ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.Ә.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

"Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика" кафедрасы

Бабатаева Таңшолпан Мамайқызы

Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондық Қасиеттерінің модификациялары

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Мамандық 5В072300 – Техникалық физика

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«МНжИФ»
кафедра
меңгерушісі т.ғ.к.
_____ У.К. Какимов

«03» маусым 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС (ЖОБА)

«Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондыққасиеттерінің модификациялары»

5В071000 – «Техникалық физика» мамандығы

Орындаған Бабатаева Таңшолпан

Пікір беруші:
Кіші ғылыми қызметкер,ф-м.ғ.к.
_____Кудайбергенов.К.К

«31» мамыр 2022 ж.

Ғылыми жетекшісі:
PhD доктор
_____Манабаев.Н.К

«31» мамыр 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

5В072300 – «Техникалық физика» мамандығы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«МНжИФ»
кафедра
меңгерушісі т.ғ.к.
_____ У.К. Какимов

«03» маусым 2022 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Бабатаева Таңшолпан
Тақырыбы: «Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондыққасиеттерінің модификациялары»
Университет ректорының «12» қаңтар 2022 ж. №762-б бұйырығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 6 » маусым 2022 ж.
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1)Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектер , 2) Гидрогенизделген көміртектерді алу жолдары ,

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер:
а) Көміртектердің құрылымы , қасиеттері , қолдану аясы
б)Көміртекті қабықшаларды синтездеу әдістері
в)Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектерді алу(олардың электрондық қасиеттері)
Ұсынылған негізгі әдебиет атаулары: Сокол О.Ю., Ивановский Г.Ф., Слепцов В.В., Елинсон В.М., Герасимович С.С. Пленки а–С:Н: размер графитных кластеров и электропроводность/ Микроэлектроника – 1990, №1, с.103-105.

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдер	Ескертулер
Әдеби шолу	23.01.2022 - 28.01.2022	
Тәжірибелік бөлім	02.03.2022 – 07.03.2022	
Дипломдық жұмысты алдын – ала қорғау	23.05.2022	

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

Бөлім атауы	**Кеңесшілер, (ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қойылған күні**	**Қолы**
Әдеби шолу	Манабаев.Н.К ,PhD докторы	31.05.22	
Тәжірибелік жұмыстар	Манабаев .Н.К,PhD Докторы	31.05.22	
Нормоконтролер	А.Б. Телешева , PhD докторы	03.06.22	

Ғылыми жетекші _____ Манабаев.Н.К

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Бабатаева.Т.М

Күні «31» 05. 2022 ж

АҢДАТПА

Бұл жұмыс A-C:H<Pt> платинасының нанокласттарымен модификацияланған аморфты гидрогенизацияланған алмаз тәріздес көміртек пленкалары негізіндегі наноматериалдардың құрылымы мен электрондық қасиеттерін зерттеуге арналған.

Жаңа қасиеттері бар наноматериалдарды алудың сәтті бағыттарының бірі алмаз тәрізді көміртекті ортаны пайдалану болып табылады. Көміртек-бұл әр түрлі электронды конфигурациялармен байланыс жасау қабілеті бар ерекше зат: sp, sp2 және sp3, және оның негізінде алмаздан полимерлі көміртегі мен графитке дейінгі әртүрлі қасиеттері бар бірқатар кристалды және кристалды емес қатты заттарды түзе алады . Қазіргі материалтану ғылымында аморфты алмаз тәрізді гидрогенделген көміртегі (A-C:H) пленкалар(қабықшалар) зерттеушілердің ерекше қызығушылығын тудырады. Бұл осы пленкалардың бірқатар ерекше механикалық және электронды қасиеттеріне байланысты.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию структуры и электронных свойств наноматериалов на основе аморфных гидрогенизированных алмазоподобных углеродов, модифицированных нанокластерами платины a-C:H<Pt>.

Одним из самых перспективных направлений получения наноматериалов с уникальными свойствами представляется использование алмазоподобных углеродных сред. Углерод является уникальным веществом из-за его способности образовывать связи с разнообразными электронными конфигурациями: sp, sp^2 и sp^3, и на основе этого может реализововать ряд кристаллических и некристаллических твердых тел с многими свойствами – от алмаза до полимерного углерода и графита. В современном материаловедении особый интерес исследователей вызывают пленки аморфного алмазоподобного гидрогенизированного углерода (a-C:H). Это обусловлено рядом уникальных механических и электронных свойств этих пленок.

ANNOTATION

This work is devoted to the study of the structure and electronic properties of nanomaterials based on amorphous hydrogenated diamond-like carbon films modified with platinum a-C:H nanoclusters. One of the promising directions for obtaining nanomaterials with new properties is the use of diamond-like carbon media.

Carbon is a unique substance because of its ability to form bonds with various electronic configurations: sp, sp^2 and sp^3, and on its basis a number of crystalline and non-crystalline solids with various properties are realized – from diamond to polymer carbon and graphite. In modern materials science, researchers are particularly interested in tapesof amorphous diamond-like hydrogenated carbon (a-C:H). This is due to a number of unique mechanical and electronic properties of these tapes.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	6
1	КӨМІРТЕКТІҢ ЖАЛПЫ ҚАСИЕТТЕРІ	7
1.1	Көміртектің аллотропиялық модификациялары	7
1.2	Көміртекті қабықшаларды синтездеу әдістері	12
2	<Pt> МЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН a-C:H АЛМАЗТӘРІЗДЕС КӨМІРТЕКТІ ПЛЕНКАЛАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ	17
2.1	<Pt> мен модификацияланған қабықшалардың құрамы және морфологиясы.	20
3	.<Pt> МЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ҚАБЫҚШАЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ	22
3.1	Тұндыру температурасының a-C:H қабықшасының электрондық қасиеттеріне әсері	24
3.2	a-C:H <Pt> қабықшасының оптикалық қасиеттері	25
3.3	a-C:H<Pt> қабықшасының электрлік қасиеттері	28
	ҚОРЫТЫНДЫ	30
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	32

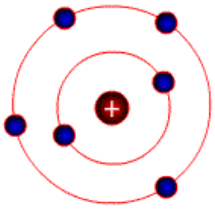
КІРІСПЕ

Платина нанокластерлері бар алмаз тәріздес көміртектің аморфты қабықшаларының электронды қасиеттері бойынша алынған нәтижелер жаңа сызықтық емес қасиеттері бар наноматериалдардағы электронды процестер физикасының дамуы үшін жаңа және маңызды. A-C:H<Pt> пленкаларының электрлік және оптикалық қасиеттерін құрылымдық және қоспалық модификациялау арқылы кең ауқымда тиімді басқару мүмкіндігі көрсетілген. Плазмалық резонанстық сіңіру әсері бар платина нанокласттарымен модификацияланған A-C:H пленкалары пикосекунд диапазонының оптикалық қосқыштарында, сондай-ақ ауа-сутегі отын элементтерінде практикалық қолдану үшін перспективті болып табылады.

1 КӨМІРТЕКТІ ҚҰРЫЛЫМДАР МЕН ПЛЕНКАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ

1.1 Көміртектің аллотропиялық модификациялары(түрлері)

Көміртек (С)– периодтық кестенің алтыншы элементі, атомдық салмағы 12. Элемент бейметалдарға жатады және 14С изотопы бар.көміртек атомының құрылымы барлық органикалық химияның негізінде жатыр, өйткені барлық органикалық заттарға көміртек молекулалары кіреді. Элемент металдармен, бейметалдармен, қышқылдармен, оттегімен, оксидтермен әрекеттеседі.
Менделеев кестесіне сүйенсек , көміртек элементінің атомының құрылымы алты электрон орналасқан екі қабықты қамтиды деп қорытынды жасауға болады. Органикалық заттардың құрамына кіретін көміртектің валенттілігі тұрақты және IV-ге тең. Бұл сыртқы электронды деңгейде төрт электрон, ал ішкі деңгейде екі электрон бар дегенді білдіреді(1 Сурет).



1 Сурет - Көміртектің атомдық құрылымы.[1]

Төрт электронның екеуі сфералық 2s орбитальды алады, ал қалған екеуі гантель түрінде 2р орбитальды алады. Қозған күйде 2s орбитальдары бар бір электрон 2р орбитальдарының біріне өтеді. Электрон бір орбитальдан екіншісіне ауысқан кезде энергия жұмсалады.[2]

Көміртек[3]

Sp^3-гибридизациясы	Sp-гибридизациясы	Sp^2-гибридизациясы
Алмаз	Карбон	Графит
Кубтық гексональдық Гексогональды,ромбоэдрлық.		Альфа-карбин,бета-Карбин ,чаоит(минерал)

Көміртек қалыпты жағдайда химиялық инертті. . Көміртек табиғатта тау жыныстары түрінде кездеседі. Көміртектің бірнеше аллотропты модификациялары белгілі:графит;алмаз;карбин;көмір;күйе.

Барлық осы заттар кристалдық тордың құрылымында ерекшеленеді.өміртектің едәуір мөлшері жанғыш қазбаларда (табиғи газ, мұнай, көмір, тақтатас), құрамында көміртегі бар минералдарда (кальцит, арагонит, доломит және т.б.) кездеседі. Табиғаттағы көміртегі айналымына өсімдіктер,

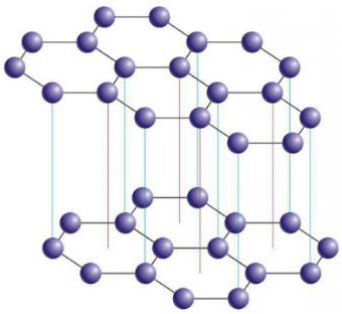
жануарлар, адамдар, жанғыш қазбалар, жанбайтын минералдар, атмосфераның көмірқышқыл газы қатысады.

Көміртек атомдары кез-келген ұзындықтағы және әртүрлі тармақталған "көміртек-көміртек" түріндегі тізбектерді құра алады; бұл тізбектер сақиналарға жабылуы мүмкін (көмірсутектердің циклдік түрлері). . Қазіргі уақытта бірнеше миллион органикалық қосылыстар белгілі; жер бетіндегі барлық тіршілік көміртегі негізінде салынған. Көміртегі қосылыстары (көмірсулар, ақуыздар, майлар, ДНҚ және РНҚ, гормондар, Амин және карбон қышқылдары) дененің барлық тіндерін құруға, жануарлар мен өсімдіктердің тіршілігін қамтамасыз етуге қатысады.[4]

Графен-қалыңдығы бір атом болатын көміртек атомдарының қабатынан түзілген көміртектің екі өлшемді аллотропты модификациясы,құрылымы (2 Суретте) көрсетілген. Көміртек атомдары sp2 будандастыруда болады және σ және π байланыстар арқылы алтыбұрышты екі өлшемді Кристалл торына қосылады. Оны көлемді кристалдан бөлінген қабатты графиттің бір жазықтығы ретінде елестетуге болады. Графеннің үлкен механикалық қаттылығыжәне рекордтық жылу өткізгіштігі бар. Барлық белгілі материалдар арасында максималды болатын заряд тасымалдаушылардың жоғары қозғалғыштығы (қалыңдығы бірдей) оны әр түрлі қосымшаларда қолдануға болатын перспективалы материал етеді, атап айтқанда наноэлектрониканың болашақ негізі және интегралды схемалардағы кремнийді ауыстыру мүмкіндігі өте жоғары.

Қазіргі уақытта ғылыми зертханалар жағдайында графен алудың бір әдісі жоғары бағытталған пиролитикалық графиттен графит қабаттарын механикалық бөлуге немесе қабыршақтауға негізделген. Бұл тасымалдаушылардың жоғары қозғалғыштығы бар жоғары сапалы үлгілерді алуға мүмкіндік береді. Бұл әдіс масштабты өндірісті қолдануды білдірмейді, өйткені бұл қолмен жасалатын процедура. Басқа белгілі әдістер — кремний карбиді субстратының термиялық ыдырау әдісі және газ фазасынан химиялық тұндыру -өнеркәсіптік өндіріске әлдеқайда жақын. 2010 жылдан бастап соңғы әдіспен өсірілген метрлік графен парақтары бар.

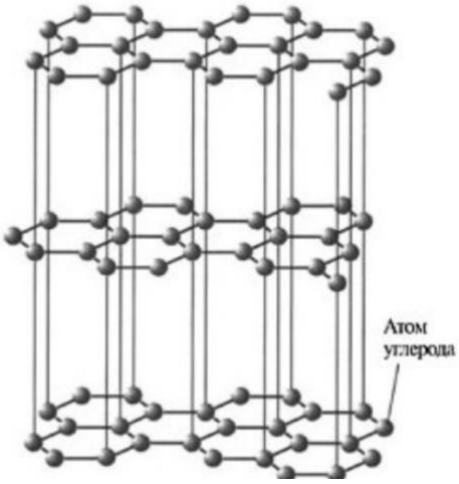
Тасымалдаушылардың энергетикалық спектрінің ерекшеліктеріне байланысты графен басқа екі өлшемді жүйелерден айырмашылығы электрофизикалық қасиеттерге ие. Графен алғашқы алынған қарапайым екі өлшемді кристалл болды, бірақ кейіннен силицен, фосфорен, германеннің басқа материалдары алынды.[5]



2 Сурет- Егер бір қабатын бөліп алсақ графенді ала аламыз.[6]

Графит (грек. жазу) - бұл табиғи элементтер класына жататын табиғи материал, көміртектің аллотропты модификациясы.Графит құрылымы (3 Суретте) көрсетілген.Ол графен қабаттарынан тұрады .. Графиттің кристалды торының әр қабаты политиптерді қалыптастыру үшін бір-біріне қатысты әр түрлі орналасуы мүмкін. Графит өзінің қолданылуын өндірістік және өнеркәсіптік қызметте табады.

Графит химиялық және табиғи әсерлерге төзімді, ол өте берік, электр тогын жақсы өткізеді, төмен қаттылықпен, салыстырмалы жұмсақтықпен сипатталады, жоғары температура әсерінен кейін қатаяды. Тығыздығы 2.23 г / см3. Графиттің металл жылтырлығы және Қою сұр түсі бар. Бұл минералдың жылу өткізгіштігі өте үлкен, сондықтан ол электр жабдықтарының компоненттерін жасау үшін қолданылады.



3 Сурет- Графиттің кристалдық құрылымы.[8]

Құрылымның өзіндік ерекшеліктері бар. Көміртек атомдары ковалентті байланысқан. Табиғи минералдың екі модификациясы бар:

α-графит (алтыбұрышты).Бұл модификацияда әр қабаттың атомдарының жартысы алтыбұрыштың астында және үстінде орналасқан.

β-графит (ромбоэдрлік).Графиттің бұл модификациясында атомдардың әрбір төртінші қабаты біріншісін қайталайды. Табиғатта ол таза түрінде байқалмайды. 2500-3300°К температурада ромбоэдрлік графит толығымен алтыбұрышты графитке өтеді. Табиғи материал алтыбұрышты түйіндерде ыңғайлы көрінеді.[7]

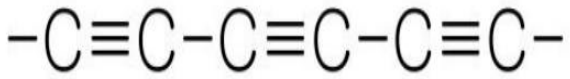
Карбин-көміртек атомдарының sp-будандастыруына негізделген көміртектің аллотропты түрі, сызықтық көміртек полимері. Үш және бір байланысы бар –C≡C–C≡C– (полииналық құрылым, α-карбин) немесе тұрақты Қос жинақталған байланыс =C=C=C=C= C = (поликумулендік құрылым, β-карбин) бар көміртек фрагменттерінен тұрады.Соғын байланысты 2 түрге бөлінеді (4,5 Суреттерде көрсетілген).

Карбин жіп түрінде сызықты болуы немесе циклдік құрылымдар түзуі мүмкін.Карбин-қара түсті ұсақ кристалды ұнтақ. Оның тығыздығы 1,9-2 г/см3, Янг модулі 32,7 ТПа , бұл алмазға қарағанда қырық есе көп.60-шы жылдардың басында кеңестік химиктер Ю. П. Кудрявцев, А. М. Сладков,В. И. Касаточкин және В. В. Коршак жасанды жолмен алған.Кейіннен табиғатта табиғи материалдардағы қосындылар ретінде табылды: графит,чаоит, метеорит.Карбин-көміртектің аллотропты түрі, Гауһар, графит, графен, көміртекті нанотүтікшелер, фуллерен.

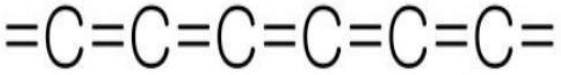
Артықшылықтары мен қасиеттері:

- жартылай өткізгіш қасиеттері бар. Жарықтың әсерінен карбиннің өткізгіш қасиеттері күрт артады, бұл оны фотокеллаларда қолдануға мүмкіндік береді. Басқа материалдардан айырмашылығы, карбин бұл қасиеттерді жоғары температурада да сақтайды-500 °C дейін,
- ауа қол жетімсіз қатты қызған кезде графитке айналады,
- жоғары биологиялық үйлесімділік және уытты емес,
- барлық белгілі материалдардың ішіндегі ең мықтысы.[9]

Қолданылу аясы.



4 Сурет-Карбиннің сызықтық формасы (полиендік :Альфа карбин)[10]

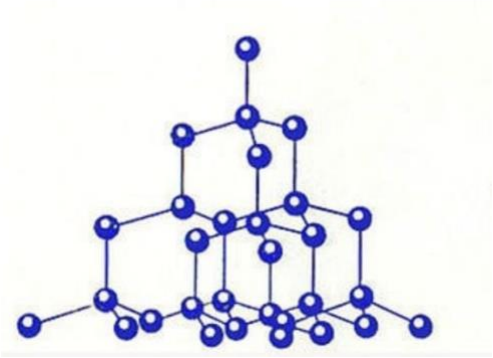


5 Сурет-Карбиннің сызықтық формасы(поликумулендік :Бета карбин)[10]

Алмаз-ең қатты минерал, жоғары қысымға төзімді көміртектің (C) кубтық полиморфты(аллотропты) модификациясы. Атмосфералық қысым мен бөлме температурасында метастабильді, бірақ бұл жағдайда тұрақты графитке айналмай шексіз өмір сүре алады. Вакуумда немесе инертті газда жоғары температурада ол біртіндеп графитке айналады.

Алмаз сингониясы-текше, . алмаздың кристалды торының элементар жасушасы-бұл бетке бағытталған текше, онда көміртек атомдары тақтайша түрінде орналасқан төрт секторда орналасқан(6 Сурет).Әйтпесе, алмаз

құрылымын текшенің негізгі диагоналі бойымен ұзындығының төрттен біріне ығыстырылған екі текше бетке бағытталған тор ретінде елестетуге болады. Алмазға ұқсас құрылым кремнийде, қалайы мен басқа да қарапайым заттардың төмен температуралық модификациясында орнатылған.Алмаз кристалдарында әрдайым кристалл құрылымының әртүрлі ақаулары болады (нүктелік, сызықтық ақаулар, қосындылар, субсереналардың шекаралары және т.б.). Мұндай ақаулар көбінесе кристалдардың физикалық қасиеттерін анықтайды.



6 Сурет-Алмаздың кристаллдық құрылымы.

Алмаз түссіз мөлдір немесе сары, қоңыр, қызыл, көк, жасыл, қара, сұр түрлі реңктерде боялған болуы мүмкін.

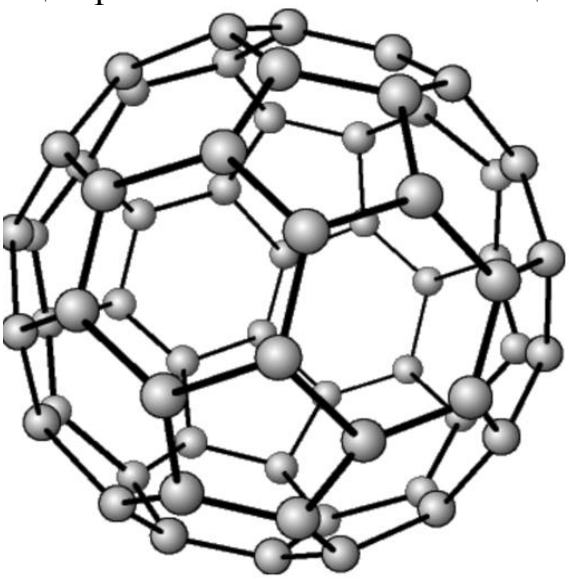
Түстің таралуы көбінесе біркелкі емес, дақ немесе аймақтық. Рентген, катод және ультракүлгін сәулелердің әсерінен гауһарлардың көпшілігі көк, жасыл, қызғылт және басқа түстермен жарқырай бастайды (люминесцентті). Ол өте жоғары жарық сынуымен сипатталады. Сыну көрсеткіші (2,417-ден 2,421-ге дейін) және қатты дисперсия (0,0574) жарқын жылтырды және гауһар деп аталатын кесілген зергерлік гауһарлардың түрлі-түсті "ойынын" тудырады. Жылтырлығы күшті, гауһардан майға дейін.Тығыздығы 3,5 г / см^3. Мох шкаласы бойынша алмаздың салыстырмалы қаттылығы 10, ал абсолютті — кварцтың қаттылығынан 1000 есе және корундтан 150 есе жоғары. Бұл барлық табиғи және жасанды материалдар арасында ең жоғары. Сонымен қатар, ол өте нәзік, оңай бөлінеді. Сынған қабық. Қышқылдармен және сілтілермен тотықтырғыштар болмаған кезде өзара әрекеттеспейді.

Ауада алмаз 850°C температурада CO_2 түзеді; вакуумда 1500°C-тан жоғары температурада графитке өтеді.

Жақсы кристалдар кесіліп, зергерлік бұйымдарда қолданылады. Алынған Гауһардың шамамен 15% - ы зергерлік бұйымдар болып саналады, тағы 45% - ы зергерлік маңында қолданылады, яғни өлшемі, түсі немесе тазалығы бойынша зергерлік бұйымдардан төмен. Қазіргі уақытта алмазды өндірудің жалпы әлемдік көлемі жылына шамамен 130 миллион каратты құрайды.[11]

Фуллерен-тек көміртек атомдарынан тұратын,12 пентагон мен бірнеше алтыбұрыштың жақтауын құрайтын нақты молекулалар тобы(7 Сурет). Бұл қосылыстар геодезиялық конструкциялар осы принцип бойынша салынған инженер және дизайнер Р. Бакминстер Фуллер өз атауын береді. Фуллерен (оны кейде бакминстерфуллерен деп атайды), онда көміртегі атомдары футбол

допына ұқсайтын поледрон түзеді. С70 және С84 фуллерендері де белгілі. Фуллерен С60 гелий атмосферасында графиттің булануы арқылы алынады. Бұл жағдайда құрамында 10% көміртегі бар ұсақ дисперсті, күйе тәрізді ұнтақ пайда болады; бензолда еріген кезде ұнтақ қызыл ерітінді береді, одан С60 кристалдары өсіріледі. Фуллерендер ерекше химиялық және физикалық қасиеттерге ие. Сонымен, жоғары қысым кезінде С60 алмаз сияқты қатты болады. Оның молекулалары кристалды құрылымды құрайды, олар тегіс шарлардан тұрады, олар бетке бағытталған текше торында еркін айналады. Осы қасиеттің арқасында С60-ны қатты майлау ретінде пайдалануға болады. Фуллерендер сонымен қатар магниттік және өткізгіш қасиеттерге ие.[12]



7 сурет-Фуллерен С60.[12]

1.2 Көміртекті пленкаларды синтездеу әдістері

А–С:Н пленкаларының физикалық қасиеттері мыналарға байланысты кең ауқымда өзгереді: 1) sp2– және sp3–будандастырумен байланыс құрамының қатынасы[13-18] және 2) сутегі атомдарының саны. [19] Бұл механикалық, диэлектрлік және оптикалық қасиеттері алмазға жақын немесе өткізгіш қасиеттері бар а–с пленкаларын алуға мүмкіндік береді.[19-20] Сондай–ақ, А-С пленкаларын алу:Н бетінде осындай көміртегі қабаты синтезделетін затты жоғары температураға дейін (300°С-тан астам) қыздыруды қажет етпейді[21-23]. Сондықтан А–С:Н пленкасын алу басқа көміртегі құрылымдарын синтездеуге қарағанда қарапайым, мысалы, алмаз және графит қабықшалары және суық беттерде көміртек қабаттарын алуға мүмкіндік береді.

Ғылыми-техникалық әдебиеттерде көміртекті пленкаларды алудың әртүрлі әдістерін зерттеуге арналған көптеген басылымдар бар. Көміртекті пленка құрылымдарын тұндыру үшін әртүрлі көміртегі бар компоненттері бар қоспалар (CH_4, C_2H_2, CO, CO_2, C_3H_8, CH_3ON, C_2H_5ON, CH_3CN, CF_4, CCI_4 және басқалары) және әртүрлі материалдардан жасалған субстрат қолданылады. Қоспадағы көміртегі, оттегі және сутегі компоненттерінің қатынасына байланысты не тұндырылуы мүмкін. Онда жалғыз және қос байланыс арқылы байланысқан 60 көміртек атомы 20 алтыбұрыш пен 12 бесбұрыштың көпбұрышын құрайды. Бұл көміртектің үшінші аллотропты формасы (алғашқы екеуі - алмаз және графит).

Онда алмазды емес типтегі көміртекті материалдардың, алмаздың (моно- және көбінесе поликристалды пленкалардың) және Алмаз тәрізді (Алмаз sp3 байланыстары көп аморфты көміртекті пленкалардың) пленкалардың тұнбасы қандай бастапқы С/Н/О қоспаларында жүзеге асырылатындығын немесе жауын-шашынның болмайтынын көрсететін эксперименттік нәтижелер мен бақылаулар жүйеленген. Алайда, бұл үшбұрышта көміртегі материалдарының тұндыру шарттары ескерілмеген: қысым, температура және т. б.

Көміртекті пленкаларды алудың қазіргі кездегі ионды-плазмалық әдістері алынған көміртекті құрылымдардың ауқымын және осы құрылымдарды қамтитын көміртекті пленкалардың қасиеттерін, сондай-ақ плазма түзетін қоспаның құрамын өзгерту арқылы олардың беткі сипаттамаларын (заряд, рельеф және бет құрамы) едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді[24-30]. Газ фазасынан тұндыру әдістері кез-келген қалыңдықтағы қабаттарды, 1 нм - ге дейін қалыптастыруға, молекулаларында SP3 -, sp2-және sp-будандастырылған көміртегі орбиталдары бар бастапқы заттарды қолдануға, радиациялық егуді жүргізуге, тотықтырғыш заттарды енгізуге , және азайту қоспалары, о, Н, F атомдарын көміртегі қабықшаларының құрылымына енгізу, әртүрлі фазалық құрамдағы көміртегі қабықшалары негізінде көп қабатты құрылымдар қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Газ фазасынан көміртегі қабықтарын тұндыру кезінде өсу процесі өсіп келе жатқан пленканың бетін әртүрлі энергия иондарымен сәулелендіру арқылы қамтамасыз етіледі[31-33].Көмірсутек қосылыстарынан алынған көміртегі

жабындары екі негізгі топқа бөлінеді: құрамында сутегі жоқ көміртегі қабықшалары (A–C) және құрамында сутегі бар (A–C:H). Қабықшада сутектің болуы немесе болмауы жабын алу әдісіне байланысты.

Көп жағдайда таза көміртегі қабықтарын тұндыру үшін графит немесе басқа көміртегі бар нысана қолданылады, ол инертті газ иондарымен немесе лазер сәулесімен шашыратылады .[31-34]

Мақсатты шашыратуға арналған ең көп таралған құрылғылардың бірі-магнетрон. 4х10-2 Па қысымда тұрақты ток разрядының немесе разрядының жоғарңы жиілікті жағдайларында Нысананы магнит өрісіне шашу үшін инертті газ иондарын пайдалана отырып, шамамен 2.5 нм/мин тұндыру жылдамдығымен көміртегі қабаттарын алуға болады.

Мақсатты бүрку иондық көзді қолдана отырып жүргізілуі мүмкін, тұндыру жылдамдығы 2.5 нм/мин-ге жетеді, ал процестің жұмыс қысымы 6х10-2 Па құрайды. Инертті газ иондарымен өсіп келе жатқан қабатты экспонаттау үшін қосымша иондық көзді қолдана отырып, жоғарыда аталған әдістер үшін A–C көміртегі қабықшаларындағы sp3-будандастырумен фазаның құрамын арттыруға болады .[35]

Газ фазасынан лазермен индукцияланған физикалық тұндыру әдісі 10^-2 Па төмен қысымда және 200-300 С° субстрат температурасында атомды сутегі болмаған кезде алмаз тәрізді көміртегі қабықтарын тұндыру процесін жүргізуге мүмкіндік береді. Тұндыруимпульсті лазердің сәуле шашатын көміртегі нысанасынан белгілі бір қашықтықта орналасқан субстратта болады, тұндыру жылдамдығы 30 нс бір импульске 0.05 нм-ге жетеді және жиілігі 10 Гц.[36]

Бұл әдісті қолдану басқа тұндыру әдістеріне қарағанда алмазға тән байланыстардың көбірек пайызын көрсетті[37].Бұл жағдайда көміртегі пленкаларының Алмаз тәрізді сипаты 80 эВ–тан асатын кинетикалық энергиясы бар бөлшектерді қолдану арқылы алынды, онда көміртектің sp2 байланысымен басым өңделуі мүмкін.

Бұл әдістің басты кемшілігі алмазтәріздес қабықшаларды тұндыру үшін қажет лазерлі сәуленің қуаты артқанда байқалады, класстерлердің өлшемі күрт артуы сіңіру және шашырау шығындарының артуына әкеліп соғады,ал бұл алынған қабықшаларды оптикалық жабындар ретінде қолданудың азаюуына алып келеді[38].Көп қолданысқа ие ионды сәулелік тұндыру әдістерінің бірі моноэнергетикалық иондардың қатысуымен жүретін селективті ионды сәулелік әдіс болып табылады.[39]Бұл жағдайда иондық ағынның ішінен магниттік фильтр арқылы нейратлды бөлекштер мен басқа энергиялық сипаттамалары бар иондар алынып тасталыднады. a-C соңғы қабықшасы аз мөлшерде сутегі бар sp3 фазасының жоғарғы құрамына ие болады.

Сутегі бар жұмыс газы немесе оның сутегі қоспалары бар[40,41] иондық көзді қолдану a–C:H типті пленкаларды алуға мүмкіндік береді, магнетронды нысананы инертті газ бен сутегі бар реагент қоспасымен бүрку үшін қолдану осындай пленкаларды синтездеуге мүмкіндік береді.[42]Алайда, оларды осы әдістерді қолдана отырып, үлкен және конфигурациясы күрделі беттерге қолдану үшін үлгілердің қозғалысын қамтамасыз ету қажет.

Құрамында сутегі бар көміртекті A–C: H қабықтарын газ фазасынан тұндырудың келесі әдістері арқылы алуға болады:эмиссиялық электрондардың газ молекулаларымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болған электрондар мен плазма иондарымен қоздырылған ыстық жіп арқылы, сондай-ақ ион-сәуле әдісімен тұндырылған жіп арқылы химиялық тасымалдау реакциясы әдісі, газ фазасынан химиялық тұндыру (ГФХТ)

Химиялық тасымалдау реакциясы әдісімен алғашқы гомоэпитаксиалды Алмаз қабыршақтары өсірілді .[43].Процесс көмірсутектердің термиялық ыдырауы арқылы төмен қысыммен жүргізілді. Бастапқыда бұл әдіс төмен өсу қарқынына (~0,1 нм/мин) және түзілген қабатта графит фракциясының пайда болуына байланысты кең қолданылмады. Алайда, Атомарлы сутегінің синтез процесінде маңызды рөл атқаратындығы ашылғаннан кейін, төмен қысымда алмаз өсіруге деген қызығушылық арта бастады. Атом сутегі қабықшаларының өсу селективтілігін қолдайтыны белгілі болды. Графитті сутекпен өңдеу жылдамдығы температура диапазонында алмазға қарағанда әлдеқайда жоғары. Сонымен қатар, сутектің болуы алмаз қабықшасының өсуіне каталитикалық әсер етеді. Көмірсутекті Алмаз тәрізді қабықшаларды алу үшін бұл әдіс төмен жылдамдық пен жоғары температураның әсерінен өте сирек қолданылады.

Ыстық жіп әдісі .[34,44]]Атом сутегінің түзілуін жақсартуға мүмкіндік берді. Ол үшін реакторға 2100 C° дейін қыздырылған спираль енгізілді, ол арқылы метан мен сутегі қоспасы 6.5 – 13 кПа қысыммен өтті Қоспадағы метанның мөлшері 10-20% болды. Нәтижесінде сутегі молекулалары Атом сутегіне ыдырап, бір уақытта метан молекулалары іске қосылды. Көміртекті пленканың біркелкілігі ағынның динамикасына және белсенді бөлшектердің субстратқа берілуіне байланысты, 800 - 1000°C дейін қызады және ағынның соңында спиральдан 1 см қашықтықта орналасқан. Бұл әдістің басты кемшілігі-алынған көміртегі қабатын спираль материалымен ластау, дегенмен бұл әдіс зертханалық зерттеулерде қолданылады.

Пленкалардың өсу қарқынын арттыру үшін ыстық жіп әдісі өзгертіліп, электрондармен қоздырылған тұндыру әдісі деп аталды .[45]Субстратқа оң қосымша кернеу (шамамен 100 В) берілді, соның арқасында өсіп келе жатқан пленка электрондармен өңделді. Тұндыру жылдамдығы 80-160 нм/мин-ге дейін өсті, бірақ пленкалар бетінің кедір-бұдырының жоғары деңгейімен алынды. Бұл бұл әдісті ыстық жіп әдісін тұрақты ток кезіндегі ГФХТ әдісімен біріктіру ретінде қарастыруға болады .[46]

A–C:H аморфты қабаттарын алу үшін плазмалық ортадағы органикалық қосылыстардың ыдырау әдісі шамамен 30 жыл бұрын назар аударды. Плазманы қоздырудың алғашқы әдістерінің бірі микротолқынды разряд болды .[47]Бұл әдістің одан әрі дамуы магнит өрісінің қатысуымен плазманы қоздыру микротолқынды әдісі болып табылады .[48] Бұл жағдайда магниттік және электр өрістерінің қатынасы электронды циклотронды резонанс жағдайын қанағаттандыратындай етіп таңдалды.

Жоғарғы жиілікті плазмасында (13,56 және 27,12 МГц) газ фазасынан көміртегі бар пленкаларды тұндыру әдістері кеңінен қолданылады. Мұндай

құрылғылардың қарапайым өкілі-электродтардың бірі бір уақытта субстрат ұстаушы болып табылатын электродты жж жүйесі . [49]Пайдаланылған схема оңай масштабталады, бірақ күрделі геометрияның өткізгіш емес үлгілерін өңдеу үшін қолдану қиын. Бұл жетіспеушіліктен разрядтың көлемді сипаты бар жж жүйесі айырылады. Құрамында көміртегі бар пленкаларды тұндыру магнетронды реакторларда да жүргізілуі мүмкін .[50]Реактор-бұл магнит өрісінде орналасқан жерге тұйықталған вакуумдық камера, оған субстрат ұстаушы болып табылатын RF салқындатылған электрод орналастырылған. Реактордағы магнит өрісі электр өрісіне перпендикуляр болуы керек. Жж және микротолқынды әдістердің артықшылықтарын біріктіруге тырысу қос ЖЖ-микротолқынды разрядты қолдануға әкелді.[51]Бұл жағдайда пленкалардың өсу процесінде микротолқынды разряд маңызды рөл атқарады, ал жж кернеуі субстратқа қолданылады. Бұл, бір жағынан, плазма көлеміндегі жоғары тиімді реакциялардан барлық артықшылықтарды алуға мүмкіндік береді, ал екінші жағынан, өсіп келе жатқан қабатты бомбалайтын иондардың энергиясы мен ағынын тәуелсіз бақылауға мүмкіндік береді.

Тұрақты ток разрядты плазмамен ынталандырылған ХОГФ әдісі жоғары өсу жылдамдығы – 300 нм/мин дейін пленкаларды алуға мүмкіндік береді [52]. 500 - 1000 В тұрақты кернеу екі электродқа қолданылады, олардың біреуі субстрат ұстаушы болып табылады және теріс потенциалға ие. Плазма түзетін газдың қысымы 0,1-0,3 Па құрайды. Жж плазмасында алынған үлдірмен салыстырғанда көміртегі бар қабаттарда ішкі кернеулер аз болады.[53]

Плазма түзілу аймағын плазмамен ынталандырылған хогф әдісіндегі субстраттан бөліп алу және оны сәулелендіретін иондардың энергиясын бақылау әрекеті плазмалық-сәулелік жауын-шашын әдісінің пайда болуына әкелді.[54] Плазманың жоғары концентрациясына байланысты (10^{10} - 10^{13}см$^{-3}$), разрядтың көлемдік сипаты, төмен қысым (10^{-4}-10^{-2} Па) және разряд тогының жоғары тығыздығы (10 - 100 мА/см^2) жұмыс газының жоғары диссоциациялануына және иондалуына, демек, жұмыс ортасындағы қоспалардың төмен концентрациясына қол жеткізді.[55]

Осылайша, қазіргі уақытта көміртекті пленкалы құрылымдарды өндірудің иондық плазмалық әдістерінің алуан түрлілігі бар.

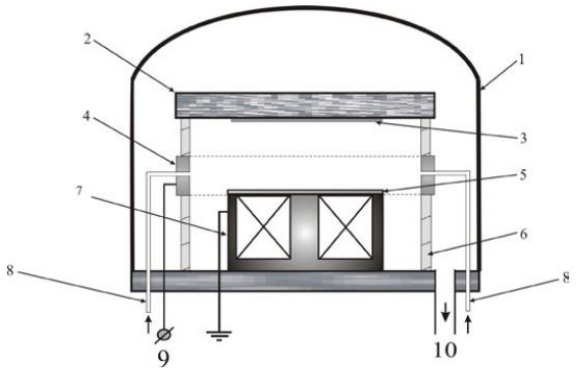
Бұл әдістерде қолданылатын жалпы процесс-қарапайым көмірсутектер молекулаларының плазмохимиялық ыдырауы және субстратта оң иондар түрінде плазмохимиялық реакциялар өнімдерінің тұнбасы. Әдістердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар: жабынның өсу қарқыны; субстраттың температурасы; қажетті қасиеттері бар белгілі бір көміртегі құрылымын алу мүмкіндігі. Сондықтан белгілі бір әдістерді қолдану көміртекті жабынға қойылатын талаптарға байланысты: өткізгіштік, оқшаулау қасиеттері, қаттылық, механикалық беріктік, мөлдірлік және т. б.[56]

2 <Pt> МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН АМОРФТЫ АЛМАЗ ТӘРІЗДІ КӨМІРТЕКТІ a-C:H ПЛЕНКАЛАРДЫ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Зерттеу нысандары платина қоспасымен өзгертілген аморфты алмаз тәрізді A-C:H көміртегінің жұқа қабықшалары болды: A-C:H<Pt>. Пленкалар аргон-сутегі атмосферасында иондық плазмалық магнетронды шашырату арқылы алынды.

Бүрку процесі-бұл атомдар нысана материалының бетін жеткілікті жоғары энергиялы иондармен бомбалау нәтижесінде қалдыратын процесс. Сонымен қатар, осы анықтамаға сүйене отырып, шашыратуды маринадтау процесі ретінде қарастыруға болады және бетті тазарту және профильдеу үшін қолданылады. Бүрку кезінде мақсатты материалды алып тастау және тасымалдау жүретіндіктен, бұл әдіс жұқа қабықшаларды алу әдісі ретінде де қолданылады. Қазіргі уақытта бұл әдіс әртүрлі материалдардан Фильмдер алу кезінде басым болады.

9-Суретте VUP-4 вакуумдық қондырғысының вакуумдық камерасына салынған тұрақты ток магнетронды бүрку жүйесінің схемасы көрсетілген. Орнату вакуумдық камераны алдын-ала сорып алды 10^{-3} Па, содан кейін камера Ar+H2 жұмыс газымен толтырылды.

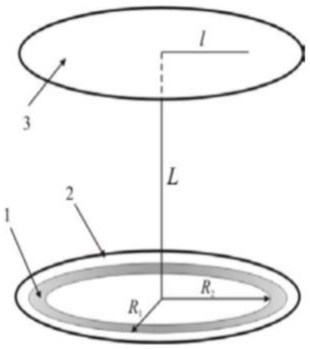


9 Сурет-Тұрақты ток арқылы магнетронныды бүркуші құралдың схемасы:
1-бүрку камерасы;2-үлгіні ұстап тұрушы;3-үлгі;4-анод;5-катод(нысана);6-аонды ұстап тұрғыш (тефлондық);7-магнит;8-газды жіберілгендегі кіріс;9-тұрақты ток көзі;10-сору сызығы;

Нысан қалыңдығы 2 мм және диаметрі пиролитикалық поликристалды графиттен тұрақты түрде орнатылады10 см Қабыршақтарды алу үшін графит қолданылды(99,99%). Анод тот баспайтын болаттан жасалған, цилиндр пішінді және тұрақты кернеу көзіне қосылған. Субстрат ұстаушы тот баспайтын болаттан жасалған және жерге қосылған. Субстрат ұстағышының дизайны субстраттардың температурасын 50-ден 300°C-қа дейін ұстап тұруға және өзгертуге мүмкіндік берді.

Субстраттың температурасы субстрат ұстағышына орнатылған(, ол мыс-тұрақты термопарамен басқарылды.

Алынған а-С пленкаларының қасиеттері: Н жұмыс газының құрамымен, I кернеуімен, қолданылатын U кернеуімен, нысанадан субстратқа дейінгі қашықтықпен және субстрат температурасымен анықталды.



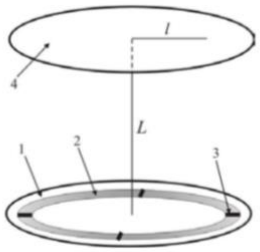
10 Сурет-Үгліні ұстап тұрушы мен графитті нысананың геометриясы
1-активті бүрку аймағы;2-нысана;3-үлгі.

Иондық плазмалық разрядтың бекітілген параметрлерінде А-С:Н пленкаларының құрылымы және сәйкесінше олардың физика-химиялық қасиеттері 50-ден 250 ° С-қа дейінгі температура диапазонындағы тұндыру температурасына байланысты, ал Алмаз тәрізді пленка құрылымы ~200 ° С тұндыру температурасында жүзеге асырылатындығы анықталды.

Осылайша, аморфты алмаз тәрізді А - С:Н пленкаларын алу процесінің оңтайлы параметрлері: жұмыс газының құрамы: 60% Ar+40% H2, анодтағы кернеу 500 В, бүрку тогы 24 мА, нысана мен субстрат арасындағы қашықтық 5 см және жұмыс газының қысымы ~1 Па, тұндыру температурасы 200 оС. Мұндай бүрку процесінің параметрлері тұрақты ион плазмалық разрядын және алмаз тәрізді көміртегі пленкаларының жақсы сапасын қамтамасыз етті.

А-С:Н, модификацияланған Pt (а-С:Н<Pt>) аморфты алмаз тәрізді А-С: Н пленкаларын алудың технологиялық процесінің оңтайлы параметрлері кезінде алынды, модификацияланған А - С:Н<Pt > пленкаларын алу үшін көміртегі мен платинадан тұратын аралас нысана қолданылды (10суреттегі)Пленкалардағы платина концентрациясының өзгеруі графит пен платина аудандарының аралас нысанаға қатынасын өзгерту арқылы жүзеге асырылды(11 сурет).Жолақтар түріндегі Платина біркелкі орналастырылған графитті нысананың бетінде оның тозаңдану аймағында. Бүрку аймағы ені R болатын сақина болды, мұндағы r=R1-R2 (11-Сурет).

Алынған пленкалардағы платинаның концентрациясы есептеу арқылы да, эксперимент арқылы да анықталды.



11 Сурет-Аралас нысананың геометриясы
1-графитті нысана;2-активті бүрку аймағы;3-бүркуші платинаның пластинкасы;4-үлгі.

А-С:Н пленкаларының матрицасында pt оқшауланған металл нанокласттарын алу үшін келесі қосымша технологиялық шарттарды орындау қажет екендігі анықталды:

1). Тазалығы 99,99% поликристалды көміртектен жасалған нысана қосымша тазартуға - Х4 маркалы қайнаған концентрацияланған HCL қышқылында өңдеуге, кейіннен дистилденген суда 6 -7-ге тең PH мәніне дейін қайнатуға, кейіннен вакуумда күйдіруге ұшырауы тиіс.

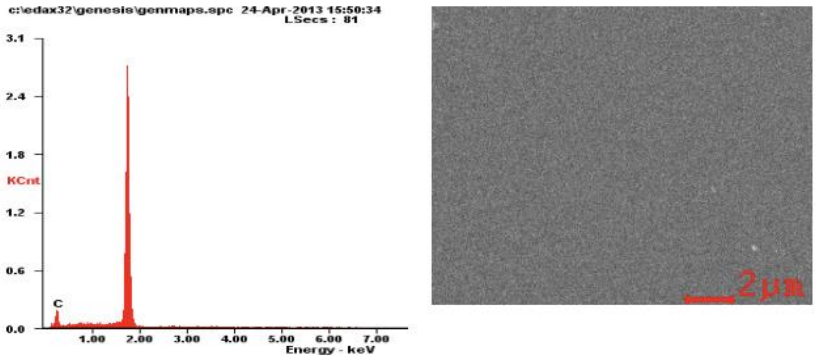
2) PT нысана тазалығы 99,99% - дан кем болмауы тиіс.

3) Pt жолақтарынан алынған нысаналардың белгілі бір геометриялық өлшемдері болуы тиіс.

2.1 <Pt> модификацияланған қабықшалардың құрамы және морфологиясы

Алынған A-C:H<Pt> пленкаларының элементтік құрамын, компоненттің пайыздық құрамын, бетінің морфологиясы мен фазалық құрамын анықтау quanta 3D 200i сканерлеуші электронды микроскопында энергия-дисперсиялық талдау әдісімен және ntegra Therma атомдық-күштік сканерлеуші микроскопымен жүргізілді. Осы зерттеулер үшін пленкалар тотықтан тазартылған монокристалды кремнийдің бетіне тұндырылды. Бұл зерттеулердің нәтижелері 12-13 Суреттерде және 1 -2 Кестелерде көрсетілген.

12-Суретте және 1-кестеде A-C: H жұқа (~100 нм) пленкалардың элементтік құрамы мен морфологиясын зерттеу нәтижелері көрсетілген.

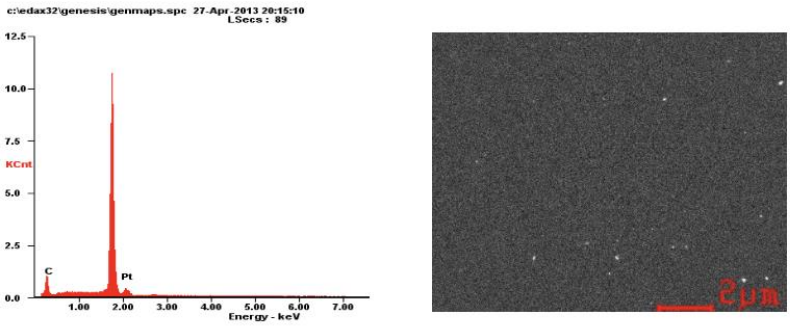


а) б)

12 Сурет- a:C-H жұқа қабықшасының энерго-дисперстік спектрі (а) және морфологиясы(б)

Кесте 1- a:C-H қабықшасының құрамы.

Element	Wt%	At100%
C	100.00	100.00
Бұл жерде:Wt%-массалық үлес, At%-атомдық үлес		



а) б)

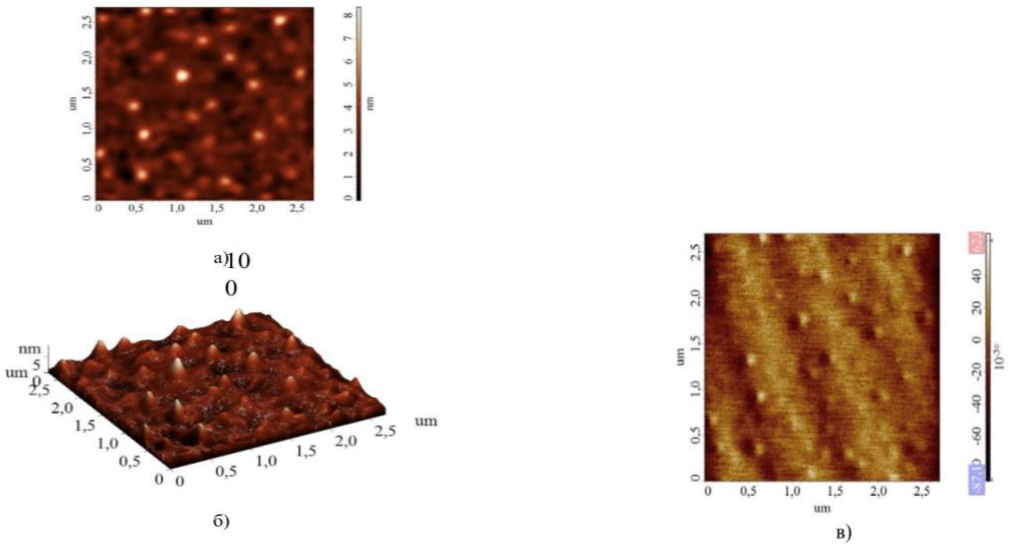
13 Сурет--a-C:H<Pt>жұқа қабықшасының энерго-дисперстік(а) және морфологиясы(б)

2 кесте -a-C:H<Pt> жұқа қабықшасының құрамы.

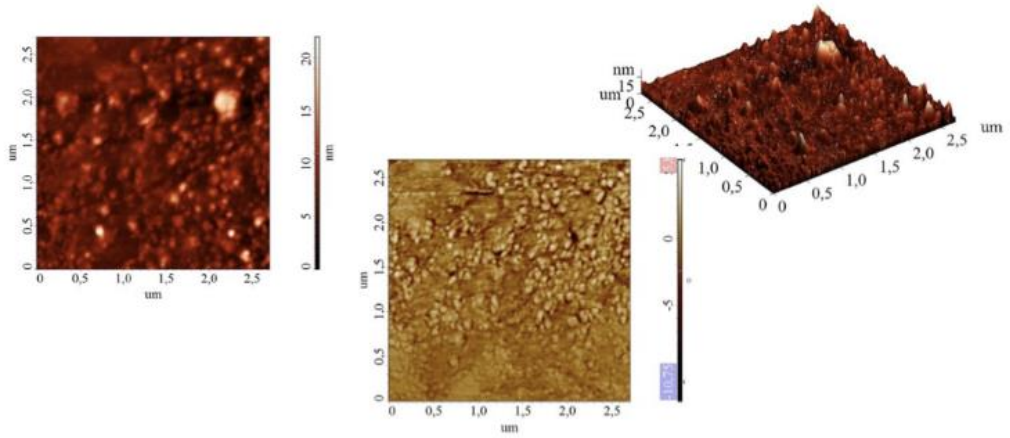
Element	Wt%	At%
C	43,83	91,00
Мұндағы:Wt%-массалық үлес,At%-атомдық үлес		

14 және 15-Суреттерде мысал ретінде A-C:H және a-C:H<9ат пленкалары бетінің морфологиясы мен фазалық құрамының 2D және 3D суреттері көрсетілген. A-C:H және a-C:H<9ат пленкаларында атомдық-күштік сканерлеу микроскопын пайдалана отырып жартылай контактілі әдіспен алынған, 50°C температурада тұндырылған. Сканерлеу аймағы пленкалардың бетіндегі гетерогенділіктің мөлшерін ескере отырып таңдалды және 2,5 х 2,5 мкм болды.

A-C пленкаларының морфологиясы: платинасыз H-бұл астықтың айқын шекаралары бар түйіршікті құрылым. 2D морфологиясы мен фазалық құрамын талдаудан қабықшалар екі фазадан тұрады: sp^3 гибридті байланысы бар пленка матрицасында sp^2 кластерлері бар, олардың орташа мөлшері 17 ± 1 нм құрайды. A-C:H пленкаларының жауын-шашын температурасының 200°C-қа дейін жоғарылауымен sp^2 кластерлерінің орташа мөлшерінің едәуір төмендеуіне әкелетінін ескеріңіз.



14 Сурет-АСМ зерттеуі бойынша a-C:H қабықшасының 2D морфологиясы(а) 3D(б) беттің фазалық құрамы(в)



15 Сурет- АСМ зерттеуі бойынша a-C:H қабықшасының 2D морфологиясы(а) 3D(б) беттің фазалық құрамы(в)

A-C:H<Pt> пленкаларының бетінде орташа мөлшері 6 ± 1 нм болатын платина кластерлерінің айқын шекаралары байқалады және пленкалар үш фазадан тұратын гетерофаззалық болып табылады.

3. A-C:H, МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН Pt ПЛЕНКАЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Бұл тарауда A-C:H және A-C:H<Pt>жұқа (~100 нм) үлдірдің өтімділігі мен Ед тыйым салынған аймағының оптикалық еніне платина қоспасы концентрациясы мен тұндыру температурасының әсерін зерттеудің эксперименттік нәтижелері келтіріледі және талқыланады.Осы қасиеттерді зерттеу үшін пленкалар KS-4V маркалы кварц субстраттарына қойылды.

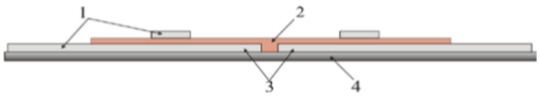
T – f(λ) өткізу спектрлері, D – f(λ) оптикалық тығыздығы және r – f(λ) шағылыстары СФ-2000 және Shimadzu UV2000 спектрофотометрлерінің көмегімен жазылды. Тыйым салынған аймақтың оптикалық енінің мәндері Тауц әдісі арқылы анықталды. Ол үшін пленкалардың қалыңдығының белгілі мәндерінде және T(λ) және r(λ) шағылысу коэффициенттерінің өлшенген спектрлік тәуелділіктерінде іргелі сіңіру саласында сіңіру коэффициенттерінің спектрлік тәуелділігі есептелді α:

$$\alpha(\lambda) = -\frac{1}{l}\ln\frac{T(\lambda)}{(1-R)^2} \quad . \tag{1}$$

Пленкалардың Жарық сіңіруінің спектрлік сипаттамаларына сүйене отырып, тәуелділіктер (αhν)1/2 – f(hν) құрылды. Осы тәуелділіктердің тік сызықты бөліктерін энергия осімен (hν) қиылысқанға дейін экстраполяциялау eg пленкаларының тыйым салынған аймағының оптикалық енін анықтауға мүмкіндік берді.

Өткізгіштігін және оның температураға тәуелділігін зерттеу в7э-42 электрометриялық күшейткішті және KEITHLEY 6485 пикоамперметрін пайдалана отырып, вольт-амперлік сипаттамалардың сызықтық аймағында ≤ 10 4 В/см электр өрісінің кернеулігі кезінде тұрақты токта жүргізілді.

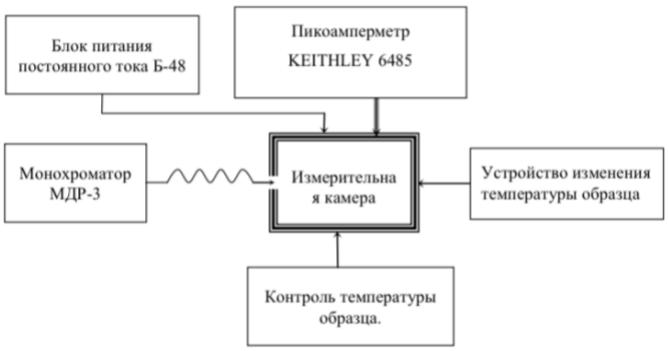
Электрлік қасиеттерді зерттеу үшін үлгілер жоспарланған және "сэндвич"құрылымымен дайындалды. Үлгілердің геометриясы 15- Суретте көрсетілген.



15 Сурет.-Электрондық қасиеттерді зерттеуге арналған үлгілер геометриясы:
1-электродтардың сэндвич құрылымының үлгілерінде орналасуы;
2-аморфты жартылай өткізгіш пленка;

3-жоспарланған конфигурация үлгілерінде электродтардың орналасуы;4-субстрат.

Пленкалардың электрлік қасиеттері қондырғыда зерттелді, оның схемасы 16-Суретте келтірілген, оған электрлік өлшеу бөлігі , оптикалық бөлік және температураны басқару блогы. Зерттелетін материалдардың үлгілері жоғары гомогенді болғандықтан, бүкіл өлшеу жүйесін экрандау және жақсы жерге қосу жүзеге асырылды. Үлгінің температурасы мыс-тұрақты термопарамен тіркелді. Өлшеу процесінде үлгілердің қыздыру жылдамдығы 2 градус/мин болды.16 суретте өткізгіштік өлгеуге арналған қондығының жалпы схемасы көрсетілген.



16 Сурет-Өткізгіштіктің электр қасиеттерін өлшеуге арналған қондырғының блок-схемасы

Өткізгіштіктің температуралық тәуелділіктерінен σ=Сехр (- Еσ/kT) бөлме температурасында өткізгіштік (σк) (Т=300 К) және еσ пленкалардың өткізгіштігінің активтену энергиясы есептелді.

Негізгі электронды параметрлердің қателіктері олардың мәндерінің үлгіден үлгіге шашырауымен анықталды және өткізгіш үшін көлемнің жартысына тең болды(σ) өткізгіштіктің активация энергиясы үшін Δ Еσ) рұқсат етілмеген зонаның ұзындығы үшін (Eg) ±0,02 эВ асқан жоқ.

3.1 Тұндыру температурасының a-C:H пленкаларының электрондық параметрлеріне әсері

Таза A-C:H пленкаларының электрондық қасиеттерін зерттеу нәтижесінде ts жауын-шашын температурасын 50-ден 200°C-қа дейін өзгерте отырып, оптикалық және электрлік параметрлердің кең спектрімен A-C:H пленкаларын алуға болатындығы анықталды (3-кесте).

3 кесте - тыйым салынған Eg аймағының оптикалық ені,өткізгіштігі σ ,Ферми Ef деңгейі a-C:H пленкаларының тыйым салынған аймағының ортасына қатысты, әр түрлі тұндыру температурасында алынған.

Тұндыру темп T(s),C	50	120	200
Eg,Эв	0,41	1,01	3,35
σк,Ом-1·см-1, (T=300 K)	10^{-2}	10^{-8}	10^{-15}
Eg,Эв	0,23	0,45	1,59
ΔEF = (Eg/2 – Eσ), эВ	-0,03	0,06	0,09

Бұрын жүргізілген құрылымды зерттеу нәтижесінде тұндыру температурасының өзгеруі a-C:Нпленкаларының матрицасындағы айтарлықтай өзгерістермен бірге жүреді: sp^3/sp^2 конфигурациялық байланыстардың қатынасы. A-C:H пленкаларының құрылымында t(s) 50-ден 200°C-қа дейін жоғарылаған кезде sp^3 концентрациясының едәуір жоғарылауы және алмаз тәрізді (ts =200°C) және графит тәрізді (ts=50°C) құрылымға тән sp^2 будандастырылған байланыстар концентрациясының төмендеуі байқалады.

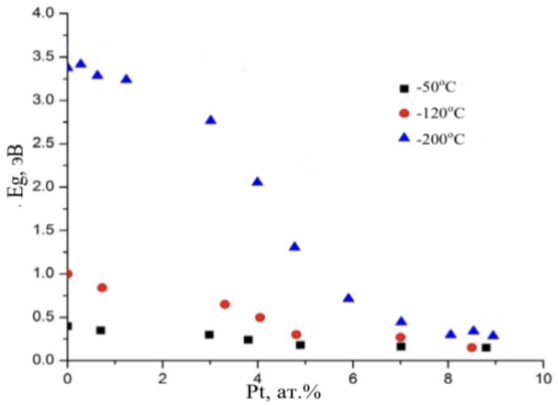
Әр түрлі тұндыру температурасында алынған A-C:H пленкаларындағы Ферми деңгейі тыйым салынған аймақтың ортасында екенін ескеріңіз ,яғни алынған пленкаларда жалған қосындылау әсері байқалмайды [57].

Осылайша, A-C:H-де конфигурациялық байланыстардың sp^3/sp^2 арақатынасының өзгеруі пленкалардың тұндыру температурасын өзгерту арқылы, яғни A-C: H пленкаларының құрылымын өзгерту олардың электронды қасиеттерін тиімді өзгертуге әкеледі. жауын-шашын температурасын өзгерту арқылы таза A-C:H пленкаларының электронды қасиеттерін біртіндеп өзгертуге болады: алмаз тәрізді қасиеттерден графит тәрізді көміртектің қасиеттеріне дейін.

3.2 a-C:H пленкаларының оптикалық қасиеттері:

17-Суретте a-C:H<Pt> пленкаларының Eg оптикалық тыйым салынған аймағы шамасының: платина концентрациясы мен тұндыру температурасына тәуелділігі көрсетілген. 200 оС температурада тұндырылған A-C:H<Pt> жұқа пленкалар неғұрлым егжей-тегжейлі зерттелді.

17-Суреттен a–C:H пленкаларының платина қоспасымен модификациясынан: оптикалық тыйым салынған аймағының азаюына әкелетіні көрінеді. Алайда, Pt қоспасының a-C:H пленкаларының Eg бірлігіне әсер ету дәрежесі олардың тұндыру температурасымен анықталады.



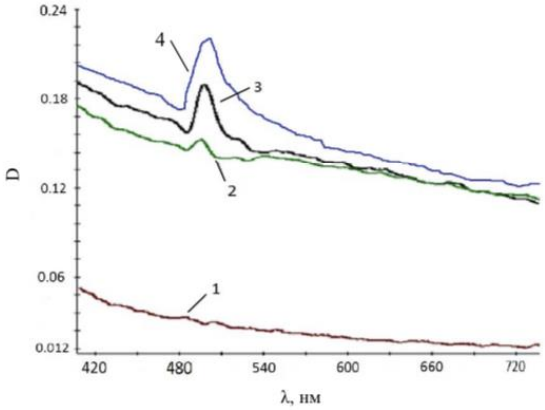
17-сурет- C:H<Pt> жұқа пленкаларының әр түрлі температурадағы Eg тыйым салынған аймағының оптикалық енінің, әртүрлі температурада тұндырылғандағы концентрациялық тәуелділіктері.

200°C температурада тұндырылған a-C:H аморфты алмас тәрізді үлдірге платина қоспасын енгізу олардың оптикалық тыйым салынған аймағының 3,61-ден 0,63 эВ-ға дейінгі едәуір азаюына әкеледі. Бұл ретте eg пленкаларының ең маңызды өзгерісі қоспа концентрациясының 3-тен 7 ат-ға дейін ұлғаю ауқымында болады.Платина қоспасының 120° және 50°C температурада тұндырылған пленкалардың оптикалық тыйым салынған аймағының шамасына әсері соншалықты маңызды емес.

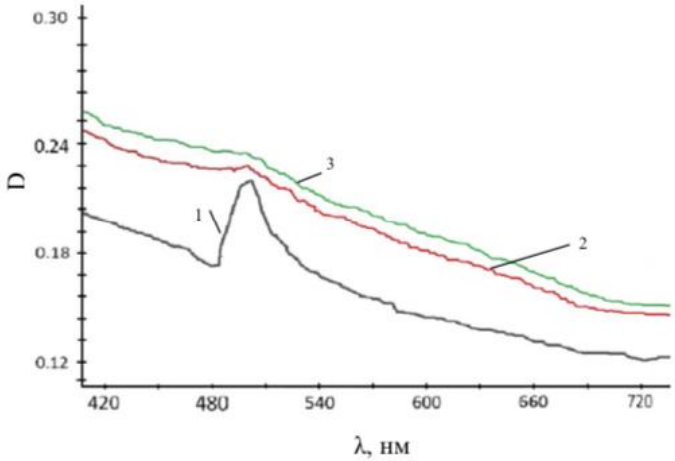
Әр түрлі температурада алынған A-C:H<Pt> пленкаларындағы платина концентрациясының өсуімен бірге Ед өзгеруінің байқалатын сипаты көбінесе олардың аморфты алмас тәрізді матрицасының графитизациясымен байланысты. Алынған нәтижелер au және Pd нанокласттары бар TiO_2 пленкаларының оптикалық қасиеттерін зерттеу кезінде алынған жұмыс нәтижелеріне сәйкес келетіндігін ескеріңіз.[58]

Мөлдірлік саласында платина қоспасының әртүрлі концентрациясы бар ts = 200°C температурада тұндырылған аморфты алмаз тәрізді пленкалардың d(λ) оптикалық тығыздығының спектрлері зерттелген (17 -сурет). 17-суреттен A-C:H пленкаларының зерттелетін толқын ұзындығының диапазонында оптикалық тығыздықтың төмен мәні бар D(λ) (жоғары мөлдірлік), бұл Алмаз тәрізді құрылымы бар аморфты көміртекті қабықшаларға тән. Платина қоспасын енгізу

оптикалық D-нің айтарлықтай өсуіне әкеледі a-C:H пленкаларының тығыздығы мен спектрлерінде: h<Pt>, қоспасы жоқ пленкаларға қарағанда платина, 496-дан 501 нм-ге дейінгі аймақта резонанстық сіңіру шыңдары байқалады. Резонанстық сіңіру шыңының қарқындылығы пленкалардағы платина қоспасының концентрациясының жоғарылауымен жоғарылайды. Байқалған резонанстық сіңіру Жарық кванттарын сіңіру кезінде платина кластерлеріндегі бос электрондардың плазмалық тербелістерімен түсіндіріледі. Бұл құбылыс металл нанокластерлері бар басқа материалдарда байқалды.[59-60].18,19 Суреттерден платина қоспасы бар және қоспасф жоқ қабыршақтардың оптикалық қалыңдыдық спектрлеріне тұндыру температурасының әсер ету графигі көрсетілген.



18 Сурет- t=200°C-та тұндырылған a-C:H қабықшаларының оптикалық тығыздығының спектерлері.



19 Сурет- a-C:H Тұндыру температурасының a-C:H<0,9ат %Pt> қабықшасының оптикалық қалыңдығының спектрлеріне қатынасы.

Суреттен A-C:H<Pt> 200°-ден 120°C-қа дейінгі ts фильмдерінің азаюы резонанстық сіңірудің іс жүзінде көрінбейтіндігіне әкеледі. Бұл A-C:H<Pt> пленкаларының тұндыру температурасы төмендеген кезде олардың

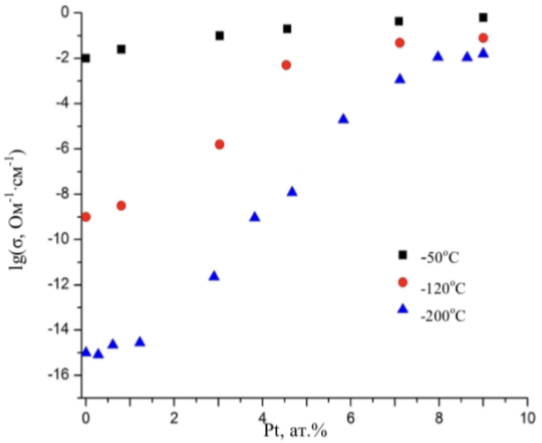
матрицасында оқшауланған металл кластерлерінің айналасында sp^2 будандастырылған байланыстары бар аймақтар едәуір артады.Гетерофазиялық жүйе үшін құрылған резонанстық сіңіру теориясының кейбір аспектілерін қарастырыңыз, бұл диэлектрлік матрица, оның ішінде бір-бірінен оқшауланған шағын металл кластерлері бар. Мұндай жүйеде оптикалық қозу кезінде кластерлерде беттік плазмондардың қозуына байланысты резонанстық сіңіру байқалуы мүмкін.

Плазмалық резонанстық сіңірудің қарқындылығы матрицадағы кластерлердің көлемдік үлесінің өсуімен артады.

Бұл теорияны жүйеде оптикалық сіңіруді сипаттау үшін қолдануға болады диэлектрлік матрица - наноөлшемді металл кластерлер.

3.3 a:C-H<Pt> қабықшаларының электрлік қасиеттері

А - С пленкаларының электр өткізгіштік шамасының (σ кезде Т=300°К): Н<Pt> әртүрлі тұндыру температуралары кезінде алынған платина қоспасының концентрациясына тәуелділігі 20-Суретте келтірілген.200°С температурада тұндырылған А-С:Н<Pt> жұқа үлдірлер неғұрлым егжей-тегжейлі зерттелді.



20 Сурет- Әртүрлі t ларда тұндырылған а-С:Н<Pt> қабықшаларының , платина концентрациясына байланысты электрөткізгіштігінің тәуелділігі.

Суреттен а-С пленкаларын модификациялау: платина нанокласттарымен олардың өткізгіштігінің артуына әкеледі. Бұл жағдайда Pt қоспасының пленкалардың өткізгіштігіне әсер ету дәрежесі олардың тұндыру температурасына байланысты болады. 200°С температурада тұндырылған аморфты алмаз тәрізді А-С:Н пленкаларының платина қоспасымен модификациясы өткізгіштіктің 13 есе өсуіне әкеледі. А-С:Н<Pt> пленкаларының өткізгіштігінің едәуір ұлғаюы Pt қоспасының концентрациясының 3-тен 7 ат-қа дейін жоғарылау диапазонында жүреді. Бұл жағдайда өткізгіштіктің концентрациялық тәуелділігі перколяциялық жүйелерге тән болады.[61-64]Платина қоспасының 50°С температурада тұндырылған пленкалардың өткізгіштігіне әсері шамалы.

Pt қоспасының 200°С температурада тұндырылған σ пленкалардың өткізгіштігіне әсері бойынша алынған нәтижелерді талдау бұзылған жүйелер физикасында кеңінен қолданылатын перколяция (ағым) теориясы тұрғысынан жүргізілуі мүмкін.[62-64]

Көптеген бұзылған құрылымның өткізгіштігін талдау үшін перколяция теориясының негізгі тұжырымдарын қарастырыңыз өткізгіштігі бар диэлектрлік матрицада кездейсоқ бөлінген х концентрациясы және өткізгіштігі бар өткізгіш элементтер (σD<<σM). Перколяция теориясына сәйкес өткізгіш құрылым перколяциялық кластерлер жиынтығы болып табылады. Х мәндері аз болған кезде барлық кластерлер аз болады. Алайда, перколяция шегіне жақындаған сайын жеке кластерлер біріктіріліп, олардың орташа мөлшері артады. Кейбір HS

концентрациясында перколяциялық кластер шексіз болады, яғни.диэлектрлік матрицаның ішіндегі өткізгіш аймақтарды кездейсоқ қашықтықта алып тастап, толығымен өткізгіш фазадан өтетін жол пайда болады. Шексіз кластердің" тесіктерінде " оқшауланған кластерлер орналасқан.

Қарастырылған көріністерге сүйене отырып, платина концентрациясының жоғарылауымен A-C:H<Pt> пленкаларының өткізгіштігінің тез өсуін өткізгіштігі металға жақын SP2 графит тәрізді кластерлердің өткізгіштігімен түсіндіруге болады. Сонымен қатар, C:H<Pt> пленкалардың аморфты матрицасында pt кластерлері мен графиттің sp^2 кластерлерінен тұратын тұрақты емес металл тор пайда болады. Жоғарыда көрсетілгендей, платина қоспасын енгізу A-C:H пленкаларының Алмаз тәрізді матрицасының графитизациясымен бірге жүреді, бұл a-C пленкаларын модификациялау бойынша жұмыстардың қорытындыларымен сәйкес келеді:H металл қоспасы

Осылайша, аморфты алмаз тәрізді көміртегі пленкаларының электрондық қасиеттерін қоспалық өзгерту мүмкіндігі анықталды. Электрлік және оптикалық қасиеттердің мұндай модификациясы аргон-сутегі плазмасында графит пен платинадан тұратын біріктірілген нысанды магнетронды шашырату арқылы A-C:H пленкаларының матрицасына платина нанокластерлерін енгізу арқылы жүзеге асырылады. Осындай ыдырау кезінде A-C:H пленкасының матрицасында жоғары өткізгіштігі бар оқшауланған pt нанокласттары пайда болады. Алмаз тәрізді қабықшалар C: H<Pt> плазмалық резонанстық сіңіру және перколяциялық өткізгіштік механизмімен сипатталады.

Осы тарауда келтірілген нәтижелер фильм матрицасындағы үйлестірілген байланыстардың sp^3/sp^2 қатынасын өзгерту арқылы және ондағы металл нанокласттарды құру арқылы Алмаз тәрізді көміртегі пленкаларының электрондық қасиеттерін тиімді құрылымдық және қоспалық өзгерту мүмкіндігін көрсетеді.

Алынған нәтижелер металл нанокластерлері бар Алмаз тәрізді көміртекті орталарға негізделген жаңа сызықты емес қасиеттері бар наноматериалдарды алу және қолдану үшін маңызды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулердің негізгі нәтижелері мен қорытындылары:

1 Аргон-сутегі плазмасында графит пен платинадан тұратын аралас нысанды ионды - плазмалық магнетронды тозаңдату әдісін пайдалана отырып, платина нанокластерлерімен түрлендірілген (A-C:H<Pt>) аморфты алмас тәрізді көміртектің жұқа қабыршақтары негізінде наноматериал алу технологиясы пысықталды. A-C:H пленкаларында pt оқшауланған металл нанокласттарын алудың қажетті және жеткілікті технологиялық шарттары белгіленген.

2 A-C:H және A-C:H<Pt>пленкаларының құрамын, морфологиясын бақылау және құрылымын зерттеу жүргізілді. 200°C жауын-шашын температурасында алынған A-C:H пленкасының sp^3 және sp^2 байланыстарының арақатынасына сүйене отырып, наноөлшемді графит тәрізді аймақтардың қосындылары бар Алмаз тәрізді матрицамен сипатталатындығы көрсетілген.

3 A-C:H<Pt> фильмдері a-C нанокластты гетерофазаялық жүйе екендігі анықталды: H-Pt, онда Pt концентрациясының жоғарылауымен матрицаның морфологиясы мен графитизациясы өзгереді және пленкалардың құрылымы біртіндеп Алмаз тәрізді құрылымнан графит тәрізді көміртегі құрылымына ауысады, бұл матрицаның платина нанокласттарымен әрекеттесуіне байланысты. 200°C температурада тұндырылған A-C:H<Pt> пленкаларындағы графит тәрізді кластерлердің тән өлшемдері, A - C:H<Pt> пленкаларындағы платина нанокласттарының орташа мөлшерін анықтады. A - C:H<Pt> пленкаларындағы платина концентрациясының 4,6-дан 9,0 ат-ға дейін артқаны көрсетілген. Pt нанокласттарының орташа мөлшері металл концентрациясына байланысты және ~ 5 нм құрайды.

4 Таза A-C пленкаларының электрондық қасиеттері:H 50-ден 200°C-қа дейін өзгерген кезде жауын-шашын температурасына айтарлықтай тәуелді екендігі анықталды: тыйым салынған Eg аймағының оптикалық ені 0,41-ден 3,35 эВ-ға дейін артады; пленкалардың бөлме температурасындағы өткізгіштігіσ к, ~10^{-2}-ден 3,35 эВ-ға дейін төмендейді.

~10-15. $(Ом·см)^{-1}$ өткізгіштіктің активтену энергиясы 0,23-тен 1,59 эВ-қа дейін артқан кезде. Бұл sp3 концентрациясының жоғарылауымен және графит тәрізді (ts=50 oC) A-C:H және Алмаз тәрізді (ts =200 oC) құрылымға тән SP2 будандастырылған байланыстардың концентрациясының төмендеуімен байланысты.

5 200°C температурада тұндырылған аморфты алмаз тәрізді A-C:H пленкаларына платина қоспасын енгізу олардың оптикалық тыйым салынған аймағының 3,61-ден 0,63 эВ-ға дейінгі едәуір төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Бұл ретте eg пленкаларының ең маңызды өзгерісі қоспа концентрациясының 3-тен 7 ат-ға дейін ұлғаю ауқымында болады. Платина қоспасының 120 және 50°C температурада тұндырылған A-C:H<Pt> пленкаларының оптикалық тыйым салынған аймағының шамасына әсері соншалықты маңызды емес.

6 Алғаш рет A-C:H<Pt> пленкаларында платина нанокласттарындағы беттік плазмондардың электромагниттік толқынының қозуына байланысты 496-дан 501 нм-ге дейінгі аймақта плазмалық резонанстық сіңіру анықталды.

7 A - C:H<Pt> пленкаларындағы платина концентрациясының 4,6-дан 9,0 ат-ға дейін артқаны көрсетілген. Плазмалық резонанстық сіңіру қарқындылығының артуы байқалады, ал резонанстық шыңнан анықталған pt нанокласттарының орташа мөлшері металл концентрациясына әлсіз тәуелді және ~ 5 нм құрайды, бұл ASM мәліметтеріне жақсы сәйкес келеді. A-C:H<Pt> пленкаларындағы беттік плазмондық резонанстың qext экстинциясы қимасының спектрлік тәуелділігіне Ми шашырауының электромагниттік теориясын қолдана отырып теориялық бағалау жүргізілді және экспериментпен жақсы келісім орнатылды.

8 200°C температурада тұндырылған аморфты алмаз тәрізді A-C:H<Pt> пленкаларындағы платина концентрациясының өсуімен олардың өткізгіштігінің 13 реттік шамаға елеулі ұлғаюы байқалады. Платина қоспасының 120 және 50 оС температурада тұндырылған A - C:H<Pt> пленкаларының өткізгіштік шамасына әсері онша маңызды емес. Перколяция теориясын қолдана отырып, пленкалардың өткізгіштік нәтижелерін талдау перколяция шегі XC ≈5 ат пленкаларындағы платина концентрациясында болатындығын көрсетеді.

9 Платина нанокласттарымен <Pt> түрлендірілген A-C:H наноөлшемді қабыршақтары негізінде композитті қабаттар технологиясы пысықталды және қабаттардың химиялық құрамын және олардың құрылымдық сипаттамаларын ауа-сутегі Отын ұяшығындағы электрокаталитикалық белсенділікпен байланыстыратын негізгі заңдылықтар анықталды. A-C:H<Pt> пленкалары 3 мВт/мкг жететін ауа-сутегі Отын ұяшықтарында жоғары каталитикалық белсенділік танытатыны анықталды.

Алынған нәтижелер жаңа болып табылады және металл нанокластерлері бар Алмаз тәрізді көміртегі орталарына негізделген жаңа сызықты емес қасиеттері бар наноматериалдарды алудың іргелі идеяларын дамытуға қызығушылық тудырады. Алынған наноқұрылымды A-C:H<Pt> пленкалары кең өрісте қолдану үшін перспективалы болып табылады: оптикалық қосқыштардан ауа-сутегі Отын элементтеріндегі электрокаталитикалық қабаттарға дейін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 https://kopilkaurokov.ru/fizika/presentacii/priezientatsiia-k-uroku-po-fizikie-9klass-po-tiemie-modiel-atoma-riezierforda

2 https://obrazovaka.ru/himiya/stroenie-atoma-ugleroda-svoystva.html

3 https://www.kaznu.kz/content/files/pages/folder

4 http://www.himsnab-spb.ru/article/ps/c/

5 https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%BD

6 https://enciklopediya-tehniki.ru/grafen-pochemu-samyy-prochnyy-v-mire-material-okazalsya-haypom.html

7 https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%82

8 https://www.graphitservis.ru/grafit/

9 https://xn--80aaafltebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/karbin/amp/

10 https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD http://www.miningportal.ru/topics/mineralogiya/almaz--opisanie--svoystva--proishojdenie-i-primenenie-kamnya/

11 https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/FULLERENI.html

12 Орлов М.Л., Кочурихин В.Е., Герасимович С.С., Слепцов В.В.,Елинсон В.М. Пористая структура и свойствами пленок a–C:H/ Поверхность, физика, химия, механика – 1989, № 6, с.65-67.

13 Сокол О.Ю., Ивановский Г.Ф., Слепцов В.В., Елинсон В.М., Герасимович С.С. Пленки a–C:H: размер графитных кластеров и электропроводность/ Микроэлектроника – 1990, №1, с.103-105.

14 Елинсон В.М. Создание искусственного потенциального рельефа и формирование многослойных квантоворазмерных структур на основе сверхтонких слоев a–C:H/ Материалы симпозиума «Алмазные пленки и пленки родственных материалов» – Харьков, 2001, с.125-128.

15 Орлов М.Л., Слепцов В.В., Елинсон В.М., Кочурихин В.Е. Влияние условий получения пленок углерода, осажденных из углеродной плазмы на пористую структуру/ Материалы и приборы электротехники. Межвузовский сборник – М., 1988, с.99-103.

16 Слепцов В.В., Ивановский Г.Ф., Елинсон В.М., Кондрашов П.Е., Герасимович С.С., Баранов А.М., Поляков В.И. Пленки α-C:H, полученные ионно-стимулированными методами: свойства и области применения/ Материалы международной конференции "Микроэлектроника-90" – Минск, 1990, с.21-23.

17 Oppedisano C, Tagliaferro A. Relationship between sp2 carbon content and E04 optical gap in amorphous carbon-based materials/ Applied Physics Letters – 1999, v.75, p.3650-3652.

18 Lacerda R.G., Marques F.C. Hard hydrogenated carbon films with low stress/ Applied Physics Letters – 1998, v.73, p.617-619.

19 Sattel S., Robertson J., Ehrhardt H. Effects of deposition temperature on the properties of hydrogenated tetrahedral amorphous carbon/ Journal of Applied Physics – 1997, v.82, p.4566-4576.
20 Lacerda R.G., Marques F.C. Hard hydrogenated carbon films with low stress/ Applied Physics Letters – 1998, v.73, p.617-619.
21 Sattel S., Robertson J., Ehrhardt H. Effects of deposition temperature on the properties of hydrogenated tetrahedral amorphous carbon/ Journal of Applied Physics – 1997, v.82, p.4566-4576.
22 Chhowalla M., Robertson J., Silva S.R.P., Amaratunga G.A.J., Milne W.I., Koskineen J. Influence of ion energy and substrate temperature on the optical and electronic properties of tetrahedral amorphous carbon (ta-C) films/ Journal of Applied Physics – 1997, v.81, p.139-145.
23 Chhowalla M., Robertson J., Silva S.R.P., Amaratunga G.A.J., Milne W.I., Koskineen J. Influence of ion energy and substrate temperature on the optical and electronic properties of tetrahedral amorphous carbon (ta-C) films/ Journal of Applied Physics – 1997, v.81, p.139-145.
24 Ricard A. Reactive plasmas. – Paris: SFV, 1996, p.176-180.
25 Maishev Y.P., Shevchuk S.L. Reactive ion-beam synthesis of thin films/ IV International Conference Plasma Physics and Plasma Technology Contributed Papers – Minsk, Belarus, September 15-19, 2003, v.1, p.483–486.
26 Герасимов Ю.А., Грачева Т.А., Лебедева Ю.А.. Применение СВЧ плазмы в химии (органические соединения)/ Экспериментальные и теоретические исследования плазмохимических процессов – М., 1984, с.68–93.
27 Иванов Ю.А.. Плазмохимическая полимеризация углеводородов/ Институт Нефтехимического синтеза АН СССР. Синтез в низкотемпературной плазме – М., 1980, с.24–43.
28 Иванов Ю.А., Рытова Н.М., Тимакин В.Н., Эпштейн И.Л. Гетерогенные стадии превращения углеводородов в тлеющем разряде/ Институт Нефтехимического синтеза АН СССР. Плазмохимия–88. – М., 1988, с.90– 138.
29 Янча Ян. Плазмохимическое осаждение и некоторые свойства твердых пленок углерода, нитрида бора и окиси кремния/ Институт Нефтехимического синтеза АН СССР. Плазмохимия–89 – М., 1989, т.1. с.69–94.
30 Семенов А.П. Пучки распыляющих ионов: получение и применение/БНЦ СО РАН – Улан-Уде, 1999, 207с.
31 Белянин А.Ф., Семенов А.П., Семенова И.А. О выращивании пучками заряженных частиц тонких пленок углерода различных структурных модификаций/ Алмазы в технике и электронике. Труды международной конференции – М.: ПОЛЯРОН, 1998, с.158-167.
32 Семенова И.А. Тонкие пленки углерода: выращивание пучками заряженных частиц, фазообразование, строение и свойства: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – Улан-Удэ, 2002, 24с.
33 Белянин А.Ф., Семенов А.П., Семенова И.А., Бляблин А.А., Пащенко П.В., Пилевский А.А., Суетин Н.В., Спицин А.Б., Галушко И.В. Эмиссионные

свойства слоистых структур Si/алмаз и Si/алмаз/AIN/ VIII Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России» –2002, с.112-121.
34 Andre B., Rossi F., Dunlop H. Ion beam assisted growth of dense diamond– like carbon/ Diamond And Related Materials – 1992, v.1, is.2–4, p.307–311.
35 Jelinek, Olsan V., Soukup L., Charalabidis D., Honotzopoulos E., Georgiou E. Some properties of carbon films deposited by laser ablation/ Diamond And Related Materials – 1994, v.3, is.8, p.1128–1131.
36 Cuomo J.J., Pappas D.L., et al. Vapor deposition processes for amorphous carbon films with sp3 fractions approachingdiamond/ Journal of Applied Physics– 1991, v.70, is.3, p.1706–1711.
37 Mueller D., Mann K. Laser–induced physical vapour deposition of diamond– like carbon films/ Diamond And Related Materials – 1993, v.2, №2–4, p.233– 238.
38 McKenzie D.R., Muller D., Pailthorpe B.A. Compressive–stress–induced formation of thin–film tetrahedral amorphous carbon/ Physics Review Letters – 1991, v.67, is.5–6, p.773–776.
39 Wu R.L. C. Synthesis and characterization of diamond–like carbon films for optical and mechanical applications/ Surface Coating Technology – 1992, v.51, is.1–3, p.258–266.
40 Racine B., Benlahsen M., Zellama K., Goudeau P., Zarrabian M., Tuban G. Effect of the hydrogen on the intrinsic stress in hydrogenated amorphous carbon films deposited from an electron cyclotron resonance plasma/ Applied Physics Letters– 1998, v.73, p.3226-3228.
41 Sleptsov V.V., Kuzin A.A., Ivanovsky G.F., Elinson V.M., Gerasimovich S.S., Baranov A.M., Kondrashov P.E. Optical properties and phase composition of a– C:H films/ Journal of Non-Crystalline Solids – 1991, v.136, is.1–2, p.53–59.
42 Елинсон В.М. Ионно-плазменные методы конструирования поверхности на основе пленок углерода. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.27.06 – 2002, 255 с.73.
43 Ishii A., Sakaguchi Y., Minomo S., Taniguchi M at all Diamond-Likет Carbon Film Deposition by Super-Wide Electron-Cyclotron Resonance Plasma Source Excited by Traveling Microwave/ Japanese Journal of Applied Physics – 1993, part 2, v.32, № 6A, p.802-805.
44 Белянин А.Ф., Спицин Б.В. Строение и применение в электронике пленок алмаза, выращенных методом дугового разряда/ В кн.: Алмаз в технике и электронике на пороге III тысячелетия – М.: ПОЛЯРОН, 2001, с.50-67.
45 - Xuan Z., Yang P., Pu X., et al. Plasma diagnosis in d.c.–biased hot– filament– assisted chemical vapour deposition by double–probe method/ Diamond and Related Materials – 1993, v.2, №2-4, p.476–480.
46 Kamo M., Sato Y., Matsumoto S., Setaka N. Diamond synthesis from gas phase in microwava plasma/ Journal of Crystal Growth – 1983, v.62, is.3, p.642– 644.
47 Wei J., Kawarada H., Suzuri J., Hiraki A. Growth of diamond films at low pressure magneto–microwave plasma CVD/ Journal of CrystalGrowth – 1990, v.99, №1–4, part2, p.1201–1210.

48 Mania R., Strobierski L., Pampuch R. Diamond synthesis in cool plasma/ Crystal Research and Technology – 1981, v.16, №7, p.785–788.
49 Sleptsov V.V., Elinson V.M., Simakina N.V., Uksusov A.S. Properties of the fluorinated coatings based on carbon prepared by RF–magnetron/ Diamond And Related Materials – 1992, v.1, is.5–6, p.546–548.
50 Weissmantel C., Brener K., Wind B. Hard films of unusual microstructure/ Thin Solid Films – 1983, v.100, № 4, p.383-389.
51 Grill A., Patel V.V. Diamond like carbon deposited by DC PACVD/ Diamond Films and Technology – 1992, v.1, №4, p.219–233.
52 Grill A., Patel V., Meyerson B.S., et al. The effect of deposition conditions on the optical diamond–like carbon films/ Diamond and Diamond-like Films and Coating. NATO-ASI Series B: Physics, Plenum – N.Y., 1991, v.266, p.417.
53 Kleber, Weiler M., Krueger A., Sattel S., Kunz G., Jung K., Ehrhardt H. Influence of ion energy and flux composition on the properties of plasma– deposited amorphous carbon and amorphous hydrogenated carbon films/ Diamond And Related Materials – 1993, v.2, №2–4, p.246– 250.
54 Sleptsov V.V., Gylina V.I., Bizukov A.A., Khots G.E., Unakov N.N. Formation of α-C:H films with reliable properties/ Diamond and Related Materials – 1995, v.4, p.120–125.
55 Robertson, J. Mechanical properties and structure of diamond-like carbon / J. Robertson // Diam. Rel. Mat. – 1992.–P. 397 – 406.
56 Данченков А.А., Лигачев В.А., Попов А.И. Морфология, проводимость и эффект псевдолегирования в аморфных и аморфно-кристаллических пленках C:H// ФТП. –1993. –Т. 27. –С. 1233-1238.
57 Lai X., Clair T.P.St., Valden M., Goodman D.W. Scanning tunneling microscopy studies of metal clusters supported on TiO2 (110): morphology and electronic structure// Progress in surface science. –1998. –Vol. 59. – P. 25-52.
58 25 Manikandan D., Mohan S., Nair K.G.M. Blue shift of plasmon resonance in Cu and Ag ion-exchanged and annealed soda-lime glass: an optical absorption study// Physica B. – 2003. – Vol. 325. –P. 86-91.
59 Гочжуан Цао, Ин Ван. Наноструктуры и наноматериалы.– Научный мир,2012. –520 с.
60 Высоцкий В.В., Ролдугин В.И. Структура и перколяционные свойства проводящих пленочных композиций// Коллоидный журнал. – 1999. – Т. 60,№ 6. – С. 729-745.
61 Efros A.L., Shklovskii B.I. Critical Behavior of Conductivity and Dielectric Constant near the Metal-Non Metal Transition Threshold// Phys. Stat. Sol. B. – 1976. –Vol. 76. – P. 475-485.
62 Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. -М.: Наука, 1979. - 416 с.
63 Roldughin V.I. Vysotskii V.V. Percolation properties of metal-filled polymer films, structure and mechanism of conductivity //Progress in organic coatings. – 2000. –Vol. 39. – P. 81-100.

Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Бабатаева Таңшолпан

Тақырыбы: Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондыққасиеттерінің модификациялары

Жетекшісі: Нурлан Манабаев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.9

Дәйексөз (35): 0.1

Әріптерді ауыстыру: 20

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☑ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні 03.06.2022 *Кафедра меңгерушісі*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Дипломдықжұмыс
(жұмыс түрінің атауы)

. Бабатаева Таңшолпан Мамайқызы
(білім алушының Т.А.Ә.)

5в072300-«Техникалық физика»
(мамандық шифры,атауы)

Тақырыбы: **«Гидрогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондық қасиеттерін өзгерту әдістері»**

Аяқталды:

А) 10бет теориялық бөлімнен:

В) практикалық бөлімі 15беттен,4кестеден тұрады.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС БОЙЫНША ЕСКЕРТУЛЕР

Бабатаева Таңшолпан Мамайқызының «Гирогенизделген алмазтәріздес көміртектердің электрондық қасиеттерін өзгерту әдістері» тақырыбына жазылған дипломдық жұмысы барлық талаптаоға сай жазылған.Тәжірибелік жұмыста гидрогенизделген алмазтәріздес көміртекті қабықшаларды алу жолдары, және олардық электрондық қасиеттерін өзгерту әдістері анық көрсетілген, жасалған.

Дипломдық жұмыста VUP-4 қондырғысында тұрақты тоқ арқылы магнетронды бүрку әдісін қолдана отырып, гидрогенизделген алмазтәріздес көміртекті қабықшалар алынған, оларға металл қоспасын қоса отырып электрондық қасиеттері өзгертілген.Сонымен қатар ,көміртекті қабықшалардың морфологиясы мен фазалық құрамын, Quanta 3D 200i СЭМ-інде энерго-дисперстік талдауларды жүргізген.

Жұмыстың барлық бөлімдері толық көлемде, жоғарғы техникалық деңгейде орындалған.Дипломдық жұмысқа айтарлықтартай ескертулер жоқ.

Жұмысты бағалау

Дипломдық жұмысты қорғауға ұсынылған Бабатаева Таңшолпанның «Гидрогенизделген көміртекті қабықшалардың электрондық қасиеттеерін өзгерту әдістері» тақырыбына орындалған дипломдық жұмысын 97% бағалап, бакалавр дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Пікір беруші:

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің ,phD аға-оқытушы
(ғылыми дәрежесі, атағы)

Кенжайбергенов Кенес Какимович
(Т.А.Ә.)

«___» _____ 20__ ж.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ