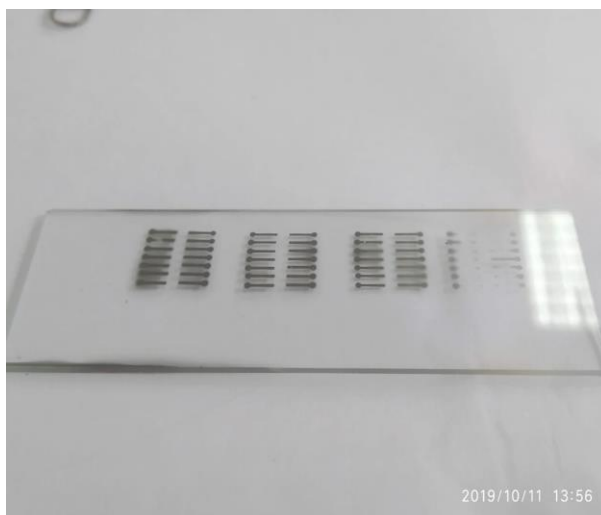
15 Сурет - Өткізгіш қабаттарды қондыруға арналған шаблондық маска

Мыстың өткізгіш қабаты магнетронды тозаңдату құрылғыдағы орналасқан маска арқылы шашыранды. Қабат шыны пластинасына қондырылды. Қондырылған қабаттың қалыңдығы 100-ден 600 нм-ге дейін өзгерді. Бүріккіш қабатты басқару процестің уақытына магнетронның тұрақты қуат параметрлерімен байланысты болды. Текстуриленген мыс фольгасынан жасалған шаблон тығыз байланысу үшін шыны пластинаның бетіне металл қыстырғыштармен бекітілді. Алынған құрылымның беттік морфологиясы және қалыңдығы атомдық күшейтпелі микроскоп көмегімен жартылай контактты режимде зерттелді.



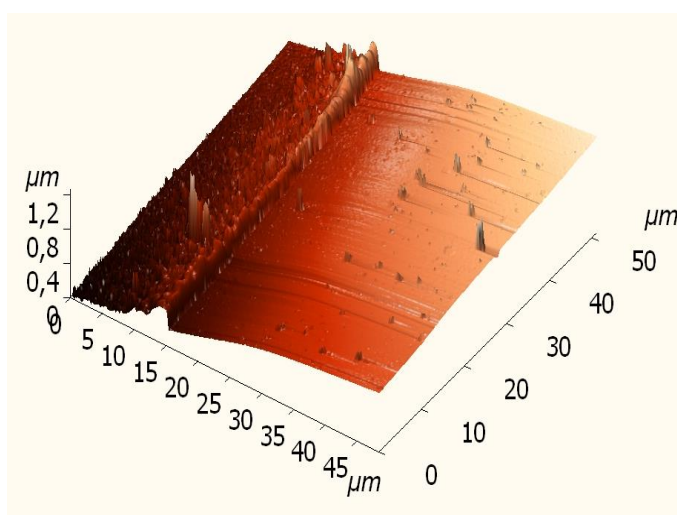
16 Сурет - Өткізгіш қабаттарын маска арқылы қондыру процесі

Магнетронды қондырғыда қондырылған үлгілердің түзілу жылдамдығы атомдық күштік микроскопия көмегімен анықталынды. 1 мин, 5 мин, 10 мин, 15 мин түзілген үлгілердің қабааттарының жұқа болуына байланысты қабат қалыңдығын анықтау мүмкін болмады.



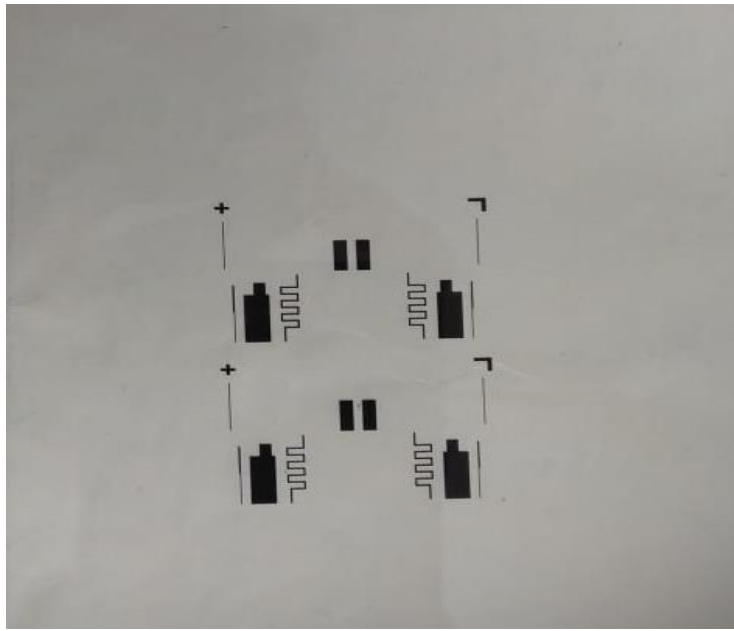
17 Сурет - 20 минут бойында шаблонды маска арқылы қондырылған мыс электродтарының суреті

Алынған үлгінің 20 минутта қондырылған үлгінің түзілу жылдамдығы анықталынды. Атомдық күштік микроскопия нәтижесі бойынша 40 мА тоқ әсерінде 20 мин қондырылған үлгінің қалыңдығы 400 нм құрады (18 Сурет). Сәйкесінше, 40 мА тоқ әсерінде минутына қалыңдығы 20 нм жұқа қабықша түзілетіндігі анықталынды.



18 Сурет - 20 мин қондырылған үлгі қалыңдығының атомдық күштік микроскопиялық суреті

19 суретте интегралды микрожүйелерде падаланатын жолақтардың үлгісі дайындалды. Алынған үлгі фотолитография процессінде пайдаланатын фотошаблон ретінде қолданысқа ие бола алады.



19 Сурет - Интегралды микрожүйелерде пайдаланатын трафореттің фотошаблоны

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс барысында жұқа қабыршақтарды алу әдістері, қолдану аясы, қасиеттері, құрылымы мен қолдану шарттары қарастырылды. Магнетронды әдіспен өткізгіш мыс жұқа қабаттары алынды. Таңдалынып алынған магнетрондық әдіспен мыс қабыршақтарын бірнеше уақыт аралықтарында тозаңдатылды.

Алынған үлгілерді зерттеу барысында СЭМ, АКМ, рентгендік дифракциялық талдаулар жүргізіп зерттелінді.

Сканерлеуші электронды микроскоп алынған үлгілердің барлық түрлері біркелкі тегіс бетті екендігін көрсетті.

Атомдық күштік микроскопия көмегімен магнетронды қондырғыда қондырылған қабаттың түзілу жылдамдығы анықталынды. 40 мА тоқ әсерінде минутына қалыңдығы 20 нм Si/W жұқа қабықшасы түзілгенін байқадық. Берілген уақыт бойынша параметрлердің ішінен 20 минутта қондырылған үлгіміз ең тиімді теген тұжырымға келдік. Себебі, 400 нм жұқа қабаттарды қолданылған әдістер қабаттың түзілгенін көрсетпеді. Болашақта 400 нм-ден жұқа қабаттарды анықтайтын әдістерді қолдану ойластырылуда.

Рентгендік дифракциялық талдау әдісімен зерттеу нәтижелері барлық үлгілерде де тозаңдату әдісімен өсірілген мыс қабыршақтарының уақытқа байланысты өзгеретіндігін көрсетті, яғни (111), (200) және (220) Си фазасына сәйкес келетін үш шыңы байқалды.

Лазерлі скрайбер көмегімен текстурленген шаблондар жасалып, магнетронды тозаңдату қондырғысында әртүрлі суреттері бар шыны пластинасында мыстан жасалған трафореттер алынды.

Алынған үлгілер, кіші құрылымды материалдардың воль-амперлік сипаттамаларын өлшеуге, әртүрлі жағдайларға пайдаланатын сенсорлардың өткізгіш электродтары ретінде пайдалануға келеді. Сонымен қатар, фотолитография процессінде қолданылатын фотошаблондар ретінде пайдалануға болады.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

АЖЖР-Аса жоғары жиілікті разряд

СЭМ - Сканерлеуші электронды микроскоп

АЖЖ - Аса жоғары жиілік

АКМ - Атомды күшті микроскоп

ИМС - Интегралды микро сызба

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Сайттағы электронды нұсқа:
https://studbooks.net/2351208/tehnika/ionno_plazmennye_metody_polucheniya_tonkih_plenok
- 2 Сайттағы электронды нұсқа: https://www.kazedu.kz/referat/107737/2_14
- 3 Сайттағы электронды нұсқа: <https://studfile.net/preview/2493747/page:4/>
- 4 Preparation and properties of amorphous TiO₂ thin films by plasma enhanced chemical vapor deposition / W.G. Lee [et al.] // Thin Solid Films. 2010. Vol. 237.P. 105-111.
- 5 Сайттағы электронды нұсқа: <https://studfile.net/preview/2493747/page:3/>
- 6 Сайттағы электронды нұсқа: <https://ru.wikipedia.org/>
- 7 Tannous, C. The Stoner-Wohlfarth model of ferromagnetism / C. Tannous and J.Gieraltowski // Eur. J. Phys. 2014. - V.29. - P. 475-487.
- 8 Сайттағы электронды нұсқа: <https://studfile.net/preview/2493747/page:8/>
- 9 Сайттағы электронды нұсқа: <https://plastinfo.ru/information/articles/45/>
- 10 Сайттағы электронды нұсқа: <https://bigenc.ru/chemistry/text/2207352>
- 11 Сайттағы электронды нұсқа:
https://mipt.ru/upload/medialibrary/53a/Lab_lithography.pdf

