

Мұрадов А.Д.,
Яр-Мухамедова Г.Ш.,
Мұхамбетова С.Б.,
Черязданов К.Б.,
Әмірханова К.М., Әлиева Ж.А.

**Полиимидті қабыршақтың
морфологиясына,
оптикалық қасиеттеріне,
молекулалық құрылымына
шунгит толықтырғышының
концентрациясының әсері**

Muradov A.D.,
Yar-Mukhamedova G.Sh.,
Mukhambetova S.B.,
Cheryazdanov K.B.,
Amyrkhanova K.M., Alyeva Zh.A.

**Investigation of the influence of
the concentration of the shungite
filler on the optical properties,
morphology and molecular
structure of the polyimide film**

Мұрадов А.Д.,
Яр-Мухамедова Г.Ш.,
Мұхамбетова С.Б.,
Черязданов К.Б.,
Амирханова К.М., Әлиева Ж.А.

**Исследование влияние концен-
трации наполнителя шунгита
на оптические свойства, на
морфологию и молекулярную
структуру полиимидной пленки**

Ұсынылған жұмыста полиимидті қабыршақтың морфологиясына, оптикалық қасиеттеріне, молекулалық құрылымына шунгит толықтырғышының концентрациясының әсері зерттелді. Шунгитті төрт түрлі концентрацияда қолдандық. Алынған барлық үлгілерде концентрацияға байланысты өзгерістерді байқауға болады. Концентрация артқан сайын бет соғұрлым тегіс болады. Толықтырғыш қосу қабыршақтың фотолюменесценциялық спектріне қатты әсер етпейді, спектрдің бұндай болуы полиимидтің радиацияға жоғары тұрақтылығымен сипатталады. Полиимидтің негізгі қасиеттеріне ыстыққа төзімділік, жылуға шыдамдылық, радиацияға тұрақтылығы, органикалық ерітінділерге тұрақтылығы және басқа да бағалы қасиеттері жатады. Қабыршақтардың құрылымдық элементтеріне талдау жасау үшін комбинацияны шашырау әдісі қолданылды. Полиимидті қабыршақтардың беттік морфологиясын зерттеу атомдық күштік микроскоптың көмегімен жүзеге асырылды. Ал шунгит толықтырғышының өлшемдерін оптикалық микроскоп Leica DM 6000 M көмегімен анықтадық. Және де шунгиттің концентрациясының әртүрлілігіне байланысты жарықты өткізу коэффициенттерінің өзгеріс графигі келтірілген. Сонымен қатар полиимид үшін қалыпты жағдайда механикалық кернеудің, механикалық самақтың полиимидке әсерін зерттеу әдісі және полиимидтің физикалық шамасы қарастырылды. Жүргізілген негізгі зерттеулер нәтижесінде полиимидті қабыршақтардың беріктік қасиеттері, оптикалық қасиеті және тағы да басқа қасиеттерінің өзгеруі толықтырғыштың түрімен қатар оның концентрациясына да тәуелді екенін анықтадық. Шунгит толықтырғыштан тұратын полимерлі композитті материал үлгілерінің физикалық қасиеттері полиимид қабыршақтың концентрациясына, қабыршақ қалыңдығына тікелей тәуелді.

Түйін сөздер: полиимидті қабыршақ, шунгит толықтырғышы, раман-спектроскопия, атомдық-күштік микроскопия, оптикалық микроскоп.

In the present work, the influence of the concentration of shungite filler on surface morphology, optical properties, molecular structure of polyimide films was investigated. Shungite was used in four different concentrations. In all the samples obtained, changes can be traced depending on the concentration of the filler. The surface of the film becomes smoother with increasing filler concentration. The addition of filler does not greatly affect the photoluminescent spectrum of the films, since the polyimide has a high resistance to radiation. One of the main properties of polyimide is high resistance to heat, resistance to radiation, stability in organic solutions and other valuable properties. For the analysis of structural elements, the Raman scattering method was used. Investigation of the morphology of the surface of polyimide films is carried out using an atomic force microscope. The size of the shungite filler was determined using an optical microscope Leica DM 6000 M. Due to the inhomogeneity of shungite concentrations, a graph of the change in the transmission coefficient of light is given. Under normal conditions of mechanical stress, as well as for polyimide, mechanical and physical quantities, methods for studying the influence of mechanical weight are considered. As a result of studies of the strength of a polyimide film, as well as a change in the optical properties, we determined that the optical and mechanical properties of polyimide films depend not only on the appearance of the filler but also on its concentration.

Key words: polyimide film, classification of fillers, Raman spectroscopy, atomic force microscopy, optical property.

В представленной работе были исследованы влияние концентрации наполнителя шунгита на морфологию поверхности, оптические свойства, молекулярную структуру полиимидных пленок. Был использован шунгит четырех разных концентраций. Во всех полученных образцах можно проследить изменения в зависимости от концентрации наполнителя. Поверхность пленки становится более гладкой с увеличением концентрации наполнителя. Добавление наполнителя не сильно влияет на фотолюменесцентный спектр пленок, так как полиимид обладает высокой стойкостью к радиации. Одними из основных свойств полиимида является высокая стойкость к жаре, устойчивость к радиации, стабильность в органических растворах и другие ценные свойства. Для анализа структурных элементов использовался метод комбинационного рассеяния света. Исследование морфологии поверхности полиимидных пленок осуществляется с помощью атомного силового микроскопа. Определение размеров шунгитного наполнителя проводилось с помощью оптического микроскопа Leica DM 6000 M. В связи с неоднородностью концентраций шунгита приведен график изменения коэффициента пропускания света. В нормальных условиях механического напряжения, а также для полиимида, механических и физических величин, рассмотрены методы исследования влияния механического веса. В результате проведенных исследований прочности полиимидной пленки, а также изменение оптических свойств, мы определили что оптические и механические свойства полиимидных пленок зависят не только от вида наполнителя, но и от его концентрации.

Ключевые слова: полиимидная пленка, классификация наполнителей, раман-спектроскопия, атомно-силовая микроскопия, оптические свойства.

**ПОЛИИМИДТІ
ҚАБЫРШАҚТЫҢ
МОРФОЛОГИЯСЫНА,
ОПТИКАЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІНЕ,
МОЛЕКУЛАЛЫҚ
ҚҰРЫЛЫМЫНА
ШУНГИТ
ТОЛЫҚТЫРҒЫШЫ-
НЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯ-
СЫНЫҢ ӘСЕРІ**

Кіріспе

Соңғы кездері ғылымның, техниканың дамуына байланысты материалдардың жаңа түрі – полимерлі композитті материалдарға деген қызығушылық жоғары деңгейде дамып келеді. Қазіргі кезде қолданылып жүрген полимерлі композиттік материалдар (ПКМ) жалпы қасиеттері мен олардан жасалатын заттардың түріне, сондай-ақ өндіру әдісіне қарай бөлінеді [1-2]. ПКМ-ның ішіндегі кең таралған материалдың бір түрі полиимидті қабыршақтар. Полиимидтер (ПМ) – ароматты диаминдер мен ароматты тетракарбонды қышқыл негізіндегі жылуға тұрақты поликонденсационды полимерлер [1]. Полиимидтердің алынуына тоқталатын болсақ, олар бірінші стадиясында полиамидоқышқыл (концентрациясы 10-25%) түзіле жүретін инертті ерітінді ортасында диаминдер мен тетракарбонды қышқылдардың ангидридіннің поликонденсациясы арқылы алынады. Осы полиимидтер негізінде 493 К-ге дейін шыдамдылыққа ие болатын электроизоляциялық материалдардың жаңа тобы пайда болды.

Біздің жұмысымызда алдымызға қойылған негізгі мақсатымыз полиимидті қабыршақтың морфологиясына, оптикалық қасиеттеріне, молекулалық құрылымына қасиетіне шунгит толықтырғышының әсері қаншалықты әсер ететіндігін зерттеу. Ол мақсаттарымызға жету үшін *оптикалық микроскоп, жарықтың комбинациялық шашырау спектроскопиясы, атомдық-күштік микроскоп қолданылды.*

Шунгиттің ерекшелігі – шунгитті көміртегінің құрылымымен, жеке қасиеттерінде және силикатты компоненттермен өзара әрекетінде болып табылады. Шунгиттің үлкен температураларға шыдамдылық қасиеті майысатын, жұмсақ қабыршақтар алуға мүмкіндік береді.

Жалпы айтқанда полиимидті қабыршақтың морфологиясына, оптикалық қасиеттеріне, молекулалық құрылымына қасиеті зерттелді. Алынған барлық үлгілерде концентрацияға байланысты өзгерістерді байқауға болады. Концентрация артқан сайын бет соғұрлым тегіс болады. Толықтырғыш қосу қабыршақтың рамандық спектріне қатты әсер етпейді. Рамандық спектрдің бұндай болуы полиимидтің радиацияға

жоғары тұрақтылығымен сипатталады, және де негізгі қасиеттерінің өзгеруі толықтырғыш түрімен қатар концентрациясына да байланысты.

Зерттелінетін қабыршақтар сипаттамасы

Жұмысымызда полиимидтің бір түрі Каптон қолданылды. Жұмыста қолданыста болған қабыршағымыздың алыну жолына тоқталатын болсақ пиромеллитті диангидридпен 4,4-оксидифениламин арасында орын алатын реакция нәтижесінде пайда болады. Каптон-ның негізгі құрылымы аморфты болып табылады [2].

Полиимидтер негізінде 493 К-ге дейін шыдамдылыққа ие болатын электроизоляциялық материалдардың жаңа тобы пайда болды.

Негізінен каптон жақсы диэлектрик болып табылады. Температураның кең ауқымында тұрақты, мысалы -273°C -дан бастап $+400^{\circ}\text{C}$ -ге дейінгі аралықта [3-4]. Қолданылу аумағына келетін болсақ, көбінесе электроника саласында және скафандрдың сыртқы қабаттарын алуға кең танымал өнім болып саналады. Каптонның жылу өткізгіштігі 0,5 және 5 К болатын төменгі температурада да жоғары болып саналады. Осы төменгі температурада электро-изоляциялық қасиеті жоғары болуына байланысты каптон криогендік техникада, сонымен қатар асқын жоғары вакуумде изолятор ретінде де қолданылады.

Қондырғылар және тәжірибе әдістемесі

Полиимидті қабықшаның физикалық қасиетіне шунгит толықтырғышының әсерін зерттеу оптикалық микроскопия, жарықтың комбинациялық шашырау спектроскопиясы және АҚМ арқылы морфологиясын зерттеуді қамтыды.

Полиимидті қабықшаның оптикалық қасиеттері Leica DM 6000M оптикалық микроскопы арқылы зерттелді. Негізгі қорытындылары үшінші бөлімде келтірілген.

Рамандық спектроскопия арқылы зерттелген спектралдық зерттеулер Inverted конфигурациясында NT-MDT NTEGRA Spectra спектрометрінде зерттелді. Негізгі сәулелендіру көзі ретінде толқын ұзындығы 630 нм-ге тең лазер қолданылды. Үлгілер оптикалық негіздегі төсенішке орнатылып, бекітілді. Шумды азайту үшін 30 және 100 с және 1 с уақытта қайталануарқылы экспозиция уақытын жинау әдісімен сканерленді. Әрбір ось жанындағы сканерленген нүктелер саны $600 \div 600$ -ге тең.

Қабыршақтардың бетінің морфологиясы атомды-күштік микроскоп (АҚМ) NT – MDT NTEGRA Thermo көмегімен зерттелінді. Алынған үлгілер тұрақты биіктікте әрі зонд-төсемше арасы тұрақты байланыс күшінде контактілі режимде жүргізілді. Зерттеу алдында қабыршақ беттері спиртпен жуылды, басқа химиялық әдістер қолданылмады. Ал шунгит толықтырғышының өлшемдерін оптикалық микроскоп Leica DM 6000 M көмегімен анықтадық [5]. Полиимид үшін қалыпты жағдайда механикалық кернеудің, механикалық салмақтың полиимидке әсерін зерттеу әдісі және полиимидтің физикалық шамасы қарастырылды. Бұл зерттеулерді жүргізуге арналған үлгілер ұзындығы 70 мм, ені 5 мм және белгілі бір қалыңдығы бар тік бұрышты параллелепед.

Жүргізілген зерттеулер барысында полиимид негізіндегі композит материалының морфологиясына, оптикалық қасиеттеріне, молекулалық құрылымына толықтырғыш концентрациясының әсері қарастырылды.

Зерттеулер алдымен таза полиимидті қабыршақпен жүргізіліп, одан соң әр түрлі концентрациялы шунгит толықтырғышы бар полиимид негізіндегі қабыршақтар зерттелінді.

Зонд ретінде тұйықталу радиусы ~ 10 нм, қаттылығы 0,1 N/m болатын пирамидалық формадағы стандартты кремнийлік кантиливер қолданылды. АҚМ басқа микроскоптармен салыстырғанда (оптикалық, электрондық және т.б.) қатты денелердің 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 бетін зерттеу екі режимде жүзеге асырылды: топография және фазалық контраст. Топография режимі беттің рельефін тіркейді. Фазалық контраст режимі химиялық құрамы бойынша ерекшеленетін аймақтарды байқауға септігін тигізеді.

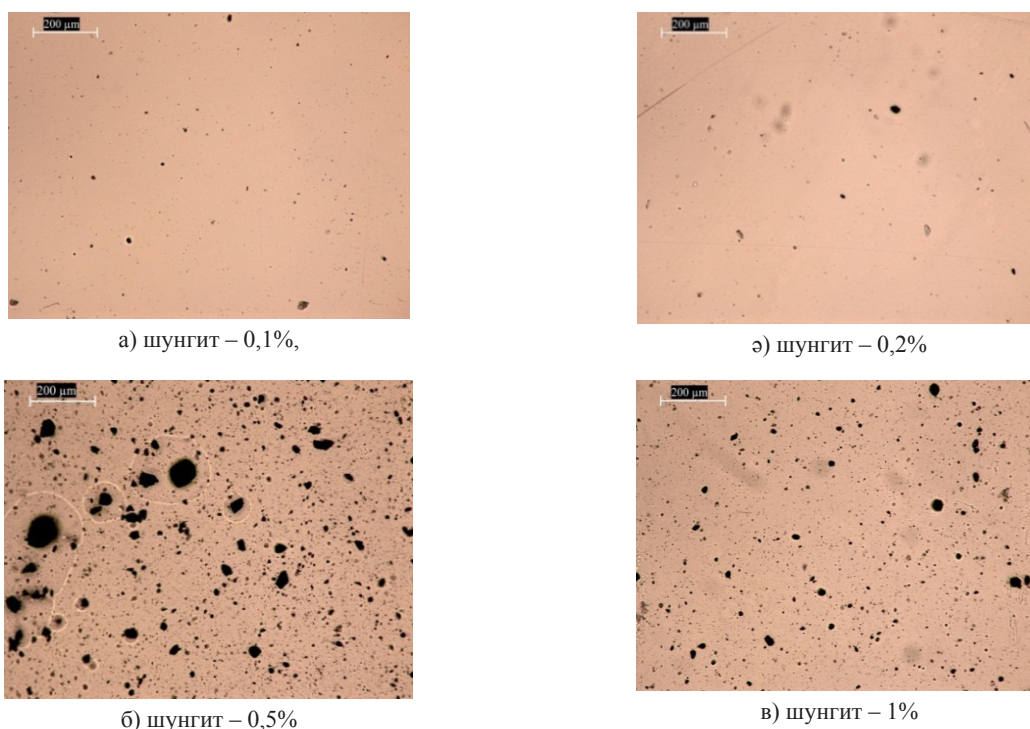
Полиимид үшін қалыпты жағдайда механикалық кернеудің, механикалық салмақтың полиимидке әсерін зерттеу әдісі және полиимидтің физикалық шамасы қарастырылды. Бұл зерттеулерді жүргізуге арналған үлгілер ұзындығы 70 мм (жұмыс жасайтын бөлігі 50 мм), ені 5 мм және белгілі бір қалыңдығы бар тік бұрышты параллелепед. Қалыңдығы $d = 35$ мкм полиимидті қабықшаның шунгит толықтырғышымен физикалық қасиеті зерттелді. Шунгит толықтырғыш ретінде композициялық материалдардың механикалық және басқада

қасиеттерін жоғарылатуға көмектеседі. Шунгитті қолдануға түрткі болған негізгі жағдайлар: шунгиттің қолжетімділігі және құрамында 97-99 % көміртегінің болуы [6].

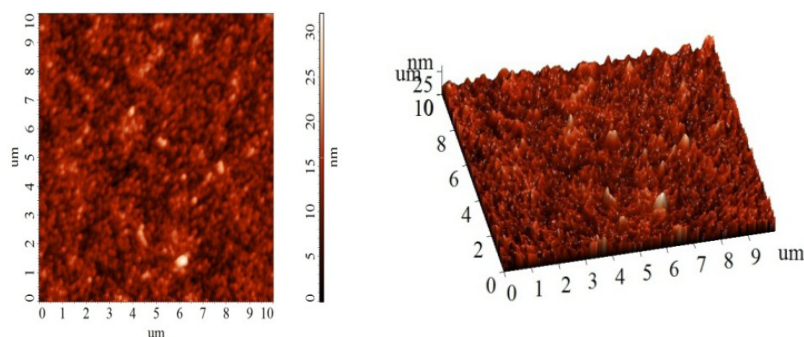
Зерттеудің негізгі нәтижесі және оны талқылау

Полимерлі композиттердің беріктік және т.б. қасиеттерімен ерекшеленуі толтырғыштың

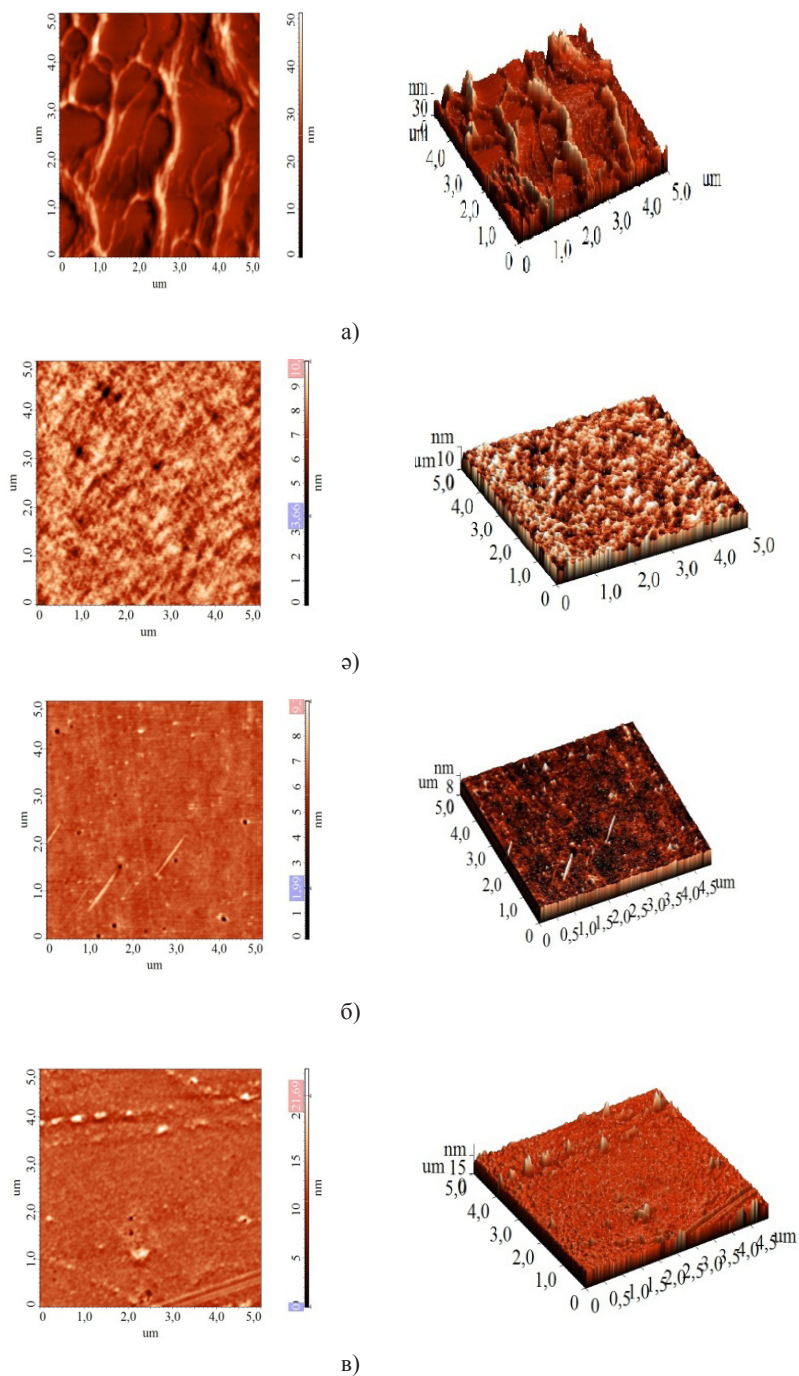
түрі мен қатар оның концентрациясына (шунгит, %) да тәуелді. Полимерлі материалдарға дисперленген толтырғышты салыстырмалы түрде аз мөлшерде (10%-ға дейін) қосу оның беріктігін жоғарылатуға септігін тигізеді. Оптикалық микроскоп Leica DM 6000 M көмегімен полиимидті матрицадағы шунгит ұнтақтарының түйіршіктерін өлшеу анализі жүргізілді, сонымен қатар ерітіндінің гомогендігі қарастырылды (1-сурет).



1-сурет – Полиимидті қабыршақтың шунгит толықтырғышының әртүрлі концентрациясындағы оптикалық микроскопия суреттері



2-сурет – Таза полиимид бетінің АҚМ бейнесі



Шунгит толықтырғышының концентрациясы а) 0,1%; ә) 1 %; б) 0,2%; в) 0,5%.

3-сурет – Полиимидті қабыршақтың шунгит толықтырғышының әр түрлі концентрациясындағы АКМ суреттері

Суреттерге қарап отырсақ шунгит түйіршіктері концентрация өскен сайын үлкейгенін аңғарамыз. 0,1% мен 1% айырмашылығы анық байқалады. Демек концентрация артқан сайын беттік құрылым бұзылып, біртекті қабыршақ алуға кедергі тудырады. Біртекті, тегіс қабыршақ

алу үшін толықтырғыш концентрациясы аз болғаны тиімді. Және де бұл өзгерістер тек концентрацияға ғана емес, сонымен қатар полиимид қабықша қасиеттеріне дебайланысты.

Қабыршақтарымыздың беттік құрылымын зерттеу үшін атомдық-күштік микроскоп қолда-

нылды. Ең алдымен таза полиимидтің бетінің кескіні алынды, қабыршақ қалыңдығы 0,11 мм (2-сурет). Содан кейін «Полиимид – шунгит» жүйесінің толықтырғыш концентрациялары 0,1%, 0,2%, 0,5%, 1% болатын қабыршақ беттерінің кескіндері алынды (3-сурет).

Төменгі суреттерде шунгит толықтырғышының әртүрлі концентрациясындағы, яғни 0,1%, 1%, 0,2%, 0,5% кезіндегі бейнелері көрсетілген. Әрбір сурет жанында толықтырғыштардың концентрация-сының өзгерісіне байланысты кластерлердің диапазондары көрсетілген. Мысалы таза полиимидтің АКМ бейнесінде негізгі аралық 20-22 нм аралығына сәйкес келеді.

Суреттерден полиимидті қабыршақ бетінде сызаттарға ұқсас сызықтарды көруге болады. Бұл сызықтар қабыршақтың технологиялық формалану процесс кезіндегі шунгит микробөлшектерінің полиимид қышқылдарының аққыштығының байқалуы болуы мүмкін. Бірақ та полиимидті қабыршақ шунгит микробөлшектерінің бетімен түзілсе, онда белгілі бір шарттарда қабыршақтың шунгит микробөлшектерімен берік нүктелік «анкерлік» ілінісуі болуы мүмкін, осыдан кейін оптикалық-механикалық матрицаның бүлінуі орын алады. Электронды-механикалық зерттеулердің нәтижелері бойынша шунгит бөлшектерінің полиимидке ену және орнығу маршруттары бойынша тұжырым жасауға болады.

«Полиимид – шунгит» қабыршақ жүйелерінің беттерінің топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады, негізінен морфологиясы кластерлік құрылымға сәйкес келеді.

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

Берілген қабыршақтардың кейбірінде кластерлер тізбегін құрайтын таяқша күйдегі туынды байқалады [7]. Бұл құрылымдар ұзындығы бірнеше жүз нанометрге дейін жетеді және де өзара тең әрі реттелген бағытта орналасады.

Толықтырғыш концентрациясы 1,0 сал. % болатын қабыршақтың АКМ бейнесінен кластерлердің реттелген, бағытталған көрінісін байқауға болады және де аздаған жерлерінде кластерлердің бірігуін жота күйінде көрсетілгенін аңғарамыз.

Толықтырғыш концентрациясы 0,5 сал. % болатын қабыршақтың морфологиялық құрылы-

мының АКМ бейнесі басқаларынан қарағанда салыстырмалы түрде тегіс. Тек жоғары үлкейту кезінде ғана болмаса, блокты құрылымды анық байқау өте қиын. Сонымен қатар кластерлердің бір-бірімен біріккенін ойыс немесе жота түрінде байқауға болады.

Толықтырғыш концентрациясы 0,1 сал. % болатын қабыршақтың АКМ бейнесінен кластерлердің белгілі бір ретпен орналасуын бақылау өте қиын, өйткені әр жерде шашыраңқы орналасқан, бетінде жоталарға ұқсас құрылымды аңғаруға болады. Кейбір жерлерінде кластерлердің бір-бірімен біріккен жерлері ойыс жіпше күйінде көрінеді.

Толықтырғыш концентрациясы 0,2 сал. % болатын қабыршақтың АКМ бейнесінен кластерлердің тегіс бейнесін көре аламыз, толықтырғыш қара дақ түрінде әр жерде шашыраңқы орналасқан. Басқа концентрациялармен салыстырғанда беттік кедір-бұдырлылық, жотаға ұқсас құрылымдар байқалмайды. Тәжірибе барысында кластерлер өлшемдері қабыршақтар қалыңдығына, концентрацияға тікелей тәуелді екенін аңғардық.

Жарықтың комбинациялық шашырау спектроскопиясы – заттың құрамы мен құрылымына химиялық анализ жасауға арналған тиімді әдістердің бірі болып табылады [36]. Демек заттың молекулалық құрылымын зерттеуге арналған әдіс. Рамандық шашырау жарықтың толқын ұзындығының өзгеруімен жүреді, яғни шашыраған молекуланың тербелмелі бөлшектерінің жарықпен әсерлесуі нәтижесінде түскен жарықтың толқын ұзындығы өзгеріске ұшырайды. 4 суретте құрамында әртүрлі концентрациядағы шунгит толықтырғышы бар полиимидті қабықшаның Рамандық спектрінің суреті көрсетілген [8-9]. Суреттен айтарлықтай өзгеріс көрінбейді, тек байланыстарында аздаған өзгерістерді аңғаруға болады.

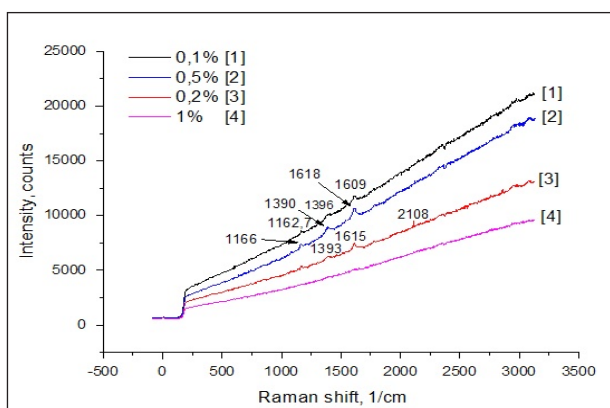
Демек толықтырғыш қосу қабықшаның Рамандық спектріне қатты әсер етпейді. Рамандық спектрдің бұндай болуы полиимидтің радиацияға жоғары тұрақтылығымен сипатталады.

Рамандық спектрде шунгиттің концентрациясы 0,1% кезінде өзгерістерді байқауға болады. Таза полиимидті қабықшада C-O-C байланысы 1118 см^{-1} -ге сәйкес келсе, ал толықтырғыш қосылғаннан кейін ол аралығымыз $1162,7$ -ге сәйкес болды. Демек бұл жердегі тербеліс түрі симметриялы SO_2 байланыс болып табылады. Келесі пик 1396 см^{-1} сәйкес келеді. Бұл жердегі байланыс C-(NO_2) симметриялы байланыста. Осылайша салыстырып қарайтын

болсақ негізгі интенсивтіліктің спектралды өзгерістері: $1609\text{-}2108\text{ см}^{-1}$ ($\text{C}=\text{C}$)~20%, Шунгит концентрациясының 1 сал.% дейін өсуі

Рамандық спектрдің айтарлықтай өзгерісін тудырмайды.

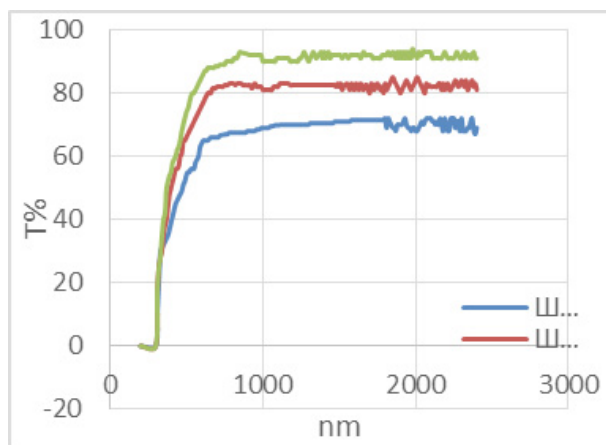
Көлемдік қабаттың шекаралық қабаттан айырмашылығы болуына байланысты 0,1% және 1% аумағында қабықшаның қасиеттерінің өзгеруі тек қана толықтырғыштың концентрациясының өсуімен ғана емес, сонымен қатар шунгитпен шекаралық қабатта шунгит бөлшектерімен қатар орналасқан полиимидтің қабықшаның өзгерісіне де байланысты. Бұндай процесс материалдың бірден өсіп және беріктіліктің бірден төмендеуі, сонымен қатар пластикалық қасиетінің төмендеуіне әкеледі [37].



4-сурет – Құрамында шунгит толықтырғышы бар полиимидті қабықшаның Раман спектрінің суреті

Жұмысымызда құрылымдық-активті толықтырғыштардың әсерлесу радиусы 100 – 200 мкм болатындығы көрсетілген. Шекаралық қабаттың құрылымы беттен толықтырғышты жою мөлшеріне байланысты өзгеріске ұшырайды. Бұл шекаралық қабатты әртүрлі өтпелі қабаттардың жиынтығы ретінде қарауға мүмкіндік береді. 5 суретте әртүрлі концентрациялы шунгит толықтырғышы енгізілген полимерлі композиттік материалдардың жарықты өткізу коэффициенттерінің өзгерісін салыстыру графигі көрсетілген.

Шунгит толықтырғыштан тұратын ПКМ үлгілердің оптикалық қасиеттері толықтырғыш концентрациясына тікелей тәуелді. Жарық өткізу коэффициентінің $\lambda=200\text{-}500\text{ нм}$ мәнінде өте тез көтерілуі байқалады. Бұл құбылыстар қабыршақтың оптикалық центрінің әсерінен болатын ішкі қайта құрылуға байланысты.



5-сурет – Әртүрлі концентрациялы шунгит толықтырғышы енгізілген полимерлі композиттік материалдардың жарықты өткізу коэффициенттерінің өзгерісін салыстыру графигі

Полимерлі композит материалға толтырғышты 0,2 салмақ % концентрацияда ендіру композитті материалдың жарық өткізу коэффициентінің көп өзгерісіне алып келмейді, жарық өткізу коэффициентінің мәнін 8-10% төмендеді. 700-770 нм толқын ұзындығы аралығында төбешік байқалады.

Шунгит толықтырғыштан тұратын ПКМ үлгілердің оптикалық қасиеттері толықтырғыш концентрациясына тікелей тәуелді [10]. Жарық өткізу коэффициентінің $\lambda=200\text{-}500\text{ нм}$ мәнінде өте тез көтерілуі байқалады. Бұл құбылыстар қабыршақтың оптикалық центрінің әсерінен болатын ішкі қайта құрылуға байланысты.

Полимерлі композит материалға толтырғышты 0,5 салмақ % концентрацияда ендіру композитті материалдың жарық өткізу коэффициентінің көп өзгерісіне алып келмейді, жарық өткізу коэффициентінің мәнін 15-18% төмендеді. 700-770 нм толқын ұзындығы аралығында төбешік байқалады.

Шунгит толықтырғыштан тұратын ПКМ үлгілердің оптикалық қасиеттері толықтырғыш концентрациясына тікелей тәуелді. Жарық өткізу коэффициентінің $\lambda=600\text{-}800\text{ нм}$ мәнінде өте тез көтерілуі байқалады. Бұл құбылыстар қабыршақтың оптикалық центрінің әсерінен болатын ішкі қайта құрылуға байланысты [11-12].

Полимерлі композит материалға толтырғышты 1,0 салмақ % концентрацияда ендіру жарық өткізу коэффициентінің мәнін 25-30% төмендеді. Бұл ПКМ матрицасының қайта құрылуымен байланысты құбылыстардың болатынына негізделеді.

Графикте байқағанымыздай ПКМ-дың матрицасына толықтырғыштар енгізу олардың оптикалық қасиеттеріне өз әсерін тигізеді. Бұл жұмыста шунгит толықтырғышын полиимид матрицасына енгізген кездегі жарықты өткізу коэффициентінің өзгерісі зерттелді. Толықтырғыштың әртүрлі концентрацияда енгізілді. Зерттеулер құрамында 0,2 салмақ %, 0,5 салмақ %, 1,0 салмақ % нанодисперсті шунгит толықтырғышы бар қабыршақтарға жүргізілді.

Толықтырғыш концентрациясы 0,2 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың жарық өткізу коэффициентінің аса өзгерісі байқалмайды.

Ал толықтырғыш концентрациясы 0,5 салмақ % болатын композиттің жарық өткізу қасиеті әдеттегідей ультракүлгін диапазонда артып, көрінетін аумақта төбешік тәрізді күрт өсуі байқалды. 700-770 нм толқын ұзындығы аралығында төбешік байқалады. 800 нм-ден жоғары бірқалыпты өтуі тіркелді. Бұл процесс өз кезегінде ПКМ матрицасының ішкі қайта құрылымдануына байланысты болуы мүмкін.

Толықтырғыш концентрациясы 1,0 салмақ % болатын композиттік қабыршақтардың жарықты өткізу қасиеті ультракүлгін диапазонда ($\lambda=290-500$ нм) күрт жоғарылауы байқалып, көрінетін диапазоннан бастап ($\lambda=600-800$ нм) біршама реттеледі. Жарық өткізу коэффициенті шамамен 25-30%-ға төмендейді.

Жұмыстың негізгі нәтижелері

Полиимид қабыршақтарының және «Полиимид – шунгит толықтырғыш» жүйесіне талдау жүргізу арқылы мынадай қорытынды жасалынды:

1) Шунгит толықтырғыштан тұратын полимерлі композитті материал үлгілерінің

физикалық қасиеттері полиимид қабыршақтың концентрациясына, қабыршақ қалыңдығына тікелей тәуелді. Оптикалық микроскоппен зерттеу барысында концентрация артқан сайын болған өзгерістерді талдай отырып аздаған мөлшерде дисперленген толықтырғыштың енгізілуі полимерлі матрицаның физика-химиялық өзара байланыстарын өзгертетінін аңғарамыз. Толықтырғышты салыстырмалы түрде аз мөлшерде қосу оның беріктігін жоғарылатуға септігін тигізеді. Егер де толықтырғыштың концентрациясын одан да өсіретін болсақ, онда ол полиимидті қабыршақтардың механикалық қасиеттерінің төмендеуіне әкеліп соғады.

2) Полиимидке қабыршақтың атомдық-күштік микроскоппен алынған кескіндері бойынша мынадай қорытындыға келуге болады: кластерлер өлшемдері қабыршақтар қалыңдығына, концентрацияға тікелей тәуелді. Шунгит толықтырғышын 0,5 салмақ % және 0,2 салмақ % концентрацияда ендірген кезде бет тегістілігі байқалады. 0,1 салмақ % енгізген кезде бет тегістілігін аңғару қиын, ал 1 салмақ % кластерлердің реттелген, бағытталған көрінісін байқауға болады. Демек концентрация неғұрлым аз болса, бет соғұрлым тегіс болады.

3) Рамандық спектрлерді зерттеуде беріктіктің бірден артуы шекарадағы полиимидтің дисперсті толықтырғышпен берік өзара байланысымен түсіндіріледі. Әр түрлі концентрация кезінде беріктіктің бірден өсуі шекаралық қабаттағы полимердің дисперсті толықтырғыш бетімен күшті байланыста болатынын дәлелдейді. Толықтырғыш қосу қабыршаның рамандық спектріне қатты әсер етпейді. Рамандық спектрдің бұндай болуы полиимидтің радиацияға жоғары тұрақтылығымен сипатталады.

Әдебиеттер

- 1 Крыжановский В.К., Бурлов В.В. и др. Технические свойства полимерных материалов. – СПб.: Профессия, 2005 – 248 с.
- 2 Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C. C60: Buckminsterfullerene // Nature. – 1985. – V. 318. – P.162-168.
- 3 Канцельсон М.Ю., Балаев Г.А. Полимерные материалы: Справочник. – Л.: Химия, 1982. – 317 с.
- 4 Гуляев Г.М. Строение и свойства полимерных волокнистых композиционных материалов – М.: Химия. 1981. – 210 с.
- 5 Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб.пособие/ М.Л Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А.Берлина. – СПб.: Профессия, 2008 – 560 с.\
- 6 Игнатов С.Г. и др. Применение АСМ для специфической визуализации микроорганизмов // Мат. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Молекулярная диагностика – 2007». – 2007. – Т. 1. – С. 81-82.
- 7 Maluchenko N.V., Agapov I.I., Tonevitsky A.G. et al. Detection of immune complexes using atomic force microscopy // Biofizika. – 2004. – V. 49. – № 6. – P. 1008–1014.
- 8 Сагалаев Г.В. В кн. «Наполнители полимерных материалов: материалы семинаров», Москва, о-во «Знание» РСФСР, 1969. – С.18-29.

- 9 Зондовая НаноЛаборатория ИНТЕГРА Спектра (конфигурация Inverted) / Руководство пользователя. – Москва, Зеленоград. – 2007. – 73 с.
- 10 Karpinosa K. Handbook of composites, ed. by G. Lubin, N.Y., 1982.
- 11 Джуманов С., Ашуров М.Х., Курбанов А.М., Худжакулов Д.Ч. – В кн.: Тезисы докладов Международной конференции радиационному материаловедению. Харьков.- 1990.-т.3- с.75.

References

- 1 V.K. Kryzhanovskiy, V.V. Burlov i dr. Tekhnicheskiye svoystva polimernykh materialov. – SPb.: Professiya, 2005 – 248 s. (in russ).
- 2 H.W. Kroto, J.R. Heath, S.C. O'Brien, Nature, 318, 162-168, (1985).
- 3 M.Yu. Kantsel'son, G.A. Balayev Polimernyye materialy: Spravochnik. – L.: Khimiya, 1982. – 317 s. (in russ).
- 4 G.M. Gunyayev Stroyeniye i svoystva polimernykh volknistykh kompozitsionnykh materialov – M.: Khimiya. 1981.- 210 s. (in russ).
- 5 Polimernyye kompozitsionnyye materialy: struktura, svoystva, tekhnologiya: ucheb.posobiye/ M.L Kerber, V.M. Vinogradov, G.S. Golovkin i dr.; pod red. A.A. Berlina. – SPb.: Professiya, 2008 – 560 s. (in russ).
- 6 Ignatov S.G. i dr., Mat. VI Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem «Molekulyarnaya diagnostika – 2007», 1, 81-82, (2007). (in russ).
- 7 N.V. Maluchenko, I.I. Agapov, A.G. Tonevitsky et al., Biofizika, 49(6), 1008-1014, (2004).
- 8 G.V. Sagalayev. V kn. «Napolniteli polimernykh materialov: materialy seminarov», Moskva, o-vo «Znaniye» RSFSR, 1969. – С.18-29. (in russ).
- 9 Zondovaya NanoLaboratoriya INTEGRA Spektra (konfiguratsiya Inverted) / Rukovodstvo pol'zovatelya. – Moskva, Zelenograd. – 2007. – 73 s. (in russ).
- 10 Karpinosa K. Handbook of composites, ed. by G. Lubin, N.Y., 1982.
- 11 Dzhumanov S., Ashurov M.X., Kurbanov A.M., Khudzhakulov D.CH. – V kn.: Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii radiatsionnomu materialovedeniyu. Khar'kov.- 1990.-T.3- s.75.