

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру
институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Қолжазба нұсқасында

Темір Райымбек Бөкенбайұлы

Магистрі академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы Асаөткізгіш материалдардың өздігінен таралатын жоғары температуралы синтезі және аэроғарыштық мақсатта олардың қасиеттерін зерттеу


Мамандық 6M074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

Ғылыми жетекші,
PhD докторы, сениор-лектор

 С.Төлендіұлы

«29» шілде 2020 ж.

Оппонент,
ҚазҰУ, аға оқытышысы PhD докторы.

 Садыков Б.С.

«29» шілде 2020 ж.

Нормобақылаушы:
PhD докторы, Сениор-лектор

 Хабай Анар

«29» шілде 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТЖҒТ каф. меңгерушісі

 И.Сырғабаев

« ____ » _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

БЕКІТЕМІН

ЭТжҒТ каф. меңгерушісі

И. Сырғабаев

« _____ » _____ 2020 ж.

**магистерлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант *Темір Райымбек Бөкенбайұлы*

Тақырыбы: *«Аса өткізгіш материалдардың өздігінен таралатын жоғары температуралы синтезі және аэроғарыштық мақсатта олардың қасиеттерін зерттеу»*

Университет ректорының 22.11.2019 ж. № 301-М бұйрығымен бекітілген.

Дайын диссертацияны тапсыру уақыты «22» шілде 2020 ж.

Магистерлік диссертацияға берілген алғашқы мәліметтер:-

Диссертациялық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Жоғары өткізгіштік технологиясын дамыту
- б) Өткізгіштік күйге өту температурасының магнит өрісінің шамасына тәуелділік құбылысы криотрондарда-басқарылатын кедергілерде қолданылады.
- с) SEM анализін және синтезделген көміртегі бар үлгілерді рентгенофазалық талдауды өлшеу. Оның деректерін өңдеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):-

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Paturi, P. $Yb_{2}Cu_{3}O_{6+x}$ /P. Paturi, J Raittila, H Huhtinen, V-P Huhtala және R Laiho / / J. Phys nano ұнтағының мөлшеріне тәуелді қасиеттері.: Конденс. Маңызды болуы мүмкін. – 2003. - Б. 15. - 2103-2114 Б.

2. Гаджимагомедов, с.х. $yba_{2}cu_{3}o_{7-\delta}$ негізінде нанокұрылымды материалдар алу/С. х. Гаджимагомедов, М. П. Фараджева, а. ф. а. Табит және т. б.//ДМУ хабаршысы. – 2014. – №1. – С. 36-42.


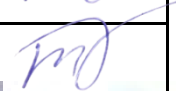
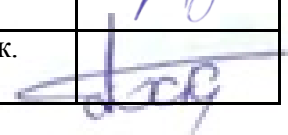
3. Н.К. Юрков / / "сенімділік және сапа" халықаралық симпозиумының еңбектері. – 2010 . – Т. 2. – С. 426-428.

Магистерлік диссертацияны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Әдеби шолу.	04.01.2020 -25.01.2020	орындалды
Негізгі бөлім	20.01.2020 -25.02.2020	орындалды
Тәжірбиелік бөлім	25.02.2020 – 01.07.2020	орындалды

Диссертациялық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған бөлімдерге қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертация жұмысының тақырыбын талдау	С Төлендіұлы, PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы	10.01.2020 ж.	
Теориялық ақпарат	С Төлендіұлы, PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы	03.02.2020 ж.	
Норма бақылау	Хабай Анар, PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы	29.07.2020 ж.	

Ғылыми жетекші  _____

С Төлендіұлы

Магистрант  _____

Темір Р.Б

Мерзімі

«29» шілде 2020 ж.

АҢДАТПА

Магистрлік диссертацияда өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез әдісімен алынған купраттар негізінде жоғары температуралы аса өткізгіш материалдарды синтездеу және зерттеу бойынша негізгі нәтижелер ұсынылған. Бастапқы компоненттердің арақатынасының, уақыт пен әсер ету температурасының құрамдағы өте өткізгіш фазаның (Y_{123}) шығуына әсері зерттелді.

Компоненттердің бастапқы қатынасы, жасыту температурасы және қартаю уақыты өткізгіш фазаның сапалық және сандық қалыптасуына тікелей әсер ететіндігі анықталды. Алынған үлгілердің химиялық, фазалық құрамы мен морфологиясы мұқият зерттелді. Оңтайлы нәтиже (Y-Ba-Cu-O жүйесіндегі ең жоғары өткізгіш фазаның (Y_{123}) мөлшері) 920C температурада 6 сағат ұстау уақытымен пайда болатындығы анықталды.

АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации предоставлены основные результаты по синтезу и исследованию высокотемпературных сверхпроводящих материалов на основе купратов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Были исследованы влияние соотношения исходных компонентов, времени и температуры выдержки на выход сверхпроводящей фазы (Y_{123}) в составе.

Установлено, что исходное соотношение компонентов, температура отжига и время выдержки непосредственно влияют на качественное и количественное формирование сверхпроводящей фазы. Были тщательно изучены химический, фазовый состав и морфология полученных образцов. Определено, что оптимальный результат (с наибольшим содержанием сверхпроводящей фазы (Y_{123}) в системе Y-Ba-Cu-O) образуется при температуре 920С с временем выдержки 6 часов.

ANNOTATION

The master's thesis presents the main results on the synthesis and research of high-temperature superconducting materials based on cuprates obtained by self-propagating high-temperature synthesis (SHS). The effect of the ratio of the initial components, time and temperature of exposure on the output of the superconducting phase (Y_{123}) in the composition was studied.

It is established that the initial ratio of components, the annealing temperature and the holding time directly affect the qualitative and quantitative formation of the superconducting phase. The chemical, phase composition and morphology of the obtained samples were thoroughly studied. It is determined that the optimal result (with the highest content of superconducting phase (Y_{123}) in the Y-Ba-Cu-O system) is formed at a temperature of 920C with a holding time of 6 hours.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	8
1 ӘДЕБИ ШОЛУ	9
1.1 ӨТЖТС кезінде жылу мен масса алмасудың ерекше шарттары	13
1.2 Жоғары өткізгіштік технологиясын дамыту	13
2 НЕГІЗГІ БӨЛІМ	15
2.1 Өткізгіштерді жіктеудің негізгі критерийлері	15
2.2 Жоғары жиілікті өрістегі асаөткізгіштер	16
2.3 Өткізгіштік күйге өту температурасының магнит өрісінің шамасына тәуелділік құбылысы криотрондарда-басқарылатын кедергілерде қолданылады.	20
3 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ	23
3.1 Қауіпсіздік техникасы туралы Жану проблемалары институтының ережелерімен танысу. Зертханалық жабдықтармен танысу.	23
3.2 Үлгілерді дайындау және оларды әрі қарай зерттеу. Жасалған үлгілерді муфельді пеште және үш зоналы көлденең құбырлы пеште күйдіру.	27
3.3 SEM анализін және синтезделген көміртегі бар үлгілерді рентгенофазалық талдауды өлшеу. Оның деректерін өңдеу.	36
ҚОРЫТЫНДЫ	56
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	57
ҚОСЫМША А	59

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта жоғары температуралы асаөткізгіштер (ЖТА) негізінде техникалық құрылғылар қарқынды әзірленуде. Жанаспайтын аса өткізгіш тіректердің конструкциялары, ғарыш объектілері арасындағы жанасусыз байланыстың әмбебап жүйелері, ғарыштық ұшу аппараттарының (ҒҰА) айлақ және түйісу жүйелері, герметикалық қозғалыс енгізулері, ауыспалы қаттылығы бар Байланыс құрылғылары, байланыссыз байланыстары бар үлкен ғарыштық конструкциялар, ҒҰА радиациядан қорғау жүйелері, айда жұмыс істеуге арналған түрлі энергетикалық және аспаптық жүйелер жасалады .

1986 жылға дейін ең көп таралған техникалық жоғары өткізгіш материалдар NbTi және Nb₃Sn болды, өйткені олардың 24К жоғары өткізгіш температурасы бар (сұйық гелий қажет болды). T_C=35к критикалық температурасы бар 2CuO₄ суперөткізгішті (LaBa) ашқаннан кейін Жоғары температуралы суперөткізгіштер (ЖТА) дәуірі басталды. Көп ұзамай у_Bс_uо суперөткізгіші T_C=92к синтезделді, ол сұйық азоттың қайнау температурасынан едәуір асады. Өткізгіштердің үш критикалық сипаттамасының ішінде-T_C сыни температурасы, H_C сыни магнит өрісі (екінші типтегі өткізгіштерге арналған H_{c2}) және J_C сыни ток тығыздығы, практикалық тұрғыдан алғанда, ең маңызды параметр-ток тығыздығының мәні. Бұл жұмыс қатты фазалы синтез әдісімен жоғары температуралы суперөткізгіштерді қоса алғанда, жаңа Керамикалық материалдарды алуға арналған.

Жану толқынында пайда болатын металлотермиялық Тотығу реакциялары жоғары температура мен жылу эффектiлерiмен сипатталады. Жоғары температурада (900°C-1000°C) у-Ba-Cu-о жүйесінде YBa₂Cu₃O₇ (Y₁₂₃) суперөткізгіш фазаның пайда болуы ерекше практикалық қызығушылық тудырады, ол көп фазалы аналогтармен салыстырғанда жоғары өткізгіштік сипаттамаларымен сипатталады

1.ӘДЕБИ ШОЛУ

Өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез - бұл ұнтақтардың қоспаларында авто-толқындық режимде өтетін және пайдалы конденсацияланған өнімдердің, материалдар мен өнімдердің пайда болуына әкелетін жану түріндегі экзотермиялық химиялық процесс. ӨТЖТС - бұл экзотермиялық реакцияның жүру режимі, онда жылу бөлу тар қабатта орналасқан және жылу беру арқылы қабаттан қабатқа өтеді.

ӨТЖТС процесінің кейбір сипаттамаларының ең жиі қолданылатын мәндері:

Жану жылдамдығы (0,1-20 см/с);

Бейорганикалық жүйелердегі жану температурасы (700-3800 К); органикалық 70-250 с.

Заттың толқында қыздыру жылдамдығы (1 мың-1 млн. град/с);

Тұтану қуаты (10-200 кал/(см².с);

Тұтану ұзақтығы (0.2-1.2 с);

Бейорганикалық жүйелердің тұтану температурасы (800-1200 К); органикалық 100-300 о с.

ӨТЖТС реакциялары тек экзотермиялық жүйелерде жүреді. Әдетте, бұл қосылу реакциясы. Кейбір жағдайларда бастапқы ұнтақтарда сіңірілген газдар (O₂; CO₂, H₂O және т.б.) айтарлықтай мөлшерде жанама түрде пайда болуы мүмкін. ӨТЖТС тәжірибесінде реакциялардың келесі түрлері белгілі: элементтердің реакциясы (ең көп таралған), соның ішінде газ тәрізді: Al+Ni; Ti+c; Zn+s; Al+I₂; Nb+C+N₂ және т. б.;

Күрделі қосылыстары бар элементтердің реакциялары, мысалы, күрделі оксид орталарында тотығу (Al + HNO₃; KNO₃ + S), металдардың органикалық қосылыстармен реакциясы (Ti+уротропин);

Күрделі молекулалардың реакциясы, мысалы, металл тотықтары, органикалық қосылыстар.

Реактивтер мен өнімдердің химиялық табиғаты бойынша реакциялар карбидизация, тотығу, борлау, нитриттеу, карбониттеу, галогендеу және т. б. реакцияларына жіктеледі.

Реакция механизміне сәйкес Тотығу реакциялары басым болады, органикалық жүйелерде протондау, ацилдеу және т. б. реакциялар белгілі.

Органикалық өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (органикалық ӨТЖТС, OCC; ағыл. Organic self-propagating high temperature synthesis, OSHS) - құрамында органикалық қосылыстары бар қатты фазалы дисперсті (Ұнтақ тәрізді) аралас қоспалардағы экзотермиялық органикалық синтездің Автоматты толқындық режимі. Ресми белгілері бойынша қатты күйікке жатады.

Қоспаның кейбір аймағында экзотермиялық реакцияның жергілікті басталуынан кейін (әдетте нүктелік қыздыру) жүзеге асырылады. Әрі қарай,

жану заңдарына сәйкес реакция ошағы қоспаның қалған бөліктеріне таралып, оны толығымен жабады. Мақсатты өнімді қалыптастыру, оның соңғы фазалық және химиялық құрамын құру қоспасы салқындаған кезде немесе одан кейін аяқталады.

Ол әр түрлі класстағы конденсацияланған пайдалы органикалық заттарды синтездеу, органикалық материалдар мен бұйымдарды жасау үшін, сондай-ақ техникалық құрылғылар мен процестерде қолданылады. Бұл органикалық қатты химиядағы зерттеу нысаны. 1986 жылы ұсынылды; алғаш рет 1988 жылы жария түрде баяндалды; тәуелсіз термин ретінде алғаш рет В. - да қолданылды. қысқаша шолу, даму бағыты мен болашағы туралы түсінік жарияланды, ӨТЖТС туралы ақпарат энциклопедияға енгізілді .

Тарихи тұрғыдан органикалық заттарды алу үшін бейорганикалық өнімдердің өзін-өзі тарататын Жоғары температуралы синтезінің (ӨТЖТС) белгілі әдісін қолдану ретінде пайда болды және әдіснамалық түрде әрекет етеді.

ӨТЖТС режимі Бейорганикалық жүйелердегі ӨТЖТС процестерінен негізінен синтез толқынының алдыңғы жағындағы салыстырмалы түрде төмен максималды температурамен ерекшеленеді (70-250 °с, 2600-4100 °С-қа қарсы). Мұның себебі реактивті қоспаларды құрайтын қатты органикалық заттардағы салыстырмалы түрде аз байланыс энергиясы бар Молекулалық кристалдардың басым болуы. Сондықтан SVS процестері жарқылмен бірге жүрмейді және шағылысқан жарықта байқалуы мүмкін. Бұл *in situ* үшін алғаш рет толқындық экзотермиялық процестерді зерттеуге ЭПР, есептеу ИК-термография, диффузды-шашыраңқы жарықтағы оптикалық спектроскопия және т.б. сияқты физика-химиялық зерттеу әдістерін тартуға мүмкіндік берді, эксперименттің технологиялық жабдықтары мен техникасын едәуір жеңілдетті, физикалық және математикалық модельдеуді жеңілдетті.

ӨТЖТС процестерінің басқа ерекшеліктерінің ішінде бастапқы ұнтақтардың дисперсиясының кең ауқымын (үлкен фракцияларға байланысты), төмен температура мен басталу жылуын, төмен жылу эффектілерін және активтендіру энергиясын атап өткен жөн.

Пиротехникалық процестерден айырмашылығы, олар төмен энергетикалық жүйелерге жатады және, әдетте, термолиз және маңызды газ бөлінуімен бірге жүрмейді, бұл әртүрлі химиялық кластардың пайдалы конденсацияланған органикалық өнімдерін алуға әкеледі.

Органикалық синтездің дәстүрлі әдістерінен еріткіштерді технологиялық схемалардан ("күрғақ синтез") толық немесе ішінара алып тастау, сондай-ақ қарапайымдылық пен жылдамдық ("клик-синтез") ерекшеленеді. Сондықтан, ӨТЖТС өнімдері әдетте таза болады, өйткені оның болуына байланысты еріткіш іздері мен жанама өнімдері жоқ, ал технологиялар аз уытты және жарылғыш және өрт қауіпті. Белгілі пісіру әдістерімен салыстырғанда, энергияны үнемдеу әдісі бола отырып, үлкен пештер, термореттегіш және араластырғыш құрылғылар қажет емес.

Аталған ерекшеліктер, сайып келгенде, синтез өнімдерінің арзандығын, әдістің экологиялық артықшылығы мен қауіпсіздігін анықтайды және оны

органикалық синтездің тиімді әдісі ретінде ұсынуға мүмкіндік береді, әсіресе төтенше жағдайларда, еріткіштер қол жетімсіз немесе қалаусыз болған кезде (ғарыш және полярлық станциялар және т. б.).

ӨТЖТС механизмі органикалық қатты заттардың табиғаты мен олардың реакцияларына, сондай-ақ толқындық процестің физика-химиялық сипаттамаларына байланысты бірқатар ерекшеліктерге ие.

Барлық ӨТЖТС реакцияларының жалпы ерекшелігі-олардың экзотермиясы. Оны қамтамасыз ету үшін кейбір жағдайларда олар қосымша технологиялық әдістерге жүгінеді - басқа экзотермиялық химиялық бейтарап реакциямен бірге, алдын-ала механоактивациядан кейін және т. б..

Зерттелген жүйелердің көпшілігінде ОСС макромеханизмі кеңістік пен уақытқа бөлінген келесі кезеңдерді қамтиды:

1. Шағын (~5 %) өнімнің қыртысын қалыптастыру үшін бөлме температурасында белсенді бөлшектердің жанасу бетіне аралас ұнтақтардың реакциясы (капсула, жалау);

2. Әрі қарай қыздырылған еріткіш рөлін атқаратын реакцияның термиялық басталу аймағында тез балқитын компонентті балқыту;

3. Баяу балқитын реагенттің жанасатын бөлшектерімен түзілетін кеуекті кеңістіктік матрицада балқыманың капиллярлық жайылуы;

4. Реактивтердің де, реакция өнімдерінің де фазалық ауысуымен бірге жүретін экзотермиялық химиялық әрекеттесу;

5. қатты фазалы реакция өнімдерінің микроқұрылымын қалыптастыру;

6. реактордың пішінін қайталайтын өнім түрінде реакцияланған қоспаның макроқұрылымының өздігінен қалыптасуы.

1 сатысында бөлшектерде өнім қыртысының пайда болуы, бір жағынан, бастапқы реакцияны тоқтатады. Екінші жағынан, Реактивтердің күшті диффузиялық тежелуін тудырады және тиімді активтендіру энергиясын (Еаст) едәуір арттырады, сондықтан кейіннен жылу импульсін бере отырып, жану жылу теориясына сәйкес АВТО-толқындық ОСС процесін ұйымдастыруға болады. Қабықты алып тастаңыз, осылайша ОСС режимінде реагенттердің одан әрі әрекеттесуіне ықпал етеді, сонымен қатар еріткіштің микроколизмін қосуға болады. Мұндай солваттық бастама тұтанудың жылу теориясына қайшы келеді, өйткені тұтану жүйенің ішкі энергетикалық ресурстарына және тіпті энергияны алып тастау жағдайында болады .

ӨТЖТС процесі реакциялық ортаның қозғалысы (жарықтар, кеуектер, көпіршіктер және т.б.) туралы ақпарат беретін акустикалық толқындардың сәулеленуімен (акустикалық эмиссия) және, демек, ӨТЖТС механизмін және оның өнімдерін зерттеудің акустикалық әдісіне негізделген соңғы өнімнің құрылымымен бірге жүреді. ӨТЖТС акустикалық сигналдарын спектрлік әдістермен және сызықтық емес динамика әдістерімен өңдеу реакция механизмі туралы ерекше ақпарат алуға мүмкіндік берді, мысалы, тәртіп-хаостың ауысуы, жану режимінің өзгеруі, процестердің қуатын жиіліктер бойынша бөлу және т.б.

ӨТЖТС кезіндегі реагенттерді масса алмасу механизмі реакцияның әртүрлі кезеңдерінде және реакция қоспасының әртүрлі бөліктерінде әр түрлі

болады. Реагенттердің балқу температурасынан төмен температурасы бар облыстарда қатты және газофазды (айдау есебінен) диффузия басым болады; балқу температурасы кезінде және одан жоғары - сұйық фазалы және газофазды.

ӨТЖТС реакцияларының механизмдері органикалық реакцияларға тән алуан түрлі. Сонымен, Бейорганикалық жүйелерде белгісіз механизмдер байқалды, мысалы, Протонның берілуі (қышқыл-негіз реакциясы), оның ішінде эстафеталық (Гротгус механизмі), радикалды алмастыру (галогенизация), электрофильді алмастыру (Фридель-Крафтс реакциясы) және т. б..

ӨТЖТС өнімдерінің қатарына әртүрлі химиялық кластардың төмен молекулалы қосылыстары (органикалық тұздар, окси - және галоген туындылары және т.б.) және полимерлер кіреді. Соңғы жағдайда, бастапқыда Белоусовтың периодтық реакциясына жақын сұйық фазалық жүйелер үшін қолданылатын "фронтальды полимерлеу" термині синтез процестеріне тарихи түрде енген .

Осы уақытқа дейін ОСС әдісімен алынған пайдалы өнімдер пиперазиннің органикалық тұздары (антигельминттер), орто-карбоксібенозилферроцен және оның тұздары (темір тапшылығы анемиясында қолданылатын "ферроцерон" дәрілік препараты), карбон қышқылдарының галоген туындылары (моно - және диброммалон қышқылы), металл ацетилацетонаттары және т. б. болып табылады.. Бұл өнімдердің тізімі толықтырылуда.

Жақында $1 < x < 1$ суперстехиометриялық титан карбидтерінің (металлокарбогедрендер, метакарлар, met-allocarbohedrene, Met-Car) гибридіті органо-Бейорганикалық фуллерен/титан қоспасында ӨТЖТС түзілуі көрсетілген :

$C_{60} \rightarrow C_{60}C_x$ мұндағы $x = \{60-1\}$ - фуллерен молекуласының ұсақ C_x фрагменттеріне ыдырауы;

$Ti + C_x \rightarrow TiC_x-C_x$ фрагменттерінің тәуелсіз бірліктер ретінде реакциясы.

ӨТЖТС өнімдері әдетте дәстүрлі Органикалық химия әдістерімен алынған заттармен салыстырғанда тазалыққа ие, өйткені синтез әдістерінде еріткіштер мүлдем қолданылмайды немесе шектеулі қолданылады. Сондықтан жағымсыз қоспалар ретінде оларда еріткіштер де, еріткіштерден немесе олардың қатысуымен пайда болған жанама өнімдер де болмайды. Сонымен қатар, ӨТЖТС синтездеу кезінде Ұшпа қоспалардың өздігінен термодесорбциясына байланысты ӨТЖТС өнімін өзін-өзі тазарту әсерін көрсетеді.

1.1 ӨТЖТС кезінде жылу мен масса алмасудың ерекше шарттары

ӨТЖТС кезінде жылу мен масса алмасудың ерекше шарттары ерекше микроқұрылымы бар конденсацияланған өнімдерді алуға әкеледі, бұл қатты фазалы препараттарды синтездеуде өте маңызды, олар үшін "құрылым-қасиет"байланысы маңызды.

Сондай — ақ, өткізгіштік туралы айту керек, өткізгіштік-бұл белгілі бір материалдардың температурасы белгілі бір мәннен (критикалық температура) төмен болған кезде қатаң нөлдік электр кедергісіне ие болу қасиеті. Өте өткізгіш күйге өтетін бірнеше жүздеген қосылыстар, таза элементтер, қорытпалар мен керамика белгілі. Өткізгіштік-кванттық құбылыс. Ол сонымен қатар магнит өрісін суперөткізгіш көлемінен толығымен ығыстырудан тұратын Мейснер әсерімен сипатталады. Бұл әсердің болуы өткізгіштікті классикалық мағынада идеалды өткізгіштік ретінде сипаттауға болмайтындығын көрсетеді.

1986-1993 жылдары бірқатар жоғары температуралы суперөткізгіштердің (ВТСП) ашылуы өте жоғары өткізгіштіктің температуралық шекарасын одан әрі итеріп жіберді және өте өткізгіш материалдарды сұйық гелийдің қайнау температурасында (4,2 К) ғана емес, сонымен қатар сұйық азоттың қайнау температурасында (77 К), әлдеқайда арзан криогендік сұйықтықта қолдануға мүмкіндік берді.

1.2 Жоғары өткізгіштік технологиясын дамыту

Өткізгіштік құбылысын ашудың негізі материалдарды өте төмен температураға дейін салқындату технологиясын дамыту болды. 1877 жылы француз инженері Луи Кайете мен швейцариялық физик Рауль Пикте бір-біріне тәуелсіз оттегін сұйық күйге дейін салқындатты. 1883 жылы Зигмунт Врублевски мен Карол Ольшевски азотты сұйылтуды жүзеге асырды. 1898 жылы Джеймс Дьюар сұйық сутекті де ала алды.

1893 жылы голландиялық физик Хейке Камерлинг-Оннес өте төмен температура проблемасымен айналыса бастады. Ол әлемдегі ең жақсы криогендік зертхана құра алды, онда 1908 жылдың 10 шілдесінде сұйық гелий алынды. Кейінірек ол температурасын 1 Келвинге дейін жеткізе алды. Камерлинг-Оннес металдардың қасиеттерін зерттеу үшін сұйық гелийді қолданды, атап айтқанда олардың электр кедергісінің температураға тәуелділігін өлшеу үшін. Сол кездегі классикалық теорияларға сәйкес, қарсылық температураның төмендеуімен біртіндеп түсуі керек еді, бірақ тым төмен температурада электрондар іс жүзінде тоқтап, металл ток өткізуді мүлдем тоқтатады деген пікір де болды. Камерлинг-Оннес өзінің көмекшілері Корнелис Дорсманмен және Гиллес Холстпен жүргізген эксперименттер алдымен қарсылықтың біртіндеп төмендеуі туралы қорытындыны растады. Алайда, 1911 жылы 8 сәуірде ол күтпеген жерден 3 Келвинде (-270 °С шамасында) сынаптың электрлік кедергісі нөлге тең екенін анықтады. 11 мамырда жүргізілген келесі эксперимент қарсылықтың нөлге дейін күрт төмендеуі шамамен 4,2 К температурада болатындығын көрсетті (кейінірек дәл өлшеу бұл температураның 4,15 К екенін көрсетті). Бұл әсер мүлдем күтпеген болды және сол кездегі теориялармен түсіндіруге болмайды.

1912 жылы төмен температурада өте өткізгіш күйге айналатын тағы екі металл табылды: қорғасын және қалайы. 1914 жылдың қаңтарында өткізгіштік

күшті магнит өрісімен бұзылатыны көрсетілді. 1919 жылы таллий мен уран да өте өткізгіш екендігі анықталды.

Нөлдік кедергі өткізгіштердің жалғыз ерекшелігі емес. Супер өткізгіштердің идеалды өткізгіштерден басты айырмашылықтарының бірі-1933 жылы Уолтер Мейснер мен Роберт Оксенфельд ашқан Мейснер эффектісі.

Өткізгіштіктің алғашқы теориялық түсіндірмесін 1935 жылы ағайынды Фриц пен Хайнц Лондон берген. Жалпы теорияны 1950 жылы Л. Д. Ландау және В. Л. Гинзбург салған. Ол кең таралған және Гинзбург — Ландау теориясы ретінде белгілі. Алайда, бұл теориялар феноменологиялық сипатта болды және өткізгіштіктің егжей-тегжейлі механизмдерін ашпады. Алғаш рет өткізгіштік микроскопиялық деңгейде 1957 жылы американдық физиктер Джон Бардин, Леон Купер және Джон Шриффердің жұмысында түсінік алды. BCS теориясы деп аталатын олардың теориясының орталық элементі-Купер электрондарының жұптары деп аталады.

Кейінірек суперөткізгіштер екі үлкен отбасына бөлінетіні анықталды: I текті суперөткізгіштер (атап айтқанда, сынап оларға жатады) және II текті (олар әдетте әртүрлі металдардың қорытпалары болып табылады). II типтегі өткізгіштіктің ашылуында 1930 жылдары Л. в. Шубниковтың және 1950 жылдары А. А. Абрикосовтың жұмыстары маңызды рөл атқарды.

Қуатты электромагниттерде практикалық қолдану үшін 1950 жылдары күшті магнит өрістеріне төтеп бере алатын және үлкен ток тығыздығына мүмкіндік беретін супер өткізгіштердің ашылуы үлкен маңызға ие болды. Сонымен, 1960 жылы Дж. Кюнцлер Nb_3Sn материалын ашты, оның сымы 4,2 К температурада, магнит өрісінде 8,8 Тл, тығыздығы 100 кА/см² дейін ток өткізуге қабілетті.

1962 жылы ағылшын физигі Брайан Джозефсон оның атын алған әсерді ашты.

1986 жылы Карл Мюллер мен Георг Беднорц Жоғары температуралы деп аталатын суперөткізгіштердің жаңа түрін ашты. 1987 жылдың басында лантан, стронций, мыс және оттегі қосылыстары (La-Sr-Cu-O) қарсылықтың 36 К температурада нөлге дейін секіретінін көрсетті. 1987 жылдың наурыз айының басында суперөткізгіш сұйық азоттың қайнау температурасынан (77,4 К) жоғары температурада алғаш рет алынды: иттрий, барий, мыс және оттегі қосылысы (Y-Ba-Cu-O) осындай қасиетке ие екендігі анықталды. 2006 жылғы 1 қаңтардағы жағдай бойынша рекорд 2003 жылы ашылған Hg-Ba-Ca-Cu-O(F) керамикалық қосылысына тиесілі, оның критикалық температурасы 138 к. сонымен қатар, 400 кбар қысымында дәл сол қосылыс 166 к дейінгі температурада өткізгіш болып табылады.

2015 жылы температураның жаңа рекорды орнатылды, онда өткізгіштікке қол жеткізілді. H_2S (күкіртсутегі) үшін 100 ГПа қысымында 203 К (-70 °С) температурада өте өткізгіш ауысу тіркелді.

2017 жылы графеннің қалыңдығы 1.1° бұрышына бір-біріне қатысты екі атом қабатындағы өткізгіштік құбылысы анықталды.

2019 жылы Лантан Гидридiнен -23°C (250K) және одан төмен 188 ГПа қысымымен бұрғылау алынды. Бұл жағдайда гистерезис байқалды-температура 245k-тен жоғары көтерілгенде, LaH_{10} -де өткізгіштік жоғалды. Сонымен қатар, Кристаллография институтында. Шубников 166 ГПа-да 224k және 165 ГПа-да 218K температурада YH гид иттрийiнiң гидридiнен бұрғылауды алды (2020 жылдың ақпан айында жұмыс рецензияланбады). Мұндай гидридтердегі өткізгіштіктің әсері кристалдың құрылымымен анықталады, онда сутегі атомдары кристалдық тордың құрылымын анықтайтын және мұндай құрылымда Бозе-Эйнштейн конденсатының пайда болуына кедергі келтірмейтін ауыр атомдарды "жабады". Есептеулерге сәйкес, тікенді гидридтер де перспективалы болып табылады, мысалы, LiMgH_{16} 2,5 МБар қысымында 473k жоғары өткізгіштікке ауысу температурасына ие болуы керек.

2 НЕГІЗГІ БӨЛІМ

2.1 Өткізгіштерді жіктеудің негізгі критерийлері

Өткізгіштерді жіктеудің бірнеше критерийлері бар. Міне, олардың негізгілері:

Магнит өрісіне жауап беру арқылы: олар і түрі болуы мүмкін, яғни олар магнит өрісінің жалғыз мәні бар, H_c , олар жоғары өткізгіштігін жоғалтады. Немесе магнит өрісінің екі маңызды мәні, H_{c1} және H_{c2} , болуын білдіретін II түрі. Осы диапазонда магнит өрісін қолдану кезінде оның өткізгіштік қасиеттерін сақтай отырып, суперөткізгішке ішінара енуі орын алады.

Оларды түсіндіретін теория бойынша (BCS немесе жоқ).

Олардың критикалық температурасы бойынша: төмен температура, егер $T_c < 77\text{ K}$ (азоттың қайнау температурасынан төмен) және жоғары температура болса.

Материал бойынша: таза химиялық элемент (мысалы, қорғасын немесе сынап, бірақ таза түрдегі барлық элементтер өте өткізгіш күйге жете бермейді), қорытпалар (мысалы, NbTi), керамика (мысалы, YBCO, MgB₂), темір негізіндегі суперөткізгіштер, органикалық суперөткізгіштер, графен және т. б.

П-электрондық жүйесі бар органикалық заттардың молекулалары миниатюралық суперөткізгіштер болып табылады, онда π - электрондар байланысқан электрондық жұптарды құрайды.

Нөлдік электр кедергісі

Тұрақты электр тогы үшін өткізгіштің электр кедергісі нөлге тең. Бұл эксперимент барысында көрсетілді, онда жабық өткізгіште электр тогы пайда болды, ол 2,5 жыл ішінде өшпей ағып кетті (эксперимент криогендік сұйықтықтарды әкелген жұмысшылардың ереуілімен үзілді).

2.2 Жоғары жиілікті өрістегі асаөткізгіштер

Қатаң айтқанда, өткізгіштердің кедергісі нөлге тең деген тұжырым тек тұрақты электр тогына қатысты. Айнымалы электр өрісінде өткізгіштің кедергісі нөлден өзгеше және өріс жиілігінің жоғарылауымен өседі. Өткізгіштің екі сұйық моделінің тіліндегі бұл әсер электрондардың супер өткізгіш фракциясымен қатар қарапайым электрондардың болуымен түсіндіріледі, олардың саны аз. Өткізгішті тұрақты өріске орналастырған кезде, өткізгіштің ішіндегі бұл өріс нөлге айналады, өйткені әйтпесе өткізгіш электрондар шексіздікке дейін жылдамдайды, бұл мүмкін емес. Алайда, айнымалы өріс жағдайында суперөткізгіштің ішіндегі өріс нөлден өзгеше және соңғы электр кедергісі мен Джоуль жылу шығындары байланысты қалыпты электрондарды қоса жеделдетеді. Бұл әсер өте өткізгіш электронды қалыпты электрондар тобына аудару үшін квант энергиясы жеткілікті болатын жарық жиіліктері үшін ерекше айқын көрінеді. Бұл жиілік әдетте инфрақызыл аймақта болады (шамамен 10¹¹ Гц), сондықтан көрінетін диапазонда суперөткізгіштер қарапайым металдардан еш айырмашылығы жоқ.

Жоғары өткізгіш күйге фазалық ауысу

Таза үлгілер үшін өткізгіштік күйге ауысудың температуралық аралығы Келвиннің мыңдық үлестерінен аспайды, сондықтан T_c — нің Белгілі бір мәні-өткізгіштік күйге өту температурасы мағынасы бар. Бұл мән критикалық ауысу температурасы деп аталады. Өтпелі аралықтың ені металдың гетерогенділігіне, ең алдымен қоспалар мен ішкі кернеулердің болуына байланысты. Қазіргі кезде белгілі T_c температурасы 0,0005 К магнийден (Mg) 23,2 К интерметаллид ниобий мен германийден және 39 К магний диборидінен (MgB₂) төмен температуралы суперөткізгіштерде (T_c 77 К төмен, сұйық азоттың қайнау температурасы), сынап құрамында жоғары температуралы суперөткізгіштер бар шамамен 135 К дейін өзгереді.

Қазіргі уақытта HgBa₂Ca₂Cu₃O_{8+d} (Hg-1223) фазасы критикалық температураның ең танымал мәні — 135 К, ал 350 мың атмосфераның сыртқы қысымында ауысу температурасы 164 К дейін артады, бұл жер бетіндегі табиғи жағдайда тіркелген ең төменгі температурадан 19 К төмен. Осылайша, суперөткізгіштер өз дамуында металл сынаптан (4,15 К) құрамында сынап бар Жоғары температуралы өткізгіштерге (164 К) өтті. 2000 ж. жоғарыда аталған сынап керамикасының аздап фтордануы қалыпты қысым кезінде сыни температураны 138 к дейін көтеруге мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Заттың өткізгіштік күйге ауысуы оның жылу қасиеттерінің өзгеруімен қатар жүреді. Алайда, бұл өзгеріс қарастырылған өткізгіштердің түріне байланысты. Сонымен, өткізгіштері үшін магнит өрісі болмаған кезде T_C ауысу температурасы (сіңіру немесе шығару) кезінде жылу нөлге айналады, демек, жылу қарқындылығы секіреді, бұл фазалық ауысуға тән. Өткізгіштің электронды ішкі жүйесінің жылу сыйымдылығының мұндай температуралық тәуелділігі өткізгіштің негізгі күйі мен қарапайым козу деңгейі арасында электрондардың таралуында энергетикалық алшақтықтың болуын көрсетеді. Егер өткізгіш күйден қалыпты күйге ауысу қолданылатын магнит өрісінің өзгеруімен жүзеге

асырылса, онда жылу сіңірілуі керек (мысалы, егер үлгі оқшауланса, онда оның температурасы төмендейді). Бұл фазалық ауысуға сәйкес келеді. Өткізгіштері үшін II түрі кез-келген жағдайда өткізгіштен қалыпты күйге өту фазалық ауысу болады.

Нөлдік электр кедергісінен гөрі өткізгіштің маңызды қасиеті - тұрақты магнит өрісін суперөткізгіштен ығыстырудан тұратын Мейснер эффектісі. Осы эксперименттік бақылаудан сыртқы магнит өрісіне қарама-қарсы бағытталған және оны өтейтін ішкі магнит өрісін құратын суперөткізгіштің ішінде Өшпейтін токтардың болуы туралы қорытынды жасалады.

Берілген температурада жеткілікті күшті магнит өрісі заттың өткізгіштік күйін бұзады. Берілген температурада заттың өткізгіштік күйден қалыпқа ауысуын тудыратын H_C кернеулігі бар магнит өрісі критикалық өріс деп аталады. Өткізгіштің температурасы төмендеген кезде H_C мәні артады. Критикалық өріс шамасының температураға тәуелділігі жақсы дәлдікпен өрнекпен сипатталады: мұндағы H_{C0} — нөлдік температурадағы критикалық өріс. Өткізгіштік критикалық H_C -ге қарағанда тығыздығы жоғары электр тогының өткізгіштігі арқылы өткен кезде де жоғалады, өйткені ол магнит өрісін жасайды, сыни.

Магнит өрісінің әсерінен өткізгіштің бұзылуы I және II типтегі суперөткізгіштерде ерекшеленеді. II типтегі суперөткізгіштер үшін критикалық өрістің 2 мәні бар: H_{C1} , онда магнит өрісі суперөткізгішке өрік және H_{C2} күйіндары түрінде енеді — онда өткізгіштік жоғалады.

Қазіргі уақытта өте қанағаттанарлық микроскопиялық өткізгіштік теориясы жоқ.

Өткізгіштікті зерттеудің салыстырмалы түрде ерте сатысында, кез — келген жағдайда Гинзбург-Ландау теориясы құрылғаннан кейін, өткізгіштік дегеніміз-өткізгіштік электрондарының макроскопиялық санын біртұтас кванттық-механикалық күйге біріктірудің нәтижесі екендігі белгілі болды. Мұндай ансамбльге қосылған электрондардың ерекшелігі-олар ансамбльдегі байланыс энергиясынан аз мөлшерде тормен энергия алмаса алмайды. Бұл дегеніміз, кристалдық тордағы электрондардың қозғалысы кезінде электрондардың энергиясы өзгермейді және зат нөлдік кедергісі бар суперөткізгіш ретінде әрекет етеді.

Кванттық механикалық қарастыру тордың немесе қоспалардың жылу тербелістерінде электронды толқындардың шашырауы болмайтынын көрсетеді. Бұл электр кедергісінің жоқтығын білдіреді. Мұндай бөлшектерді біріктіру фермиондар ансамблінде мүмкін емес. Бұл бірдей бозондар ансамбліне тән. Өткізгіштердегі электрондардың бозон жұптарына біріктірілуі қуыс өткізгіш цилиндрлерде "қатып қалған" магнит ағынының квант шамасын өлшеу тәжірибелерінен туындайды.

Сондықтан, XX ғасырдың ортасында өткізгіштік теориясын құрудың негізгі міндеті электрондардың жұптасу механизмін жасау болды. Өткізгіштіктің пайда болу себептерін микроскопиялық түсіндіруді талап ететін алғашқы теория XX ғасырдың 50 — жылдарында олар жасаған Бардин — Купер-Шриффер

теориясы болды. Бұл теория БКШ атымен жалпыға бірдей танылды және 1972 жылы Нобель сыйлығына ие болды. Өз теориясын құру кезінде авторлар изотоптық әсерге, яғни изотоп массасының өткізгіштің сыни температурасына әсеріне сүйенді. Оның болуы фонондық механизмнің жұмысына байланысты өте өткізгіш мемлекеттің қалыптасуын тікелей көрсетеді деп есептелді.

БКШ теориясы кейбір сұрақтарды жауапсыз қалдырды. Оның негізінде негізгі мәселені шешу мүмкін болмады — нақты өткізгіштердің неге белгілі бір сыни температурасы бар екенін түсіндіру. Сонымен қатар, изотопты алмастырулармен одан әрі жүргізілген тәжірибелер металдардағы иондардың нөлдік тербелістерінің ангармоникалығына байланысты ион массасының тордағы аралық қашықтықтарға тікелей әсер ететіндігін, демек металл Ферми энергиясының мәніне тікелей әсер ететіндігін көрсетті. Сондықтан изотоптық әсердің болуы фонондық механизмнің дәлелі емес, электрондардың жұптасуы мен өткізгіштіктің пайда болуына жалғыз жауапты екендігі белгілі болды. Кейінгі жылдары BCS теориясына қанағаттанбау басқа модельдерді, мысалы, спин флуктуациясының моделін және биполярлық модельді құруға тырысты. Дегенмен, олардың түрлі тетіктері қарастырылды бірлестігінің электрондардың жұп бастайды түсіну құбылыс сверхпроводимости бұл әзірлеу да соқты.

Негізгі проблемасын теориялық БКШ ұсынады тіршілігін жоғары температуралық сверхпроводимости, оны осы теориясымен сипаттау мүмкін емес.

Өткізгіштікті қолдану

Жоғары температуралы жоғары өткізгіштікке қол жеткізуде айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Металл керамика негізінде, мысалы, $YBa_2Cu_3O_x$ құрамы, T_c температурасы 77 К-ден асатын (азотты сұйылту температурасы) заттар алынды. Өкінішке орай, барлық Жоғары температуралы суперөткізгіштер технологиялық емес (сынғыш, қасиеттері тұрақты емес және т.б.), нәтижесінде техникада негізінен ниобий қорытпаларына негізделген суперөткізгіштер қолданылады.

Өткізгіштік құбылысы күшті магнит өрістерін алу үшін қолданылады (мысалы, циклотрондарда), өйткені күшті магнит өрістерін құратын күшті токтардың өткізгіштен өтуі кезінде жылу шығыны болмайды. Алайда, магнит өрісі өткізгіштіктің күйін бұзатындығына байланысты күшті магнит өрістерін алу үшін II типті суперөткізгіштер қолданылады, оларда өткізгіштік пен магнит өрісінің қатар өмір сүруі мүмкін. Мұндай өткізгіштерде магнит өрісі үлгіні тесетін қалыпты металдың жұқа жіптерінің пайда болуына әкеледі, олардың әрқайсысы магнит ағынының квантын (өрік құйындары) алып жүреді. Жіптер арасындағы зат өте өткізгіш болып қалады. II типтегі өткізгіште Мейснердің толық әсері болмағандықтан, өткізгіштік HC_2 магнит өрісінің әлдеқайда үлкен мәндеріне дейін болады.

Кесте 2.1 - Техникада келесі суперөткізгіштер қолданылады:

Біріктіру	j_c , А/см ² (Тл), кезінде 4,2 К	T_c , К	B_c , Тл (Т, К)
-----------	---	-----------	-------------------

Nb ₃ Sn	(1—8)·10 ⁵ (0)	18,1-18,5	24,5—28 (0)
NbTi	(3—8)·10 ⁴ (5)	9,5-10,5	12,5-16,5 (1,2) 12 (4,2)
NbN	(2—5)·10 ⁷ (18)	14,5-17,8	25 (1,2) 8—13 (4,2)

Өткізгіштерде Фотон детекторлары бар. Кейбіреулерінде сыни токтың болуы қолданылады, сонымен қатар Джозефсон эффектiсi, Андрейдiн шағылысуы және т.б. қолданылады, сонымен қатар басқа тiркеу әдiстерiн қолдана отырып, ұқсас диапазондағы детекторлардан (ФЭУ және т. б.) бiрқатар артықшылықтары бар IR диапазонының жеке фотондарын тiркеу үшiн өте жоғары өткізгiштi бiр фотонды детекторлар (SSPD) бар.

Ең көп таралған ИҚ диапазонының детекторларының салыстырмалы сипаттамалары, өткізгiштiк қасиеттерiне негiзделмеген (алғашқы төрт) және өткізгiштiк детекторлар (соңғы үш):

Кесте 2.3 - Асаөткізгiштердiң қасиеттерi

Детектордың түрi	R _{dk} , с ⁻¹	Максималды шот жылдамдығы, с ⁻¹	NEP, Вт	Кванттық тиiмдiлiк, %
InGaAs PFD5W1KSF APS (Fujitsu)	≈6·10 ³	1·10 ⁶	≈1·10 ⁻¹⁷	≈20
Si APD SPCM-AQR-16 (EG\&G)	≈1·10 ⁻¹⁶	5·10 ⁶	-	0,01
R5509-43 PMT (Hamamatsu)	1,6·10 ⁴	9·10 ⁶	≈1·10 ⁻¹⁶	1
SSPD	кем 1·10 ⁻³	7·10 ⁷	6·10 ⁻¹⁸	30
TES	кем 1·10 ⁻³	5·10 ³	кем 1·10 ⁻¹⁹	90
STJ	-	5·10 ³	-	60
Mepsicron-II (Quantar)	0,1	1·10 ⁶	-	0,001

Екiншi типтегi өткізгiштердегi құйынды жад ұяшықтары ретiнде пайдалануға болады. Мұндай қолдану кейбiр магниттiк солитондарды тапты. Сұйықтықтардағы құйынға ұқсайтын күрделi екi және үш өлшемдi магниттiк

солитондар бар, оларда қарапайым магниттер (домендер) салынған сызықтар тек ток сызықтарының рөлін атқарады.

Тұрақты ток өткізгіштен өткен кезде жылу шығындарының болмауы электр энергиясын жеткізу үшін өте өткізгіш кабельдерді қолдануды тартымды етеді, өйткені бір жұқа жер асты кабелі дәстүрлі әдіспен бірнеше кабельді электр тізбегін құруды қажет ететін қуатты жібере алады. Қалыңдығы көп. Кең қолдануға кедергі келтіретін проблемалар кабельдердің құны және оларға қызмет көрсету болып табылады — жоғары өткізгіш желілер арқылы сұйық азотты үнемі сорып алу қажет. Алғашқы коммерциялық суперөткізгіш электр беру желісін 2008 жылдың маусым айының соңында Нью-Йорктегі Лонг-Айлендте американдық Суперкондуктор іске қосты. Оңтүстік Кореяның энергия жүйелері 2015 жылға қарай жалпы ұзындығы 3000 км болатын аса өткізгіш электр беру желілерін құруға ниетті.

Миниатюралық өткізгіш құрылғылар-сақиналар-сквидтер маңызды қолдануды табады, олардың әрекеті магнит ағыны мен кернеудің өзгеруіне байланысты. Олар Жердің магнит өрісін өлшейтін, сондай-ақ медицинада әртүрлі органдардың магнитограммаларын алу үшін қолданылатын өте сезімтал магнитометрлердің бөлігі болып табылады. Суперөткізгіштер магниттерде де қолданылады.

2.3 Өткізгіштік күйге өту температурасының магнит өрісінің шамасына тәуелділік құбылысы криотрондарда-басқарылатын кедергілерде қолданылады.

Өткізгіштердің негізінде КГТ-20 және КГТ-1000 ауыр турбогенераторлары құрылды.

Мейснер эффектісі, - магнит өрісінің өткізгіштің көлемінен оның өткізгіштік күйге ауысуы кезіндегі толық ығысуы. Бұл құбылысты алғаш рет 1933 жылы неміс физиктері в. Мейснер мен Р. Оксенфельд байқады.

Сыртқы тұрақты магнит өрісінде орналасқан суперөткізгішті салқындату кезінде өткізгіштік күйге өту кезінде магнит өрісі оның көлемінен толығымен шығарылады. Бұл суперөткізгіш идеалды өткізгіштен ерекшеленеді, онда кедергі нөлге дейін төмендеген кезде магнит өрісінің индукциясы көлемде өзгеріссіз сақталуы керек.

Өткізгіш көлемінде магнит өрісінің болмауы магнит өрісінің жалпы заңдылықтарынан тек беттік ток бар екенін қорытындылауға мүмкіндік береді. Ол физикалық тұрғыдан нақты, сондықтан бетіне жақын жұқа қабатты алады. Токтың магнит өрісі өткізгіштің ішіндегі сыртқы магнит өрісін бұзады. Осыған байланысты суперөткізгіш формальды түрде идеалды диамагнетик ретінде әрекет етеді. Алайда, бұл диамагнетик емес, өйткені оның ішінде магниттелу нөлге тең.

Мейснердің әсерін тек шексіз өткізгіштікпен түсіндіруге болмайды. Оның табиғатын алғаш рет ағайынды Фриц пен Хайнц Лондон теңдеуі арқылы

түсіндірді. Олар суперөткізгіште өріс Жер бетінен бекітілген тереңдікке — магнит өрісінің енуінің лондондық тереңдігіне енетінін көрсетті. Металдар үшін ξ 10-2 мкм.

Өткізгіштік құбылысы бар таза заттар аз. Көбінесе өткізгіштік қорытпаларда болады. Таза заттар Мейснердің толық әсеріне ие, ал қорытпаларда магнит өрісі көлемнен толық шығарылмайды (Мейснердің ішінара әсері). Мейснердің толық әсерін көрсететін заттар бірінші текті суперөткізгіштер деп аталады, ал ішінара екінші текті суперөткізгіштер деп аталады. Алайда, төмен магнит өрістерінде суперөткізгіштердің барлық түрлері Мейснердің толық әсеріне ие екенін атап өткен жөн.

Екінші типтегі өткізгіштерде магнит өрісін құратын дөңгелек токтар бар, алайда ол бүкіл көлемді толтырмайды, бірақ онда өріс құйындарының жеке жіптері түрінде таратылады. Қарсылыққа келетін болсақ, ол бірінші типтегі өткізгіштердегідей нөлге тең, дегенмен ағымдағы токтың әсерінен құйындардың қозғалысы өткізгіштің ішіндегі магнит ағынының қозғалысына диссипативті шығын түрінде тиімді кедергі жасайды, бұл өткізгіштің құрылымына ақаулардың енгізілуіне жол бермейді — құйындар "жабысатын" пиннинг орталықтары.

Өткізгіштік тек төмен температурада болады (ВТСП-керамикада — 150 К төмен температурада), сондықтан зат алдын-ала салқындатылады, мысалы, сұйық азоттың көмегімен. Әрі қарай, магнит тегіс өткізгіштің бетіне қойылады. Магниттік индукциясы 0,001 Тл болатын өрістерде де магниттің сантиметрге дейінгі қашықтыққа жылжуы байқалады. Өрісті сыни деңгейге дейін ұлғайтқан кезде магнит жоғарырақ көтеріледі.

Түсініктеме

Өткізгіштердің қасиеттерінің бірі-магнит өрісін өте өткізгіш фазадан шығару. Бекітілген өткізгіштен бастап магнит өзі "пайда" болады "және сыртқы жағдайлар суперөткізгішті суперөткізгіш фазадан шығарғанға дейін" көтерілуді "жалғастырады. Осы әсердің нәтижесінде суперөткізгішке жақындаған магнит левитацияны тудыратын бірдей полярлық және дәл сол мөлшердегі магнитті "көреді".

Литтл Паркс эффектісін 1962 жылы Уильям А. Литтл мен Роланд Д. Парк параллель магнит өрісіне орналастырылған жұқа қабырғалы өткізгіш цилиндрлермен эксперименттерде ашты. Бұл Купер жұптасуының маңыздылығы туралы алғашқы нұсқаулардың бірі.

Әсердің мәні-Өшпейтін токпен өткізгіштікті аздап басу.

Нәтижелер сызбалық түрде күріш. параболалық фонда сыни температураның (Тс) мерзімді тербелісі байқалады.

Мұндай цилиндрлердің электрлік кедергісі осы цилиндрге енетін магнит ағынына байланысты периодты тербелістерді көрсетеді

$$h/2e \approx 2,07 \cdot 10^{-15} \text{ Т} \cdot \text{м}^2 \quad (1)$$

мұндағы h -Планк тұрақтысы,
 e -бұл электронның абсолютті заряды.

Литтл мен Паркстің түсіндірмесі-қарсылық тербелісі неғұрлым іргелі құбылысты, яғни ТС өткізгіш күйіне өту температурасының мерзімді ауытқуын көрсетеді.

Литтл Паркс эффектiсi магнит өрiсiнiң (коаксиалды) көбейтiндiсiне және цилиндрдiң көлденең қимасының ауданына тең магнит ағынымен Тс-нiң мерзiмдi өзгеруiнен тұрады. ТС өткiзгiш электрондардың кинетикалық энергиясына (СЕ) байланысты. Дәлiрек айтқанда, Тс-берiлген магнит өрiсi үшiн қалыпты және өте өткiзгiш электрондардың бос энергиясы тең болатын температура. ТС периодты тербелiстерiн түсiну үшiн кинетикалық энергияның мерзiмдi өзгеруiн түсiну керек. СЕ тербелiс жасайды, өйткенi қолданылатын магнит ағыны СЕ-дi арттырады, ал цилиндрдi мезгiл-мезгiл тесетiн өте өткiзгiш құйындар магнит ағынының әсерiн өтейдi және СЕ-дi азайтады. Осылайша, кинетикалық энергияның мерзiмдi тербелiстерi және критикалық температураның сәйкес мерзiмдi тербелiстерi бiрге жүредi.

Литтл Паркс эффектiсi-бұл өте өткiзгiш электрондардың ұжымдық кванттық мiнез-құлқының нәтижесi және кванттық физика Электромагниттiк потенциал үшiн калибрлеудi таңдауға қатысты инвариантты болуы керек деген талаптың нәтижесi ретiнде қарастыруға болады, оның бiр бөлiгi а магниттiк векторлық потенциалын құрайды, сонымен қатар Купер жұптасу механизмiн дәлелдеу үшiн кеңiнен қолданылады. Жақсы мысалдардың бiрi — өткiзгiш диэлектриктiң өтуiн зерттеу.

Қиындық — Литтл Паркс осцилляциясын әлсiз анти-локализациядан (Альтшулер мен соавтар) бөлу., онда авторлар лас металл пленкаларда Ааронов-Бом тербелiстерiн байқады).

3. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

3.1 Қауіпсіздік техникасы туралы Жану проблемалары институтының ережелерімен танысу. Зертханалық жабдықтармен танысу.

Диссертациялық жұмыстың эксперименттік бөлігін мен Жану проблемалары институтында жасадым, ол көмір химиясы, Химиялық физика, жану процестері, плазмохимия, механохимия, Наноматериалдар және нанотехнология саласындағы жетекші ғылыми мекемелердің бірі. 1987 жылы ҚазМУ Химиялық кинетика және жану кафедрасының негізінде қазақ салааралық ғылыми-техникалық орталығы құрылды.



Сурет 3.1 -Жану Проблемалары Институты

Материалдардың өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (ЖТС) зертханасында жұмыс істегендіктен, муфельді және үш зоналы құбырлы пешпен және гидравликалық пресспен қауіпсіздік техникасын қатаң сақтау қажет болды.

1. Қауіпсіздіктің жалпы талаптары

1.1. Муфельмен және үш зоналы құбырлы пешпен өз бетінше жұмыс істеуге жасы 18-ден кем емес, тиісті под-дан өткен адамдар жіберіледі. дайындау, еңбекті қорғау бойынша нұсқаулық, медициналық тексеру және денсаулық жағдайына қарсы көрсетілімдері жоқ. Оқушылар муфельді және үш зоналы құбырлы пешпен жұмыс істеуге жіберілмейді.

1.2. Жұмысшылар ішкі еңбек ережелерін, белгіленген еңбек және демалыс режимдерін сақтауы керек.

1.3. Муфельді электр пешімен жұмыс істеу кезінде жұмыс істеушілерге мынадай қауіпті және зиянды өндірістік факторлар әсер етуі мүмкін: балқытылған металмен немесе Шлакпен дененің және көздің күйюі; желдеткіш болмаған кезде улы газдармен улану; муфельді электр пешінің корпусын жерге қосу болмаған кезде электр тогымен зақымдану.

1.4. Муфельді электр пешімен жұмыс істеу кезінде мынадай арнайы киім және жеке қорғаныш құралдары қолданылуы тиіс: мақта-мата халат немесе жеңқапы бар алжапқыш, берет, брезент биялай , қорғаныш көзілдірігі.

1.5. Муфельді электр пешімен жұмыс істеуге арналған үй-жайда қажетті дәрі-дәрмектер мен таңу құралдарының жиынтығы бар медаптечка болуы тиіс.

1.6. Жұмысшылар өрт қауіпсіздігі ережелерін сақтауға, алғашқы өрт сөндіру құралдарының орналасқан жерін білуге міндетті. Муфельді электр пешімен жұмыс істеуге арналған үй-жай алғашқы өрт сөндіру құралдарымен: өрт сөндіргішпен, құм салынған жәшікпен, су құйылған сыйымдылықпен қамтамасыз етілуі тиіс.

1.7. Жазатайым оқиға кезінде зардап шегуші немесе жазатайым оқиғаның куәгері дереу мекеме әкімшілігіне хабарлауға міндетті. Жабдық жарамсыз болған жағдайда жұмысты тоқтатыңыз және бұл туралы мекеме әкімшілігіне хабарлаңыз.

1.8. Жұмыс барысында арнайы киімді кию-жеке және ұжымдық қорғау құралдарын пайдалану ережелерін сақтау, жеке гигиена ережелерін сақтау, Жұмыс орнын таза ұстау.

1.9. Еңбекті қорғау жөніндегі нұсқаулықты орындамаған немесе бұзған адамдар ішкі еңбек тәртібінің ережелеріне сәйкес тәртіптік жауапкершілікке тартылады және қажет болған жағдайда еңбекті қорғау нормалары мен ережелерін білуін кезектен тыс тексеруге жатады.

2. Жұмыс басталар алдындағы қауіпсіздік талаптары

2.1. Киімді киіңіз, шашты береттің астына мұқият толтырыңыз.

2.2. Құралдарды, жабдықтар мен материалдарды дайындаңыз, жұмыс орнынан артық нәрсені алып тастаңыз.

2.3. Қорғаныс жерлендіргішінің муфельді электр пешінің корпусымен қосылуының бар-жоғын және сенімділігін тексеру.

2.4. Муфельді электр пешін тексеріп, оның дұрыс жұмыс істеуін тексеріңіз.

2.5. Сору желдеткішін қосыңыз.

3. Авариялық жағдайлардағы қауіпсіздік талаптары

3.1. Муфельді электр пешінің жұмыс істемеуі, сондай-ақ оның корпусының қорғаныс жерге тұйықталуы бұзылған жағдайда жұмысты тоқтату, электр пешін сөндіру және ол салқындағаннан кейін пайда болған ақаулықты жою қажет.

3.2. Балқытылған металл төгілген және өрт шыққан жағдайда мекеме әкімшілігіне және жақын жердегі өрт сөндіру бөліміне өрт туралы дереу хабарлап, алғашқы өрт сөндіру құралдарының көмегімен жану ошағын сөндіруге кірісу қажет.

3.3. Жарақат алған кезде зардап шегушіге алғашқы көмек көрсету, қажет болған жағдайда оны жақын жердегі емдеу мекемесіне жіберу және бұл туралы мекеме әкімшілігіне хабарлау

3.4. Электр тогымен зақымданған кезде зардап шегушіге алғашқы көмек көрсету, зардап шегушінің тыныс алуы мен пульсі болмаған жағдайда оған жасанды тыныс алу немесе тыныс алуы мен пульсі қалпына келгенге дейін жүрекке тікелей емес массаж жасау және зардап шегушіні жақын жердегі емдеу мекемесіне жіберу, бұл туралы мекеме әкімшілігіне хабарлау.

4. Жұмыс аяқталғаннан кейін қауіпсіздік талаптары

4.1. Муфельді электр пешін желіден ажырату және ол салқындағаннан кейін жұмыс орнын ретке келтіру.

4.2. Бөлмені ылғалды тазалаңыз және сору желдеткішін өшіріңіз.

4.3. Арнайы киімді шешіп, қолды сабынмен мұқият жуыңыз.

Сондай-ақ, таблетка түрінде үлгілерді жасау үшін гидравликалық престермен жұмыс істеді. Гидравликалық престермен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік ережелерін қатаң сақтау қажет:

а) Жұмысты бастамас бұрын, ақаулықтардың болуы үшін жабдықты мұқият тексеру керек. Бұл жағдайда қоршаулар, құбырлар мен тарақтардың топсалы қосылыстары, сондай-ақ жүктеу үстелі тексеріледі. Гидропресс тексерілгеннен кейін ғана жұмысты бастауға болады.

б) Престі жүктеу процесінде пакеттегі ілмектердің сырғып кетпеу фактісіне назар аудару керек.

с) Гидропресссті жүктеу және түсіру осы процедураға арналған арнайы киімде жүргізілуі керек.

3.1.1 Зертханалық жабдықтармен танысу.

Қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін, яғни химиялық элементтер мен оксидтерден суперөткізгішті жасау, бұрын айтылғандай, муфта және үш зоналы құбырлы пешпен және гидравликалық баспасөзмен жұмыс істеді.



Сурет 3.2 – Үш зоналы көлденең құбырлы пеш



Сурет 3.3 – Мультиметр



Сурет 3.4 - Гидравликалық пресс



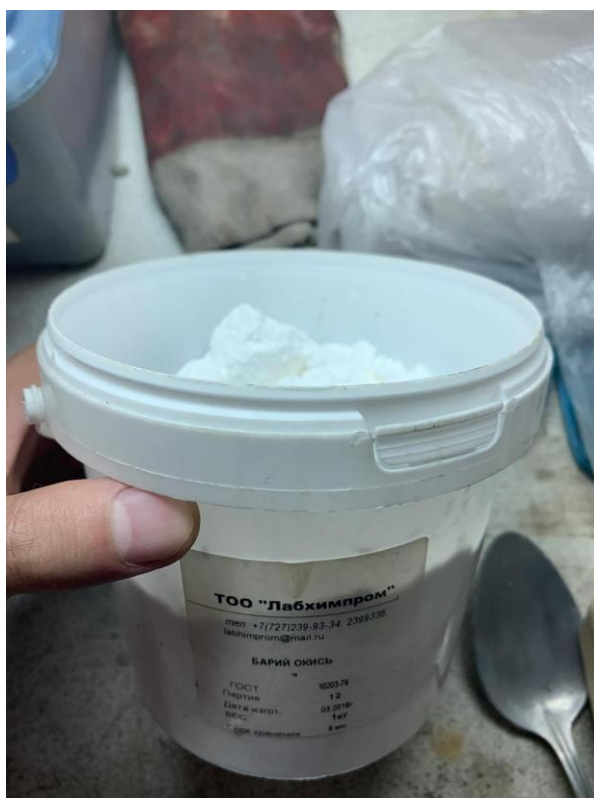
Сурет 3.5 - Муфельді пеш

3.2 Үлгілерді дайындау және оларды әрі қарай зерттеу. Жасалған үлгілерді муфельді пеште және үш зоналы көлденең құбырлы пеште күйдіру.

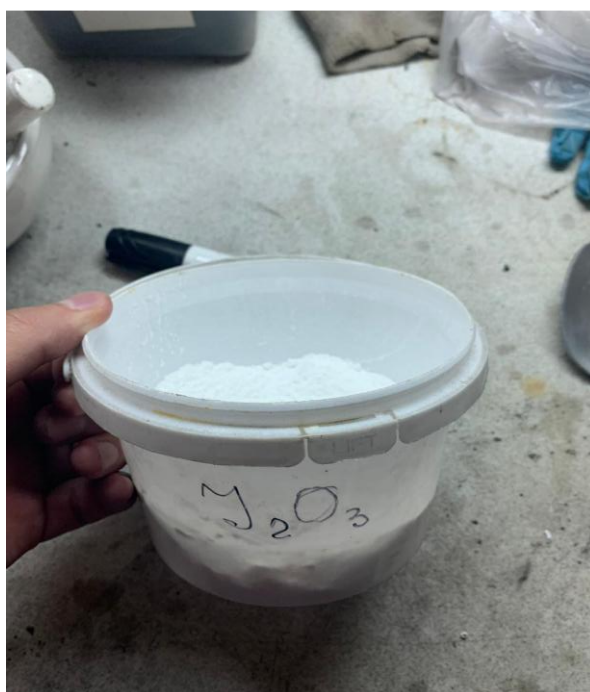
Үлгілерді жасамас бұрын, біз қажетті материалдарды дайындаймыз – мыс нано ұнтағы (Cu - бұл менің жұмысымның жаңалығы), барий оксиді – BaO ол BaO химиялық формуласы бар барий мен барийдің екілік бейорганикалық химиялық қосылысы. Негізгі оксид болып табылады. Стандартты жағдайларда бұл текше торы бар түссіз кристалдар. . иттрий оксиді бұл Y_2O_3 формуласы бар иттрий металының және оттегінің екілік Бейорганикалық қосылысы, суда ерімейтін түссіз (ақ) кристалдар.



Сурет 3.6 - Наноұнтақ мыс



Сурет 3.7 - Барий оксиді



Сурет 3.8 - Иттрий оксиді

Материалдарды дайындағаннан кейін үлгіні жасау үшін әр элементтің массасын дәл өлшеу керек немесе Y_2O_3 , салмағы 18 % (тазалық дәрежесі 99,99%, астық мөлшері 0,03 мкм), BaO салмағы 46 % (тазалық дәрежесі 99,5%, дисперсиясы 1,5-2 мкм), Si салмағы 36 % (тазалық дәрежесі 99,9%, дисперсиясы 40-60 нм), менің жағдайда үлгі оның 20 граммын құрайды Y_2O_3 - 3,6 грамм, BaO

- 9,2 грамм, Си - 7,2 грамм. Бастапқы компоненттер электронды таразыларда өлшенді (ВЛЭ-134)



Сурет 3.9 - Электронды таразы (ВЛЭ-134)



Сурет 3.10 - Y_2O_3 -3,4 грамм



Сурет 3.11 - ВаО - 9,2 грамм



Сурет 3.12 - Си - 5,8 грамм

Содан кейін өлшенгеннен кейін үлгілерді Фарфор ерітіндісінде мұқият араластыру қажет болады. Ұнтақ түріндегі барлық үлгілер әр элементтің бір-бірімен араласуы және құрылымы бойынша біркелкі болуы үшін қажет.



Сурет 3.13 - Фарфор ерітіндісінде үлгілерді жылжыту процесі

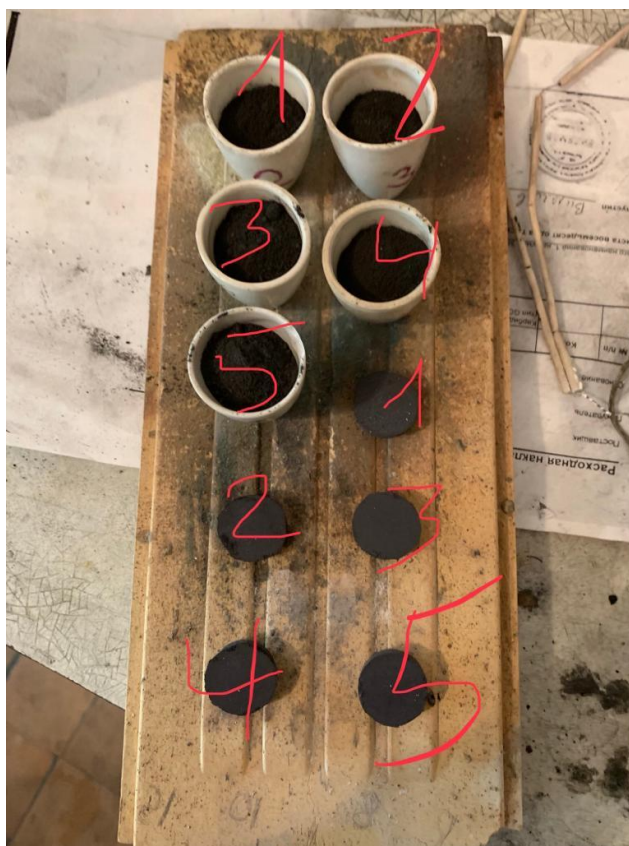
Барлық үлгілерді дайындағаннан кейін, біз муфель пешін қосамыз және пеш 920 градусқа дейін 920 градусқа дейін марапатталғанша күтеміз, пеш 4 сағат бойы қызады. Бірақ мен екі жолмен жұмыс істегенімді атап өткен жөн:

1-әдіс: әр түрлі стехиометриясы бар бастапқы ұнтақтар 0,15 МПа күші бар гидравликалық пресс көмегімен таблетка түрінде (диаметрі 20 мм және биіктігі 40 мм) басылған. Содан кейін үлгілер 920°C және экспозиция уақыты 6 сағат болатын бастапқы жасыту үшін муфельді пешке орналастырылды. Содан кейін үлгілер ұсақталып, 600°C және экспозиция уақыты 6 сағат (2-кесте) кезінде екінші рет жасыту үшін муфель пешіне қайта орналастырылды.

2-әдіс: әр түрлі стехиометриясы бар араластырылған бастапқы ұнтақтар түріндегі үлгілер (сусымалы тығыздық) 920°C бастапқы күйдіру үшін муфельді пешке және 4-8 сағат ұстау уақытына орналастырылды. Содан кейін үлгілер ұнтақтары диаметрі 20 мм және биіктігі 40 мм таблетка түрінде 0,15 МПа гидравликалық пресс көмегімен сығылды. Содан кейін үлгілерді 600-920°C және 4-8 сағат ұстау уақыты кезінде екінші рет күйдіру үшін муфельді пешке орналастырды (3.1-кесте).

Кесте 3.1 – эксперименттік үлгілерді алу тәсілдері

Үлгі атауы	Әдіс	Бірінші күйдіру			Екінші күйдіру		
		T, °C	Ұсталым уақыты, сағат	Үлгі түрі	T, °C	Ұсталым уақыты, сағат	Үлгі түрі
A1	2	920	8	ұнтақ	920	8	таблетка
A2	2	920	6	ұнтақ	920	8	таблетка
A3	2	920	4	ұнтақ	920	8	таблетка
A4	2	920	8	ұнтақ	920	6	таблетка
A5	2	920	6	ұнтақ	920	6	таблетка
A6	2	920	4	ұнтақ	920	6	таблетка
A7	3	920	8	ұнтақ	920	4	таблетка
A8	2	920	6	ұнтақ	920	4	таблетка
A9	2	920	4	ұнтақ	920	4	таблетка
A10-A14	1	920	6	таблетка	600	6	порошок
A15-19	2	920	6	ұнтақ	600	6	таблетка



Сурет 3.14 - 920 градус муфель пешінде алғашқы күйдіруден кейінгі үлгілер.

Содан кейін олар 920 және 600 градусқа екінші рет жасыту үшін де қойылды. Ұнтақ түріндегі үлгілер керамикалық ыдысқа орналастырылды. Бұл эксперименттік бөлім тек бірінші болып табылады, онда үш зоналы көлденең құбырлы пешпен жұмыс істеген екінші тәжірибелік бөлім бар.

№ 2 тәжірибелік бөлім

Бұл эксперименталды жұмыста алдыңғы жұмыстан түбегейлі ерекшеленеді, егер муфель пешінде жұмыс вакуумдық кеңістікте болса, онда мұнда, керісінше, біз пештің оттегін шығарамыз.



Сурет 3.15 - Оттегі баллоны



Сурет 3.16 - Мультиметр

Оттегі цилиндрін қалай ашуға болады, ол мультиметр арқылы өтеді, бізге 272 мл / мин қажетті қысым қоямыз

Сондай-ақ, егер муфель пешінде біз пешті 920 градусқа дейін қыздыруды күттік, содан кейін ол үлгілерді пешке қойды, ал мұнда біз үлгілерді үш зоналы құбырлы пешке алдын-ала қоямыз, өйткені 920-да пешті

ашу үшін оттегі жарылғыш болып табылады, сондықтан біз үлгілерді алдынала қоямыз.



Сурет 3.17 - Үлгілерді үш зоналы құбырлы пешке салыңыз.

Слевой жағы біз оттегіні қажетті қысыммен сорып аламыз, оң жағында әр 5 минут сайын оттегінің қалдықтарының шығуын тексереміз, егер оттегі қалдықтарының шығуы болмаса, бұл қауіпті, пешті дереу өшіріңіз.



Сурет 3.18 - Үш зоналы көлденең пешті қыздыру процесі.

Синтезделген өнімдердің сапалық және сандық құрамы ДРОН-4М дифрактометрінде рентгендік құрылымдық талдау әдісімен анықталды.



Сурет 3.19 - Дрон-4М дифрактометрі.

3.3 SEM анализін және синтезделген көміртегі бар үлгілерді рентгенофазалық талдауды өлшеу. Оның деректерін өңдеу.

Рентгенофаза анализіне өтпес бұрын, әр үлгіні нанобөлшектерге дейін ұсақтау керек, содан кейін біз оны талдауға тапсырамыз. Бір үлгінің нәтижесін алу үшін бір апта қажет. Төмендегі кестеде сіз РФА нәтижелерін көре аласыз.

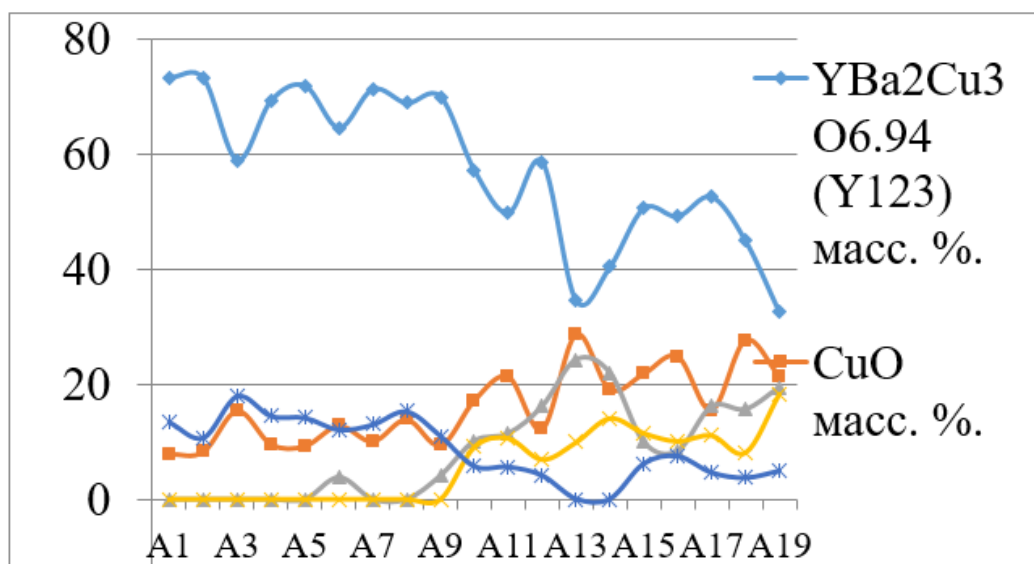
Кесте 3.2 – РФА нәтижелері:

Атауы	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.94}$ (Y_{123}) масс. %.	CuO масс. %.	BaCO_3 масс. %.	$\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$ масс. %.	Y_2BaCuO_5 масс. %.
A1	73.3	7.9	0	0	13.4
A2	73.2	8.3	0	0	10.7
A3	59.0	15.4	0	0	18.0
A4	69.3	9.6	0	0	14.5
A5	71.9	9.3	0	0	14.2
A6	64.6	12.8	3.8	0	12.1
A7	71.3	10.1	0	0	13.0
A8	68.9	13.9	0	0	15.3
A9	70.0	9.4	4.1	0	11.0
A10	57.2	17.2	10.1	9.1	5.7
A11	49.8	21.3	11.4	10.6	5.6
A12	58.7	12.2	16.1	6.9	4.1
A13	34.6	28.6	24.2	9.9	0
A14	40.4	19.1	21.9	14.1	0
A15	50.6	21.8	9.9	11.5	6.2
A16	49.2	24.8	8.4	10.1	7.5
A17	52.6	15.5	16.1	11.1	4.6
A18	45.0	27.6	15.6	8.1	3.7
A19	32.6	21.4	19.4	18.3	4.9

Фазалық талдау нәтижелері бойынша негізгі фаза $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.94}$ деп қорытынды жасауға болады, $\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$ және Y_2BaCuO_5 сияқты қайталама фазалар да бар. Қатты күйген кезде CuO және BaCO_3 сияқты жағымсыз фазалар пайда болатындығын атап өтеміз.

Бірінші әдіспен алынған үлгілер екінші әдіспен салыстырғанда оңтайлы нәтижелерді көрсетті, мұнда өткізгіш фазаның орташа шығысы 25 массадан жоғары. %.

РФА мәліметтері бойынша, 9200с температурада синтезделген үлгі (бірінші және екінші күйдіру) және 8 сағаттық экспозиция уақыты (екі жағдайда) өткізгіштік фазаның (Y_{123}) шығуы 73.3 массаға жететін ең жақсы нәтижені көрсетті. % (A1 үлгісі).

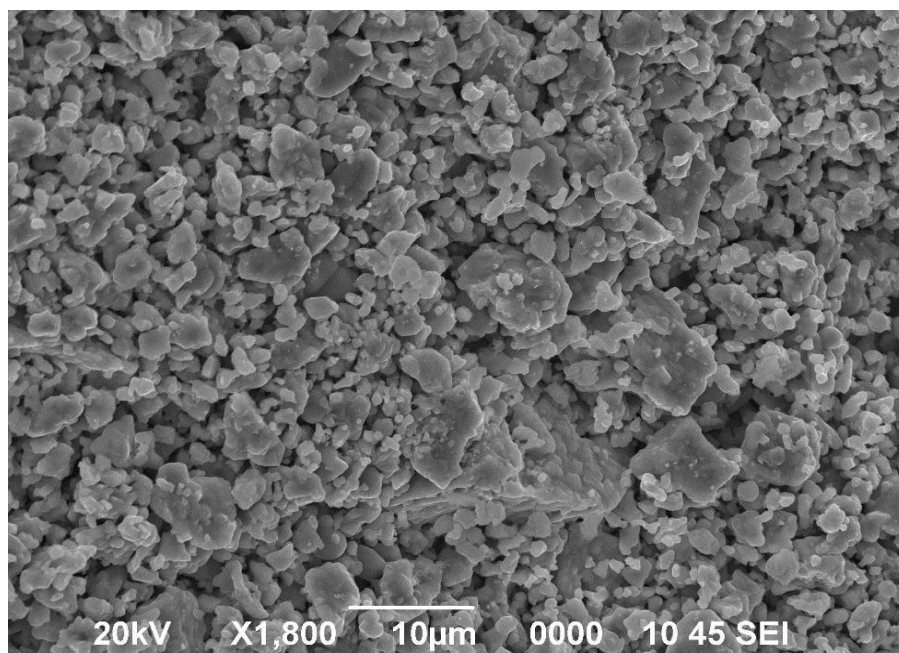


Сурет 3.20-диаграмма түрінде муфельді пештен алынған үлгілерді талдау РФА нәтижелері

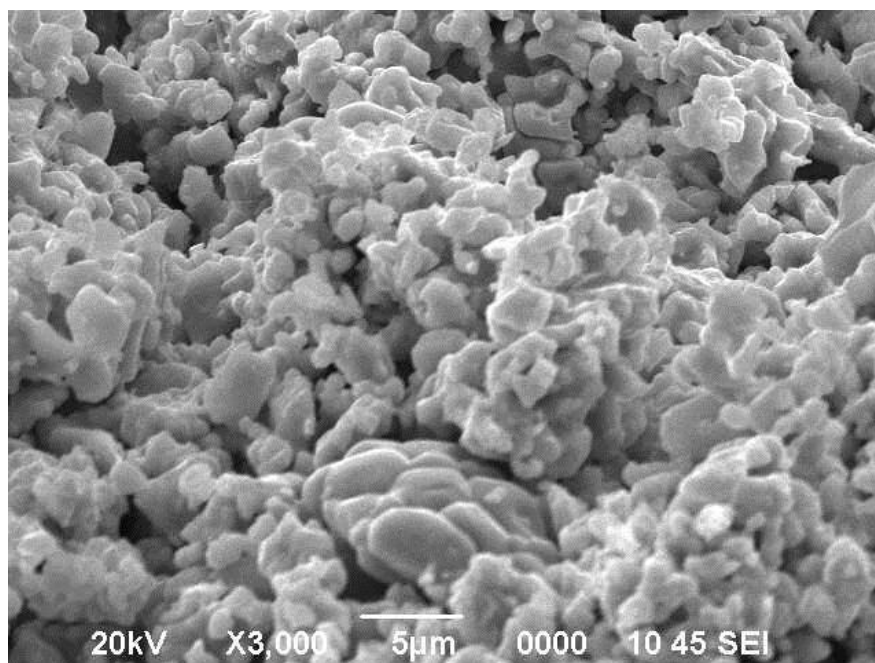
Суретте көріп отырғанымыздай, бастапқы компоненттердің қатынасында мыстың ең аз мөлшері бар $\text{Y}-\text{Ba}-\text{Cu}-\text{O}$ жүйесіндегі үлгілер салыстырмалы түрде жақсы нәтиже алды. Егер экспозиция уақыты бойынша (8 сағат ұстау уақытымен A1 үлгісімен салыстырғанда) айтатын болсақ, онда A5 үлгісі (6 сағат ұстау уақыты) фазаның шығуы (Y_{123}) 71.9 массаны құрайтын ең оңтайлы нәтижені көрсетті. %.

Айта кету керек, мыс нано ұнтағының ең аз мөлшері бар үлгілер басқа үлгілермен салыстырғанда өте өткізгіш фазаның шығуының оңтайлы нәтижесін көрсетті және бұл жағдайда жағымсыз фазалар (CuO және BaCO_3) пайда болмайды.

Өте өткізгіш фазаның мазмұны бойынша ең нашар нәтижелер A11-A19 үлгілерін көрсетті. Шамасы, мыс наноұнтағының көп мөлшері өткізгіш фазаның жалпы мөлшерінің қалыптасуына теріс әсер етеді және көп мөлшерде байланыссыз мыс оксидінің пайда болуына ықпал етті.



Сурет 3.21 - A1 үлгісін SEM талдау нәтижесі



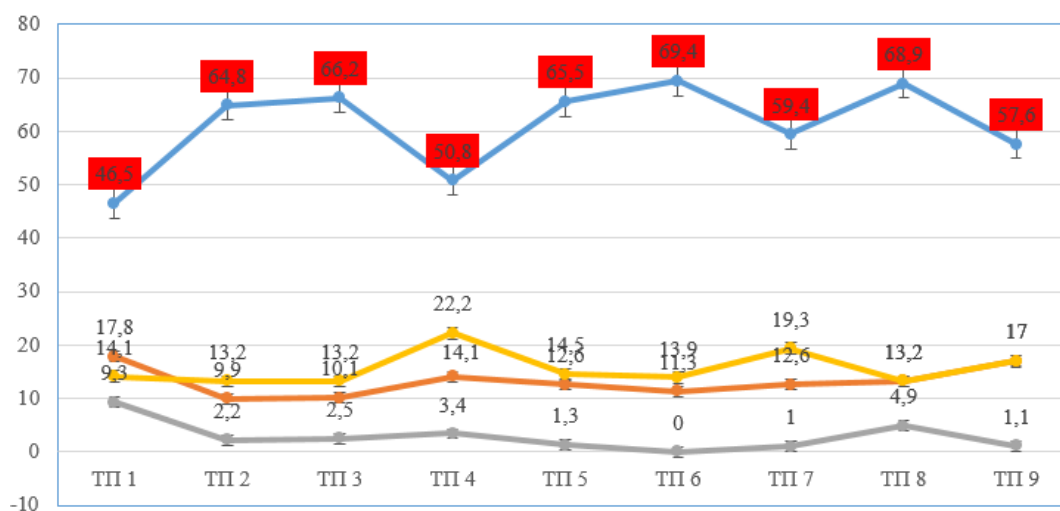
Сурет 3.22 - A2 үлгісін SEM талдау нәтижесі

Нәтижелер A1-A2 үлгілерінде құрылым бар екенін көрсетеді ұсақ түйіршіктелген бұл тығыз материал екенін дәлелдейді. Бұл муфель пешіне қойылған үлгілердің нәтижелері болды. Енді үш зоналы құбырлы пештің нәтижелерін қарастырайық.

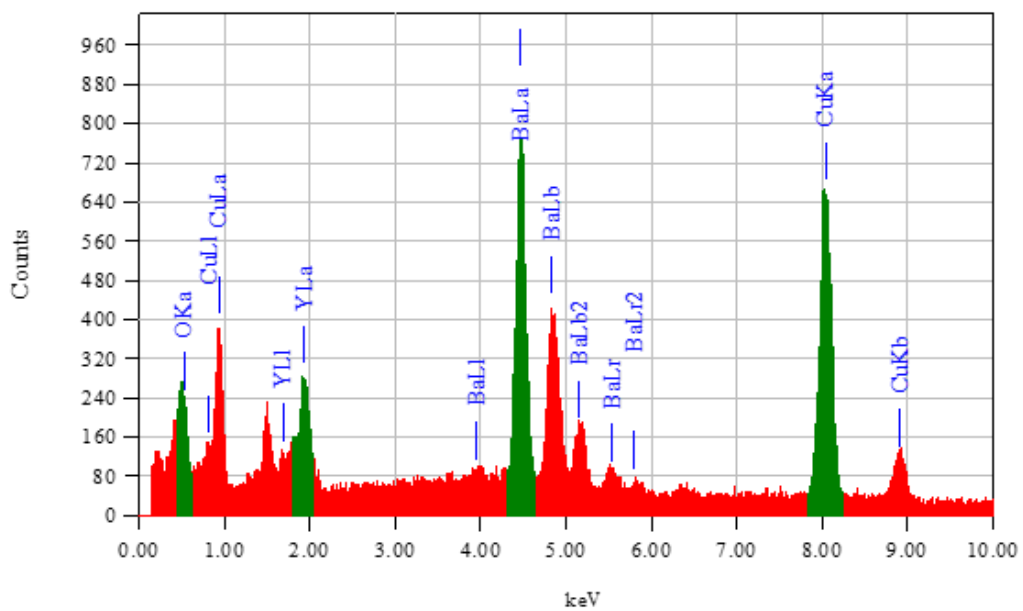
Кесте 3.3 РФА талдау нәтижелері

Үлгілердің атауы	$YBa_2Cu_3O_{6,9}$ 4 (Y_{123}) масс. %.	CuO масс. %.	$Y_2Cu_2O_5$ масс. %.	Y_2BaCuO_5 масс. %.
ТП 1	46,5	17,8	9,3	14,1
ТП 2	64,8	9,9	2,2	13,2
ТП 3	66,2	10,1	2,5	13,2
ТП 4	50,8	14,1	3,4	22,2
ТП 5	65,5	12,6	1,3	14,5
ТП 6	69,4	11,3	0	13,9
ТП 7	59,4	12,6	1,0	19,3
ТП 8	68,9	13,2	4,9	13,2
ТП 9	57,6	17	1,1	17,0

ТП3-ТП5 үлгілері экспозиция уақыты бойынша тиімді, ал үлгілері ТП6-ТП8 жақсы нәтиже көрсетеді.



Сурет 3.23 - Диаграмма түрінде үш зоналы пештен алынған үлгілерді талдау РФА нәтижелері



Сурет 3.24 - Элементный анализ образца ТПб

Әрі қарай, төменде РФА үлгілерін талдау нәтижелері болады.

Зертханалық үлгілерді рентгендік-фазалық жартылай сандық талдау нәтижелері:

ӨТЖТС-жаңа материалдар тапсырыс бойынша № 38 2019 жыл Райымбек 06-08-2019

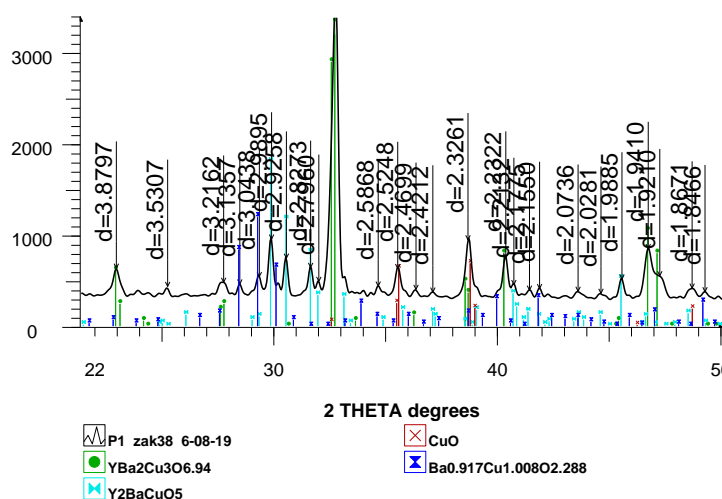
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
22.904	3.8797	642
25.204	3.5307	440
27.715	3.2162	486
28.441	3.1357	468
29.319	3.0438	550
29.863	2.9895	963
30.530	2.9258	752
31.620	2.8273	651
31.984	2.7960	497
32.741	2.7331	3681
34.649	2.5868	444
35.527	2.5248	637
36.345	2.4699	409
37.102	2.4212	378
38.677	2.3261	954
40.373	2.2322	752
40.737	2.2132	462
41.433	2.1775	400
41.888	2.1550	418
43.614	2.0736	387
44.644	2.0281	365
45.583	1.9885	523
46.764	1.9410	857
47.279	1.9210	558
48.733	1.8671	422
49.308	1.8466	382
51.156	1.7842	396
51.519	1.7725	409
52.458	1.7429	426
55.275	1.6606	453
55.638	1.6506	409
58.364	1.5798	1108
61.544	1.5056	431
62.271	1.4898	418
62.574	1.4833	422

65.910	1.4160	387
66.243	1.4097	387
68.303	1.3721	431
68.697	1.3652	611

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa ₂ Cu ₃ O _{6.94}	73.3
Y ₂ BaCuO ₅	13.4
CuO	7.9
Ba _{0.917} Cu _{1.008} O _{2.288}	5.3



Сурет 3.25 - № P1 үлгісінің рентгенограммасы.

Үлгі № P2

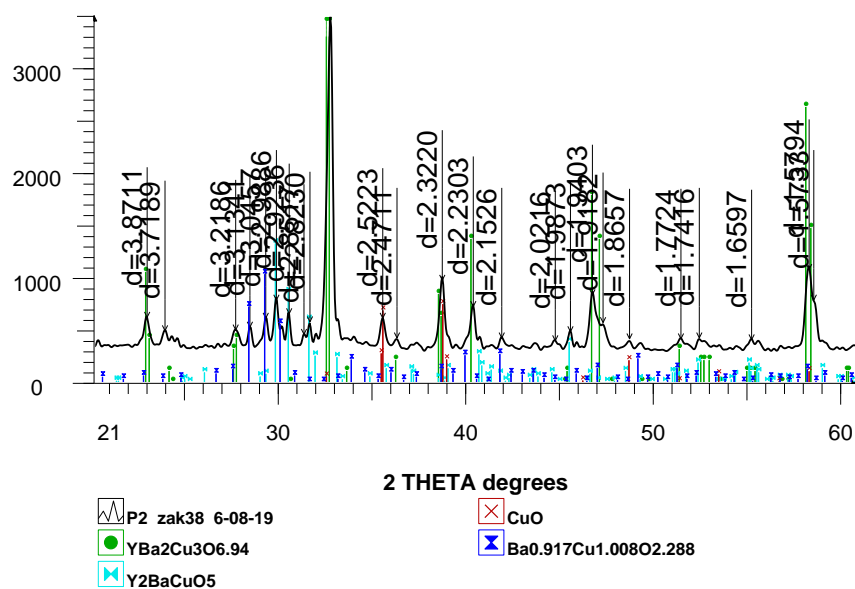
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
7.516	11.7531	459
22.956	3.8711	623
23.909	3.7189	493
27.694	3.2186	502
28.456	3.1341	528
29.300	3.0457	614
29.872	2.9886	787
30.553	2.9236	658
31.343	2.8517	459
31.669	2.8230	580

32.786	2.7294	3498
35.563	2.5223	614
36.326	2.4711	424
38.749	2.3220	978
40.411	2.2303	727
41.935	2.1526	424
44.795	2.0216	398
45.612	1.9873	485
46.783	1.9403	839
47.354	1.9182	571
48.770	1.8657	415
51.521	1.7724	415
52.501	1.7416	424
55.306	1.6597	407
58.383	1.5794	1082
58.628	1.5733	787
68.172	1.3745	441
68.758	1.3642	588

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa ₂ Cu ₃ O _{6.94}	73.2
Y ₂ BaCuO ₅	10.7
CuO	8.3
Ba _{0.917} Cu _{1.008} O _{2.288}	7.7



Сурет 3.26 - P2 үлгісінің рентгенограммасы.

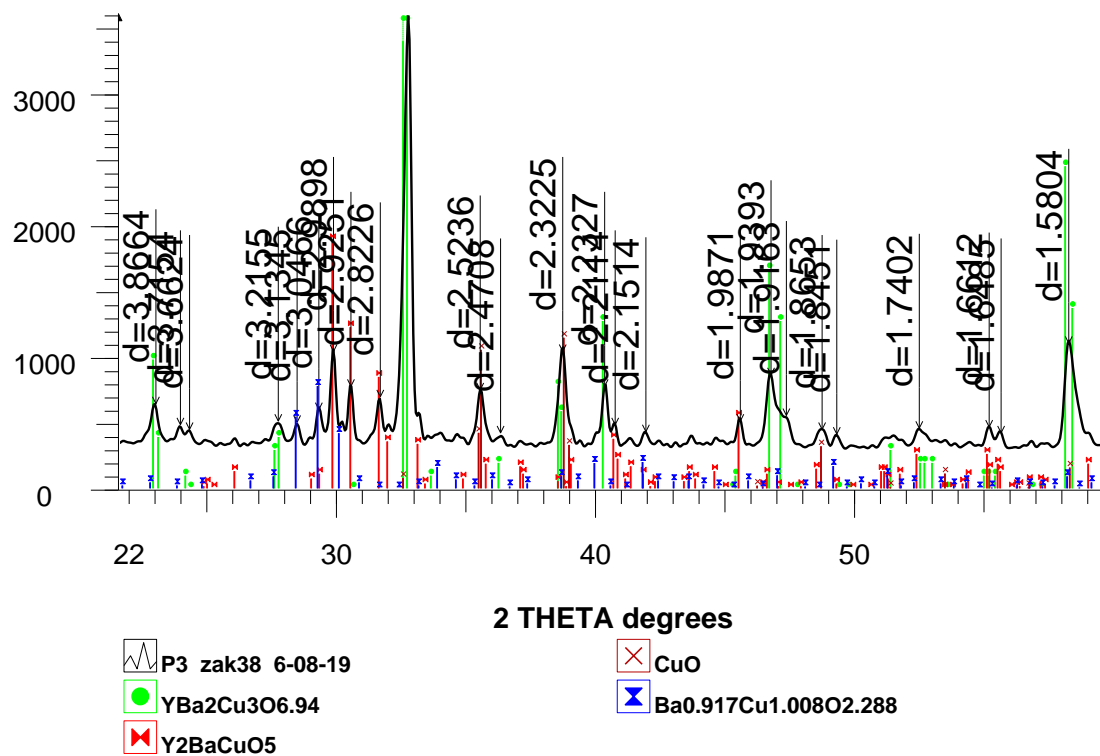
Үлгі № Р3

Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle 2-Theta °	d value Angstrom	Intensity Count
22.984	3.8664	649
23.931	3.7154	489
24.283	3.6624	453
27.721	3.2155	515
28.452	3.1345	507
29.292	3.0466	604
29.860	2.9898	1049
30.537	2.9251	782
31.674	2.8226	702
32.784	2.7296	3621
35.545	2.5236	755
36.330	2.4708	427
38.740	2.3225	1049
40.364	2.2327	782
40.770	2.2114	489
41.961	2.1514	435
45.616	1.9871	515
46.807	1.9393	871
47.402	1.9163	560
48.783	1.8653	453
49.352	1.8451	418
52.546	1.7402	462
55.253	1.6612	471
55.713	1.6485	427
58.339	1.5804	1111
61.588	1.5046	480
62.535	1.4841	444
65.974	1.4148	427
68.735	1.3646	604
75.286	1.2613	391
77.831	1.2263	444

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa ₂ Cu ₃ O _{6.94}	59.0
Y ₂ BaCuO ₅	18.0
CuO	15.4
Ba _{0.917} Cu _{1.008} O _{2.288}	7.5



Сурет 3.27 - P3 үлгідегі Рентгенограмма.

Үлгі № P4

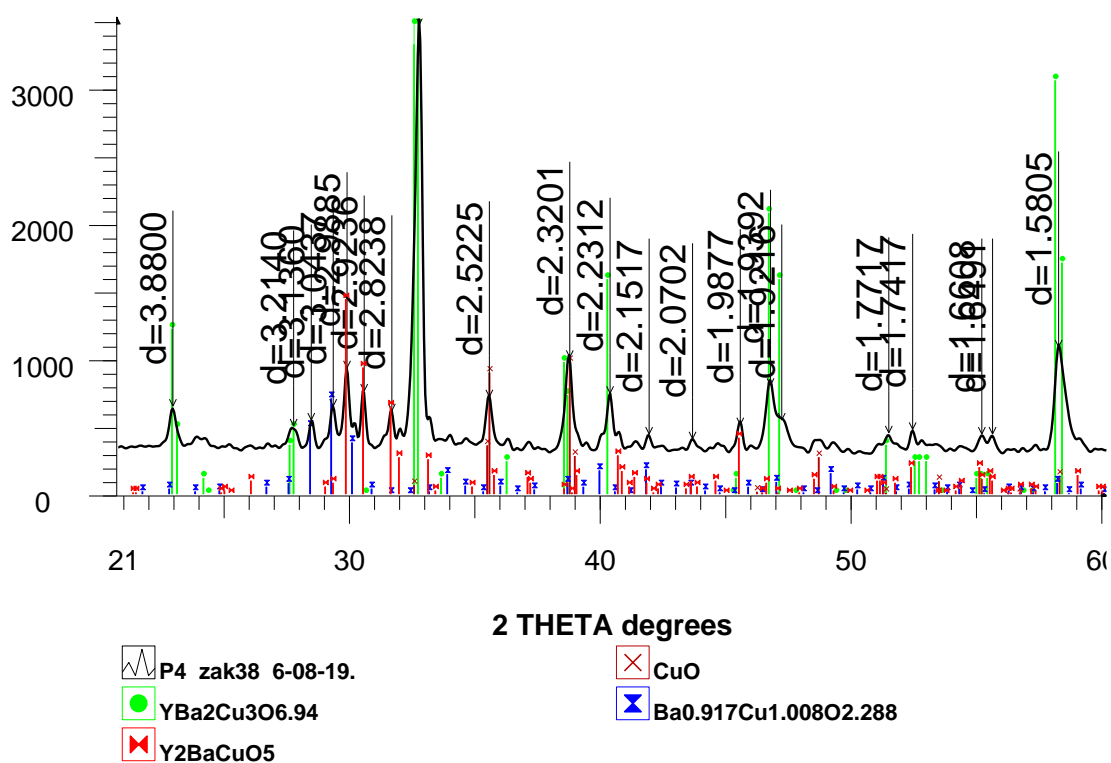
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
22.902	3.8800	657
27.734	3.2140	510
28.439	3.1360	554
29.320	3.0437	657
29.873	2.9885	943
30.553	2.9236	770
31.660	2.8238	623
32.767	2.7309	3501
35.561	2.5225	727
38.782	2.3201	1021
40.393	2.2312	753
41.953	2.1517	450
43.690	2.0702	415
45.603	1.9877	519
46.811	1.9392	813
47.264	1.9216	554
51.542	1.7717	458
52.498	1.7417	484
55.267	1.6608	450

55.695	1.6491	450
58.337	1.5805	1099
61.609	1.5042	450
66.013	1.4141	433
68.807	1.3633	597

Жартылай сандык талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa2Cu3O6.94	69.3
Y2BaCuO5	14.5
CuO	9.6
Ba0.917Cu1.008O2.288	6.6



Сурет 3.28 - P4 үлгідегі Рентгенограмма.

Үлгі № P5

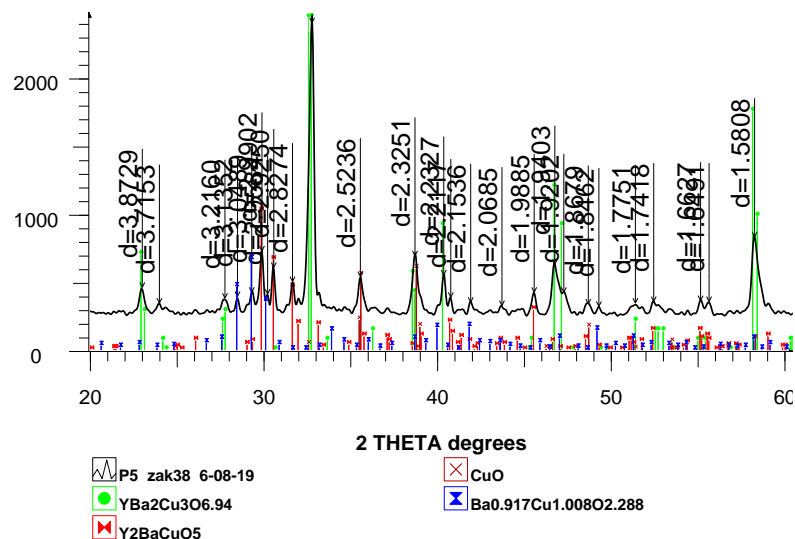
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
22.945	3.8729	466
23.932	3.7153	349
27.717	3.2160	386
28.446	3.1352	398
29.269	3.0489	429
29.856	2.9902	735

30.185	2.9584	417
30.538	2.9250	613
31.619	2.8274	509
32.748	2.7325	2421
35.545	2.5236	545
38.696	2.3251	699
40.365	2.2327	558
40.764	2.2117	392
41.916	2.1536	355
43.727	2.0685	331
45.584	1.9885	429
46.783	1.9403	637
47.300	1.9202	429
48.710	1.8679	343
49.322	1.8462	325
51.437	1.7751	349
52.495	1.7418	362
55.199	1.6627	368
55.693	1.6491	362
58.326	1.5808	840
61.546	1.5056	349
62.110	1.4932	362
62.534	1.4841	362
65.966	1.4150	349
68.740	1.3645	472

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa ₂ Cu ₃ O _{6.94}	71.9
Y ₂ BaCuO ₅	14.2
CuO	9.3
Ba _{0.917} Cu _{1.008} O _{2.288}	4.6



Сурет 3.29 - P5 үлгідегі Рентгенограмма.

Зертханалық үлгілерді рентгендік-фазалық жартылай сандық талдау нәтижелері. ӨТЖТС-жаңа материалдар тапсырыс бойынша № 39 2019 жыл РАЙЫМБЕК 12-08-2019

№ P6 Үлгісі

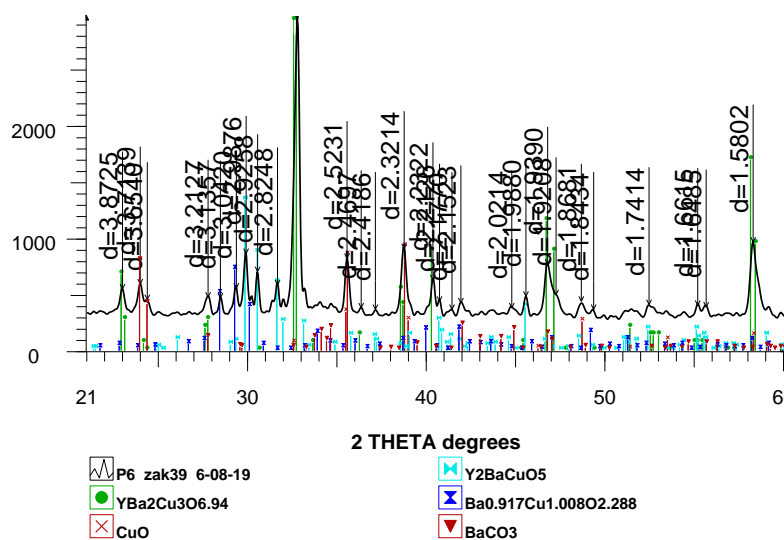
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
22.947	3.8725	552
23.942	3.7139	596
24.339	3.6540	456
27.745	3.2127	478
28.441	3.1357	471
29.336	3.0420	559
29.883	2.9876	868
30.530	2.9258	706
31.649	2.8248	589
32.742	2.7329	2966
35.552	2.5231	824
36.347	2.4697	383
37.143	2.4186	368
38.759	2.3214	912
40.375	2.2322	633
40.748	2.2126	441
41.444	2.1770	368
41.941	2.1523	427
44.800	2.0214	383

45.596	1.9880	486
46.814	1.9390	773
47.286	1.9208	500
48.704	1.8681	441
49.400	1.8434	368
52.507	1.7414	412
55.242	1.6615	405
55.714	1.6485	390
58.350	1.5802	971
61.607	1.5042	456
65.982	1.4147	375
68.195	1.3741	434
68.742	1.3645	567

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.94}$	64.6
CuO	12.8
Y_2BaCuO_5	12.1
$\text{Ba}_{0.917}\text{Cu}_{1.008}\text{O}_{2.288}$	6.7
BaCO_3	3.8



Сурет 3.30 - P6 үлгідегі Рентгенограмма

Үлгі № P7

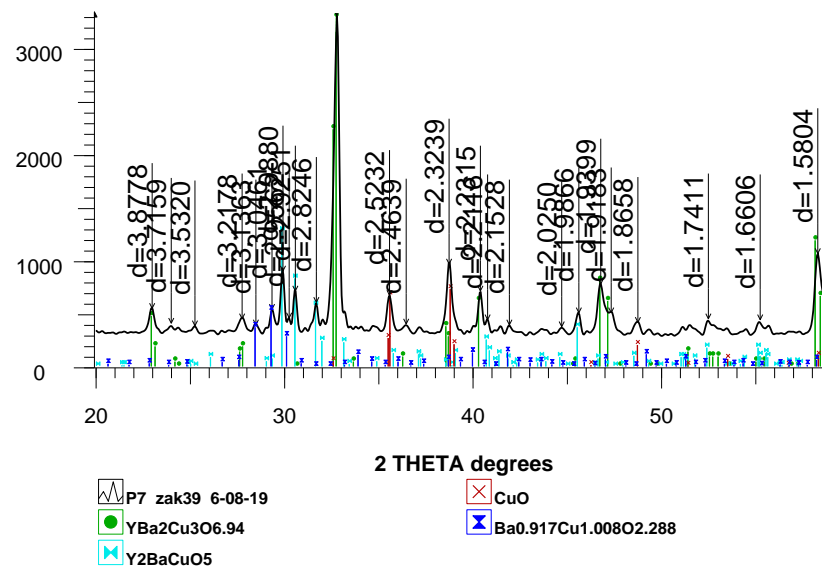
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
22.915	3.8778	553

23.928	3.7159	413
25.194	3.5320	388
27.701	3.2178	454
28.435	3.1363	396
29.296	3.0461	545
29.879	2.9880	908
30.208	2.9562	462
30.537	2.9251	718
31.651	2.8246	611
32.740	2.7331	3326
35.551	2.5232	677
36.437	2.4639	404
38.716	2.3239	974
40.387	2.2315	718
40.767	2.2116	446
41.931	2.1528	396
44.717	2.0250	380
45.628	1.9866	512
46.793	1.9399	784
47.350	1.9183	512
48.768	1.8658	421
52.515	1.7411	454
55.275	1.6606	446
58.339	1.5804	1073
61.580	1.5048	454
62.568	1.4834	413
66.012	1.4141	413
68.265	1.3728	421
68.721	1.3648	578

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.94}$	71.3
Y_2BaCuO_5	13.0
CuO	10.1
$\text{Ba}_{0.917}\text{Cu}_{1.008}\text{O}_{2.288}$	5.6



Сурет 3.31 - P7 үлгідегі Рентгенограмма.

Үлгі № P8

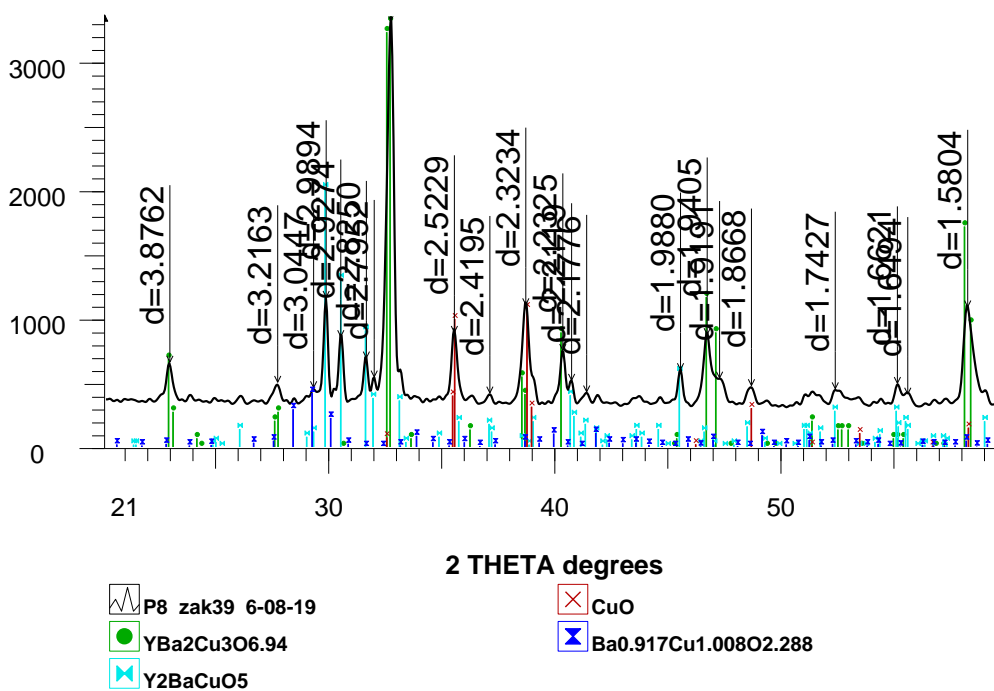
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle 2-Theta °	d value Angstrom	Intensity Count
22.925	3.8762	667
27.714	3.2163	508
29.310	3.0447	467
29.865	2.9894	1175
30.513	2.9274	867
31.646	2.8250	700
31.993	2.7952	550
32.733	2.7336	3342
35.556	2.5229	900
37.129	2.4195	425
38.725	2.3234	1117
40.367	2.2325	758
40.761	2.2119	525
41.432	2.1776	433
45.596	1.9880	608
46.775	1.9405	883
47.331	1.9191	542
48.742	1.8668	483
52.466	1.7427	458
55.219	1.6621	500
55.682	1.6494	417
58.342	1.5804	1100

61.581	1.5048	500
62.552	1.4837	467
65.976	1.4148	442
68.150	1.3748	483
68.775	1.3639	608

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
YBa ₂ Cu ₃ O _{6.94}	68.9
Y ₂ BaCuO ₅	15.3
CuO	13.9
Ba _{0.917} Cu _{1.008} O _{2.288}	1.9



Сурет 3.32 - P8 үлгідегі Рентгенограмма.

Үлгі № P9

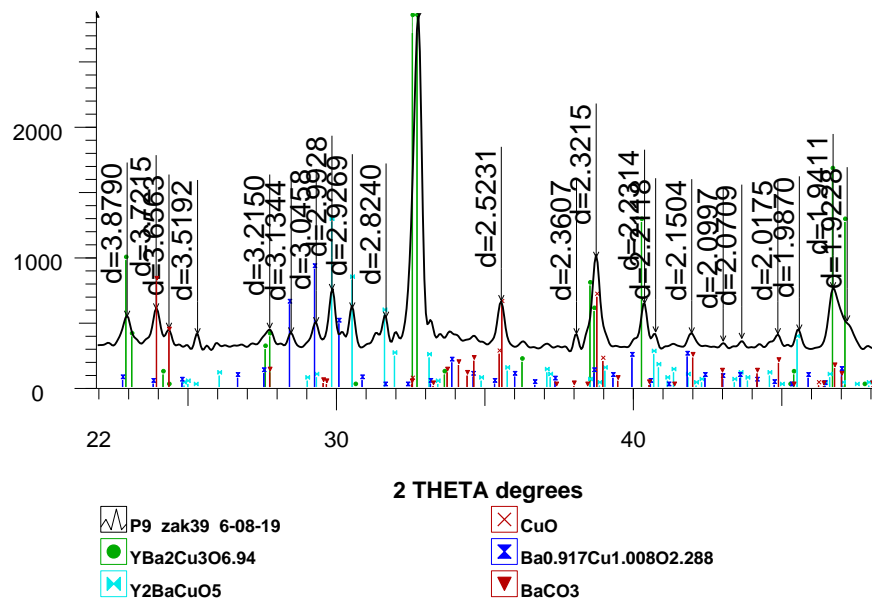
Үлгінің рентгенометриялық деректері:

Angle	d value	Intensity
2-Theta °	Angstrom	Count
12.479	7.0876	476
22.908	3.8790	547
23.891	3.7215	604
24.324	3.6563	454
25.287	3.5192	412
27.726	3.2150	454

28.453	3.1344	419
29.299	3.0458	497
29.830	2.9928	753
30.518	2.9269	611
31.658	2.8240	540
32.779	2.7299	2858
35.552	2.5231	667
38.088	2.3607	412
38.757	2.3215	1001
40.389	2.2314	646
40.763	2.2118	426
41.982	2.1504	419
43.044	2.0997	355
43.673	2.0709	376
44.892	2.0175	412
45.620	1.9870	440
46.760	1.9411	767
47.232	1.9228	511
48.746	1.8666	398
50.870	1.7935	369
52.482	1.7422	391
55.235	1.6617	391
55.648	1.6503	383
58.362	1.5799	944

Жартылай сандық талдау нәтижелері:

Formula	%
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.94}$	70.0
Y_2BaCuO_5	11.0
CuO	9.4
$\text{Ba}_{0.917}\text{Cu}_{1.008}\text{O}_{2.288}$	5.5
BaCO_3	4.1



Сурет 3.33 - P9 үлгідегі Рентгенограмма.

ҚОРЫТЫНДЫ

Компоненттердің бастапқы қатынасы, жасыту температурасы және қартаю уақыты өткізгіш фазаның сапалық және сандық қалыптасуына тікелей әсер ететіндігі анықталды.

Жүргізілген эксперименттерді талдауға сәйкес Y-Ba-Cu-O жүйесіндегі ең көп өткізгіш фазасы бар оңтайлы құрам (Y₁₂₃) мыс наноұнтағының аз мөлшерімен түзіледі.

Осылайша, біз мыс нанобөлшектерінен у-Ba-Cu-O материалының синтезін әр түрлі экспозиция уақыты үшін 920°C температурада қатты фазалы процесс арқылы жаңа бастапқы зат ретінде көрсеттік. Кешенді қосылыстарды жаңа шикізат ретінде пайдалану кезінде төменгі қыздыру температурасы мен ұстау уақыты (6-8 сағат) кезінде жоғары өткізгіш фазаның пайда болуы мүмкін екендігі анықталды. Сонымен қатар, дифракциялық рентгендік талдау, сканерлейтін электронды микроскопия және энергияны дисперсиялық рентгендік талдау нәтижелері дайындалған үлгілерде микропораларсыз жақсы морфология бар екенін көрсетеді, бұл үлгілерде тығыз микроқұрылымның болуын дәлелдейді. Y-Ba-Cu-O тығыз өткізгіштері аз тығыздыққа қарағанда жоғары ток тығыздығына ие екені анық.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

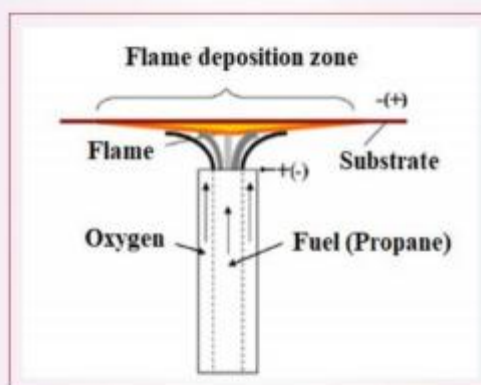
1. Толендиулы С., Фоменко С.М., Акишев А.Х., Совет А.Б., Темир Р., Влияние соотношения исходных компонентов и температуры отжига на выход фазы Y_{123} в системе Y-Ba-Cu-O / XI Международный симпозиум "Горение и плазмохимия - 2019", 20-22 ноября 2019 г., г. Алматы, Казахстан.
2. Пятаков, А.П. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики./А.П. Пятаков, А.К. Звездин //УФН. – 2012. –Т.182, № 6. –С. 593-611.
3. Гаджимагомедов, С.Х. Получение наноструктурированных материалов на основе $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ /С.Х. Гаджимагомедов, М.П.Фараджева, А.Ф.А. Табит и др.//Вестник ДГУ. – 2014. – №1. – С. 36-42.
4. Paturi, P. Size-dependent properties of $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ nanopowder/P.Paturi, J Raittila, H Huhtinen, V-P Huhtala and R Laiho //J. Phys.: Condens. Mat-ter. – 2003. – V.15. – P.2103–2114
5. Гаджимагомедов, С.Х. Получение наноструктурированных материалов на основе $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ /С.Х. Гаджимагомедов, М.П.Фараджева, А.Ф.А. Табит и др.//Вестник ДГУ. – 2014. – №1. – С. 36-42.
6. Кочегаров, И.И. Обзор методик получения нанопорошков / И.И. Кочегаров, В.А. Трусков, Н.К. Юрков // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2010 . – Т. 2. – С. 426-428.
7. Albiss, B. A. Polycrystalline $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ with Nano-sized Al_2O_3 Inclusions /B.Albiss, N.Rawashdeh, A. Jabal, M.Gharaibeh, I. Obaidat, M. Qaseer, A. Khalaf //Supercond. Nov. Magn. –2010. – V.23. – P.1333–1340.
8. Применение объемных высокотемпературных сверхпроводников в перспективных космических системах / В. А. Матвеев [и др.] // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2016. № 1. С. 15–32. 2
9. S.M. Fomenko., E.E. Dilmuhambetov., Z.A. Mansurov // TECHNOLOGY OF REFRACTORY MATERIALS BASED ON SHS IN METELOXIDE SYSTEMS / SHS COMPOSITE MATERIALS. Qazaq university, – Almaty: - 2017. P - 212-256. 5
10. M. Miura, B. Maiorov, S.A. Baily, N. Haberkorn, J.O. Willis, K. Marken, T. Izumi, Y. Shiohara, and L. Civale. Mixed pinning landscape in nanoparticle-introduced $YGdBa_2Cu_3O_y$ films grown by metal organic deposition // Physical Review B. 2011. 184519-1 .83. P.184519(1-8). 14.
11. Tolendiuly S., Fomenko S.M., Abdulkarimova R.G., Mansurov Z., Dannangoda G., Martirosyan K.S., The effect of MWCNT addition on superconducting properties of MgB_2 fabricated by high-pressure combustion synthesis // Int. J. of SHS,2016, V.25, #2, P. 97-101.
12. R.Gupta, S.Ramberger and S.Russenschuck, Field quality optimization in a common coil magnet design, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.10, No.1, March 2000.

13. R.M.Scanlan, D.R.Dietderich and H.C.Higley, Conductor development for high field dipole magnets, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.10, No.1, March 2000.
14. S.Nishijima, S.Eckroad, A.Marian, Superconductivity and the environment: a Roadmap. // Supercond. Sci. Technol. - 26 (2013). P. - 113001.
15. <http://www.superox.ru/news/oktyabr2016/1001>.
16. Seki, H., Wongsatanawarid, A., Kobayashi, S., Ikeda, Y., Murakami, M. (2010). Effects of binder addition on the mechanical properties of bulk Y–Ba–Cu–O superconductors. Physica C, no.470, pp.1177–1180.
17. Namburi, D. K., Shi, Y., Palmer, K. G., Dennis, A. R., Durrell, J. H., Cardwell, D. A. (2016). An improved top seeded infiltration growth method for the fabrication of Y–Ba–Cu–O bulk superconductors. Journal of the European Ceramic Society, №36, P. 615–624.
18. M.Rotta, L.Zadorosny, C.L.Carvalho, J.A.Malmonge, YBCO ceramic nanofibers obtained by the new technique of solution blow spinning // Ceramics International. – 42 (2013), №14, P.-16230-16234.
19. D. Kumar, N. Yunhua, Shi. Kysen, An improved top seeded infiltration growth method for the fabrication of Y–Ba–Cu–O bulk superconductors // Journal of the European Ceramic Society. – 36 (2016), №3. - P. 615-624
20. Judith L. MacManus-Driscoll and Stuart C. Wimbush. "Future Directions for Cuprate Conductors." IEEE Transactions on Applied Superconductivity 21.3 (2011): 2495-2.

ҚОСЫМША А



MINISTRY OF EDUCATION & SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
COMMITTEE OF SCIENCE THE INSTITUTE OF COMBUSTION PROBLEMS
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY



XI INTERNATIONAL SYMPOSIUM «COMBUSTION AND PLASMOCHEMISTRY»

November 20-22, 2019
ALMATY, KAZAKHSTAN

**Chapter 2
Day 2, November 21, 2019**

TABLE of CONTENTS

ORAL SESSION	
SESSION 3. MATERIAL SCIENCE, NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY	
A. R. Kerimkulova, Almaty, Kazakhstan Development of nanocarbon sorption materials to solve environmental problems	2
G.T. Smagulova, Almaty, Kazakhstan Features of the synthesis of carbon nanotubes from polymer waste	6
S.R. Khayrulin, Novosibirsk, Russia Synthesis of highly porous carbon sorbents based on naturally oxidized Kuzbass coal for water purification	8
R. Temir, Almaty, Kazakhstan The effect of the starting components ratio and the annealing temperature on the yield of the Y123 phase in the Y-Ba-Cu-O system.	9
S. Azat, Almaty, Kazakhstan Sustainable production of silica from rice husk, main physical-chemical characteristics	13
A. Shaikenova, Almaty, Kazakhstan Synthesis and optical study of WS ₂ single crystals on SiO ₂ /Si substrate	17

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ВЫХОД ФАЗЫ Y_{123} В СИСТЕМЕ Y-Ba-Cu-O

Толедидулы С., Фоменко С.М., Акишев А.Х., Совет А.Б., Темир Р.

Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан
E-mail: sovet.aygerim@gmail.com

Аннотация. Экспериментально исследованы и подобраны оптимальные условия твердофазного синтеза высокотемпературного сверхпроводника на основе купратов.

Введение. В настоящее время интенсивно разрабатываются технические устройства на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Создаются конструкции бесконтактных сверхпроводящих опор, универсальные системы бесконтактной связи между космическими объектами, системы причаливания и стыковки космических летательных аппаратов (КЛА), герметичные вводы движения, устройства связи с переменной жесткостью, большие космические конструкции с бесконтактными связями, системы защиты КЛА от радиации, различные энергетические и приборные системы для работы на Луне [1].

До 1986 года, наиболее распространенными техническими сверхпроводящими материалами были NbTi и Nb₃Sn в силу технологичности их производства с температурой сверхпроводящего перехода 24К (требовался жидкий гелий). После открытия сверхпроводника (LaBa)₂CuO₄ с критической температурой T_c=35К началась эра высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Вскоре был синтезирован сверхпроводник YBCuO с T_c=92К [2], который значительно превышает температуру кипения жидкого азота. Из трех критических характеристик сверхпроводников - критической температуры T_c, критического магнитного поля H_c (H_{c2} для сверхпроводников второго рода) и критической плотности тока J_c, с практической точки зрения наиболее важным параметром является величина критической плотности тока [3]. Данная работа посвящена получению новых керамических материалов, включая высокотемпературные сверхпроводники методом твердофазного синтеза.

Металлотермические окислительно-восстановительные реакции, протекающие в волне горения, характеризуются высокими температурами и тепловыми эффектами. При высоких температурах (900°C-1000°C) происходит образование сверхпроводящей фазы YBa₂Cu₃O₇ (Y₁₂₃) в системе Y-Ba-Cu-O. Особый практический интерес представляет получение однофазного высокотемпературного сверхпроводника, который характеризуется высокими сверхпроводящими характеристиками по сравнению с многофазными аналогами [4].

Экспериментальная часть. Проведены эксперименты на образцах с различным соотношением исходных компонентов. В качестве исходных компонентов были использованы порошки Y₂O₃ (степень чистоты 99,99%, размер зерна 0,03 мкм), BaO (степень чистоты 99,5%, дисперсность 1,5-2 мкм) и нано порошок Cu (степень чистоты 99,9%, дисперсность 40-60 нм). Исходные компоненты взвешивались на электронных весах (ВЛЭ-134) и тщательно перемешивались в фарфоровой ступке для получения однородной структуры по объему (Таблица 1). Затем образцы помещались в муфельную печь (марки СНОЛ 40/1180) для проведения твердофазного синтеза с разной температурой отжига и временем выдержки.