

Мұрадов А.Д., Сыдықова А.А.,
Суюндыкова Г.С.

**«Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ »
полиимидті композитті
материал жүйесіне
 γ -сәулелендірудің механикалық
қасиеттерінің өзгеруіне әсері**

Muradov A.D., Sydykova A.A.,
Suiundykova G.S.

**Investigation of the influence
 γ -irradiation on the mechanical
properties of the polyimide
composite material system «Poly-
imide – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ »**

Мурадов А.Д., Сыдықова А.А.,
Суюндыкова Г.С.

**Влияние γ -облучения
на изменение механических
свойств полиимидного
композитного материала
системы «Полиимид –
 $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ »**

$YBa_2Cu_3O_{6+x}$ толықтырғышы енгізілген полимер қабыршақтарының беттік топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады, негізінен морфологиясы кластерлік құрылымға сәйкес келеді. «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесіне әр түрлі дозалы 150 кГр, 250 кГр және 600 кГр γ -сәулелендірудің механикалық қасиеттерінің өзгеруіне әсері зерттелінді. Таза полиимид пен $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ толтырғыштан тұратын композиттердің раман спектрлері түсіріліп салыстырылды. Толықтырғыштың 0,01 салмақ % және 0,05 салмақ % концентрациясында полиимидке тән алты максимумның қарқындылықтарының төмендеуі байқалады. 0,1 салмақ % толықтырғыш концентрациясында барлық дерлік максимумдардың төмендеуі байқалды.

Түйін сөздер: полиимид, жоғары температуралы асқын өткізгіш, композиттік материал, гамма-сәулелендіру, толықтырғыш.

It is found that the filler $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ influences the morphology of the polymer surface roughness topography mainly clustered morphology suitable formulations. The effect of different doses of 150 kGy, 250 kGy and 600 kGy of γ - irradiation on the mechanical properties of the «Polyimide – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » system. Comparing the Raman spectra of the composite material $YBa_2Cu_3O_6 + x$ with that of pure polyimide. A change of two peaks of the polymer filled with 0.01 wt% and 0.05 wt%. At a concentration of 0.1% by weight of all the highs is decreased.

Key words: polyimide, high-temperature superconductor composite material, gamma irradiation.

Установлено, что наполнитель $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ влияет на морфологию поверхности полимера в виде шероховатости его рельефа, в основном подходит морфология кластерных составов. Изучено влияние различных доз 150 кГр, 250 кГр и 600 кГр γ -облучения на механические свойства системы «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ». Сравнивалась раман спектры композитного материала с $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ со спектром чистого полиимид. Обнаружено уменьшение шести максимумов у полиимид с наполнителем с 0,01 вес % и 0,05 вес %. А с наполнителем концентрацией 0,1 вес % все максимумы уменьшаются.

Ключевые слова: полиимид, высокотемпературный сверхпроводник, композитный материал, гамма-облучение, наполнитель.

**«ПОЛИИМИД –
YBa₂Cu₃O_{6+x}»
ПОЛИМИДТІ
КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛ
ЖҮЙЕСІНЕ
γ-СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ
МЕХАНИКАЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІНІҢ
ӨЗГЕРУІНЕ ӘСЕРІ**

Кіріспе

Жоғары температуралы асқын өткізгіштің (ЖТАӨ) ашылуы материалдардағы физика-химиялық құрылымның ерекше қасиеттерін зерттеуге жол ашты. Көбінесе перспективті материалдардың түрі ретінде композит негізді полимер және керамика және олардың берілген компоненттерінің сапасы мынадай болып келеді: майысқыштық, серпімділік, агрессивті ортаға химиялық тұрақтылығы, полимерлердің қайта өңделуі мен шыныға тән қаттылық, қолдануға төзімділігі, жарықтың сыну көрсеткіші оған қоса жоғары болады. Осындай қасиеттердің шоғырлануына сәйкес полимерлі композитті материалдың (ПКМ) қасиеттері бастапқы компоненттермен салыстырғанда жақсара түседі.

Картон маркалы полиимид матрица негізіндегі әр түрлі концентрациялы (С): С = 0,01; 0,05; 0,10 салмақ % жоғары температуралы асқын өткізгіштің ПКМ зерттелінді, сонымен қатар таза полиимидті қабыршақ та қарастырылды.

Тәжірибенің әдіснамасы

Жүргізілген тәжірибелер мен зерттеулер кезінде полиимид матрицасы негізіндегі композиттік материалдардың механикалық қасиеттеріне және беттік морфологиясының өзгерісіне нанодисперсті YBa₂Cu₃O_{6+x} (YBCO) толықтырғышының әсері қарастырылды. Зерттеу жұмыстары алдымен таза полиимидтік қабыршақтармен, сосын әртүрлі концентрацияда YBa₂Cu₃O_{6+x} толықтырғышы енгізілген қабыршақтармен жүзеге асырылды.

Үлгілердің жұмыс өлшемдері 10x10 мм және қалыңдықтары сәйкесінше:

С = 0,01 салмақ % үшін – 0,11 мм; С = 0,05 салмақ % үшін – 0,05 мм; С = 0,1 салмақ % үшін – 0,06 мм, ал полиимидті қабыршақ үшін – 0,11 мм-ге тең.

Полимерлі қабыршақ бетінің морфологиясы АКМ – NT – MDT NTEGRA Thermo көмегімен зерттелінді. Зонд ретінде ұшының тұйықталу радиусы ~ 10 nm, қаттылығы 0,01 N/m болатын пирамидалық формадағы стандартты кремнийлік кантилевер қолданылды. АКМ басқа микроскоптармен

салыстырғанда (оптикалық, электрондық және т.б.) қатты денелер бетін мейлінше тереңірек зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл қондырғы көмегімен қатты дене бетінің үш өлшемді кескінін алуға, бет рельефімен кеңінен әрі толығырақ танысуға сонымен қатар морфологиялық құрылымын зерттеуге де болады.

Берілген үлгілердің беттік морфологиясын зерттеу екі режимде жүзеге асты: фазалық контраст және топография. Топография режимі беттің рельефін тіркейді. Фазалық контраст режимі химиялық құрамы бойынша ерекшеленетін аймақтарды байқауға көмектеседі.

Әр түрлі композитті материалдардың механикалық қасиеттерін зерттеу кезінде Bluehill 3 программасы бар Instron 5982 машинасы қолданылды. Bluehill 3 программасында керекті статикалық әдіс түрі таңдалды. Мемлекеттік стандартқа сай зерттеу негізделді. Instron 5892 машинасының басқа машиналармен салыстырғандағы басты артықшылығы: жоғары дәрежедегі беріктілігі, есептеудің дәлділігі, түскен күшті өлшеуі, араласуы және деформациясы.

Машинаның жиынтығы мен негізгі техникалық параметрлері: биіктігі – 1430 мм, ұзындығы – 575 мм, траверс қадамы – 1330 мм, күштің түсу жылдамдығының диапазоны 0,0001-ден басталып 700 мм/мин дейін.

Раман спектрінде сызықшалардың орналасуы мен интенсивтілігін байқап, анализ жасау нәтижесінде заттың химиялық компоненттерін анықтауға немесе ішкі молекулалық әрекеттесулерді зерттеуге болады. Раман спектроскопы спектральды мәліметтерді көп беретіндігіне байланысты үлгіні құраушы компоненттерді спектрлер жинағынан қарап анықталды.

Раман спектроскопы аналитикалық басқа әдістерге қарағанда айтарлықтай артықшылықтары бар. Ең маңыздысы сынаманы дайындау қарапайымдылығы және алынатын мәлімет мөлшерінің көп болуы.

Раман спектроскопы жарықтың шағылуына негізделген әдіс, сондықтан спектрды жинау үшін үлгіге сәулені тура бағыттап, одан соң шағылған жарықты жинау қажет.

Үлгінің қалыңдығы Раман спектроскопиясына қиындық тудырмайды, және де қоршаған атмосферасы Раман спектрлеріне аз ғана ықпал тигізеді. Сол себепті үлгіге арналған кюветті бөлікті кемтірудің және вакуумдаудың қажеттілігі жоқ.

Раман спектроскопиясы кристалдық, фазалық ауысу және полиморфты күйлер сияқты физикалық қасиеттерге талдаулар жүргізу

үшін кеңінен қолданылады. Үлгіні дайындаудың қажет болмауы төсеніштер мен оны ұстайтын ұстағыштардың таза болуын қажетсізбейді.

Тәжірибемізде шашырауды комбинациялайтын конфокальды және автоматталған сканирлеуші зондтық микроскоптың толқын ұзындығы 473 нм болатын лазер және объективі 10x болатын Solver Spectrum (NT-MDT, Ресей) маркалы түрі қолданылды. Үлгідегі лазерлі дақтың диаметрі 2 мкм құрады.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері және оларға талдау жасау

Полимер негізіндегі қабыршақтарды тиянақты зерттеу үшін сканерлеуші зондтық микроскопта арнайы тәсілдер таңдалынды. Зерттелетін үлгі ретінде «Полиимид– YBCO » қабыршақтарының әртүрлі концентрациядағы түрлері таңдап алынды.

Контактілік режим бойынша зондтың үшкір ұшы үлгі бетімен тікелей жанасады және зерттелетін бет тарапынан әсер етуші тебіліс және тартылыс күштері консольдің серпімділік күшімен теңгеріледі. Осы режимде қатаңдығы төмен болатын кантилевер қолданылды, бұл өз кезегінде кантилевердің жоғары сезімталдығын қамтамасыз етуге және зондтық үлгі бетіне шамадан тыс күшпен әсер етуге мүмкіндік жасады. Атомдық күштік микроскоп режимдерінің тиімдісін таңдау үшін таза, қоспасыз полиимид қабыршақтары алынды.

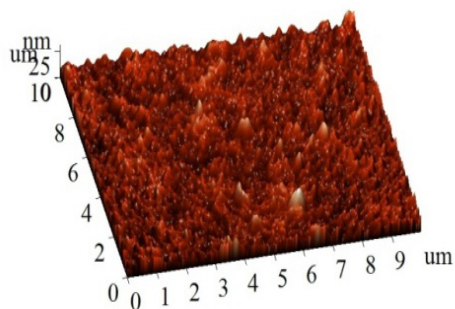
АКМ микроскоптарының басқа электронды микроскоптардан ерекшелігі зерттелетін үлгінің үш өлшемді бейнесін алуға мүмкіндік береді.

Берілген әдіс ток өткізетін зондты қолдану арқылы жүзеге асырылды. Зондқа ығысу кернеуі беріледі және үлгі арқылы өтетін қорытқы токтың шамасы өлшенді, нәтижесінде зерттелген үлгінің тек қана бет бедері ғана емес, сонымен қатар, өткізгіштік қасиеттері де келтірілді. Зерттеу кезінде түсірілімдер зонд пен үлгі бетінің арасындағы тұрақты байланыс күшінде және тұрақты биіктікте контактілік режимде жүзеге асырылды. Алдымен зерттелетін қабыршақ беттері спиртпен жуылып тазаланды, өзге химиялық тәсілдер қолданылмады. Алдымен таза полиимид қабыршағы бетінің бейнесі түсірілді, қабыршақ қалыңдығы 0,11 мм (1-сурет). Сосын «Полиимид – $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ » жүйесінің толықтырғыш концентрациялары 0,01 сал.% қалыңдығы 0,11 мм, 0,05 сал.% қалыңдығы 0,05 мм, 0,1 сал.% қалыңдығы 0,06 мм болатын үлгілер беттерінің бейнелері алынды (2-сурет).

Суреттерден аңғарғанымыздай полиимидті қабыршақ бетінде сызаттарға ұқсас сызықтар көрінеді. Бұл сызықтар қабыршақтың технологиялық формалану процесс кезіндегі $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ микробөлшектерінің полиимид қышқылдарының аққыштығының байқалуы болуы мүмкін. Бірақ та полиимидті қабыршақ $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ нанобөлшектерінің бетімен түзілсе, онда белгілі бір шарттарда қабыршақтың YBCO нанобөлшектерімен берік нүктелік «анкерлік» ілінісуі болуы мүмкін, осыдан кейін оптикалық-механикалық матрицаның бүлінуі орын алады. Электронды-механикалық зерттеулердің нәтижелері бойынша YBCO бөлшектерінің полиимидке ену және орнығу маршруттары бойынша тұжырым жасауға болады.

«Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » қабыршақ жүйелерінің беттерінің топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады, негізінен морфологиясы кластерлік құрылымға сәйкес келеді.

Көрініп тұрған кластерлер өлшемдері көп жағдайда қабыршақ қалыңдығымен айшықталады. Кластерлердің өзі изотермиялық емес дөңгелек формаға ие. Полиимидті қабыршақтардың кластерлі құрылымы жеткілікті түрде анық байқалады, кластерлер жеке-жеке сызат түрде айқын көрінеді.



1-сурет – Қоспасы жоқ, таза полиимидтің АКМ бейнесі

Берілген қабыршақтардың кейбірінде кластерлер тізбегін құрайтын таяқша күйдегі туынды байқалады. Бұл құрылымдар ұзындығы бірнеше жүз нанометрге дейін жетеді және де өзара тең әрі реттелген бағытта орналасады.

Толықтырғыш концентрациясы 0,01 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың АКМ бейнесінен біз таза полимерлі материалдармен салыстырғанда айтарлықтай айырмашылық байқалмады. Себебі, кластерлер реттелген, белгі-

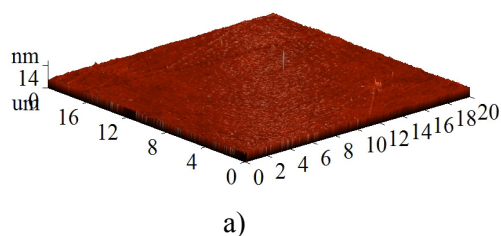
лі бағыт бойынша орналасқан. Кластерлердің бір-бірімен бірігуі ойыс түрінде көрсетілген. Физикалық қасиеттерінде ерекше өзгерістер байқалмайды.

Толықтырғыш концентрациясы 0,05 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың морфологиясы тегіс емес, кластерлер бірігуі жиі, сызаттар бейнесінде, жота түрінде байқауға болады.

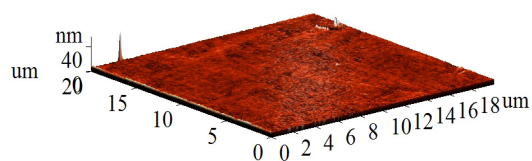
Толықтырғыш матрицамен химиялық байланысқа түспейді, сондықтан физикалық қасиеттерінің тәжірибелік мәннен ауытқуы байқалмайды.

Толықтырғыш концентрациясы 0,1 салмақ % болатын композиттің АКМ бейнесінен толықтырғыштың беттік қабатта тегіс, біркелкі таралғанын көреміз. Бұл өз кезегінде қабаттар арасында диэлектрлік қабаттардың пайда болуын туғызады, контактілік кедергі артады. Жылулық қасиеттерінің артуы байқалады. Кластерлердің бірігуі жота түрінде көрсетілген.

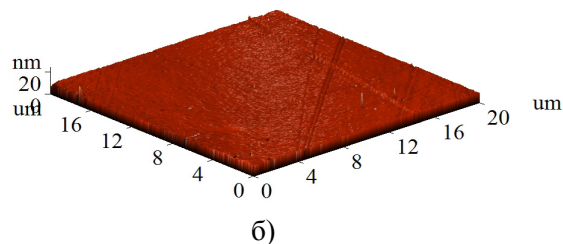
Полимерлі материалдардың жалпы қасиеттері оларды құраушы компоненттердің құрылымына, түріне және құрылысына тәуелді. Соның ішінде ПКМ-дар компоненттері бір-бірімен ковалентті байланысқан.



а)



ә)



б)

2-сурет – «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » композит материалының АКМ бейнелері:
а) С = 0,01 салмақ %; ә) С = 0,05 салмақ % ;
б) С = 0,1 салмақ %

Толықтырғыш мөлшері 10%-ға дейінгі мөлшерде полимерлі композиттік материалдардың беріктігі біршама артады. Алайда толықтырғышты 10%-дан артық мөлшерде матрицаға енгізу механикалық қасиеттерін нашарлатады. Аз санды толықтырғыштар матрицамен физика-химиялық әсерлеседі, ал толықтырғыш мөлшері артқан сайын жүйенің гомогенділігі жоғала бастайды.

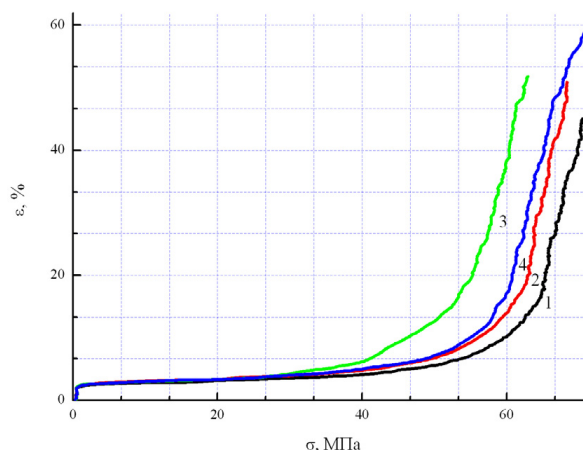
«Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесіне әр түрлі дозалы 150 кГр, 250 кГр және 600 кГр γ -сәулелендірудің механикалық қасиеттерінің өзгеруіне әсері зерттелінді.

Әр түрлі композитті материалдардың механикалық қасиеттерін зерттеу кезінде Bluehill 3 программасы бар Instron 5982 машинасы қолданылды. Bluehill 3 программасында керекті статикалық әдіс түрі таңдалды. Мемлекеттік стандартқа сай зерттеу негізделді. INSTRON 5892 машинасының басқа машиналармен салыстырғандағы басты артықшылығы: жоғары дәрежедегі беріктілігі, есептеудің дәлділігі, түскен күшті өлшеуі, араласуы және деформациясы.

Машинаның жиынтығы мен негізгі техникалық параметрлері: биіктігі – 1430 мм, ұзындығы – 575 мм, траверс қадамы – 1330 мм, күштің түсу жылдамдығының диапазоны 0,0001-ден басталып 700 мм/мин дейін.

Зерттеудің нәтижелері 3.1-3.3-суреттерде көрсетілген. 3.1-суретте сәулеленбеген полиимидті қабыршақтың толық алшақтығы үшін мынандай кернеу $\sigma=70$ МПа мен меншікті созылу $\varepsilon=45\%$ шамалары беріледі. Бірінші сатыда ($\sigma=0-1$ МПа) жүктеменің бірден $\varepsilon=3\%$ -ға жоғарылауы байқалады. Бұл аумақта полиимидті қабыршақтың механикалық қасиеттері Гук заңына бағынады. Үлгінің $-C=O$ байланысында майысқыштық пайда болды. 1–40 МПа кернеу аралығында полиимидті қабыршақтың пластикалық қасиеттері тұрақты болды. Полиимидті қабыршақтың механикалық қасиеттері сәулелендіру дозасына байланысты (3.1-сурет). 3.2 және 3.3-суреттерде σ кернеу мен ε меншікті ұзарудың D сәулелендіру дозасына тәуелділігі көрсетілген. Әр түрлі дозалармен сәулеленген полиимидті қабыршақтың кернеуінің шамалары мынандай мәндерді көрсетті: 150 кГр – 68 МПа; 250 кГр – 62 МПа; 600 кГр – 71 МПа (3.2-сурет). Үлгіні бөлген кезде максималды ұзару болады: 150 кГр – 50%; 250 кГр – 52%; 600 кГр – 59% (3.3-сурет). Максималды бұзылу 250 кГр дозада байқалады.

«Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесіне әр түрлі γ -сәулелендіру дозаларының (150 кГр, 250 кГр және 600 кГр) механикалық беріктілігі мен меншікті ұзару қасиеттеріне әсері зерттелді.



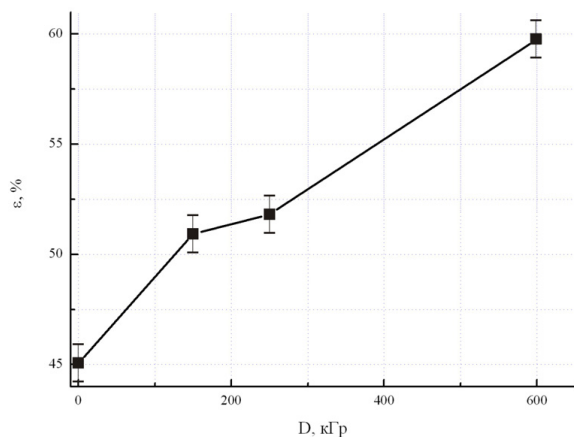
1 – $D = 0$ кГр; 2 – $D = 150$ кГр; 3 – $D = 250$ кГр;
4 – $D = 600$ кГр

3.1-сурет – σ кернеу мен ε меншікті ұзарудың әр түрлі γ -кванттар сәулелендіру дозасына тәуелділігі

Зерттеу нәтижесінде 150 кГр дозада $C = 0,1$ мас.% полиимидті композитті материалдың беріктілігі ($\sigma = 100$ МПа) өте жоғары екені байқалды. Сондай-ақ әр түрлі концентрациялы полиимидті композитті материалға 250 кГр дозадан бастап әсер еткенде механикалық беріктілігінің ($\sigma = (95 \pm 2)$ МПа) тұрақты екенін байқауға болады. $C = 0,1$ мас.% композитті полиимидті материалды 150-250 кГр дозамен сәулелендірген кезде меншікті ұзаруы да ($\varepsilon = 9,9$ и $9,8\%$) жоғары пластикалық қасиетке ие екені байқалды. Сәулелену дозасын 600 кГр дейін жоғарылағанда меншікті ұзаруы 8% төмендеді.

γ -кванттарымен сәулелендірілген «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесінің механикалық қасиеттері дисперсті толықтырғыштың құрылымына тәуелді. «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесіне аз дозалы γ -кванттарымен сәулелендірген кезде ($D < 600$ кГр) полимерлі матрица мен «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » беткі жазықтығында $Cu-O$ таралуы жұтылуға әсер етеді. Осыған байланысты γ -кванттарымен сәулелендірілгеннен кейін полимерлі матрицаның макромолекулалары мен $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ толықтырғышының

кристалдарының арасындағы байланыс күшейеді, сонымен қатар пластикалық қасиеттері мен беріктілігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді.



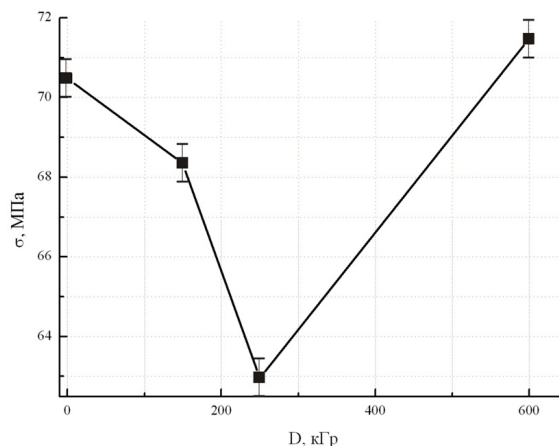
3.2-сурет – Полиимидті қабыршақтың меншікті ұзаруының ε – кванттар сәулелендіру дозасына тәуелділігі

Полиимидке 0,01 салмақ % концентрацияда $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ толтырғышты енгізу полиимидтің раман спектрлеріне аздаған әсерін тигізеді. Яғни полиимидке тән алты максимумдардың қарқындылықтарын төмендетеді. 1150 см^{-1} спектр сызығының қарқындылығы ~30%-ға, 1780 см^{-1} ($\text{C}=\text{O}$) сызығының қарқындылығы ~25%-ға, ал 1380 см^{-1} (C-N) және 2930 см^{-1} , 3040 см^{-1} сызықтарының қарқындылықтары 40%-ға төмендеді.

Полиимидке $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ толтырғышты 0,1 салмақ % концентрациядан жоғары концентрацияда енгізу үлгінің раман спектрлеріне айтарлықтай жоғары әсерін тигізеді. Мысалы, 0,05 салмақ % концентрациялы толтырғыштан тұратын үлгінің раман спектрлерінде келесі сызықтарының төмендеуі байқалады: 1150 см^{-1} (C-O-C), 2930 см^{-1} , 3040 см^{-1} және 1780 см^{-1} сәйкесінше 65%, 50%, 80%. Ал 1380 см^{-1} (C-N) және 1605 см^{-1} (C-C) жиіліктегі спектр сызықтарының 12-15%-ға өскенін аңғарамыз, сәйкесінше бұл аумақтағы спектрлер $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ толтырғыш және матрица аралығындағы шекара аралық қабатқа тиесілі екенін аңғарсақ болады.

Толтырғыш концентрациясын 0,1 салмақ %-ға дейін өсірсек полиимидке тән барлық дерлік максимумдардың мейлінше төмендеуі байқалады. Бұл құбылыстың орын алуы композиттік материалдағы толтырғыштың концентрациясының өсуі (C-C) тізбектің, сонымен қатар

Таза полиимид пен $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ толтырғыштан тұратын композиттердің раман спектрлері түсіріліп салыстырылды.



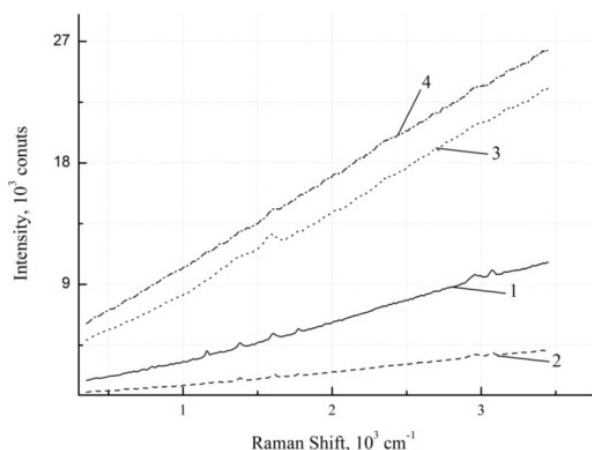
3.3-сурет – Полиимидті қабыршақтың механикалық кернеуінің σ – кванттар сәулелендіру дозасына тәуелділігі

имидтік топтың (C-N) айырылуына алып келуі, нәтижесінде полиимидтен азот пен оттектің босап шығуынан болып отыр деп тұжырымға келсек болады (4-сурет).

ПИ қабыршаққа тән спектрлер $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ толтырғыштың өте аз концентрациясында (0,05 салмақ %-ға дейін) айтарлықтай өзгеріске ұшырамайды, яғни оптикалық қасиеті өзгермейді. Мысалы, 0,05 салмақ % концентрациялы толтырғыш полиимидтің жарық өткізу коэффициентін өзгерте алмайды, ал 0,1 салмақ % концентрациялы толтырғыш бұл коэффициентті 15% жоғарылатады. Осы құбылыстардың басты себебі полимерлі композитті материалдардың матрицасының кері құрылымдануы болып табылады.

Шекара аралық қабаттың көлемдегі полимермен салыстырғанда қасиеттері өзгеше. Осыған орай $0,01\text{ салмақ \%} \leq C \leq 0,1\text{ салмақ \%}$ толтырғыш концентрациясы аралығында композиттік материал қасиеттері тек толтырғыш концентрациясына ғана емес сонымен қатар полиимид пен $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ байланысуына, яғни шекара аралық қабаттың мөлшеріне де байланысты. Толтырғыш концентрациясы 0,1 салмақ % болған кезде $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ бөлшектері полиимид макромолекуласымен түгелімен араласады, осыған орай бұл материалдың оптикалық қасиеттері полиимидтің оптикалық қа-

сиеттерінен өзгеше болады. Композитті материалдың оптикалық қасиеттері $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ -ның оптикалық қасиеттеріне жақын болады.



1 – таза полиимид; 2 – толтырғыш концентрациясы 0,01 салмақ % ; 3 – толтырғыш концентрациясы 0,05 салмақ % ; 4 – толтырғыш концентрациясы 0,1 салмақ %

4-сурет – Композитті материалдардың раман спектрлері

Қорытынды

Полимерлі комозитті материал қабыршақтарының және «ПКМ – $YBCO$ » толықтырғыш жүйесін талдау арқылы мынадай қорытынды жасалынды:

Атомдық-күштік микроскоптың көмегімен «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » композиттік материалдардың беттік құрылымы зерттелінді. Электронды-механикалық зерттеулердің нәтижелері бойынша $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ бөлшектерінің полиимидке ену және орнығу маршруттары бойынша тұжырым жасауға болады. «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » қабыршақ жүйелерінің беттерінің топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады, негізінен морфологиясы кластерлік құрылымға сәйкес келеді.

Полимерлі композиттік материалдардың механикалық және т.б. қасиеттері толықтырғыш типіне, оны матрицаға енгізу тәсіліне және, сонымен қатар, толықтырғыш концентрациясына да тәуелді болады.

Толықтырғыш концентрациясы 0,01 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың АҚМ бейнесінен біз таза полимерлі материалдармен салыстырғанда айтарлықтай айырмашылық байқалмады. Себебі, кластерлер реттелген, белгілі бағыт бойынша орналасқан. Кластерлердің бір-бірімен бірігуі ойыс түрінде көрсетілген. Толықтырғыш концентрациясы 0,05 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың морфологиясы тегіс емес, кластерлер бірігуі жиі, сызаттар бейнесінде, жота түрінде байқауға болады.

1. Толықтырғыш концентрациясы 0,1 салмақ % болатын композиттің АҚМ бейнесінен толықтырғыштың беттік қабатта тегіс, біркелкі таралғанын көреміз.

2. Композитті полиимидті материалдың механикалық қасиеттері толықтырғыштың құрамына, радиацияны сәулелердің түріне және энергиясына тәуелді.

3. «Полиимид – $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » полиимидті композитті материал жүйесіне әр түрлі γ -сәулелену дозаларының (150 кГр, 250 кГр и 600 кГр) механикалық беріктілігі мен меншікті ұзару қасиеттеріне әсер етеді.

Таза полиимид пен $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ толтырғыштан тұратын композиттердің раман спектрлері түсіріліп салыстырғанда, толықтырғыш концентрациясы аз болған қабыршақтарда өзгеріс аздап байқалады. Ал тиісінше толықтырғыш мөлшері артқан сайын полиимидке тән максимумдардың төмендеуі байқалады. $0,01 \leq C \leq 0,1$ салмақ % толтырғыш концентрациясы аралығында композиттік материал қасиеттері тек толтырғыш концентрациясына ғана емес сонымен қатар полиимид пен $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ байланысуына, яғни шекара аралық қабаттың мөлшеріне де байланысты екені анықталды.

Әдебиеттер

- 1 Cerber M.L., Vinogradova V.M., Golovkin G.S. Polymeric composites: structure, properties, technology. – SPb.: Profession, 2008. – 560 p.
- 2 Fillers for polymer composites / Ed. Katca G.S., Milevsky M.: Chemistry. - 1981. - 736 p.
- 3 Lusheykin G.A. Methods of study of the electrical properties of polymers. – M.: Chemistry, 1979. – 160 p.
- 4 Kryzhanovsky V.C., Burlov V.V., Panimatchenko A.D., Kryzhanovskaya Y. Technical properties of polymeric materials. – SPb.: Profession, 2005. – 248 p.
- 5 Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Taipov B.G., Iskakov R.M., Abilov M. Physical-mechanical and optical properties of the polyimide materials and their compositions // Proceedings of the 5th international conference «Radiation Physics effects and processes in inorganic materials» (28 July to 4 August 2006, Tomsk). – P. 342-346.

6 Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Taipov B.G., Influence of application of mechanical stress on the physical and mechanical properties of composite materials based on polyimide, electron irradiation // Proceedings of the 6th International Conference «Nuclear and Radiation Physics». – Almaty, INP, 2007. – P. 231-232.

7 Andasbaev E.S., Komarov F.F., Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Pozdeyeva T.V., Effects of electron irradiation on the physical and chemical processes in high-temperature ceramics // Technical Physics. – 2004. – T.74. –V6. – P.47 – 50.

References

1 Cerber M.L., Vinogradova V.M., Golovkin G.S. Polymeric composites: structure, properties, technology. – SPb.: Profession, 2008. 560 p.

2 Fillers for polymer composites / Ed. Katca G.S., Milevsky M.: Chemistry. -1981.- 736 p.

3 Lusheykin G.A. Methods of study of the electrical properties of polymers. – M.: Chemistry, 1979. 160 p.

4 Kryzhanovsky V.C., Burlov V.V., Panimatchenko A.D., Kryzhanovskaya Y. Technical properties of polymeric materials. – SPb.: Profession, 2005. 248 p.

5 Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Taipov B.G., Iskakov R.M., Abilov M. Physical-mechanical and optical properties of the polyimide materials and their compositions // Proceedings of the 5th international conference «Radiation Physics effects and processes in inorganic materials» (28 July to 4 August 2006, Tomsk). P.342-346.

6 Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Taipov B.G., Influence of application of mechanical stress on the physical and mechanical properties of composite materials based on polyimide, electron irradiation // Proceedings of the 6th International Conference «Nuclear and Radiation Physics». – Almaty, INP, 2007. P.231-232.

7 Andasbaev E.S., Komarov F.F., Kupchyshyn A.I., Muradov A.D., Pozdeyeva T.V., Effects of electron irradiation on the physical and chemical processes in high-temperature ceramics // Technical Physics. 74(6). (2004). 47 – 50.