

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

Мұратхан Ақсұлтан Жеңісбекұлы

«Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскоп әдісімен зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

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)

«Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу»

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы


Орындаған

Мұратхан А.Ж

Пікір беруші:

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,

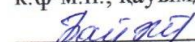
PhD, аға оқытушысы

 Кудайбергенов К.К

«30» маусым 2022 ж.

Ғылыми жетекшісі:

к.ф-м.н., қауымдастырылған профессор

 Байтимбетова Б.А

«03» маусым 2022 ж.

Алматы 2022

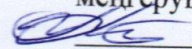
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты
Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«МНЖИФ» кафедра
менгерушісі т.ғ.к.

 У.К. Какимов

« 03 » мамыр 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Мұратхан Ақсұлтан Жеңісбекұлы

Тақырыбы: «Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу»

Университет ректорының «12» қаңтар 2022 ж. №762-б бұйырығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 23 » мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Көміртекті наноматериал туралы мәлімет , 2) Көміртекті наноматериалдар алу жолдары , 3) РФТ әдісі

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер:

- а) Көміртекті наноматериалдардың түрлері мен құрылымдары
- б) Көміртекті наноматериалдардың құрылымын РФТ әдісімен зерттеу
- в) Көміртекті наноматериалдардың құрылымына талдау жасау

Ўсынылган негізгі әдебиет атаулары:

1 «ГРАФЕН И МАТЕРИАЛЫ НА ЕГО ОСНОВЕ» Губин С. П., Ткачев С. В. Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН, 117901 Москва.




2 В. КИРЧАНОВ «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ»

3 Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» НАНОМАТЕРИАЛЫ: ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ Харьков 2010

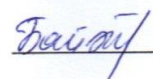
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдер	Ескертулер
Әдеби шолу	15.03.2022 - 22.03.2022	
Тәжірибелік бөлім	23.04.2020-03.05.2022	
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	Б.А. Байтимбетова асс. профессор	03.06.22	
Тәжірибелік жұмыстар	Н.Б. Бакранов, Инженерлік бейінді зертхана қызметкері	03.06.22	
Нормоконтролер	А.Б. Телешова, PhD докторы	3.06.2022	

Ғылыми жетекші



Байтимбетова
Б.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Мұратхан А.Ж.

Күні «03» маусым, 2022 ж

АННОТАЦИЯ

Из за развития нанотехнологий следует потребность разработки свежего исследовательского и измерительного оснащения, , разрешающего создавать и контролировать свойства наноструктур, также для контроля качества новых материалов, качества обработки поверхностей.

В последнее время все больше внимания уделяется исследованию процессов синтеза и направленной трансформации наноструктурных материалов и приборов на их основе.

Рентгеновские способы изучения считаются больше универсальными и к подленному времени больше современными способами изучения материалов. Рентгеновские лучи появляются под влиянием катодных лучей – потока электронов при осаждении ими поверхности отдельных металлов в электронных рентгеновских трубках.

АҢДАТПА

Нанотехнологияның дамуы нанокұрылымдардың қасиеттерін қалыптастыруға және бақылауға мүмкіндік беретін, оның ішінде жаңа материалдардың сапасын, беттерді өңдеу сапасын бақылауға мүмкіндік беретін жаңа зерттеу және өлшеу жабдықтарын жасау қажеттілігін туындатады

Соңғы уақытта нанокұрылымдық материалдар мен оларға негізделген құрылғылардың синтез процестерін және бағытты модификациясын зерттеуге көп көңіл бөлінуде.

Рентгендік зерттеу әдістері әмбебап және қазіргі заманғы материалдарды зерттеу әдістері болып табылады. Рентген сәулелері катод сәулелерінің әсерінен пайда болады-электронды рентген түтіктеріндегі кейбір металдардың бетін бомбалау кезінде электрондар ағыны.

ABSTRACT

The development of nanotechnology dictates the need to develop new research and measuring equipment that allows the formation and control of the properties of nanostructures, including for quality control of new materials, the quality of surface treatment

Recently, more and more attention has been paid to the study of the processes of synthesis and directed modification of nanostructured materials and devices based on them.

X-ray research methods are more universal and by now more modern methods of materials research. X-rays arise under the influence of cathode rays - the flow of electrons when they bombard the surface of some metals in electronic X-ray tubes.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Көміртекті наноматериалдарды алу мен зерттеудің қазіргі жағдайы	
1.1 Көміртекті наноматериалдардың түрлері мен құрылымдары	10
1.2 Нанотүтікшелер	11
1.3 Фуллерен	14
1.4 Графен	16
2 Көміртекті наноматериалдардың құрылымдық қасиеттерін зерттеу	
2.1 Рентгендік фазалық талдау әдісі	19
2.2 Рентгендік фазалық талдау әдісімен көміртекті нанотүтікшелердің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу	21
2.3 Рентгенофазалық талдау әдісімен графеннің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу	24
2.4 Фуллереннің құрылымдық сипаттамаларын рентгенофазалық талдау әдісімен зерттеу	26
3 Эксперименттік бөлім	28
3.1 X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрде көміртекті наноматериалдарды зерттеу.	28
4 Алынған нәтижелер	34
5 Қорытынды	36
ТЕРМИНДЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ	37
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	38

1 Көміртекті наноматериалдарды алу мен зерттеудің қазіргі жағдайы

1.1 Көміртекті наноматериалдардың түрлері мен құрылымы

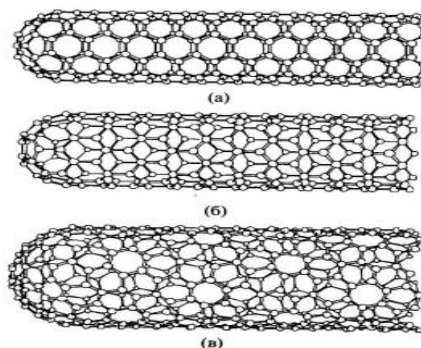
Қазіргі уақытта наноөнеркәсіп объектілерінің жағдайы мен даму тенденцияларын талдау нанотехнологияның ең перспективалы бағыттарының бірі көміртекті наноматериалдар - фуллерен тәрізді құрылымдардың синтезі болып табылады, олар көміртектің жаңа аллотропиялық түрі тұйық, рамкалық, жоғары молекулалық жүйелердің формасы.

1.2 Нанотүтікшелер

Көміртекті нанотүтікшелер (КНТ) - көміртегі атомдарының алтыбұрышты ұйымы бар түтікке оралған бір немесе бірнеше графит қабаттарынан тұратын қуыс цилиндр түріндегі кеңейтілген құрылымдар. КНТ диаметрі бірден бірнеше ондаған нанометрге дейін ауытқиды, ал ұзындығы ондаған микронмен өлшенеді және оларды алу технологиясы жақсарған сайын үнемі өсіп отырады. Шағын көлденең өлшемдерге байланысты мұндай түзілімдер нанотүтікшелер деп аталады[5].

Нанотүтікшелердің ұштары көбінесе жартылай сфералық бас түрінде тарылады, оны фуллерен молекуласының жартысы деп санауға болады. КНТ құрылымы бойынша графит пен фуллерендер арасында аралық орын алады, бірақ олардың көптеген қасиеттері графитке де, фуллерендерге де ешқандай қатысы жоқ. Бұл нанотүтікшелерді ерекше физика-химиялық сипаттамалары бар тәуелсіз материал ретінде қарастыруға мүмкіндік береді[5].

КНТ қасиеттері: оның құрылымын өзгерту арқылы электр өткізгіштігін реттеу мүмкіндігі; нанотүтікшенің кіші нанометр диаметрі қолданылатын орташа кернеуге қатысты пайда болатын электронды өрістің жоғары кернеуі. Нанотүтікшенің қуысы адсорбция үшін және газ тәрізді немесе сұйық заттардың қоймасы ретінде пайдаланылуы мүмкін. Нанотүтіктердің құрылымы: Нанотүтіктер бір қабатты немесе көп қабатты болуы мүмкін. Идеал бір қабатты түтік дұрыс алтыбұрыштардан тұратын графиттік (графен) жазықтығы тігіссіз цилиндрлік бетке бұғу арқылы қалыптасады және ұштары, екі жағында, алтыбұрыштардан басқа, 5 бесбұрышты қамтитын фуллерен жарты шарлары бар. Кресельді, зигзагты және киральды түтіктер бар(1.2.1 суретте көрсетілген) [3].



Сурет 1.2.1 – (а) кресельді көміртекті нанотүтік құрылымы, (б) зигзагты құрылым, (в) киральды құрылым[3]

Жақында нанотүтіктердің физика-химиялық сипаттамаларын анықтауға бағытталған зерттеулерде нағыз серпіліс болды. Мұндай зерттеулердің дамуына түрткі болатын екі негізгі ынталандыруды атап өтуге болады. Бір жағынан, бұл нанотүтіктердің миниатюралық өлшемдеріне және ерекше физикалық-химиялық сипаттамаларына байланысты негізгі аспект. Екінші жағынан, нанотүтіктердің айтарлықтай қолданбалы әлеуетінің мүмкіндіктері. Мұндай зерттеулердің кеңеюі нанотүтіктердің көптеген қасиеттері олардың геометриясына байланысты болуымен де байланысты. Бүгінгі таңда нанотүтіктердің ең әсерлі және зерттелген қасиеттері олардың өткізгіш, эмиссиялық және механикалық қасиеттері болып табылады. КНТ үшін құрылым мен өткізгіш қасиеттер арасында бір мәнді байланыс орнатылған. Бұл нанотүтікшенің электрондық құрылымының оның хиралдылығына тәуелділігінің нәтижесі, ол толтырылған электрондық күйлердің құрылымы болып табылады. Диаметрі мен хиралдылығына байланысты УНТ металл немесе жартылай өткізгіш болуы мүмкін. Сонымен қатар, жартылай өткізгіш нанотүтікшенің электронды қасиеттерінің маңызды сипаттамалары, мысалы, тыйым салынған аймақтың ені, электр кедергісі, заряд тасымалдаушылардың концентрациясы және қозғалғыштығы оның геометриялық параметрлерімен анықталады - диаметрі мен хирургиясы, яғни, түтіктің осіне қатысты графит бетінің бағдарлау бұрышы. Металл күйінде нанотүтікшенің өткізгіштігі өте жоғары. Олар ток тығыздығы $\sim 10^9 \text{ A/cm}^2$, ал мыс сым ток тығыздығы $\sim 10^6 \text{ A/cm}^2$ болған кезде істен шығуы мүмкін деп есептеледі. Жоғары өткізгіштіктің себептерінің бірі-электрондардың шашырауын тудыратын ақаулардың өте аз саны, бұл олардың төмен электр кедергісін қамтамасыз етеді. Бұған нанотүтіктердің жоғары жылу өткізгіштігі де ықпал етеді. Нанотүтікшелердің электр өткізгіштігіне механикалық әсер етуі мүмкін. Деформация нәтижесінде тыйым салынған аймақтың ені, тасымалдаушылардың концентрациясы, фонндық спектр және т. б. өзгереді. Бұл өз кезегінде нанотүтіктің өткізгіштігіне әсер етеді. Сонымен, нанотүтікшені 105° бұрышқа бұғу оның өткізгіштігінің 100 есе төмендеуіне әкеледі. Нанотүтікшенің Бұл қасиеті наноқұрылымының — механикалық сигнал түрлендіргішінің электрге және керісінше болуы мүмкін. Болжам бойынша, КНТ кедергісі Cu -ге қарағанда 2-3 есе аз[5].

Нанотүтікшелердің механикалық қасиеттері[3]:

Көміртекті нанотүтікшелер өте берік. Гук заңы: механикалық кернеу σ салыстырмалы деформацияға пропорционал,

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (1.1)$$

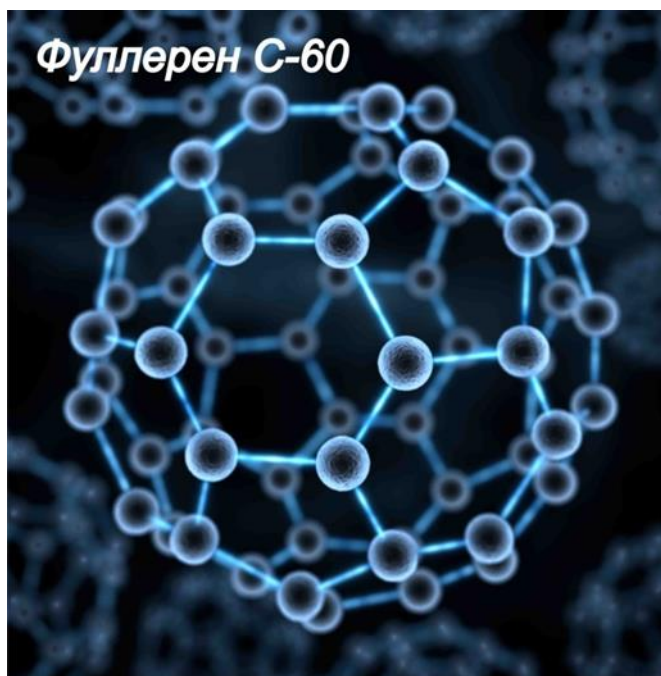
$\sigma = E\varepsilon$, мұндағы E – Юнг модулі материалдың қаттылығын немесе серпімділігін

сипаттайды. Көміртекті нанотүтіктердің Юнг модулі 1280-ден 1800 ГПа-ға дейін, болат үшін $E=210$ ГПа. Көміртекті түтік болаттан 10 есе қаттырақ. Көміртекті нанотүтік иілу кезінде өте серпімді және ақаулардың (дислокациялар мен түйіршіктердің шекаралары) болмауына байланысты үзілмейді. Түтіктің көміртекті қабырғалары қалыпты алтыбұрыштардан тұрады, олар майысқан кезде деформацияланады, бірақ жыртылмайды. Бір қабырғалы көміртекті нанотүтікшенің созылу күші 45 ГПа, болат қорытпалары 2 ГПа-да істен шығады. Осылайша, көміртекті нанотүтіктер болаттан шамамен 20 есе берік. Диаметрі 200 нм көп қабатты нанотүтікшенің созылу күші 7 ГПа және Юнг модулі 600 ГПа. (1 ГПа = 104 атм) [3].

1.3 Фуллерен

Көміртектің жаңа формасының - фуллерендер деп аталатын алып молекулалардың ашылуы соңғы жылдары үлкен серпіліс тудырды. Фуллерендерге деген үлкен қызығушылық зат туралы жаңа іргелі білім алуға ғана емес, сонымен бірге оларды практикалық қолдану мүмкіндіктеріне де байланысты. Қазіргі уақытта "фуллерендер" ұғымы жабық қуыс полихедрон тәрізді C_n (N - жұп) жалпы формуласы бар көп атомды көміртек молекулаларының кең класына қолданылады[5].

Тұйық қуыс пішіні көпқырлы, Қазіргі уақытта «фуллерендер» ұғымы жалпы формуласы C_n (n - жұп) бар көп атомды көміртегі молекулаларының кең класына қолданылады. Фуллерендер-көміртектің төртінші аллотропты түрі (алғашқы үшеуі - алмаз, графит және карбин). Ең танымал фуллерендер- C_{60} (1.3.1 сурет) және C_{70} . Фуллерендерді зерттеу барысында көміртек атомдарының саны әртүрлі - 36-дан 540-қа дейін және одан да көп болатын фуллерендердің басқа молекулалары синтезделді және зерттелді. C_{60} молекуласы - осы уақытқа дейін белгілі болған ең симметриялы. Ол диаметрі ~ 1 нм болатын сфералық бетінде орналасқан алпыс көміртек атомдарынан тұрады[5].



Сурет 1.3.1 – Фуллерен C-60 құрылымы

1.3.1 суретте көміртегі атомдары сфераның бетінде бесбұрыштар (пентагондар) мен алтыбұрыштардың (гексагондардың) шыңдарында

орналасқанын көруге болады. Бұл молекула 12 Қара пентагоннан және 20 АҚ гексагоннан тұратын футбол допына ұқсайды. С60 молекуласында көміртек атомдары коваленттік байланыс арқылы байланысады. Мұндай байланыс атомдардың валенттік (сыртқы) электрондарын әлеуметтендіру арқылы жүзеге асырылады[5].

Фуллерендер коллоидты кластерлер ретінде сұйық және қатты фазаларда мүмкін болатын ұйым мен өзін-өзі ұйымдастырудың айқын қасиеттерін көрсетеді. Бұл жағдайда үш өлшемді ұйымы бар құрылымдар пайда болады. Екі өлшемді құрылымдар ұйымға аз сезімтал. Көміртекті – көміртекті нанотүтікшелерге негізделген бір өлшемді ұйымдасқан құрылымдар жақсы танымал және белсенді зерттелуде. Белгілі бір жағдайларда С60 молекулалары кристалдық тордың түйіндерінде орналасқан кеңістікте орналасады. Фуллерен молекулалары негізінде түзілген қатты фазалық құрылымдар фуллериттер деп аталады[5].

Енгізілген металл атомдары бар фуллериттер ($M_{12}C_{60}$, $M_{32}C_{60}$, $M_{60}C_{60}$ қосылыстары) фуллеридтер деп аталады. Атап айтқанда, фуллеридтер $M_{60}C_{60}$ тұрақты кешендері ретінде белгіленеді ($M = Na, K, Cs, Sr, Ba, La, Li$ және т.б.). Металл атомы фуллереннің ішінде және одан тыс жерде болуы мүмкін, сонымен қатар көміртегі рамасының құрылымына да енуі мүмкін[5].

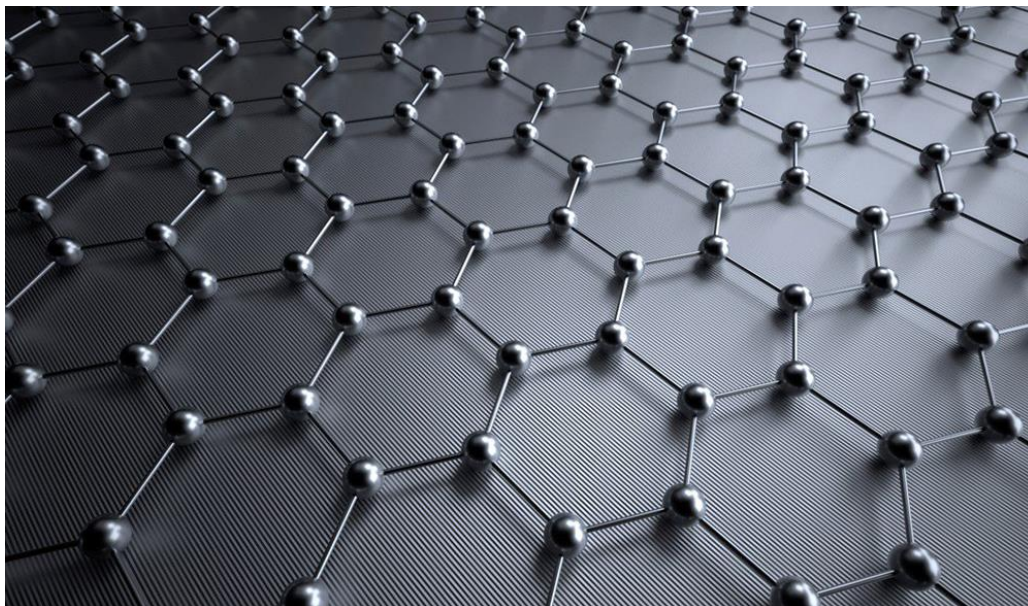
Легирлеуге байланысты С60 фуллериттері жартылай өткізгіш (n-және Р-типтері) немесе металл қасиеттеріне ие болуы мүмкін. Бөлме температурасындағы таза фуллерен-бұл тыйым салынған аймақтың мөлшері 2 эВ-дан асатын оқшаулағыш немесе өте төмен өткізгіштігі бар өзіндік жартылай өткізгіш[5].

$M_{32}C_{60}$ ($M = K, Rb, Cs$) құрамы бар сілтілі металл фуллеридтері тек металл ғана емес, сонымен қатар үш өлшемді органикалық қосылыстарға ғана тән өткізгіш қасиеттерге ие[5].

Легирленген фуллерендердің тағы бір қызықты қасиеті-олардың ферромагнетизмі. Бұл құбылыс алғаш рет фуллерен С60 тетрадиметиламиноэтиленмен (ТДАЭ) легирлеу кезінде анықталды. Ферромагнетизм басқа фуллеридте де кездеседі, ол фуллерен С60 қоспасымен бор мен йод қосындысымен тең пропорцияда алынады[5].

1.4 Графен

Графен-алтыбұрышты торға салынған көміртек атомдарынан тұратын екі өлшемді Атом кристалы. Графен торының моделі бос аралардан жұқа кабатты олардың жалпақ негізіне параллель кесіп тастағанда алынады. Тұрақты бірдей алтыбұрышты жасушалары бар жалпақ тор пайда болады[3].

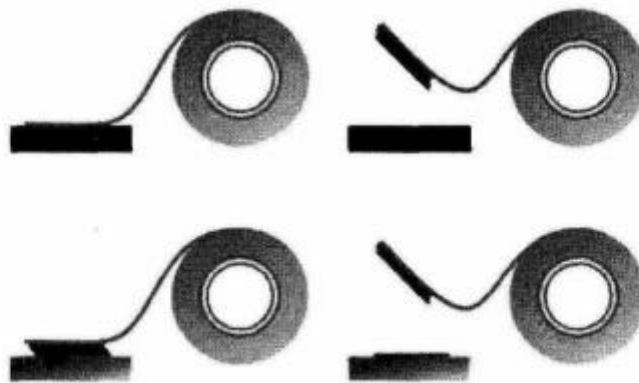


Сурет 1.4.1 – Графен

Графен массасыз релятивистік квази-бөлшектер (массасыз Дирак фермиондары) ретінде әрекет ететін заряд тасымалдаушылардың арқасында ерекше сипаттамалары бар жаңа электрондық жүйеге ие. Графен-химиялық модификацияға жарамды алып молекула. Оның қосымшалары электроникадан композициялық материалдарға дейін созылады[3].

Қасиеттері. Графен жоғары беріктікке ие, ол өте кішкентай қалыңдығына байланысты мөлдір. Сонымен қатар, графен-бұл электр тогының керемет өткізгіші, оны күн панельдерінің немесе сенсорлық дисплейлердің мөлдір электродтары ретінде қолдануға өте тартымды етеді[8].

Өзінің қасиеттеріне байланысты графен наноэлектроникада қолданылатын материалдардың келесі буыны болып саналады. Бұл компьютерлердің жылдамдығын едәуір арттырады, жұмыс кезінде олардың энергия тұтынуы мен қызуын азайтады, оларды жеңілдетеді. Графенді авиация және ғарыш индустриясында ауыр мыс сымдарын ауыстыру ретінде, сондай-ақ қазіргі уақытта прототиптері жасалынған икемді электронды құрылғылардың кең жиынтығында пайдалануға болады[8].



Сурет 1.4.2 - Химиялық қабыршақтану әдісі[3]

Химиялық қабыршақтану әдісі (графон) деп аталатын графен оксидтерін алу үшін графитті қышқылдармен өңдеуден тұрады. Бұл оттегі топтарымен араласқан графит, оны суда оңай ыдырайтын гидрофильді материалға айналдырады. Бұл графит оксиді үлпектері, кейде бір қабатты, сапасы төмен графенге дейін азаяды. Микромеханикалық немесе химиялық қабыршақтану басқа қабатты материалдарды алу үшін қолданылады. $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$, NbSe_2 , BN , MoS_2 , Bi_2Te_3 және де басқа дихалькогенидтер[3].

Қазіргі уақытта графеннің екі кристалды реттелген химиялық модификациясы алынды[3]:

Графан-әрбір көміртек атомына бір сутегі атомы (CH) қосылған[3];

Фторграфен-әрбір көміртек атомына бір фтор атомы (CF) қосылады[3].

Екі кристалды материал да бөлме температурасына төзімді кең тыйым салынған 36 аймағы бар изоляторлар болып табылады. Олар материалдардың жаңа класын - екі өлшемді Атом кристалдарын ашады[3].

Графеннің механикалық қасиеттері

Графен-бұл екі өлшемді атомдық материал оңай механикалық созылып, деформациялануы мүмкін, кішірейіп, бүгіліп, жарылып кетуі мүмкін. Кез-келген осындай механикалық әсер графеннің электронды құрылымының қатты өзгеруіне әкеледі[3].

Кернеу жергілікті магнит өрісінің пайда болуына тең (К және К' аңғарларындағы квази бөлшектер үшін қарама-қарсы бағытта бағытталған). Графен механикалық күшті және өте серпімді, қолданылатын кернеулер және сәйкес псевдомагниттік өрістер өте күшті болуы мүмкін және энергия спектріндегі Елеулі жарықтардың ашылуына әкеледі. Электроникада жаңа зерттелмеген бағыт пайда болады: электронды құрылым мен валлейтрониканың деформациялық инженериясы[3].

Валлейтроника– электроникаға балама перспектива, онда электронды газдың «поляризациясының» К және К` аңғарлары бойымен тасымалдануы ақпарат қозғалысын жүзеге асырады. Салыстыру үшін[3]:

Спинтроникада ақпарат электронды газдың спин тығыздығының қозғалысын білдіретін спин токтарымен тасымалданады[3]..

Электроникада ақпарат электр тогымен беріледі (зарядтардың бағытталған қозғалысы) [3].

Графенді қолдану

Графен субстраты нано объектілерді, биологиялық және басқа үлгілерді мөлдір электронды спектроскопия арқылы зерттеу үшін қолданылады. Графен өте жұқа, өткізгіш, қарама-қарсы 80 кэВ энергияға төзімді[2,3].

Металл бетіне химиялық газ фазалық тұндыру (CVD) арқылы өсірілген Графен полимер қабатымен жабылған. Содан кейін металл субстрат ою арқылы алынады. Оған графен қосылған полимерлі пленка бірнеше микрон тесіктері бар металл торға ауысады. Полимер торын алып тастағаннан кейін еркін ілулі мембрана пайда болады.[2,3].

Күн батареялары мен сұйық кристалды дисплейлерге арналған графенді мөлдір өткізгіш жабындар металл және оксидметалл орнына қолданылады.

Графен интегралдық микросхемалар интегралдық микросхема үшін жеткілікті мөлшердегі бор нитридiнен жасалған төсемге графенді (графит монослоясын) жағу технологиясы жасалды. Тор тұрақтысы графиттің тұрақты торынан өте ерекшеленеді, сондықтан кремний графен үшін субстрат ретінде жарамайды. Алайда, графен, өкінішке орай, "өшірулі"күйде үлкен минималды өткізгіштікке ие[2,3].

2.1 Рентгендік фазалық талдау әдісі

Рентгендік фазалық талдаудың (РФТ) негізгі міндеті-зерттелетін үлгі берген дифракциялық суретті талдау негізінде олардың қоспасындағы әртүрлі фазаларды анықтау. Қоспадағы затты анықтау оның жазықтықаралық қашықтықтарының жиынтығы және рентгенограммадағы тиісті сызықтардың салыстырмалы қарқындылығы бойынша жүргізіледі [1].

Рентгендік фазалық талдаудың (РФТ) негізгі қағидаларына мыналар жатады:

* ұнтақ дифракцияның сурет, кристал заттарының арнайы сипаттама бола алады[1];

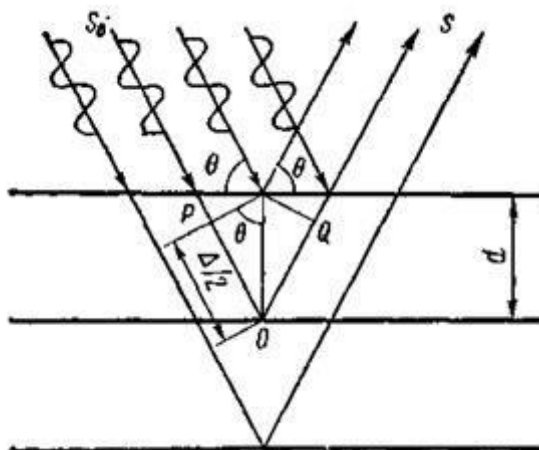
* әрбір кристалдық фаза әрдайым бірдей дифракциялық спектр береді, жазықтарараалық қашықтықтар жиын $d_{(hkl)}$ және сәйкес келетін сызық қарқындылықпен $I_{(hkl)}$ сипатталады, тек осы кристалдық фазаға тән [1];

* рентгендік дифракция спектрі жеке фазалар қоспасынан олардың дифракциялық спектрлердің суперпозициясы бола алады[1];

* зерттелетін үлгіде бар қоспаның дифракциялық спектрі кристалдық фазаларының қатынасын, сандық түрде анықтауға мүмкіндік береді. Нақты бір үлгілердің кристалды фазалардың қарқындылық өзара қатынасы [1].

РФТ әдісінде кристалл торларындағы рентген сәулелерін, дифракция құбылысы пайдаланатын сәуле толқын ұзындығы λ қолданады. Рентген сәулесін шашыратуға қабілетті болатын кристалл торларының нүктесі, кей жағдайларда фазалар айырмашылық байланысына, электрондар шашырау толқында араларында, жалпы амплитуда пайда бола алады. Дифракция максимумдар пайда болатын жағдайларды табуға кристалл параллельді, бірдей орнатылған атом жазықтықтар жиынтығы ұсынуға болады, кристалл бағыты hkl индекстерімен белгінуі тиіс. Кристалл торларында, параллель жазықтық жүйесін неше түрлі жолдармен жүргізуге келеді. Осындай жазықтықтар жүйесі көрші жазықтықтар $d_{(hkl)}$ – жазықтықаралық қашықтықтар арасындағы белгілі бір қашықтыққа сәйкестендірге болады. Бұндай жүйелерінің біреуіне θ бұрышында рентгендік сәуле түседі. Бұл монотомиялық қабаты көміген оңай жүреді және өзара ұқсас бұрышымен әсер етеді θ . Түрлі жазықтықтар шағылысатын толқындар (төмендегі суретте) ішінара араласады. Амплитуда және салыстырмалы фазалар арқылы бірдей толқындар пайда болатын кедергісі анықталады. Жазықтықтары шағылысатын толқындар амплитудаларын бірдей деуге болады, егер терең енген рентген сәулелерінің әлсірегенін есептемесе. Толқындардың салыстырмалы фазалары жазықтықаралық қашықтықтың $d_{(hkl)}$

шамасына және сәуленің "шағылысу" бұрышына байланысты θ . Сонымен, 1 және 2 сәулелер қозғалысының айырмасы $\Delta = AB + BC = 2D \sin \theta$, ал олардың салыстырмалы фазасы $\varphi = \Delta/\lambda$ периодпен периодты [1].



Сурет 2.1.1 - Вульф-Брагг шартын шығаруға [1]

Көп жағдайларында көрші ұштары, түрлі-түрлі фазаларында шағылысқанда. Бірінші және үшінші сәулелерде, инсульттің айырмашылығы екі есе, бірінші және төртінші үшін үш есе және тағы басқа көптеген шағылысқан жазықтық болған жағдайда, бетінен қашықтықта орналасқан k жазықтықты алуға болады, ол үшін $\Delta = \lambda/2$, яғни бұл өзіне қарсы фазасында шағылысқан: бірінші және k сәулелер сөнеді бір-біріне. Соған ұқсас екінші және $k + 1$, үшінші және k_2 сәулелері және тағы басқары сөніп қалады, нәтижесінде пайда шыққан толқын қарқындылығы 0 тең. Бүткіл ұшақтар бір фазада шағылғанда, қозғалыс айырмашылығы толқын ұзындықтың толық санын құрайды $\Delta = n\lambda$, шағылған сәулесі өзін максимал түрін күшейткізеді. Δ түсінігін құрып, біз Брэгг-Вульф теңдеуін нәтижелейміз [1]:

$$n\lambda = 2d_{(hkl)} \sin \theta \quad (2.1)$$

2.2 Рентгендік фазалық талдау әдісімен көміртекті нанотүтікшелердің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу

Табиғи газдан көміртекті нанотүтікшелерді алу үшін металл катализатор мен микротолқынды разряд плазмасының газына біріктірілген әсер ету арқылы табиғи газды көміртекті материал мен сутекке конверсиялаудың жаңа тәсілі қолданылды. Алынған көміртегі материалының құрамында көміртегі нанотүтікшелері көп (~70%), қалғаны – 10...50 нм бөлшектердің мөлшері бар аморфты көміртегі мен графит, бұл табиғи газдан көміртекті нанотүтікшелерді алу үшін осы әдісті қолдануға мүмкіндік береді[6].

Бұл жұмыста табиғи газды жоғары көміртекті нанотүтікшелер мен сутегі бар көміртекті материалға металл катализатор мен микротолқынды разряд плазмасының газға бірлескен әрекеті арқылы конверсиялау арқылы көміртекті нанотүтікшелерді алу әдісі және оларды тазарту және көміртекті материалдан бөлу әдісі қарастырылған. Алынған нәтижелерге сәйкес көміртегі материалын құрамы бойынша көміртекті нанопилдерге, көміртекті нанотүтіктерге (бір қабатты, көп қабатты, пияз тәрізді), аморфты көміртекке, графитке бөлуге болады.

Аморфты көміртектің, көміртекті нанотүтіктердің, графиттің құрамы рентгендік фазалық талдаудан анықталды: көміртекті нанотүтікшелер ~70 %, аморфты көміртегі 30% – дейін, қалғаны-графит. Катализатор – Темірдің іздері де байқалды.

Наноталшықтар, КНТ, аморфты көміртегі бөлшектерінің өлшемдері олардың микрофотографиясымен бағаланды. КНТ көлденең өлшемі 8-ден 100 нм-ге дейін өзгерді. Аморфты көміртегі бөлшектерінің мөлшері 10-нан 50 нм-ге дейін. Көміртекті нанопилдердің диаметрі 100 нм-ден асады, олардың ұзындығы 1 мкм-ден асады. "Sorbi-M" типті аспаптағы көміртекті материалдың өлшенген үлестік беті Материалдың құрамына байланысты 30 г/м²-ден 500 г/м²-ге дейін өзгереді[6].

Кесте 2.2.1 - Көміртекті материалды рентгендік фазалық талдау

Образец	Фазалық құрамы	Фазалардың мазмұны, об. %	Торлар параметрлері, Å	Мөлшері окр., нм	Ескертпе
1	Бір қабатты КНТ (SWCNT)	36	a = 2,57 c = 7,00	9,2	
	Көп қабатты УНТ (MWCNT)	25	a = 2,46 c = 6,90	9,8	
	Пияз тәрізді (Onions)	14	a = 2,37 c = 6,87	10	
	Графит	–	–	–	
	Аморфты көміртек	25	–	–	
2	Бір қабатты КНТ (SWCNT)	13	a = 2,57 c = 6,966	9,3	Катализа тор іздері
	Көп қабатты КНТ (MWCNT)	37	a = 2,465 c = 6,82	18	
	Пияз тәрізді (Onions)	22	a = 2,532 c = 7,07	11	
	Графит	5	a = 2,51 c = 6,69	9,3	
	Аморфты көміртек	23	–	–	

2.2.1 кестеде рентгенофазалық талдау (РФТ) әдісімен анықталған көміртегі материалының фазалық құрамы келтірілген. Көміртегі материалы айналымдарының фазалық құрамы мен параметрлерінің құрылымын зерттеу $\text{CuK}\alpha$ - сәулесіндегі xrd-6000 дифрактометрінде жүргізілді[6].

Микротолқынды разряд плазмасында алынған көміртегі материалының құрамы бойынша екі процестің барысы туралы айтуға болады: разряд аймағында өтетін аморфты көміртектің пайда болуы-біртекті реакция; келесі ықтимал механизмдерге сәйкес разряд аймағында КНТ түзілуі[6]:

1. Катализатор аймағынан микротолқынды разряд аймағына газ ағынымен шығарылатын темір асты металдары бар көміртекті микробтардағы көміртекті нанотүтікшелердің өсуі[6].

2. Микротолқынды разряд-бұл разряд камерасының коаксиалды электродтары арасындағы кеңістікті толтыратын біртекті плазмалық форма. Микротолқынды разряд ядросы тот баспайтын болаттан жасалған ішкі электродтың соңына жақын, мұнда микротолқынды өріс кернеуі максималды болады. Микротолқынды разрядтың ядросында жоғары температураның әсерінен электрод бетінен металл буланып кетеді. Балқытылған Темірдің микрокапльдері бу– сұйық–тамшы механизміне сәйкес нанотүтікшелердің шығу орталығы болуы мүмкін. Нанотүтікшелер көміртекпен қаныққан металл балқымасының тамшысынан көміртектің шығуы нәтижесінде өседі. Біздің

жағдайда жұмыста қарастырылған көміртегімен қаныққан тамшы бетіндегі графит аралының моделі ең қолайлы[6].

2.3 Рентгенофазалық талдау әдісімен графеннің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу

Жұмыс иондық емес ББЗ (полиакрил қышқылы және pluronic F-127) қоспасымен тұрақтандырылған графен суспензияларын пайдалана отырып, тұрақты токта электрохимиялық тұндыру әдісімен "мыс-графен" композиттік жабындарын алуға арналған. Алынған композициялық жабындар сканерлейтін электронды микроскопия және рентгендік фазалық талдау әдістерімен зерттелген[7].

"Мыс-графен" композиттік жабындарын алу үшін бұрын нанотұндырылған мысты тұндыру үшін сәтті қолданылған тұрақты ток электрохимиялық тұндыру әдісі қолданылды. Ол үшін $\text{CuSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ кристаллогидратын (х. сағ. маркасы) 25°C -та дистилденген суда еріту арқылы мыс сульфатының бір полярлы су ерітіндісі дайындалды, 37,5 мл/л концентрациясын алу үшін этил спиртінің есептелген мөлшері дайындалған ерітіндіге қосылды, содан кейін күкірт қышқылымен $\text{pH}=1$ дейін қышқылданды. Графеннің көзі ретінде табиғи графитті төмен температурада бөлу арқылы алынған коммерциялық қол жетімді графит-графен қоспасы қолданылды. Дайындалған мыс сульфатының су-спирт ерітіндісіне қосылған графит-графен композитінің суспензиясын тұрақтандыру үшін иондық емес ПАВ - полиакрил қышқылы және Pluronic F-127 таңдалды. Беттік-белсенді заттарды таңдау критерийлері олардың едәуір үлкен молекулалық салмағы, сулы ерітінділерде жақсы ерігіштігі және қышқыл ортада мицелланың болмауы болды. Берілген концентрациядағы графен суспензиясын алу үшін графит-графен қоспасы құрамында иондық емес ББЗ бар дайындалған ерітіндіге қосылды. Бастапқы суспензиялардың құрамы тұрақты токта электрохимиялық тұндыру арқылы алынған үлгілердің нөмірлерімен бірге 2.3.1-кестеде келтірілген[7].

Кесте – 2.3.1 Графеннің бастапқы суспензияларының құрамы және электрохимиялық тұндыру барысында алынған үлгілердің нөмірлері.

Үлгі номері	графен концентрациясы, г/л	Концентрация ПАВ, ppm
ПАВ – полиакрил қышқылы, ПАК		
1	0,05	25
2	0,1	25
3	0,1	50
4	0,1	100
ПАВ – Pluronic F-127		
5	0,1	25
6	0,1	50
7	0,5	50

Алынған жабындардың микроқұрылымы Zeiss Supra V-55 электронды микроскопында сканерлейтін электронды микроскопия әдісі арқылы анықталды. Беттік құрылым туралы алынған мәліметтерге сүйене отырып, 4 және 6 үлгілері рентгендік фазалық талдау арқылы зерттеу үшін таңдалды (SHIMADZU xrd-6000 рентгендік дифрактометрі, с-Ка сәулеленуі $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ бөлме температурасында, заттар мен сингонияларды анықтау үшін PDF ұнтақ картотекасы пайдаланылды[7].

2.4 Фуллереннің құрылымдық сипаттамаларын рентгенофазалық талдау әдісімен зерттеу

Зерттеу әдісі және жабдықтар. Рентгенқұрылымдық зерттеулер Жалпы мақсаттағы дифрактометр ДРОН-3-те (Брэгг-Брентано бойынша фокустау) 2θ -ден 40° - қа дейінгі бұрыштық диапазонда $\text{Cu K}\alpha$ мыс монохроматикалық сәулеленуін пайдалана отырып жүргізілді. Бастапқы және қайталама сәуле саңылаулармен шектелген, көлденең - 0,25 мм., тік-6 мм., Соллер саңылаулары-0,5 мм.зерттелетін үлгіні өз жазықтығында минутына 120 айналым жылдамдығымен айналдыру жүзеге асырылды[10].

Дифракциялық шыңдардың бұрыштық позицияларын анықтағаннан кейін, Вульф-Брегг формуласы бойынша d/n жазықтықаралық қашықтықтар есептелді:

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad (1)$$

мұндағы, d -жазықтықаралық қашықтық;

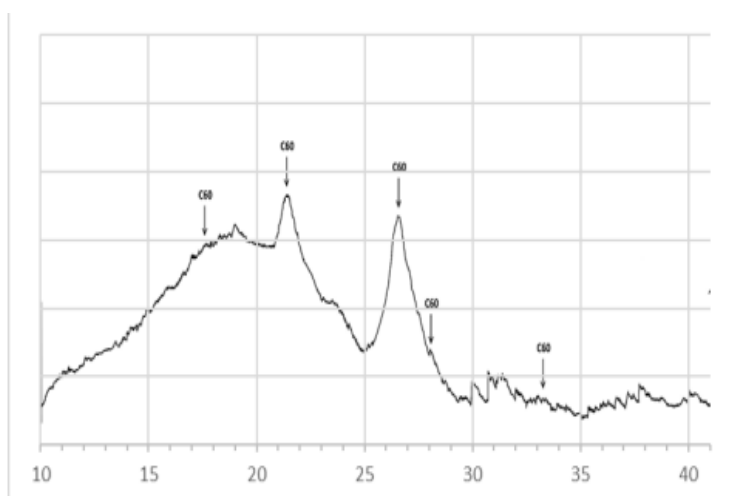
θ -дифракциялық шыңның орналасу бұрышы(Брегг бұрышы);

n -шағылысу тәртібі;

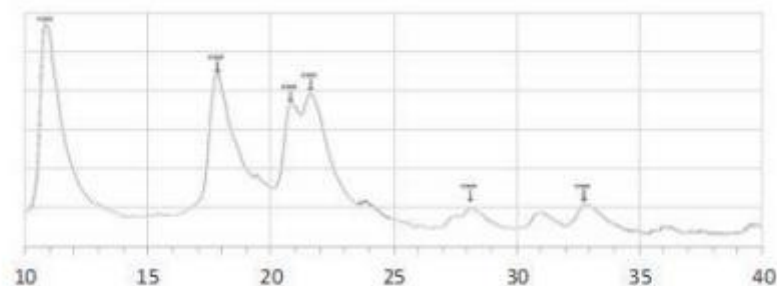
λ -рентген сәулесінің толқын ұзындығы

Фазаларды сәйкестендіру дифрактометриялық базаны қолдану арқылы жүргізілді[10].

Конденсацияланған күйде фуллерендер текше бетке бағытталған тор-фуллерит бар Молекулалық кристалл түзетіні белгілі. Фуллериттің жоғары температуралық үлгісінің дифрактограммасында C_{60} фуллеритіне тән бірқатар шыңдар, сондай-ақ басқа кристалды фазалардың шыңдары бар[10].



Сурет 2.4.1 – Құрамында фуллерены бар жоғары температуралы үлгінің дифрактограммасы[10]



Сурет 2.4.2 – Сепарирленген фуллерені бар Жоғары температуралы үлгінің дифрактограммасы[10].

Дифрактограмманы талдау (Сурет 2.4.2) бөлектелген үлгі $a=1,42$ нм элементар ұяшық параметрі бар текше бетке бағытталған кристалды торы бар бір фазалы фуллерит екенін көрсетеді. Бірлік ұяшықтың үлкен параметріне байланысты алғашқы және ең күшті шағылысулар 10° - тан басталатын өте кішкентай шашырау бұрыштарында байқалады[10].

3 Эксперименттік бөлім

3.1 X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрде көміртекті наноматериалдарды зерттеу.

Көміртекті наноматериал үлгілерін сипаттау үшін, яғни, пішіні мен өлшемін және олардың кеңістікте таралуын анықтау үшін әдетте рентгендік дифракциялық талдау, шағын бұрышты рентгендік шашырау және электронды микроскопия қолданылады.

Үлгілердің рентгендік спектрлерін Cu-K альфа-сәулеленуін пайдаланатын X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрінде алынды.(4.1.1-сурет).



Сурет – 4.1.1 X'Pert MPD PRO рентгендік дифрактометр

X'Pert MPD PRO (PANalytical) дифрактометри-бұл стационарлық құрылғы және негізгі блоктар орналасқан аспаптық жақтау түрінде жасалған: қорғаныс корпусындағы рентген түтігі, рентген түтігінің жоғары вольтты қуат көзі, гониометрмен дифрактометриялық тірек, анықтау блогы, басқару және деректерді жинау блогы, жетекті басқару блогы, пайдаланылмаған рентген сәулесінен қорғалған.

Қолдану салалары:

- 1) жоғары ажыратымдылықтағы дифрактометрия
- 2) құрылымды талдау
- 3) жұқа және өте жұқа нанопленкаларды талдау
- 4) жазықтықтағы дифракция
- 5) монокристалдарды талдау және т. б.

Дифрактометрдің жұмыс принципі зерттелетін заттың кристалдық торының атомдық жазықтықтарынан рентген сәулелерінің дифракциясына негізделген. Дифракциялық көрінісін тіркеу үшін детектор және/немесе үлгіні гониометр осінің айналасында айналғанда жүзеге асырылады. Рентген сәулелері hkl индекстері бар кристаллографиялық жазықтықтардан шағылысады да, және детектордың қабылдау саңылауына назараударады.



(4.1.2-сурет).X'Pert MPD PRO (PANalytical) дифрактометри жалпы түрі

Заттың кристалды құрылымын рентгендік талдау әдісімен зерттеу, қатты денелердегі атомдар мен молекулалардың өзара орналасуын анықтауға мүмкіндік береді. Поликристалды үлгілердегі рентгенографияны қолдана отырып, келесі мәселелерді шешуге болады:

- 1) күрделі және күрделі емес құрылымдарды құрылымдық талдауды;
- 2) белгісіз заттың элементар жасушасын анықтау;
- 3) фазалық ауысуларды зерттеу, қатты дененің күйін зерттеу (кристалды, аморфты, кристалды қосындылары бар аморфты);
- 4) заттың фазалық құрамын зерттеу (сапалық және сандық талдаулар);
- 5) қоспадағы белгілі бір фазалардың санын анықтау;
- 6) сынамадағы кристалдардың, дәндердің орташа мөлшерін анықтау, оларды өлшемдер бойынша бөлу функциясы, сызық профилін талдау;
- 7) ішкі кернеулерді зерттеу: дифракциялық сызықтарға талдау жүргізу және осы сызықтардың орнын ауыстыру;
- 8) текстураларды, яғни кристаллиттердің басым бағытының сипатын зерттеу.

Қатты заттың қасиетін оның кристалды торының құрылымы, кристаллиттердің мөлшері, тордың бұрмалану дәрежесі, атомдар арасындағы өзара әрекеттесу күштерінің сипаты мен шамасы бойынша анықтау рентгендік талдаудың түпкі мақсатын білдіреді.

Сипаттамалық шыңдар мен когерентті шашырау блоктарының қалыңдығын және кристаллиттердің тиімді мөлшерін есептеу Н.Я.Селякованың формуласы бойынша жүргізілген. Поликристалды изотропты үлгіні монохроматтық түсіру кезінде пайда болатын дифракциялық сызықтың ені кристаллдың орташа мөлшеріне кері пропорционал:

$$B = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} I(x) dx}{I_{\max}} \quad (2.1)$$

Мұндағы, B – сызықтардың жарты ені;

I – сәуленің интенсивтілігі, фотометрия арқылы пленка бойымен немесе тікелей иондану камерасының көмегімен x шашырау бұрышының функциясы ретінде өлшенеді, ол мынаған тең: $x=2(\theta-\theta_0)$; θ_0 – Вульф-Брагг формуласымен анықталатын шолу бұрышы, I_{\max} –

дифракция сызығының максималды қарқындылығы. Интенсивтік интегралдау келесі формула бойынша есептелінді:

$$L = \frac{\lambda}{Bd \cos \theta_0} \quad (2.2)$$

мұндағы L – кристаллдардың өлшемі;

d – жазықаралық қашықтық;

λ – толқын ұзындығы;

θ - бұрыш;

Жұмыстың орындалу барысы:

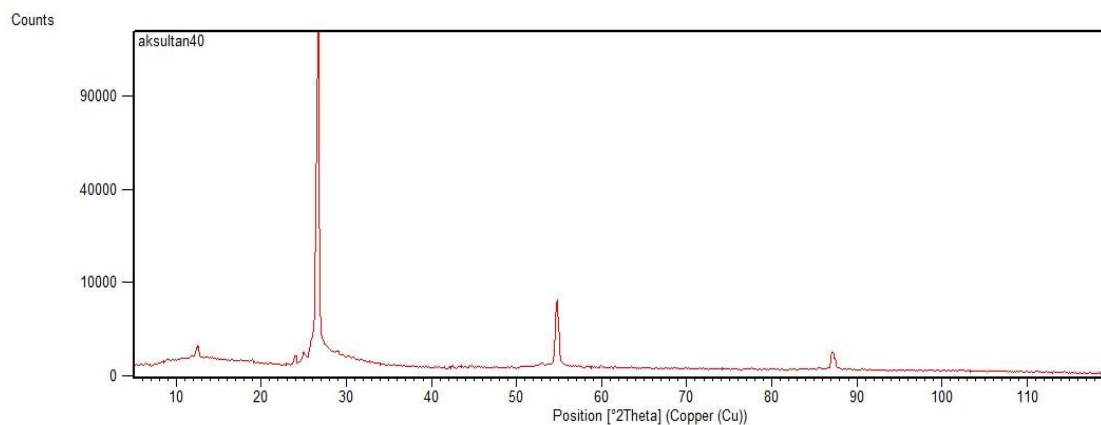
- 1) Үлгі камераның ішіне орнатылды.
- 2) Рентген түтігінің сәулесі зерттелетін үлгіге түсті.
- 3) Гониометр үлгінің синхронды айналуын және бұрыштық жылдамдықпен осьтің айналасында қажетті анықтау блогын қамтамасыз етті.
- 4) Айналу процесінде дифракцияланған сәуленің интенсивтілігі айналу бұрышына тәуелділігі өлшенеді, оның негізінде зерттелетін материалдың сипаттамалары есептеді.



Сурет 4.1.3 – Үлгі және дифрактометр ішіндегі үлгі көрінісі

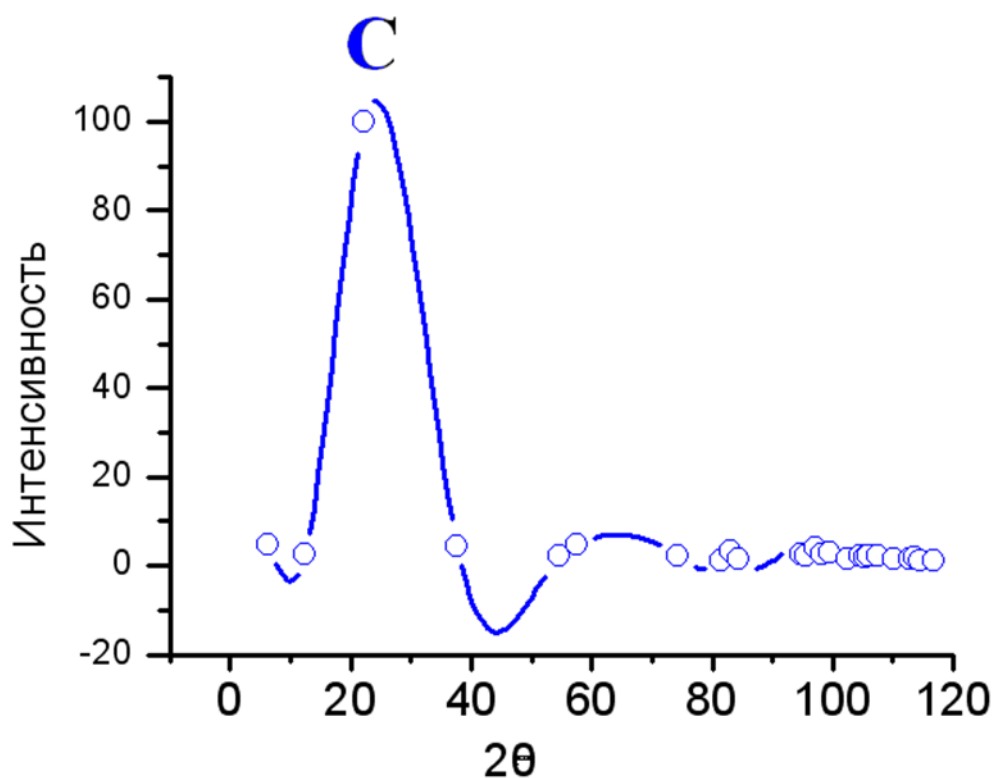
4 Алынған нәтижелер мен талдау

"X' pert highscore plus " программасы арқылы ультрадыбыс өрісінде таза графитті органикалық реагент толуолмен 40 минут өңдеу нәтижесінде алынған нанокөміртекті үлгінің спектірін түсіру нәтижесі алынды.



Сурет 4.1 – Ультрадыбыс өрісінде таза графитті органикалық реагент толуолмен 40 минут өңдеу үлгісінің спектрі

"X' pert highscore plus " бағдарламасы X'Pert MPD PRO (PANalytical) дифрактометрлерінен алынған ұнтақты дифракциялық деректерді (4.1 суретте) автоматтандырылған алдын-ала өңдеуге және сапалық және сандық фазалық талдауға, сондай-ақ тордың параметрлері және т. б. сияқты заттың кейбір құрылымдық сипаттамаларын нақтылауға мүмкіндік береді.



Сурет 4.2 – Көміртегінің түзілу спектрінің амплитудасы

Рентгендік спектроскопиялық зерттеулер көрсеткендей, толуолдағы таза графитті ультрадыбыстық өңдеу кезінде 40 минут ішінде көміртегінің гексагональды жүйесінің жазықтықаралық қашықтықтары $d=3,36 \times 10^{-10}$ тән шыңдары байқалады, бұл көміртегіге рефлексстерді көрсетеді. Ультрадыбыстық өңдеу кезінде көміртегі кристалдарының өлшемдері бағаланды. Рентген шыңының жарты шарын талдаудан, $L=0,36 \cdot 10^{-10}$, аралық қашықтық $d=3,36 \cdot 10^{-10}$ тең. Бұл шыңда интегралдық интенсивтіліктің абсолютті мәні $2\theta=26,50$ және $2\theta=55,50$ бұрыштар аймағында 100-ге тең. Картотеканың деректері бойынша бұл факт құрамында 5-20% кремний, алюминий және темір оксидтері бар көміртегі шөгінділері мен күлдің бар екендігін көрсетеді.

Қорытынды

Дипломдық жұмыс рентгендік спектроскоп әдісімен көміртекті наноматериалдардың құрылымдық ерекшеліктері зерттелінді. Дипломдық жұмыстың тақырыбы ашылып, қойылған мақсаттар мен міндеттер орындалды.

Көміртекті наноматериал үлгілерін сипаттау үшін, пішіні мен өлшемін және олардың кеңістікте таралуын анықтау үшін рентген фазалық талдау әдісітері қарастырылды.

X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрде көміртекті наноматериалдарды түсірдім. Оның көмегімен үлгілердің рентгендік спектрлерін ала алдым және алынған нәтижелерге талдау жасалынды

Рентгендік спектроскоппен зерттеулер нәтижесінде, гексагональды жүйесінің жазықтықаралық қашықтықтарына тән шыңдарын байқадым. Картотеканың деректерімен сәйкестендіре отырып, құрамында 5-20% кремний, алюминий және темір оксидтері бар көміртегі шөгінділері мен күлдің бар екендігін көрседі.

ТЕРМИНДЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

КНТ – көміртекті нанотүтікше

ТДАЭ – тетрадиметиламиноэтилен

СVD – химиялық булы фазалық тұндыру

РФТ – Рентгендік фазалық талдау

ББЗ – Беттік белсенді заттар

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Л.Н. Пименова «РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ» Томск 2005.
- 2 «ГРАФЕН И МАТЕРИАЛЫ НА ЕГО ОСНОВЕ» Губин С. П., Ткачев С. В. Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН, 117901 Москва.
- 3 В.С. КИРЧАНОВ «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ».
- 4 «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ» Ю.В.Поленов, Е.В.Егорова Иваново 2009.
- 5 Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» НАНОМАТЕРИАЛЫ: ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ Харьков 2010.
- 6 «ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА» А.Г. Жерлицын, В.С. Косицын, А.С. Кобец, П.С. Постников, М.Е. Трусова, В.П. Шиян.
- 7 ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР «МЕДЬ-ГРАФЕН», ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ. Санкт-Петербург 2015.
- 8 Л. В. Спивак, Н. Е. Щепина ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ
- 9 РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ Никитина Е.А
- 10 РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ Батиашвили Лали Алексеевна Максимова Елена Михайловна, Наухацкий Игорь Анатольевич

**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: Мұратхан Ақсұлтан Жеңісбекұлы

Тақырыбы: Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу

Жетекшісі: Багила Байтимбетова

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.8

Дәйексөз (35): 1

Әріптерді ауыстыру: 7

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 11

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



РЕЦЕНЗИЯ

дипломдық жұмысқа
(жұмыстың түрі)

Мұратхан Ақсұлтан Жәнісбекұлы
(білім алушының аты-жөні)

Техникалық физика – 5В072300
(мамандық шифрі және атауы)

Тақырыбы: Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу

Дипломдық жұмыс:

- а) 8 бетте графикалық бөлімнен
- б) 17 бет теориялық бөлімнен тұрады

Ескертулер

Мұратхан Ақсұлтан Жәнісбекұлы «Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу» тақырыбына жазылған дипломдық жұмысы (жобасы) талапқа сай жазылған. Студент зерттеу тақырыбын, мақсатын, теориялық және тәжірибелік жұмыстарын нақты белгіледі.

Дипломдық жұмысында студент наноматериалдар туралы жалпылама түсінік берді. X'Pert MPD PRO (PANalytical) дифрактометрінде зерттеуін жүргізгенін көрсетті. Нәтижесінде, үлгісінің ультрадыбыстық өңдеу кезінде, 40 минут ішінде көміртегінің гексагональды жүйесінің жазықтықаралық қашықтықтары тән шыңдары байқағанын анықтады.

Жұмыстың барлық бөлімдері толық және жоғары техникалық деңгейде орындалды.

Дипломдық жұмысына ескертулер ретінде түсіндірме жазбада айтарлықтай ескертулер жоқ.

Жұмысты бағалау

Мұратхан Ақсұлтан Жәнісбекұлының «Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу» дипломдық жұмысы нормативтік құжаттарға қойылған барлық талаптарға сәйкес келеді және жұмысы «90» бағасына лайық. Мұратхан Ақсұлтан Жәнісбекұлы «Техникалық физика – 5В072300» мамандығы бойынша академиялық бакалавр дәрежесін алуын лайық.

Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,

PhD, аға оқытушысы

(лауазымы, ғылыми дәрежесі)

Жудайбергенов К.К

«30»

20... г.



Ф КазННТУ 706-17. Рецензия



ПІКІР
ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІДЕН

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Мұратхан Ақсұлтан Жеңісбекұлы

(білім алушының аты-жөні)

5B072300 – Техникалық физика

(мамандықтың шифры мен атауы)

Тақырыбы: «Көміртекті наноматериалдардың құрылысын рентгендік спектроскопиямен зерттеу»

Мұратхан Ақсұлтаннның дипломдық жұмысы көміртекті наноматериалдарды рентгендік спектроскоп әдісімен құрылысын зерттеуге бағытталған.

Дипломдық жұмыстың бірінші және екінші бөлімінде көміртекті наноматериалдардың түрлері және оларды РФТ әдісімен зерттеу туралы көрсетілген. Үшінші бөлімде дипломдық жұмысты X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрде көміртекті зерттеу, ал төртінші бөлімде дипломдық жұмысты атқарған кезінде алынған нәтижелер талқыланып ұсынылады.

Мұратхан Ақсұлтан эксперименталдық нәтижелері X'Pert MPD PRO (PANalytical) рентгендік дифрактометрмен алынған спектрді талдауға және картотека деректерге сүйене отырып, құрамында қандай материалдар бар екендігін анықтауға және қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмысты жазу барысында Мұратхан Ақсұлтан еңбекқорлығын, ғылыми әдебиеттермен жұмыс істеу, сонымен бірге икемділік пен қарастырылып отырған тақырыпты ашуда зейінділік көрсетті.

Мұратхан Ақсұлтан Жеңісбекұлы дипломдық жұмысын қорғауға жіберуге болады деп есептеймін. Дипломдық жобаны «жақсы» (90) деп бағалауға болады.

Ғылыми жетекші

Т.Ғ.К. ассист. профессор

(лауазымы, ғыл. дәрежесі, атауы)

Байтөме

(қолы)

Байтөме Б.А.

«03» маусым 2022ж