

УДК 538.975
ГРНТИ 31.15.15

ПОЛИЭТИЛЕН МАТРИЦАСЫНДАҒЫ МЕТАЛЛ ОКСИДТЕРІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІН (Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO) СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

ТОҚШЫЛЫҚ Н.Қ¹., СЕЙТОВ Б.Ж².

¹Магистрант, e-mail: nurharchitect@gmail.com

²PhD, аға оқытушы, e-mail: bekbolat.seitov@ayu.edu.kz

Ахмет Ясауи университеті

Аңдатпа. Бұл мақалада полиэтилен матрицасындағы металл оксидтерінің нанобөлшектерін (Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO) синтездеу және физика-химиялық зерттеу ұсынылған.

Наноматериалдарды алудың қарқынды дамып келе жатқан әдістерінің ішінде органикалық полимер матрицалары мен әртүрлі қосылыстардың нанобөлшектері негізінде композициялық материалдарды алу әдістеріне көп көңіл бөлінеді. Металдар мен жартылай өткізгіштердің нанобөлшекті бөлшектері бар материалдар, соның ішінде оксидтер, сульфидтер және т.б. ерекше орын алады. Мұндай материалдар электронды-энергетикалық құрылымға сәйкес "кванттық нүктелер" негізінде материалдар ретінде сипатталады. Нысанның (бөлшектің) мөлшері $L_{\text{дв}}$ - ге ($L_{\text{дв}}$ -де Бройльдің толқын ұзындығы) төмендеген кезде электрондардың энергетикалық спектрі өлшемді кванттаудың дискретті деңгейлері жүйесіне айналады. Нәтижесінде нанобөлшектер кванттық денелерден (нүктелерден) еш айырмашылығы болмайды.

Айта кету керек, "кванттық нүктелер" бойынша эксперименттік және теориялық жұмыстардың көбеюіне қарамастан, нанобөлшектердегі электронды өзара әрекеттесу механизмі және олардың спектрлік қасиеттерінің табиғаты әлі де толық түсінуден алыс. Қасиеттері жақсы зерттелген массивті (блоктық) жартылай өткізгіш металл оксидтерінен айырмашылығы, тиісті оксидтердің нанобөлшектерінің қасиеттері іс жүзінде зерттелмеген күйінде қалады.

Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы металдардың жартылай өткізгіш оксидтері мен жоғары қысымды полиэтилен негізінде жаңа нанокөпозиттік материалдарды алу болып табылады. Қарапайым және арзан технологияны қолдану бірегей электрофизикалық және оптикалық қасиеттері бар нанокөпозиттерді алуға мүмкіндік береді. Физика-химиялық қасиеттерді зерттеудің жаңа нәтижелері қазіргі нанохимияның негізгі мәселелерінің бірі болып табылатын 10 нм және одан кіші бөлшектердің белсенділігін басқаратын заңдылықтарды түсінуді кеңейтеді. Синтезделген жаңа наноматериалдар ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданыла алады, өйткені нақты жұмыста көрсетілгендей, нанобөлшектер мен оларға негізделген материалдардың қасиеттерін бөлшектердің орташа мөлшері, олардың матрицадағы концентрациясы сияқты әртүрлі параметрлерді өзгерту арқылы басқаруға болады.

Кілт сөздер: нанотехнология, инфрақызыл аймақ, поливинил спирті, жоғары қысымды полиэтилен, ультра дисперсті жүйелер, электроника.

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ (Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO) ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ МАТРИЦЕ

ТОКШЫЛЫК Н.К¹., СЕЙТОВ Б.Ж².

¹Магистрант, e-mail: nurharchitect@gmail.com

²PhD, старший преподаватель, e-mail: bekbolat.seitov@ayu.edu.kz

Университет Ахмеда Ясави

Аннотация. В данной статье представлены синтез и физико-химические исследования наночастиц (Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO) оксидов металлов в полиэтиленовой матрице.

Среди динамично развивающихся методов получения наноматериалов большое внимание уделяется методам получения композиционных материалов на основе органических полимерных матриц и наночастиц различных соединений. Особое место занимают материалы, содержащие наноразмерные частицы металлов и полупроводников, в том числе оксиды, сульфиды и др. такие материалы описываются как материалы на основе "квантовых точек" в соответствии с электронно-энергетической структурой. Когда размер объекта (частицы) уменьшается на L_{dB} (L_{dB} – длина волны Бройля), энергетический спектр электронов превращается в систему дискретных уровней размерного квантования. В результате нанообъекты ничем не отличаются от квантовых тел (точек).

Следует отметить, что, несмотря на все большее число экспериментальных и теоретических работ по "квантовым точкам", механизм электронных взаимодействий в наночастицах и природа их спектральных свойств до сих пор далеки от полного понимания. В отличие от массивных (блочных) полупроводниковых оксидов металлов, свойства которых хорошо изучены, свойства наночастиц соответствующих оксидов остаются практически неизученными.

Практическая значимость данной работы заключается в получении новых нанокompозитных материалов на основе полупроводниковых оксидов металлов и полиэтилена высокого давления. Применение простой и недорогой технологии позволяет получать нанокompозиты с уникальными электрофизическими и оптическими свойствами. Новые результаты исследования физико-химических свойств расширяют понимание закономерностей, управляющих активностью частиц 10 нм и менее, что является одной из основных проблем современной нанохимии. Синтезированные новые наноматериалы могут быть широко использованы в различных областях науки и техники, поскольку, как показано в настоящей работе, свойства наночастиц и материалов на их основе могут контролироваться путем изменения различных параметров, таких как средний размер частиц, их концентрация в матрице.

Ключевые слова: нанотехнологии, инфракрасная область, поливиниловый спирт, полиэтилен высокого давления, ультра-дисперсные системы, электроника.

SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF NANOPARTICLES (Cu₂O, Fe₂O₃, ZnO) OF METAL OXIDES IN A POLYETHYLENE MATRIX

TOKSHYLYK N.K¹., SEITOV B.ZH².

¹ Master's student, e-mail: nurharchitect@gmail.com

² PhD, senior lecturer, e-mail: bekbolat.seitov@ayu.edu.kz

Ahmed Yasawi University

Abstract. This article presents the synthesis and physico-chemical studies of metal oxide nanoparticles (Cu₂O, Fe₂O₃, ZnO) in a polyethylene matrix.

Among the dynamically developing methods for obtaining nanomaterials, much attention is paid to methods for obtaining composite materials based on organic polymer matrices and nanoparticles of various compounds. A special place is occupied by materials containing nanoscale particles of metals and semiconductors, including oxides, sulfides, etc. such materials are described as materials based on "quantum dots" in accordance with the electron-energy structure. When the size of an object (particle) decreases by L_{dB} (L_{dB} is the Broglie wavelength), the electron energy spectrum turns into a system of discrete levels of dimensional quantization. As a result, nanoobjects are no different from quantum bodies (dots).

It should be noted that, despite an increasing number of experimental and theoretical works on "quantum dots", the mechanism of electronic interactions in nanoparticles and the nature of their spectral properties are still far from being fully understood. Unlike massive (block) semiconductor metal oxides, the properties of which are well studied, the properties of nanoparticles of the corresponding oxides remain practically unexplored.

The practical significance of this work is to obtain new nanocomposite materials based on semiconductor metal oxides and high-pressure polyethylene. The use of simple and inexpensive technology makes it possible to obtain nanocomposites with unique electrophysical and optical properties. The new results of the study of physicochemical properties expand the understanding of the laws governing the activity of particles of 10 nm or less, which is one of the main problems of modern nanochemistry. The synthesized new nanomaterials can be widely used in various fields of science and technology, since, as shown in this paper, the properties of nanoparticles and materials based on them can be controlled by changing various parameters, such as the average particle size, their concentration in the matrix.

Keywords: nanotechnology, infrared, polyvinyl alcohol, high-pressure polyethylene, ultra-dispersed systems, electronics.

Кіріспе

Тақырыптың өзектілігі. Соңғы кездері наноөлшемді нысандар зерттеушілердің назарын көбірек аударуда. Мұндай көлемдегі объектілер үшін объектінің бетінде орналасқан атомдардың үлесі айтарлықтай, өйткені олардың санының көлемдегі атомдар санына қатынасы жоғары. Осылайша, нанообъектілер қарапайым (массивті) заттармен салыстырғанда фазааралық шекараларды және артық энергияны дамытты.

Радиоэлектроника мен есептеу техникасының дамуының жаңа кезеңі интегралдық микросхемалардың жеке элементтерін одан әрі миниатюризациялаумен байланысты. Сондықтан наноөлшемді объектілердің қасиеттерін зерттеу және олардың негізінде бірегей қасиеттері бар жаңа материалдарды жасау өзекті болып көрінеді.

Наноматериалдарды құру әдістерін әзірлеуде наноөлшемді дисперсті жүйелер маңызды рөл атқарады. Наноөлшемді дисперстік жүйелердің бірегей қасиеттері олардың құрамына кіретін жеке нанобөлшектердің ерекшеліктерімен және олардың ансамбльдегі ұжымдық мінез-құлқымен байланысты, ал нанобөлшек өлшемдерінің кез келген физикалық процестің корреляциялық шкаласымен үйлесімділігі, өз кезегінде, онда әртүрлі өлшемдік әсерлерді жүзеге асырады. Ұсақ бөлшектер наноөлшемді құрылымдық морфологиялық элементтермен сипатталады, ал наноөлшемді жүйелер атомдар (кластерлер) мен сусымалы металдар арасында аралық орынды алады.

Айта кету керек, «кванттық нүктелер» бойынша тәжірибелік және теориялық жұмыстардың саны үнемі өсіп келе жатқанына қарамастан, нанобөлшектердің электрондық өзара әрекеттесу механизмі және олардың спектрлік қасиеттерінің табиғаты әлі де толық зерттелмеген. Қасиеттері біршама жақсы зерттелген сусымалы (блокты) жартылай өткізгіш металл оксидтерінен айырмашылығы, сәйкес оксидтердің нанобөлшектерінің қасиеттері іс жүзінде зерттелмеген болып қалады.

Осыған байланысты жұмыстың мақсаты инертті полимерлі матрицадағы жартылай өткізгіш металл оксидтерінің нанобөлшектері негізінде композициялық материалдарды синтездеу, сонымен қатар олардың электрлік және оптикалық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1) жоғары қысымды полиэтилендік матрицаның ішінде өлшемдері 30 нм аспайтын, бір-бірінен оқшауланған (Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO) металл оксидінің нанобөлшектері негізіндегі композициялық материалдарды алу;

2) полиэтилендік матрицадағы металл оксидінің нанобөлшектерінің мөлшерін, құрамын және құрылымын зерттеу;

3) электрофизикалық және диэлектрлік қасиеттерді зерттеу – нанобөлшектерге негізделген материалдардың меншікті өткізгіштігі мен диэлектрлік өткізгіштігі және қасиеттердің концентрацияға тәуелділігін анықтау;

4) полиэтилендік матрицадағы металл оксидтерінің (Fe_2O_3 , Cu_2O , ZnO) нанобөлшектері негізіндегі материалдар спектрінің көрінетін және жақын ИҚ диапазонында жұтылу спектрлік сипаттамаларын зерттеу.

Әдістемелік бөлім

Ғылыми зерттеулер кезінде келесі әдістер қолданылды:

Құрамында металл бар нанобөлшектерді алу әдістері

Құрамында металл бар наноөлшемді бөлшектерді жеке күйде де, полимерлердің қатысуымен де алу әдістерінің ауқымы өте кең. Алудың екі негізгі тәсілі қалыптасқан – конденсация және дисперсиялық. Олардың біріншісі фазалық түрлендіру кезінде жекелеген металл атомдарынан наноөлшемді бөлшектің «жинақталуымен» байланысты; ал екіншісі, 23 ірі бөлшектерді наноөлшемді бөлшектердің мөлшеріне дейін ұнтақтаумен. Конденсация әдістерін өз кезегінде физикалық және химиялық деп бөлуге болады. Соңғы жағдайда химиялық реакциялардың қатысуымен наноөлшемді бөлшекті алудың физикалық әдістерін білдіреді. Химиялық әдістерде түзілген материалдың негізгі «жеткізушісі» химиялық түрлендірулер болып табылады, бірақ жаңа фазаның қалыптасуы міндетті түрде фазалық ауысумен (физикалық процесс) байланысты.

Көбінесе наноөлшемді бөлшек массивтік бөлшектердің механикалық дисперсиясы арқылы алынады, бірақ қатты заттардың акустикалық дисперсиясы қарқынды дамыған. Наноөлшемді бөлшекті алудың маңызды әдістері 1 – суретте көрсетілген.

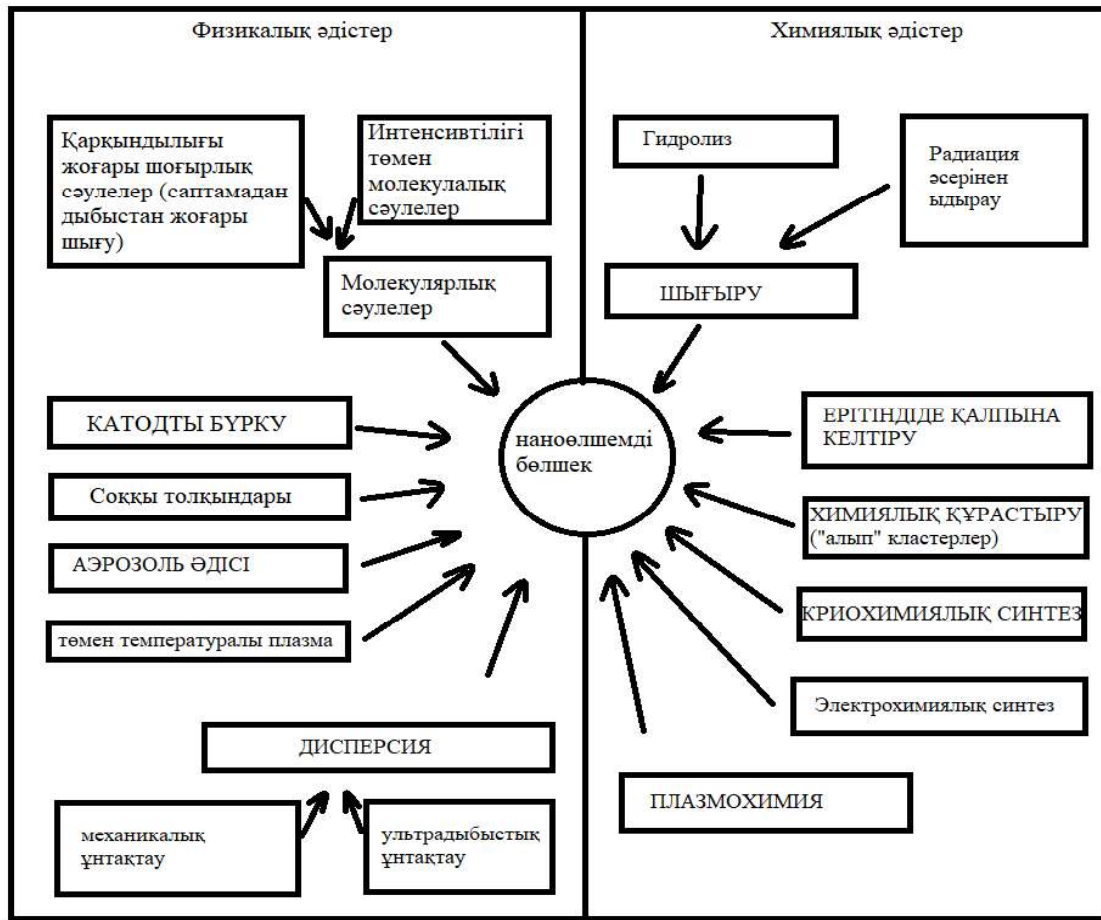
Сол немесе басқа синтез технологиясын таңдау өнімділікпен бірге алынған наноөлшемді бөлшектердің физикалық-химиялық қасиеттерінің кешенімен және дисперсті өнімді одан әрі пайдаланудың мақсаты мен міндеттерімен анықталады.

Металдардың және олардың қосылыстарының наноөлшемді бөлшектерін алу әдістері жеке күйде де, полимерлердің қатысуымен де түбегейлі ерекшеленбейді. Дегенмен, бірінші жағдайда процестің негізгі заңдылықтарын ұстану оңайырақ, содан кейін алынған идеяларды полимер матрицаларындағы наноөлшемді бөлшектерге дейін кеңейтеді.

Наноөлшемді бөлшектерді алу әдістемесінің әртүрлі аспектілері бірқатар монографиялар мен шолуларда талқыланды, олардың көпшілігі классикаға айналды [1-4].

Алудың физикалық әдістері

Құрамында металл бар наноөлшемді бөлшектерді алудың физикалық әдістерінің негізі химиялық реакциялар болмаған кездегі бірінші текті фазалық өзгерістер болып табылады. Жаңа фазаның ядроларының түзілуі ерігіштік шегінен (асқын қанығу) асатын аса суыту нәтижесінде болады.



Сурет 1. Наноөлшемді бөлшектерді синтездеудің негізгі әдістерін сипаттайтын схема.

Жұмыс сұйықтығын (құрамында металл бар шоғырлар) олардың түзілу аймағынан конденсация (кристалдану) аймағына жеткізу шарттарына немесе әдісіне байланысты неғұрлым егжей-тегжейлі жіктеу де мүмкін:

- а) молекулалық сәуле әдісі;
- б) саптамадан газдардың дыбыстан жоғары шығуы;
- в) иондық бомбалау;
- г) соққы толқындары;
- д) аэрозольдық әдіс;
- е) төмен температуралы плазма.

Химиялық алу әдістері

Химиялық әдістердің ішінде ең көп тарағандары әртүрлі тұрақтандырғыштардың қатысуымен металл қосылыстарын қалпына келтіру процесінде наноөлшемді бөлшектерді синтездеуге арналған жүз жылдан астам белгілі әдістер. Жеңіл металдардың гидридтері, алюминий гидридтері, борогидридтері, кейбір амино- және гидразиноборандар, гипофосфиттер, формальдегид, қымыздық және шарап қышқылдарының тұздары, гидрохинон, декстриндер және CS_2CO , NO , $SnCl_4$ сияқты бірқатар басқа бейорганикалық қосылыстар, бірақ көбінесе сутегі және құрамында сутегі бар кейбір қосылыстар (аммиак, гидразин және оның туындылары, H_2S , H_2O_2). Наноөлшемді бөлшектерді алудың танымал химиялық әдістеріне құрамында термиялық тұрақты емес металдары бар қосылыстардың

пиролиз әдістерінің барлық түрлері жатады: гидридтер, карбонилдер, азидтер, форматтар, оксалаттар және қаныққан және қанықпаған органикалық қышқылдардың басқа тұздары, бірқатар металлорганикалық қосылыстар, сонымен қатар криохимиялық синтез және плазмалық-химиялық әдістердің әртүрлі нұсқалары ретінде.

Наноөлшемді бөлшектерді синтездеудің аталған «дәстүрлі» әдістерімен қатар, соңғы жылдары қарқынды дамып келе жатқан жаңа бағыт – гигант кластерлердің синтезі (мысалы, [5]) химиялық құрастыру барысында. металдық наноөлшемді бөлшектер, оның ішінде металы бар бірнеше жүздеген атомдар – металл. Кластерлер қоршаған орта әсерінен қорғайтын лиганд қабықшасымен қоршалған.

НӘТИЖЕЛЕР, ТАЛДАУ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Полиэтилен матрицасындағы металл оксидтерінің нанобөлшектері негізінде композиттердің құрамын зерттеу материалдары мен әдістері

Полимерлі матрицалардағы оксидтердің нанобөлшектері негізінде композиттер алу үшін 2-кестеде келтірілген реактивтер термикалық тұрақсыз металл қосылыстарының жоғары жылдамдықты термиялық ыдырау әдісіне негізделген.

Кесте 2. Полимерлі матрицаларда металл оксидтерінің нанобөлшектері негізінде композиттерді синтездеуде қолданылатын реактивтер.

Материалдар	Марка
Жоғары қысымды Полиэтилен	10803-020 15303-020
Темір Пентакарбонил($\text{Fe}(\text{CO})_5$)	
Темір (II) 2-Сулы ($\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Хч
Сірке қышқылды мыс 1-Сулы (Си $(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Хч
Сірке қышқылды мырыш 7-Сулы $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$	чда
Азот қышқылды мырыш 5-Сулы $(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$	Чда
Гексан	Хч
Бензол	Хч
Минералды май	ВМ-1
Дистилденген су	

Бұл материалдар зерттеу міндеттері мен эксперимент шарттарына сәйкес таңдалды. Соңғысы кейбір шектеулерді анықтайды:

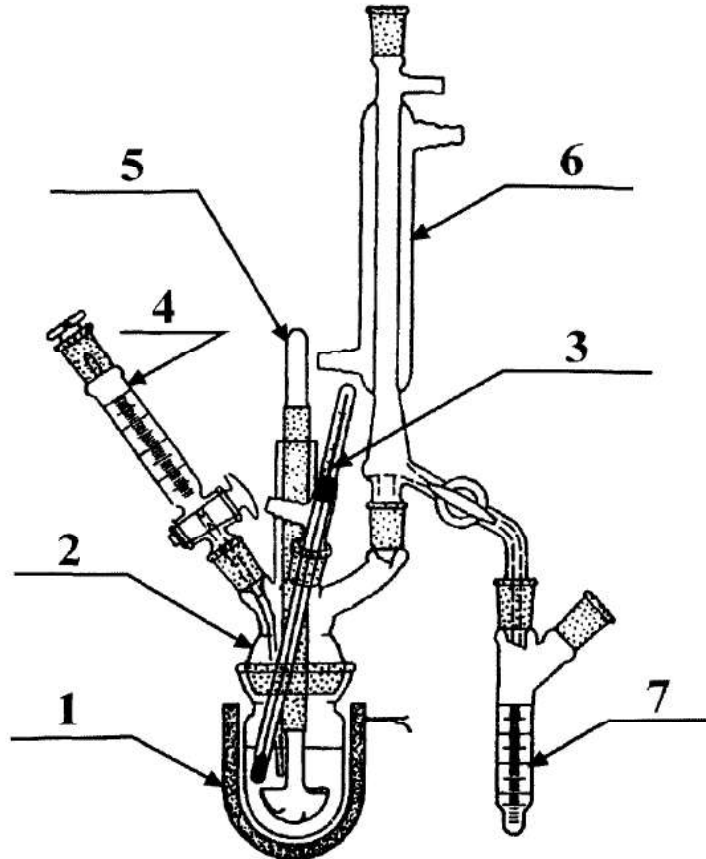
- полимер ыстыққа төзімді болуы керек және қыздырылған кезде минералды майларда ериді;

- құрамында металл бар қосылыстардың термиялық ыдырау температурасы полимердің балқу температурасынан жоғары, бірақ оның бұзылу температурасынан төмен болуы керек;

- құрамында металл бар барлық қосылыстар суда немесе басқаларында, соның ішінде органикалық еріткіштерде жақсы еритін болуы керек.

Полимерлердегі нанобөлшектерді синтездеу әдісі

Полимерлі матрицаларда металл бар нанобөлшектерге негізделген композиттер синтезі 2.1-суретте көрсетілген арнайы қондырғыда жүзеге асырылды.



Сурет 2.1. Полимер матрицаларындағы металл оксидтерінің нанобөлшектері негізінде композиттерді синтездеуге арналған қондырғы: 1 - колбаға қыздырғыш, 2 - ыстыққа төзімді шыны ыдыс, 3 - термометр, 4 - градуирленген бөлігіш құйғыш, 5 - араластырғыш, 6 - Тоңазытқыш, 7-конденсациялық тұзақ.

Полимерлердегі нанобөлшектерді синтездеу әдісі

Полимерлі матрицаларда металл бар нанобөлшектерге негізделген композиттер синтезі 2.1-суретте көрсетілген арнайы қондырғыда жүзеге асырылды. Май мен полимер ілмегі ыстыққа төзімді 2 шыны ыдысқа (реакторға) орналастырылды. Содан кейін реактор инертті газбен (аргонмен) толтырылды, ол қыздырылған мыс чиптері мен пирогаллолдың сулы ерітіндісі арқылы оттегі мен азот қоспаларынан алдын-ала тазартылды. Араластырғыштың көмегімен қарқынды араластыру кезінде 5, қоспа 1 колбагревательмен қыздырылды. Синтез температурасы таңдалған металл қосылыстарына сәйкес эксперимент жағдайымен анықталды және 250-ден 350°C-қа дейінгі аралықта болды. эксперимент температурасын бақылау 3 термометрмен жүргізілді және $\pm 5^\circ\text{C}$ дәлдікпен сақталды.

Әрі қарай, тамшылармен, бөліктерде, металл бар қосылыстардың ерітіндісін тікелей полимердің балқымасына маймен 4 бөлігіш ваннадан енгізді. Әрбір келесі бөлікті енгізу (әдетте ерітіндінің бес тамшысы) алдыңғы бөліктің толық ыдырауынан кейін жүзеге

асырылды. Бұл ретте реакцияның газ тәрізді өнімдерін тез және толық жою үшін инертті газ (Ar) реактор арқылы үздіксіз өткізілді.

Реактордан шығарылғаннан кейін реакцияның газ тәрізді өнімдері салқындату кезінде 7 тұзаққа конденсацияланды. Ерекшелігі-инертті газдың жоғары қысымымен синтездеуге мүмкіндік беретін герметикалық жүйенің болуы. Бұл металл бар қосылыстың термиялық ыдырау реакциясын оңтайлы жағдайда, максималды басылған жағымсыз реакциялармен жүргізуге мүмкіндік береді. Барлық есептелген MSG мөлшерін қосқаннан кейін, алынған қоспаны үздіксіз араластыру арқылы тағы 50 минут қыздыруды жалғастырды, содан кейін салқындады. Содан кейін қоспасы Бюхнердің ваннасында сүзілді, композиттің тұтқыр массалары Сокслетт құрылғысының көмегімен бензолмен майдан алынды. Алынған ұнтақтарды кептіру ауада жүргізілді. Алынған ұнтақтар металдың концентрациясы мен табиғатына байланысты әртүрлі түстерге ие. Көптеген тәжірибелер көрсеткендей, бұл әдіс полимерлі матрицалар мен әртүрлі қосылыстардың кең ауқымына, кез-келген металдарға, оксидтерге, тұздарға, сондай-ақ металл қоспаларына, қорытпаларға және т. б. Алынған композиттік ұнтақтар кез-келген түрдегі өнімдерге қарапайым әдістермен өңделуі мүмкін.

Зерттеу әдістері

Алынған Композиттердің қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ құрамында металл бар нанобөлшектердің құрамы мен құрылымын зерттеу үшін төмендегідей физика-химиялық зерттеулер кешені жүргізілді:

1. Рентгендік фазалық талдау. Дифрактограммалар "Дрон-4" дифрактометрінде тіркелді. Сәуле көзі – CoK_α , $\lambda = 1,789\text{Å}$, монохроматор-графит. Нанобөлшектердің мөлшері аспаптық енге түзетуді ескере отырып, дифракциялық шыңдардың интегралды кеңеюімен анықталды. Өлшемдерді есептеу Дебай-Шеррер формуласы бойынша жүргізілді.
2. Рентгендік аз бұрышты шашырау. Кіші бұрыштардағы спектрлер «Дрон-3» дифрактометрінде тіркелді. Камера КРМ - 1, сәуле көзі CuK_α , монохроматор - Мо, интервал $7'$ - ден 1° арқылы $0,1^\circ$, түтік БСВ-11, $U = 30$ кВ, $I = 20$ А, есептеулер жүргізілді ПЭВМ.
3. Өткізгіштік пен диэлектрлік тұрақты зерттеу "E7-12" өлшеу көпірінің көмегімен жүргізілді. Үлгінің эквивалентті схемасы параллель қосылған кедергі және сыйымдылық болды. Өлшеу үшін диаметрі 30 мм және қалыңдығы 1 мм сығымдалған үлгі тақталары қолданылды. мыс электродтары үлгі тақтасының бетіне жақсы жанасуды қамтамасыз ету үшін шашыратылды. Өлшеу қателігі $\sim 5\%$ болды.

Қорытынды

Көптеген эксперименттік жұмыстар мынаны көрсетті:

1. Бұл жұмыста қолданылатын наноөлшемді бөлшектері бар полимерлерге негізделген материалдарды синтездеу әдісін көптеген қосылыстарға, кез-келген металдарға, олардың оксидтеріне, әртүрлі тұздарға, интерметалдық қосылыстарға және т. б. қолдануға болады.
2. Бұл әдіс синтез жағдайларын (температура, араластыру жылдамдығы, реагенттерді беру) өзгертуге және синтезделген материалдардың құрамы мен қасиеттерін басқаруға мүмкіндік береді.
3. Әдістемесі болып табылады жеткілікті қарапайым аппаратурном ресімдеу талап қатаң шарттар, оны өткізу үшін.
4. Зерттеулер мен талдаулардың физика-химиялық әдістерінің пайдаланылған кешені жұмыста алынған композициялық материалдар үлгілерінің құрамы, құрылымы және қасиеттері туралы сенімді ақпарат алуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Комник Ю.Ф. Физика металлических пленок. - М.: Атомиздат, 1979., с. 67.
2. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000., с. 671.
3. Натансон Э.М., Ульберг З.Р. Коллоидные металлы и металлополимеры. Киев: Наукова Думка, 2019.
4. Натансон Э.М. Брик М.Т. // Успехи химии. 2014., т. 45, с. 1465.
5. Schmidt. Chem. Rev., 2016, v. 92, p. 1709.
6. Криворучко О.П., Зайковский В.И. // Кинетика и катализ. 1998., т. 39, с. 607
7. Спирина И.В., Масленников В.П. // Успехи химии. 1994., т. 63 (I), с. 43-56.
8. Розенберг А.С., Александрова Е.А. Джардималиева Г.И. и др. // Изв. РАН, сер. хим., 1995., № 5, с. 885.
9. Шуваев А.Т., Розенберг А.С. Александрова Е.И. и др. // Изв. РАН. сер. хим., 1998., №8, с. 1505.
10. Turkevich J. // Gold Bull., 1985., v. 18, p. 86.
11. Sato T., Rush R. Stabilization of Colloidal Dispersions by Polymer Adsorption. N. Y.: Marcell Dekker, 1980 p.
12. Suslick K.S., Fang M., Hyeon T. // J. Amer. Chem. Soc, 1996., v. 118, p. 11960.
13. Golden J.H., Deng H., DiSalvo F.J., Frechet J.M.J., Thompson P.M. // Science, 1995., v. 268, p. 1463.