Кырг
2022-44

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ
ХИМИЯ ЖАНА ФИТОТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТУ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
БИЛИМ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТИРЛИГИ
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

Диссертациялык кеңеш Д 02.21.629

Кол жазма укугунда
УДК 546: 682: 532.574.7 (575.2) (04)

КУДАЙБЕРГЕНОВА ДИНАРА САБЫРОВНА

ИНДИЙДИН ЖАНА АЛЮМИНИЙДИН НАНОСТРУКТУРАЛАРЫН СИНТЕЗДӨӨ, АЛАРДЫН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИН ҮЙРӨНҮҮ

05.16.08 - Нанотехнология. Наноструктураланган материалдар

Химия илимдеринин кандидаты илимий
даражасы үчүн диссертациянын
автореферaты

БИШКЕК – 2022

Жумуш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын химия жана фитотехнология институтунун нанотехнология лабораториясында аткарылды.

Илимий жетекчиси (консультант): **Сулайманкулова Саадат Касымбаевна**
химия илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясыны химия жана фитотехнология институту, нанотехнология лабораториясынын башчысы

Расмий оппоненттер: **Рогачев Александр Александрович**
техника илимдеринин доктору, профессор, Беларусь Республикасынын улуттук илимдер академиясынын мүчө-корреспонденти

Насирдинова Гулзада Калиевна
химия илимдеринин кандидаты, доцент, Кыргыз мамлекеттик И. Арабаев атындагы университетинин химия жана технологияны окутуу кафедрасынын доценти

Жетекчи уюм: Россия илимдер академиясынын Сибир бөлүмүнүн А. В. Николаев атындагы органикалык эмес химия институту, кластердик бирикмелерди жана материалдарды синтездөө лабораториясы (630090, Россия Федерациясы, Новосибирск ш., Академик Лаврентьев проспекти, 3).

Диссертацияны коргоо 2022-жылдын 28-июнунда саат 13.00до Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Химия жана фитотехнологиялар институтунун жана Ош мамлекеттик университетинин алдындагы химия илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук илимий даражасын алуу үчүн Д 02.21.629 диссертациялык кенештин жыйынында корголот, дареги: 720071, Бишкек шаары, Чүй проспектиси, 265-а. Диссертацияны онлайн коргоодогу видеоконференциянын жеткиликтүү ссылкасы https://vc.vak.kg/b/d_0-quu-d2e-lwm

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын борбордук илимий китепканасынан (720071, Бишкек шаары, Чүй проспектиси, 265-а), Ош мамлекеттик университетинин китепканасынан (723500, Ош шаары, Ленин көчөсү, 331) жана http://vak.kg/ сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 2022-жылын 27 майында таркатылды.

Диссертациялык кенештин окумуштуу катчысы,
химия илимдеринин кандидаты,
улук илимий кызматкер Э. А. Шабданова

ИШТИН ЖАЛПЫ МУНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Индийдин (сейрек кездешүүчү жана өтө чачыранды элемент) жана анын аналогу алюминийдин пайдалуу касиеттери наноабалында бир кыйла күчөйт [T. H. Lim, B. Ingham, K. H. Kamarudinetal, 2010].

Учурда индий жана анын алюминий аналогуна негизделген наноматериалдарды ойлоп чыгаруу дүйнөнүн көптөгөн өлкөлөрүнүн экономикасын өнүктүрүүдө зор күч болуп саналууда. Бул кичинекей жаратылыш ресурстары жана аяр чөйрөсү бар Кыргызстан үчүн өзгөчө маанилүү. Алюминий сыяктуу индийге негизделген наноматериалдарды эффективдүү колдонуу көбүнчө наноструктураларды (кластерлер, нанобөлчөктөр, кластердик материалдар, наноматериалдар) алуу үчүн жаңы алдыңкы технологиялардын өнүгүү даражасына жана алынган илимий жыйынтыктардын теориялык интерпретациясына көз каранды.

Бул эмгекте суюк чөйрөдө (ИПЖ) жана бул дисперсиялык чөйрөнүн компоненттеринде түзүлгөн наноструктураланган катуу, импульстуу плазма менен жамааттык өз ара аракеттенүүнүн натыйжасында пайда болгон индий жана алюминий наноструктураларынын учурдагы изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары келтирилген [С. К. Сулайманкулова, У. А. Асанов, 2002].

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын (ИХХТ НАН КР) Химия жана химиялык технология институтунун нанотехнология лабораториясында жүргүзүлгөн изилдөөлөр суюк чөйрөгө жайгаштырылган эки электроддун ортосунда пайда болгон импульстуу плазманын энергиясын колдонуу менен катуу телонун наноструктуралоо мезгилдик системанын ток өткөргүчтүү элементтерине негизделген наноматериалдарды алуунун жеткиликтүү жана ишенимдүү жолу экенин көрсөттү.

Диссертациянын темасынын илимий программалар, фундаменталдуу негизги илимий изилдөө иштери менен байланышы. Илимий иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Химия жана фитотехнология институтунун "Кыргыз Республикасынын металл кендерин, минералдык жана органикалык чийки заттарын иштетүүнүн технологиялык ыкмаларын иштеп чыгуу" долбоорунун алкагында изилдөө планына ылайык жаңы материалдарды түзүү максатында "(мамлекеттик каттоо номери 0003939) жүргүзүлдү. Бөлүм - "Жогорку технологиялардын негизинде жаңы материалдарды түзүү". "Суюктуктагы импульстуу плазмадан наноматериалдар" кичи долбоору.

Изилдөөнүн максаты: суюк чөйрөлөрдө түзүлгөн импульстуу плазманы колдонуу менен индий жана алюминийдин наноструктураларын алуу, алынган наноструктуралардын курамын, морфологиясын жана кээ бир физикалык-химиялык касиеттерин изилдөө. Заманбап изилдөө ыкмаларын колдонуу менен индий жана алюминий наноструктураларын түзүү мүмкүнчүлүктөрүн негиздөө.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери:

1. Суюк чөйрөлөрдө түзүлгөн импульстуу плазманын тең салмаксыз шарттарында индий менен алюминийге негизделген наноструктуралардын синтези.

2. Суюк углеводороддордо, деионизацияланган суусуна индий менен алюминийдин дисперсиялык продуктуларынын фазалык курамын, морфологиясын жана структурасын талдоо.

3. Индий нано-эритмесинин бактерициддик активдүүлүгүн изилдөө.

4. Алынган маалыматтарды нано илимдин жаңы жоболорунун позициясынан чечмелөө.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы. Графен наноленталары индий жана алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн беттеринде алынган. Индий нанобөлүкчөлөрүнүн эритмесинин бактерициддик касиеттери биринчи жолу изилденди. Ар кандай мүнөздөгү суюк диэлектриктерде өндүрүлгөн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин фазалык пайда болуу өзгөчөлүктөрү салыштырылат. Импульстуу плазма индий-гексан системасын термодинамикалык моделдөө жүргүзүлдү.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси. Изилдөөлөрдүн жыйынтыктары Кыргызстандын экономикасын өнүктүрүү үчүн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин графен наноленталарынын наноструктураларын алуу технологияларына багытталган илимий изилдөөлөрдү өнүктүрүү үчүн колдонулушу мүмкүн.

Диссертациянын коргоого коюлуучу негизги жоболору:

1. Импульстуу плазма энергиясын колдонуу аркылуу индий жана алюминийдин гександа, этил жана изопропил спирттеринде, деиондоштурулган сууда наноструктуралоо; алынган дисперсиялардын фазалык курамы;

2. Импульстуу плазманын, суюк чөйрөнүн жана наноструктуралуу материалдын жамааттык өз ара аракеттешүүсүнө жараша алынган наноструктураларга физикалык-химиялык анализдин жыйынтыктары;

3. 0,025Дж бир импульстуу плазманын энергиясында индийдин гександагы өзүн-өзү уюштуруусунун жыйынтыктары;

4. 0,05 Дж бир импульстуу плазманын энергиясында индийдин гександагы наноструктурлануусунун жыйынтыктары;

5. Индийди гександа бир импульстуу плазманы колдонууда наноструктурлануусунун озгочолуктору;

6. Алюминийдин этил жана изопропил спирттеринде наноструктурлануусунун жыйынтыктары;

7. Толуолдо алынган алюминий наноболукчолорунун бетинде графен наноленталарынын пайда болуусу;

8. Индийдин наноэритмесинин бактериялык активдуулугу изилдоонун жыйынтыктары.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Индий менен алюминийдин наноструктураларын синтездөө, алынган натыйжаларды анализдөө жана негиздөө максатында лабораториялык объектилерде эксперименттерди жүргүзүүдөн турат. Автор металлдык индий менен алюминийге негизделген нанобөлүкчөлөрдү синтездеген, алынган наноструктуралардын фазалык курамын, морфологиясын жана структурасын өз алдынча изилдеген, рентгендик фазалык анализдин, трансмиссиялык жана сканерлоочу электрондук микроскопиясынын (ПЭМ, СЭМ), Раман спектроскопиясынын, нано илиминин заманбап көз караштары менен алынган жыйынтыктарды талдап жана талкуулашты.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Диссертациялык иштин материалдары төмөнкү директерге билдирилген жана талкууланган: «Чоң илимге кадам алуу» (КР УИА, Бишкек ш., 2013 ж.) Кыргызстандын жаш окумуштууларынын илимий-практикалык конференциясы, эл аралык илимий-практикалык конференциясында көз карандысыз Кыргызстандын биринчи премьер-министри, СССРдин Инженердик академиясынын академигинин 70-жылдык юбилейине арналган "Насирдин Исанов-Кыргыз Республикасынын көрүнүктүү ишмери", (Н. Исанов атындагы КГУСТА, Бишкек ш., 2014), Нанотехнологиялар, нанотүзүлүштүү материалдар: Кыргызстандын өнүгүү келечеги" аттуу эл аралык илимий конференция (УАК КР, Бишкек ш., 2020).

Диссертациянын натыйжаларынын басылып чыгарылышы. Диссертациялык иштин жыйынтыгы боюнча 9 илимий макала жарыяланган, анын ичинен 7 макала РИНЦ системасына индексациялануучу басылмалардан чыгарылган. Кыргыз Республикасынын 1 патентин алган.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертация киришүүдөн, 3 бөлүмдөн, жыйынтыктарды талкуулоодон, корутундулардан жана колдонулган адабияттардын тизмесинен турат. Эмгек компьютердик комплектин 83 бетинде берилген, 8 таблицадан жана 30 сүрөттөн турат.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Диссертациянын кириш сөзүндө изилдөө өткөрүүнүн актуалдуулугу жана зарылдыгы көрсөтүлдү, изилдөөнүн максаты жана маселелери, жаңылыгы, практикалык маанилүүлүгү, коргоого коюлган диссертациянын негизги жоболору жана изилдөөнүн жыйынтыктарын жайылтуу чагылдырылды.

1 бап. Адабий сереп. Индий жаратылышта чачыранды түрдө жана жана сейрек кездешкендигине карабастан, эрүү температурасы төмөн жана жумшак болгондуктан, коррозияга каршы каптоолор үчүн колдонулат; күчтүү ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарда подшипниктерди каптоо үчүн индийди колдонуу да маанилүү .

Индийди жана анын айрым кошулмаларын жарым өткөргүч электроникада колдонуунун келечеги бар.Сейрек кездешүүчү жана өтө чачыранды түрдө кездешкен индийди керектөө койгойүнүн оптималдуу чечими миниатюрлаштырылган нанотехнология менен индий наноструктураларын өндүрүү болуп саналат. Алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн кошулмалары күйүүчү заттардын күйүү ылдамдыгынын жана жылуулугунун жогорулашына өбөлгө түзөөрү көрсөтүлгөн [L. Galfetti, L. T. de Luca, F. Severini,2006].

Ошол эле учурда, катуу бөлүкчөлөрдүн кошулушуна салыштырмалуу алюминий нанопорошокторун колдонууда катуу ракета отунунун күйүү ылдамдыгы 5-20 эсе жогору болушу мүмкүн.Алюминий нанобөлүкчөлөрү коррозияга туруктуу коргоочу (каптоолорго) кошумча катары колдонулат [D. E. Tallman, K. L. Levine, Ch. Siripirom, 2008]. Каптоонун (жабуунун) эффективдүү таасир этүүсү үчүн калыңдыгы 10-13 нм болгон катмар жетиштүү [H. G. Kim, J. I. Park, G. H. Lee, 2013].

Мындан тышкары, алюминий бөлүкчөлөрүнүн каптоо курамына кошулушу электрдик ийкемдүүлүккө алып келет (бир эле колдонулган чыңалууда ар кандай өткөргүчтүктүн эки абалы). Алюминийдин нанодисперстүү порошоктору суутек энергетикасында колдонулат [А. П. Ильин, А. В. Коршунов, Л. О. Толбанова, 2007]. ИПЖга көптөгөн мүнөздөмөлөрү боюнча окшош болгон жарылуучу технологиялар менен алынган металл нанобөлүкчөлөрүнүн эффект мүнөздөмөсү кошумча же ашыкча энергиянын болушу менен байланышкан.Биздин оюбузча, алюминий нанобөлүкчөлөрүндө ашыкча энергиянын болушу нанокүкүмдөрдү (күл майда) ТНТ алуу колдонууга жана суутектин суудан эффективдүү бөлүнүп чыгышына мүмкүнчүлүк берет.

2 бап. Изилдөөнүн методдору жана ыкмалары

Электроддор үчүн материалдар катары металлдык индий 99,99%түү жана алюминий колдонулган. Чөйрө катары химиялык таза сорттогу суюк углеводороддор жана деиондоштурулган суу колдонулган.

2.1. Изилдөөнүн материалы жана ыкмалары

Рентген-фазалык анализ. Импульстуу плазмада наноструктуралуу продуктулардын рентген фазалык анализи (РФА) порошок ыкмасы менен жез нурлануусу бар RigakuRINT-2500VHF дифрактометринде жана PIXcel3D детектору бар PANalytical рентген аппаратында жүргүзүлгөн.

Сканерленген электрондук микроскопия. Scanning ElectronMicroscope, СЭМ. Электрондук микроскоп JSM-5310LV жана СЭМ Jeol 7001TTLS колдонулду.

Раман спектроскопиясы. Нурланган спектрдин түрдүү фонондук термелүүлөрүнүн козголушунан улам лазердик нурлануунун үлгү боюнча

ийкемсиз чачырашын каттоого негизделген Раман спектроскопиясы (КРС же Раман спектроскопиясы), графенди изилдөөнүн ажырагыс бөлүгү болуп саналат.

2.2. Суюктуктагы импульстук плазма. Суюк чөйрөдө (ИПЖ) түзүлгөн жана химия жана химиялык технологиялар институтунун нанотехнология лабораториясында наноструктураларды түзүү үчүн колдонулган импульстуу плазма, катуу наноструктураны түзүүнүн эң эффективдүү ыкмаларынын бири.

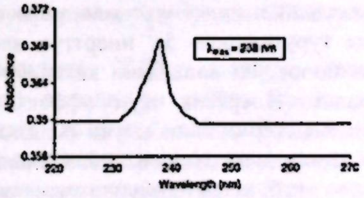
Изилдөөнүн объектиси: суюк диэлектриктерде (ИПЖ) түзүлгөн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин наноструктуралары .

Изилдөөнүн предмети: ИПЖ дагы индий менен алюминийдин наноструктуралары, морфологиясы, структурасы, өлчөмдөрү. Индий менен алюминийдин наноструктуралуу продуктуларынын фазалык курамынын бир импульс энергиясына, чөйрөнүн курамындагы көз карандылыгы.

3 бап. Жеке изилдөөнүн жыйынтыктары

3.1. Наноструктуралуу индий бөлүкчөлөрүнүн пайда болушуна айлана-чөйрөнүн таасири. Наноструктуралардын укмуштуу физикалык-химиялык касиеттери аларды массалык материалдарга салыштырмалуу бир нече азайган санда жана төмөнкү концентрацияда колдонууга мүмкүндүк берет. Бул индийди камтыган сейрек кездешүүчү, чачыранды жана тартыш металлдарды колдонууда өзгөчө маанилүү.

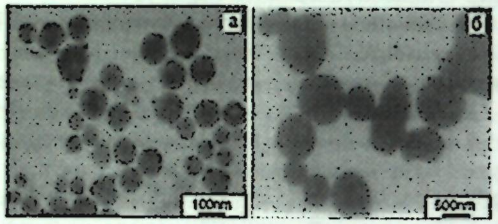
Сферикалык өлчөмдөгү суюктуктарда натрий боргидридинин метанол эритмеси менен $InCl_3$дин калыбына келтирүү учурунда чоң өлчөмдөгү индий нанобөлүкчөлөрү пайда болот. Авторлор диаметри 20 нм болгон тоголок индий нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушун көрсөтүшкөн; УФ-спектрлеринен индий нанобөлүкчөсүнүн мүнөздүү 238 нм сызыгы табылган. Рентгендик фазалык анализдин жыйынтыктары боюнча торчо параметрлери менен тетрагоналдуу индий нанобөлүкчөлөрү алынган: a = 0,3250 нм жана c = 0,4944 нм, бул тетрагоналдуу индийдин окшош маалыматтары менен дал келет (a = 0,3251 нм жана c = 0,4954 нм). Дифрактограммада индий оксидинин чагылыштары (рефлекстери) аныкталган (222, 431, 622), балким, иондуу суюктуктун жана метанолдун курамындагы кычкылтек менен индий нанобөлүкчөсүнүн бетинин кычкылданышынан, ошондой эле, сактоо учурунда атмосфералык кычкылтек менен болушу мүмкүн. Авторлор тарабынан синтезделген үлгүлөрдөгү индий оксидинин составы импульстуу плазмада индий дисперсиясынын продуктуларында индий оксидинин составынан жогору болот.



1-сүрөт - Иондук суюктуктагы индий нанобөлүкчөлөрүнүн УФ спектри

РФА анализи (Phillips X'Pert PRO) көрсөткөндөй, парафин майындагы индийдин эришинен УК нурлануусунун таасири астында металлдык индийдин нанобөлүкчөлөрү төрт бурчтуу (тетрагоналдык) системанын кристаллдык торчосу менен түзүлөт: a = 0,3251 nmis = 0,4945 нм, бул массалык үлгү үчүн дал келет. Дифрактограммда индий оксидинин бир нече чокулары аныкталган (hkl: 222, 431, 622 менен), бул абада кургатылганда индий нанобөлүкчөлөрүнүн бетинин кычкылдануусу менен байланышкан.

JEOL JEM-100CX берүүчү электрондук микроскоптун (ПЭМ) жардамы менен алынган маалыматтар (3.1.2-сүрөт) диаметри 50-70 нм (а-УЗИ күчү 1200 Вт / см2), 300-500 нм сфералык индий нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушун көрсөтөт. (б - УЗИ кубаты 800 Вт / см2), б.а. УЗИ күчү канчалык жогору болсо, индий нанобөлүкчөлөрү ошончолук кичине болот.

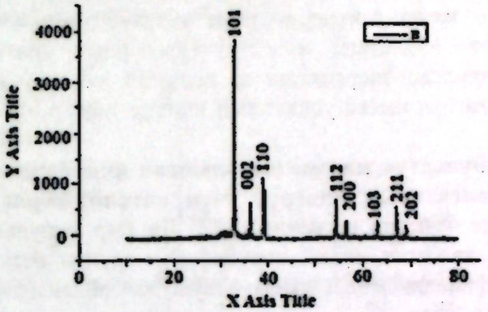


3.1.2-сүрөт - массалык индийдин УЗИ нурлануусу менен алынган индий нанобөлүкчөсүнүн ПЕМ сүрөтү: а) 1200 Вт / см2 нурлануу күчүндө; б) 800 Вт / см2.

3.1.1.Гександагы индийдин наноструктурасы

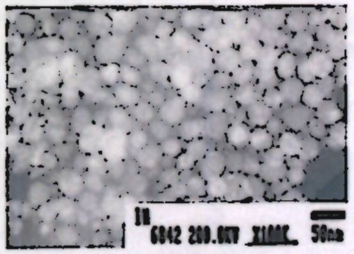
Кычкылтектин изи жок таза индийдин металлдык нанобөлүкчөлөрүн алуу максатында индийди бөлмө температурасында C_6H_{14} гександа дисперсиялоо керек. Өзүнчө бир импульстун энергиясы 0,025 Дж. таасири астында пайда болгон газ көбүгүнүн көлөмү 10^{-3} $см^3$, көбүктүн бетинин аянты $36{\cdot}10^{-4}$ $см^2$, өзүнчө бир импульс күчү 6,666 кВт / $см^2$, б.а изилдөөнүн УЗИ күчүнөн 5,5 эсе жогору. Өзүнчө бир импульстун аракет этүү зонасындагы жогорку температура электроддук материалды гана эмес, ошондой эле C, H_2, CH_4 ж. металл нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушуна өбөлгө түзүүчү калыбына келтирүүчү чөйрө түзүлөт. Редукциялоочу чөйрөнүн калыбына келүүсүнөн тышкары, индий металлынын нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушун индийдин бир валенттүү абалы турукташкан $5s^2$ инерттүү электрон жубунун таасири менен түшүндүрүүгө болот, ал калыбына келтирүүчү чөйрөдө оңой нолдук валенттүү болуп калат. Инерттик жуп эффекти 13, 14, 15 жана 16-группалардын оор элементтеринде табылган релятивисттик эффекттер менен түшүндүрүлөт. S-электронунун химиялык байланыштарды түзүүгө катышуу жөндөмүнүн төмөндөө кубулушу көбүнчө *инерттик жуп эффекти деп аталат.*

Гександагы индийдин дисперсиялык продуктусунун рентген фазалык анализинин натыйжалары (CuKα нурлануу менен λ = 1,54187 Å) (3.1.1.3-сүрөт) тетрагоналдуу структурасы бар металл индийинин линияларын аныктоого мүмкүндүк берди (мейкиндик топ 14)/ммм (139), изилдөөчүлөр сыяктуу эле жана кристаллдык торчонун параметрлери: a = 0,3258 нм, c = 0,4953 нм, бул JCPDF файлынын маалыматы менен дал келет, файл 85-1409. Күтүлгөндөй эле индий оксидинин линиялары табылган жок.



3.1.1.3-сүрөт - 0,025Дж өзүнчө бир импульс энергиясында гександагы индийдин РФА наноструктуралары (бир импульстун күчү 6,666 кВт / см2).

СЕМ сүрөтү (3.1.1.4-сүрөт) 9-20 нмден 40 нмге чейинки өлчөмдөгү индий металл бөлүкчөлөрүнүн конгломераттарын көрсөтөт.



3.1.1.4-сүрөт - 0,025 Дж бирдиктүү импульс энергиясында гександагы индий дисперсиясынын продуктусунун СЕМ сүрөтү.

Индий бөлүкчөлөрүнүн УЗИ методу менен синтезделишинен айырмаланып,анда индий оксиди да пайда болот жана бөлүкчөлөрүнүн диаметри 50 нмден ашат, гександа пайда болгон импульстуу плазманы колдонуу конгломерация менен алгандагыдан да кичине таза индий металлынын бөлүкчөлөрүн алууга мүмкүнчүлүк берет.

Биздин оюбузча, ультразвуктук наноструктурага салыштырмалуу ИПЖда кичине нанобөлүкчөлөрдүн пайда болушу импульстуу плазма энергиясынын массалык индийге көбүрөөк топтолгон жана күчтүү таасири менен байланыштуу.

Биздин колдонгон индийди түз наноструктуралаштыруу ыкмасы,индийдин нанобөлүкчөлөрүн синтездөөгө ниеттенген бардык лабораториялардын кызматкерлери үчүн жеткиликтүү болуп саналат. Башка нерселер менен катар жардыруу үчүн түзүлүштөргө жана муздаткычтарга муктаждык жок. ИПЖдагы наноструктуралардын синтезинин бардык оң аспектилери берилген энергиянын аз көлөмдө жогорку концентрациясынын жана катуу затка өтө кыска убакыттын ичинде таасир этишинен улам пайда болот.

3.1.2. Импульстук плазмадан алынган индийдин-нанобөлүкчөлөрү - графен наноленталарын өндүрүү үчүн катализаторлор. Индий жогорку ИПЖ кубатында чачырап кеткенде, 0,025 Дж бир импульс энергиясында биз тарабынан аныкталбаган индий нанобөлүкчөлөрүнүн бетинде алынган жаңы көмүртек модификациясынын пайда болушуна байланыштуу абдан кызыктуу жыйынтыктар алынган.

Бөлүкчөлөрдүн түйүлдүк пайда кылуусунун жогорку ылдамдыгы анын өсүшүнүн төмөн ылдамдыгында, суюк чөйрөдө эң аз көлөмдө импульстуу плазманын энергиясын колдонуп, индий нанобөлүкчөлөрүн синтездөө үчүн сунушталган методубуздун табигый мүнөзү болуп саналат.

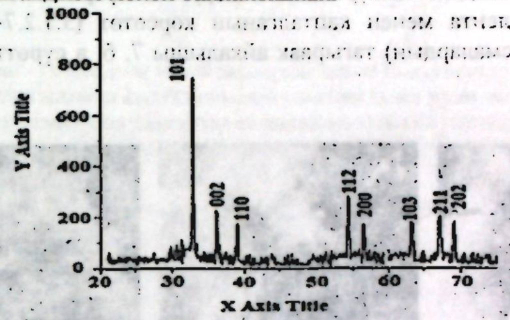
Сунушталган наноструктуралык ыкма вакуумдук жабдууларды, жогорку энергия жана материалдык чыгымдарды, муздаткычтарды талап кылбайт жана бул өтө маанилүү ар кандай ток өткөргүч, атүгүл эң отко чыдамдуу материалдарды дисперсиялоо үчүн ылайыктуу.

Бир катар эксперименттерден кийин 4мкФ сыйымдуулугу бар конденсаторлорду колдонуу менен жетишилген 0,05Дж бир импульс режими тандалды.

Индий нанобөлүкчөлөрүн алуу үчүн, гексанга чөмүлгөн 99,999% тазалыктагы эки индий электродунун ортосунда 10^{-3}с узактыгы бар 0,05 Дж (13,332 кВт / см2) кубаттуулуктагы өзүнчө бир импульс түзүлдү. Индий дисперсиялык продуктусунун түшүмдүүлүгүн жогорулатуу үчүн мурунку экспериментке(0,025 Дж) салыштырмалуу өзүнчө бир импульс күчүнүн өсүшү жасалды. Продукция эки эсе көбөйөт. Үзгүлтүксүз 6 саат дисперсиялоодо дисперстин түшүмдүүлүгү металлдык индийи үчүн 1,2 г болгон.

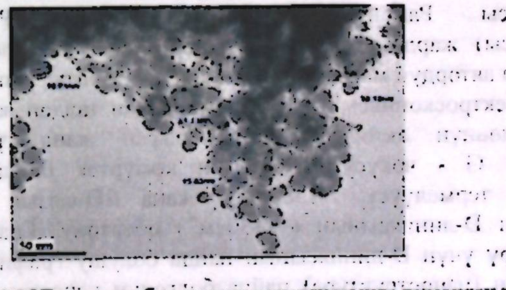
Гександагы индийдин наноструктурасынын продуктусунун морфологиясы жана бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү JEOLJEM-1400 чагылтып берүүчү электрондук микроскоптун жардамы менен изилденген.

Рентген фазасынын анализи (3.1.2.5-сүрөттө дифрактограмма) мурунку экспериментте 0,025 Дж болгон борборлоштурулган тетрагоналдуу элементардык ячейкасы бар индий бөлүкчөлөрүнүн пайда болгонун көрсөттү. Бирок, мурунку экспериментке салыштырганда , параметрлердин азайгандыгы: мейкиндик тобу 14 / мм, *a* и *c* (a=0,323 нм, c=0,489 нм), z=2 жана индий дисперсиялык продуктусунун жогорку энергия менен каныгуусу жана бөлүкчөлөрдүн кристаллдык торчолорунун бирдиктүү импульс энергиясында 0,05Дж тыгыздалгандыгы менен байланышкан.



3.1.2.5-сүрөт - 0,05 Дж өзүнчө бир импульс энергиясында гександан индийдин дисперсиясынын РФА сүрөтү

ПЕМ сүрөтү (3.1.2.6-сүрөт) 0,05 Дж бир импульс энергиясында гександагы индийдин наноструктурасы 10–22 нм өлчөмүндөгү индий нанобөлүкчөсүнүн пайда кыларын көрсөтөт. Көлөмү 22нм ден жогору болгон нанобөлүкчөлөр аныкталган эмес, б.а. өзүнчө бир импульстун жогорку күчүндө кичирээк индий нанобөлүкчөлөрү пайда болот.

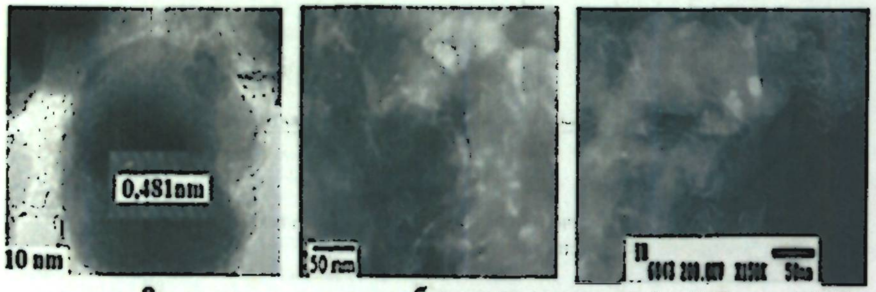


3.1.2.6-сүрөт - 0,05Дж өзүнчө бир импульс энергиясында гександан индийдин дисперсиясынын ПЭМ сүрөтү

Тунук кристаллдык торчосу бар индий ПЭМ сүрөтү алынды (3.1.2.7 - сүрөт, а). Параметр c=0,481 нм өлчөмдө (3.1.2.7, а -сүрөт) болгон өзүнчө бир

импульс энергиясында алынган индий нанобөлүкчөлөрүнө караганда 0,025 Дж алда канча аз параметрдеги c=0,481 нм (3.1.2.7, а -сүрөт) өлчөндү. 0,05 Дж бирдиктүү импульс энергиясында алынган индий нанобөлүкчөлөрүнүн кристаллдык торчолорунун а жана в параметрлеринин төмөндөшүн дагы кичине өлчөмдөрү менен түшүндүрүүгө болот, б.а. бетинин жогорку чыңалуусу.

Индий нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ сүрөттөрүн кылдат талдоо, алар биз ойлогондой, гександын көмүртек атомдорунан түзүлгөн нанодиапазондогу өлчөмдө тунук лента менен капталганын көрсөтөт (3.1.2.7-сүрөт, а, б, в). Ленталардын (тасмалардын) тагыраак айкалышы 7, б, в сүрөттөрүндө көрүнүп турат

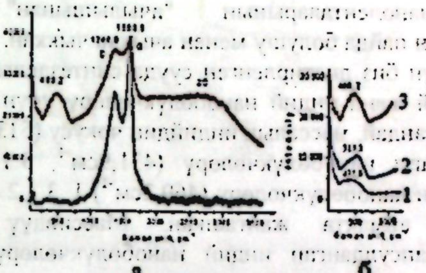


а б в

3.1.2.7 – сүрөт. 0,05 Дж (а) импульс энергиясынын бирдигинде гександагы индий нанобөлүкчөлөрүнүн элементардык ячейкасынын ПЭМ сүрөтү, Нанолента түрүндөгү түймөктүү мембрананын ПЭМ сүрөттөрү (b, c)

Наноленталардын пайда болушун тастыктоо үчүн индий нанодисперсиясы Раман спектроскопиясынын (КРС же Раман спектроскопиясы) жардамы менен изилденген. Раман спектроскопиясынын жыйынтыктары автордун маалыматтары менен салыштырылган.

Раман спектроскопиясынын маалыматтарын талдап жатканда, жогоруда аталган изилдөөнүн автору графит, графен жана графен оксидинин спектрлеринде: G - чокусу (графиттин көмүртек байланыштарынын sp^2 системасынын термелүүсү, ~1580см$^{-1}$) жана 2D-сызык (дефект зонасы, ~2700см$^{-1}$), бул D-линиясынын (~1330см$^{-1}$) обертону. Графен оксиди жана графен үлгүлөрү үчүн D-линиясынын пайда болушу графитке карата дефект структурасынын (наноструктура) пайда болгонун көрсөтөт, ал эми "тегерек" чокунун пайда болушу (графен структурасындагы катмарлары) (2700см$^{-1}$) анын санынын азайганын көрсөтөт.


а б

3.1.2.8-сүрөт - Гександагы индий дисперсиясынын Раман спектри
а) дисперсиядан жаңы алынган индийдин раман-спектри(1),эки жума сактагандан кийин(2); б)индийдин раман-спектри:суудан алынган индийдин нанобөлүкчөлөрү(1), массивдүү индийдин(2), гександан алынган индий (3).

Гександагы ИПЖдан алынган индий нанобөлүкчөлөрүнүн Раман спектри ошондой эле эки интенсивдүү чокуну ачкан (3.1.2.8-сүрөт, а, кара сызык). Алардын бири, G-линия деп аталган көмүрдүн sp^2-байланыштарынын термелүүсү менен шартталган (~1588,5см$^{-1}$, графит зонасы), D-сызыгынын болушу (~1348,9см$^{-1}$) көмүртек наноструктурасы үчүн мүнөздүү болгон өлчөмдүү эффект менен графиттин дефектик структурасынын калыптанышын көрсөтөт.

Графиттен айырмаланган башка наноструктуранын пайда болушу индий нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ сүрөтүндө ачык байкалат (3.1.2.8-сүрөт, б,в). Индий нанобөлүкчөлөрү тунук нано-тилкелерге оролгонун көрүүгө болот. Импульстуу плазмадан индийдин жаңы үлгүсүнүн Раман спектринде D-линиясынын 2D обертонунун жоктугу индий нанобөлүкчөлөрүнүн беттеринде графен нанолентасынын көп катмарлуу пленкасы пайда болгонун көрсөтөт. 1-2 жума сактагандан кийин продукциянын дифрактограммасы өзгөргөн жок, б.а. нанобөлүкчөлөрүнүн кристаллдык структурасы өзгөрүүсүз калган. 3.1.2.8-сүрөт, а (кызыл сызык) боюнча гександагы индий дисперсиясынын продуктусунун Раман спектринин формасы жөнүндө айтууга болбойт. Бул спектрди кылдат талдоодо, биз D сызыгынын интенсивдүүлүгү төмөндөп, эки тегеректелген чокунун 469,2см$^{-1}$ жана 2250-3450см$^{-1}$ де пайда болгонун аныктадык. Биз D-чокусунун интенсивдүүлүгүнүн төмөндөшүн индий нанобөлүкчөлөрүнүн беттериндеги графен катмарларынын санынын азайышы менен түшүндүрөбүз, бул биздин шартта графен нанолентасынын ачылышы өз кезегинде жалпак көмүртектүү наноструктуралардын пайда болушу менен байланышкан, Адабияттык маалыматка ылайык, биринчи даражадагы тилкелерден тышкары, Раман спектрлеринде 2693, 2935 жана 3145см$^{-1}$ (2D аймагы) жайгашкан диапазондордун белгилүү бир айкалышы байкалат. Биз чокунун чыгышын 469,2см$^{-1}$ индий нанобөлүкчөлөрү менен байланыштырдык,

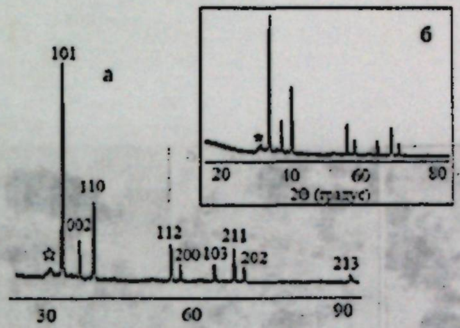
алар графен наноленталарынын "ачылышынан" улам жалпак наноструктуралардын пайда болушу менен ачыкка чыккан. 469,2см$^{-1}$ чокусунун табиятын тактоо үчүн биз дистирленген сууда синтезделген көмүртек кабыгы жок массалык индий жана индий нанобөлүкчөлөрү үчүн Раман спектрлерин алдык. Көрүнүп тургандай, массалык индийдин чокусу (513,3см$^{-1}$, 3.1.2.8-сүрөт, 2), индийдин суудагы нанобөлүкчөлөрү (431,9см$^{-1}$, 3.1.2.8-сүрөт, 1) жана гександагы индийдин нанобөлүкчөлөрү (469,2см$^{-1}$) 1, 3.1.2.8-сүрөт, 3) ошол эле кыска толкундуу аймакта жайгашкан. Массивдүү индий чокусуна салыштырмалуу капсулданган индий нанобөлүкчөлөрүнүн жана суудагы нанобөлүкчөлөрдүн кесилиш линиялары кыска толкун узундуктарында жайгашканын белгилей кетүү керек. Суудан индий нанобөлүкчөлөрүнүн чокусу көбүрөөк жылат, башкача айтканда, майда нанобөлүкчөлөр сууда пайда болот. Раман спектрлеринин анализинин жыйынтыгынан алынган эсептелген өлчөмдүк мүнөздөмөлөр (тагыраак айтканда, массалык индийдин спектрине карата жылыштар) төмөндөгүдөй: гександан капсулданган индийдин нанобөлүкчөлөрү - 15 - 35нм, индийдин суудан нанобөлүкчөлөрү - 7 -13 нм.

Ошентип, 0,05 Дж импульстуу плазма энергиясын колдонуу менен индийди дисперсирлөө жолу менен көмүр менен капталган (графен нанолентасы) 15-35нм өлчөмдөгү индий нанобөлүкчөлөрү алынган (Раман спектроскопиясынын жыйынтыгы боюнча). Графен нанобөлүкчөлөрүнүн "ачылышынан" кийин Раман спектринде индий нанобөлүкчөлөрүнүн линиясынын пайда болушу жана индий нанобөлүкчөлөрүнүн "экспозициясы" гександан индий нанобөлүкчөлөрүнүн беттеринде графен нанолентасынын пайда болушу жөнүндөгү божомолубузду тастыктайт.

3.1.3. Бир атомдуу спирттерден жана деиондоштурулган суудан алынган индий нанобөлүкчөлөрү. Индий оксидин In_2O_3 кычкылтекти камтыган суюк чөйрөдө синтездөө үчүн милдет коюлган, анткени индий оксиди (In_2O_3)-диапазону болжол менен 2,9 эВ болгон кең боштуктуу n тибиндеги жарым өткөргүч, анын мүнөздүү белгиси электромагниттик нурлануунун көрүнгөн диапазонунда тунуктук менен айкалышкан эркин электрондордун жогорку концентрациясы болуп саналат.

Массалык индий 0,05Дж бирдиктүү импульс энергиясында наноструктураланган. Этил, изопропил спирттери жана суюк чөйрө катары деиондоштурулган суу тандалган.

Деиондоштурулган сууда (3.1.3.9-сүрөт, б) жана этил спиртинде (3.1.3.9,а-сүрөт) индий дисперсиялык продуктуларынын рентген фазалык анализи көрсөткөндөй, бардык линиялар 14/мм (139) мейкиндик тобу бар металлдык тетрагоналдуу индийге таандык.



3.1.3.9 -сүрөт - Этил спиртиндеги (а) жана деиондоштурулган суудагы (б) индийдин РФА дисперсиялык продуктусы

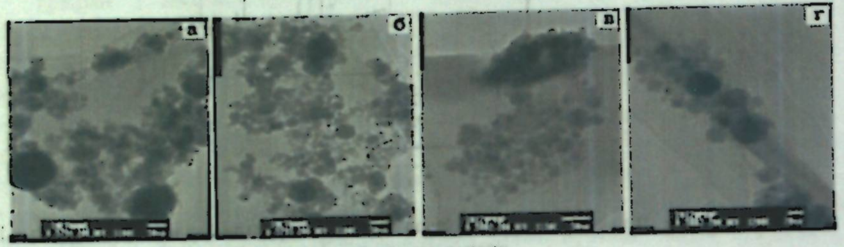
Индийдин дистирленген сууда таралышынын продуктусу үчүн а=0,3251 нм жана с=0,4945 нм; а=0,3256 нм жана с=0,4951 нм этил спиртинде. Изопропил спиртиндеги индий дисперсиясынын продуктусу үчүн окшош а=0,3267 нм жана с=0,4961 нм параметрлери алынган. Мындан тышкары, ар бир дифракциянын үлгүсү индий оксидинин куб сингониясына таандык (2Θ=30,68) алсыз чокуну (жылдызча менен белгиленген) көрсөтөт. Металлдык индий жана индий оксидинин чагылуу сызыктарынын интенсивдүүлүгүнөн эсептелген индий оксидинин курамы бардык үлгүлөрдө 3% дан ашпайт.

JEOLJXA-8230 энергия дисперсиялык анализатору менен сканерлеген электрон микроскопунда жасалган этил (3.1.3.10-сүрөт, а) жана изопропил (10-сүрөт, б) спирттериндеги индий дисперсиялык продуктулардын СЭМ сүрөттөрү конгломераттарды көрсөтөт, нанобөлүкчөлөрү көрүнбөйт.

Индий нанобөлүкчөлөрү пайда болгондон кийин, дисперсиялык чөйрөдө (этил, изопропил спирттери, суу) кычкылтектин болушунан улам ачык эле алардын беттеринде оксид пленкасы пайда болот. Коргоочу кычкыл пленканын пайда болушу индий нанобөлүкчөлөрүнүн стабилдешүүсүнө өбөлгө түзөт, ошонун эсебинен алардын андан ары кычкылдануусу болбойт, бул этил спиртинен нанобөлүкчөлөрдүн рентген фазалык анализи менен эки жума сакталып тургандан кийин тастыкталган.

Индий нанобөлүкчөлөрүн аныктоо үчүн, үлгүлөр JEOL-200FX жогорку мүмкүнчүлүккө ээ болгон электрондук микроскоптун (ПЭМ) жардамы менен анализденген.

Этил жана изопропил спирттериндеги индий дисперсиялык продуктуларынын ПЭМ жыйынтыктары (3.1.3.10-сүрөт) тоголок индий нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушун орнотууга мүмкүндүк берди. Сүрөттөрдү анализдөөдө изопропил спиртинде (3.1.3.10-сүрөт, в, г) 0,5-10 нм өлчөмүндөгү кичирээк индий нанобөлүкчөлөрү пайда болгонун жана этил спиртинде (3.1.3.10-сүрөт,а,б) чоңдугу 1,5 нм ден 10 нм ге чейин болгондугу тастыкталды.



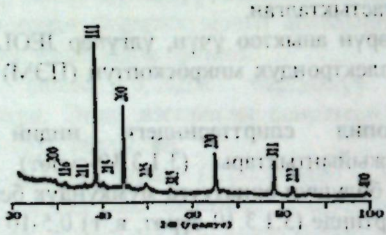
3.1.3.10 –сүрөт - (а,б) - этил спиртиндеги;(в,г) - изопропил спиртиндеги. индий нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ сүрөттөрү

Ошентип, бир атомдуу спирттерде (этил, изопропил) 0,05 Дж өзүнчө бир импульс энергиясында индийдин дисперсиясы металлдык индийдин тоголок модификациясынын орточо өлчөмү 5 нм болгон тоголок нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушу менен коштолот, б.а. авторлордукунан кичине жана авторлордун нанобөлүкчөлөрүнүн өлчөмүнө туура келет.

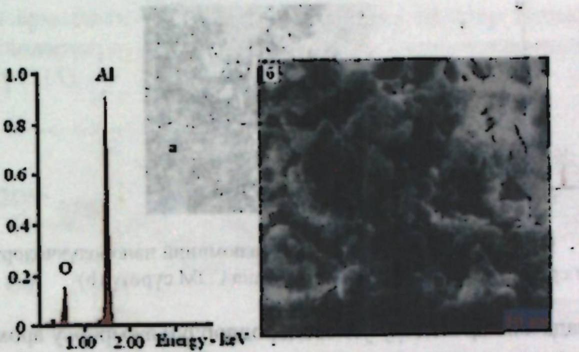
Жогорку ылдамдыктагы жогорку температурада кактоо жана оксидди коргоочу пленкадан улам, ИПЖдан алынган индий нанобөлүкчөлөрү абада сактоо учурунда андан ары кычкылданбайт. In_2O_3 дин кычкылтекти камтыган чөйрөлөрдө да алуу мүмкүн эмес, анткени индий тышкы электрон катмарындагы инерттик жуп электрондордун шарапаты менен металлдык нанобөлүкчөлөрдү пайда кылат.

3.1.4.Импульстуу плазмада алюминийдин наноструктурасы. Биз алюминий электроддорун этил жана изопропил спиртине дисперсияладык.

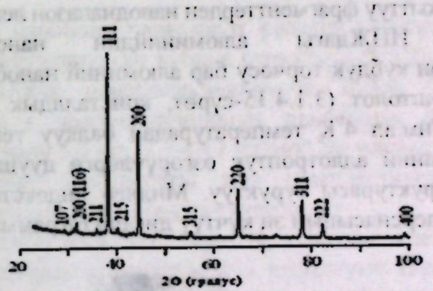
Алюминийдин этил спиртинен таралышынын дифракциялык моделин талдоонун жыйынтыгы боюнча (3.1.4.11-сүрөт): кристаллдык торчонун параметрлери: Al (куб) a = 4,0528; Al_2O_3 (тетрагоналдуу) a = 5,627 Å, c = 23,852 Å



3.1.4.11-сүрөт - Алюминийдин этил спиртинен дисперсиялануусунун дифрактограммасы

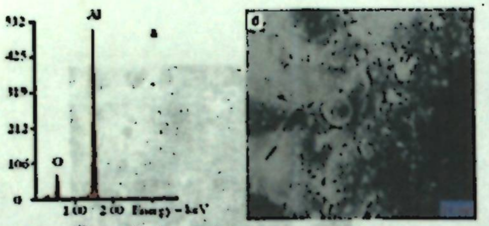


3.1.4.12-сүрөт - Алюминий нанобөлүкчөсүнүн этил спиртинде алынган энерго дисперсиялык анализ (а) жана СЭМ сүрөтү (б)



3.1.4.13-сүрөт - Изопропил спиртиндеги алюминийдин дисперсиясынын дифрактограммасы

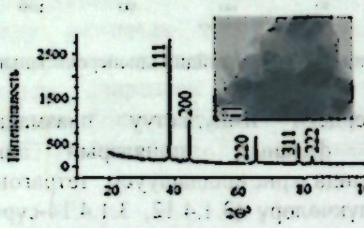
Бир атомдуу спирттердеги импульстуу плазмада алюминийдин дисперсияланышынан эки фазанын линияларын ачкан: металлдык алюминийдин куб системасында кристаллдашуусу, тетрагоналдык системада алюминий кычкылынын бөлүкчөлөрү (3.1.4.12, 3.1.4.14-сүрөт). СЭМ сүрөтү (3.1.4.14-сүрөт,оң жагында) алюминий эки чөйрөдө чачырап кеткенде, металл алюминийдин жана алюминий кычкылдарынын тоголок нанобөлүкчөлөрү пайда болгонун көрсөтөт. Эки чөйрөдө тең бөлүкчөлөрдүн өлчөмү 4 нм ден 10 нмге чейин. Энергетикалык дисперсиялык анализге ылайык (3.1.4.14-сүрөт,солдо) ИПЖ шартында бир атомдуу спирттерде негизинен металлдык алюминий пайда болору далилденген. Бул 62,06% (этил спиртинде), 63,06% (изопропил спиртинде). Этил спиртинен алынган продуктыдагы алюминий оксидинин пайызы 37,94%, изопропил спиртинен - 36,94%.



3.1.4.14-сүрөт - Изопропил спиртинде алынган алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн энергодисперсиялык анализи (а) жана СЭМ сүрөтү (b)

Импульстуу плазмада жыпар жыттуу-углеводороддордун ажыроосу ароматикалык ядролордун топтолушу менен коштолот деп божомолдоого болот жана ароматикалык фрагменттерден жана графен кластерлеринен металл нанобөлүкчөлөрдүн активдүү бетине чөгөт. Алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн бетиндеги жыпар жыттуу фрагменттерден нанодиапазон лентасы өсүшү ыктымал.

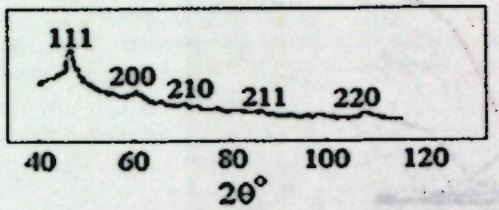
Толуолдогу ИПЖдагы алюминийдин наноструктурасы, бети борборлоштурулган кубдук торчосу бар алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушу менен коштолот (3.1.4.15-сүрөт, кристаллдык торчонун параметри: Al (куб) а=0,4057нм,ал 4^0K температурадан балкуу температурасына чейин туруктуу. Алюминий аллотроптук өзгөрүүлөргө дуушар болбойт, башкача айтканда анын структурасы туруктуу. Миллер индекстери менен толуолдон алюминийдин дисперсиясынын эң күчтүү дифрактограммасынын сызыгы.

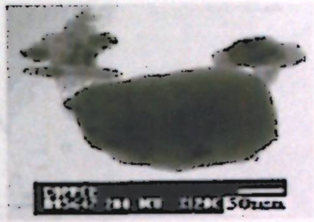


3.1.4.15–сүрөт - Толуолдон алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн дифрактограммасы

ИПЖдан алынган алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн рентген фазалык анализинин жыйынтыктары көрсөткөндөй, аларда (111) бурчтар бар, б.а. жыпар жыттуу толуол молекулаларынан графендин пайда болушу мүмкүн. Чынында эле, ПЕМ сүрөтүндө алюминий нанобөлүкчөлөрү графендин бир катмарлуу ленталарына "оролгон" (3.1.4.15-сүрөт).Алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн өлчөмү 5-50 нм.

Андан ары бизге кристаллдык торчонун Миллер индекстери менен жез нанобөлүкчөлөрүнүн беттеринде графен нанопленкасынын пайда болуусу көрсөтүлдү (111).





3.1.4.16-сүрөт - РФА продукциясы

3.1.4.17-сүрөт - Гександагы жез нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ сүрөтү

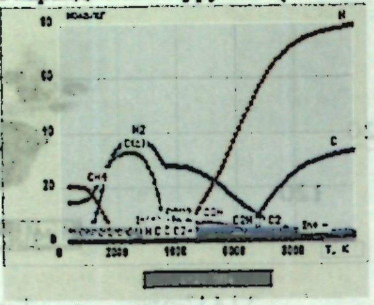
Гександагы жез нанобөлүкчөлөрүнүн рентген анализи (3.1.4.18-сүрөт) грано(бурчтуу) борборлоштурулган кубдук структура (ГЦК)) структурасы (ПГ O_h^5-Fm3m) менен металл нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушун түзүүгө мүмкүндүк берди. Жез нанобөлүкчөлөрүн радиалдык бөлүштүрүү ийри сызыгынын орточо өлчөмү 3,0 нм (3.1.4.17 -сүрөт).Эң интенсивдүү сызык (111) индексине туура келет. Гександагы жез нанобөлүкчөлөрүнүн чагылуу сызыктарынын жыйындысы ГЦК- торуна туура келет.

Бети борборлоштурулган төрт бурчтуу бирдик клеткасы бар индий нанобөлүкчөлөрүнүн дифрактограммасы 111 чагылууну көрсөткөн жок; (111) бетиндеги графендин артыкчылыктуу түзүлүшү жөнүндөгү божомолдор биздин изилдөөлөр тарабынан жокко чыгарылган. Балким, биздин учурда, ИПЖ агымынын шарттары маанилүү ролду ойнойт: убакыттын өтүшү менен жогорку басым менен температуранын айырмасы, процесстин кыска мөөнөтү жана энергиянын өтө аз көлөмдө топтолушу. Бул шарттардан улам, метастабилдүү энергияга каныккан индий наноструктураларынын – индий нанобөлүкчөлөрүнүн беттериндеги графен нанопленкаларынын пайда болушу жана стабилдешүүсү пайда болот.

3.1.5.Индийди гександа таркатуу процессин термодинамикалык моделдөө: $(C_6H_{14}$ - 1) + (In - 1). Курамы, моль / кг: С-34,812; Н- 81,229; In-4,355;

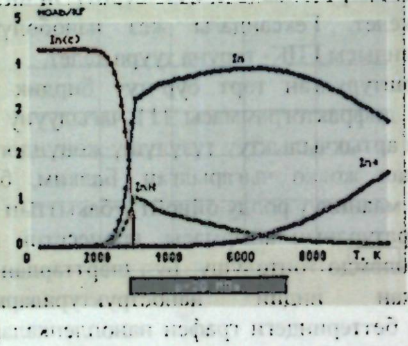
Индий-гексан системасынын элементардык курамын эске алуу менен, пайда болгон металл плазмасынын фазалык курамын алдын ала айтуу максатында импульстуу плазманын энергиясын колдонуу менен индий металлын гексанга чачыратуу(дисперсиялоо) процессинин физикалык-химиялык симуляциясы жүргүзүлгөн. Ошол эле учурда, эсептелген эксперименталдык маалыматтар 298ден 9993 К ге чейин, басымы 2х 10^7Па,

процесс убактысы 10^{-5} - 10^{-8} сек. Эсептелген маалыматтардын негизинде буу-газ плазмасындагы негизги компоненттердин (моль/кг) анын температурасынан графикалык көз карандылыгы курулган (3.1.5.20-сүрөт).



3.1.5.18-сүрөт - Негизги компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн учкунга жакын мейкиндиктин температурасына көз карандылыгы. (система C_6H_{14}–In), моль/кг: C -34,812; H- 81,229; In-4,355)

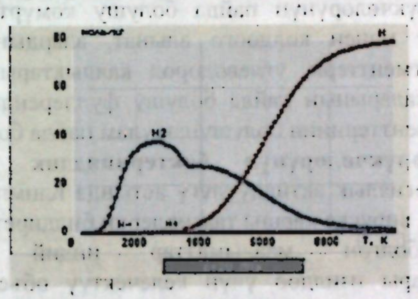
Төмөндө жеке компоненттердин концентрациясынын көз карандылыгы көрсөтүлөт: индий камтыган, суутек камтыган, көмүртектүү, углеводород фрагменттери



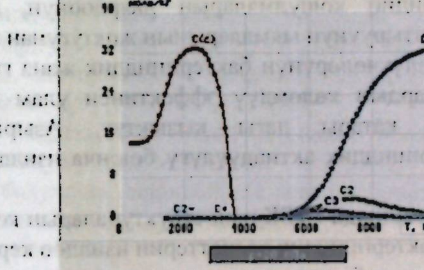
3.1.5.19-сүрөт - Индийди камтыган компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациясынын учкунга жакын мейкиндиктин температурасына көз карандылыгы (система C_6H_{14} -In), моль / кг: C -34,812; H- 81,229; In-4,355)

19-көз карандылыктан гександа индий дисперсиясы учурунда учкунга жакын мейкиндикте негизинен металлдык индийдин компоненттери пайда болгонун көрүүгө болот. 0-3000К температура диапазонунда өзүнчө бир импульс процессинин башталышында, буу-газ аралашмасында конденсацияланган индий бар, балким ал эрип жана буу түрүндө. 2000К температурада индий атомдорунан, индий гидридинен жана оң заряддуу Ин$^+$ катионунан турган металлдык плазма пайда болот.

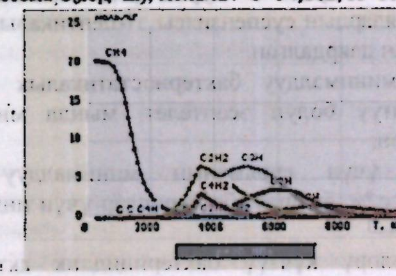
Индий нанобөлүкчөлөрү металл плазмасынан кескин муздаган кезде пайда болот. Жогорку температуранын айырмасы индий нанобөлүкчөлөрүнүн аман калышына мүмкүндүк берет.



3.1.5.20- сүрөт - Суутек камтыган компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациясынын учкунга жакын мейкиндиктин температурасына көз карандылыгы. (C_6H_{14} -системада), моль / кг: C -34,812; H - 81,229; In-4,355)



3.1.5.21-сүрөт - Көмүртек камтыган компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациясынын учкунга жакын мейкиндиктин температурасына көз карандылыгы. (система C_6H_{14}–In), моль/кг: C -34,812; H- 81,229; In-4,355)



3.1.5.22-сүрөт - Көмүртек учкундарынын концентрациясынын учкунга жакын мейкиндиктин температурасына көз карандылыгы (C_6H_{14}-In системада), моль / кг: C -34,812; H 81,229; In-4,355)

Индийди 0дон 10000К чейин таркатуу процессинде молекулалардан жана суутек атомдорунан турган учкунга жакын мейкиндикте редукциялоочу чөйрө пайда болот (3.1.5.20, 3.1.5.22-сүрөт). Суутек камтыган компоненттерден тышкары индий нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушу көмүртекти камтыган компоненттердин болушу менен колдоого алынат, алардын арасында C_2 түрүндөгү фуллерен фрагменттери, углеводород калдыктары бар (3.1.5.22-сүрөт). Графен нанопленкаларынын пайда болушу фуллерендин калдыктары жана жыпар жыттуу фрагменттеринин болушунан улам пайда болот.

3.1.6.Индий нанобөлүкчөлөрүнүн бактерициддик активдүүлүгү. Нанобөлүкчөлөрдүн биологиялык активдүүлүгү астында илимпоздор биринчи кезекте антибактериалдык, вируска каршы таасирлерди билдирет.

Адабияттардагы болгон маалыматтар индий кошулмалары фармакологдорду андан ары изилдөө үчүн келечектүү объектилер катары кызыктырып жатканын көрсөтүүдө. Индийди камтыган дары -дармектер медициналык практикада расмий түрдө колдонулбайт (радиофармацевтикалык каражаттарды кошпогондо). Бул, биринчи кезекте, фармацевтикалык максаттарга ылайыктуу индий кошулмаларын даярдоонун, колдонуунун, талдоонун жана стандартташтыруунун ыкмаларынын жоктугунан келип чыгат.

Балким, индий нанобөлүкчөлөрүнүн бактерициддик жана гипотензивдик касиеттери наноструктуралардын көлөмдүү эффектинен улам медициналык препараттар үчүн негиз катары дагы кызыктуу. Азырынча индий нанобөлүкчөлөрүнүн бактерициддик активдүүлүгү боюнча изилдөөлөрдү таба алган жокпуз.

Медицинада жана фармацияда ИПЖ наноструктураларын колдонуу үчүн, биринчи кезекте, алардын бактерициддик касиеттерин изилдөө керек болчу.

Сууда алынган индий нанобөлүкчөлөрү наноэритмеге өткөрүлдү. Индий нано-эритмесинин бактерициддик активдүүлүгү МУК 4.2.1890-04 "Микроорганизмдердин антибактериалдык дарыларга болгон сезгичтигин аныктоо" көрсөтмөсүнө ылайык суюк азыктуу чөйрөдө сериялык суюлтуу жолу менен изилденген. Бактериялардын суспензиясы эт-пептикалык агарында 37°С өскөн күнүмдүк культурадан даярдалган.

Сыноочу дарынын минималдуу бактериостатикалык концентрациясы акыркы пробиркада суюлтуу болуп эсептелет, мында микроорганизмдин визуалдык өсүшү жок болгон.

Diplococcussepticus үчүн сурьманын минималдуу ингибитордук концентрациясы 0,0014 масс.%, бифидумбактериялар үчүн индий үчүн - 0,002 масс.%.

Күмүш нанобөлүкчөлөрү күчтүү бактерициддик активдүүлүккө ээ. Индийдин нанобөлүкчөлөрү сурьма нанобөлүкчөлөрүнө салыштырмалуу алсызыраак бактерициддик активдүүлүктү көрсөтүшөт.

Diplococcussepticus 0,0014 масс.% үчүн сурьманын минималдуу ингибитордук концентрациясы, бифидумбактериялар үчүн индий - 0,002 масс.%, бифидумбактерия күмүш үчүн - 0,00001 масс.%

ЖЫЙЫНТЫКТАР

1. Гександа, этил жана изопропил спиртинде жана деиондоштурулган сууда индийди наноструктуралоодо төрт бурчтуу симметриянын металлдык нанобөлүкчөлөрү пайда болот. Индий оксиди In_2O_3 металлдык нанобөлүкчөлөрдүн беттеринде (дисперсиялык чөйрө: этил, изопропил спирттери, деиондоштурулган суу) коргоочу пленка катары пайда болот.

2. Индий 0,025 Дж бирдиктүү импульс энергиясында гександа тараганда, тетрагоналдык системада кристаллдашкан 9-40 нм металл нанобөлүкчөлөр пайда болот (14 / мм (139), кристаллдык торчонун параметрлери: a=0,326 нм , c=0,495 нм.

3. Өзүнчө бир импульстун энергиясынын 0,05 Дж чейин жогорулашы, графен нанопленкаларына оролгон ошондой эле симметриялуу металл нанобөлүкчөлөрдүн пайда болушуна алып келет. Мындай композиттер электроникада, альтернативдүү энергияда электр батареяларын, ошондой эле күн батареяларын түзүүгө негиз боло алат.

4. ИПЖ шарттарында индий металлдык нанобөлүкчөлөрүнүн басымдуу түрдө пайда болушу бул металлдын электрондук кабыгында инерттик жуп электрондун болушуна, ошондой эле реакция зонасында калыбына келтиргич атмосферанын пайда болушуна байланыштуу.

5. Алюминий этил спиртине тараганда, AL (62,06%) + Al_2O_3 (37,94%) курамдуу Al пайда болот, алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн өлчөмү 4-10 нм. Изопропил спиртинде Al (63,06%) + Al_2O_3 (36,94%) нанокомпозиттери да пайда болот.

6. Графен нанопленкалары алюминий нанобөлүкчөсүнүн бетинде толуолдогу наноструктурасы аркылуу синтезделген.

7. Индий нано-эритмесинин бактерициддик активдүүлүгү изилденген.

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

Графен нанопленкасы индий жана алюминий нанобөлүкчөлөрүнүн беттеринде алынган. Индий нанобөлүкчөлөрүнүн эритмесинин бактерициддик касиеттери биринчи жолу изилденди. Ар кандай мүнөздөгү суюк диэлектриктерде өндүрүлгөн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин фазалык пайда болуу өзгөчөлүктөрү салыштырылат. Импульстуу плазмалык шарттарда индий-гексан системасын термодинамикалык моделдөө жүргүзүлдү, изилдөөлөрдүн натыйжалары индий жана алюминий наноструктураларын,

графен нанопленкаларынын импульстуу плазмада Кыргызстандын экономикасын өнүктүрүү үчүн максаттуу иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн. Индий жана алюминий нанобөлүкчөлөрү жарым өткөргүч катары колдонууда, альтернативдүү энергияда жана медицинада колдонуу үчүн сунушталат. Ароматтык фрагменттери бар суюк углеводороддордо индий менен алюминийди наноструктуралоо технологиясы графен нанопленкасы-электроникада, күн батареяларында, катализде колдонуу үчүн жаңы, белгисиз касиеттери бар наноматериалдарды синтездөө үчүн эң жаны метод болуп саналат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ:

1. **Кудайбергенова, Д. С.** Синтез наночастиц индия с использованием энергии импульсной плазмы [Текст]/Д.С. Кудайбергенова // Вестник КГУСТА, 2013. - № 3. - С. 157-160. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23323421

2. **Кудайбергенова, Д. С.** Влияние среды на формирование наноструктурных частиц индия [Текст] /Д. С. Кудайбергенова // Известия вузов, 2014. - №5. - С. 43-45. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25113128

3. **Кудайбергенова, Д. С.** Наночастицы индия из импульсной плазмы в одноатомных спиртах [Текст]/ Д. С. Кудайбергенова // Известия Национальной академии наук Казахской Республики. Серия химия и технология, 2014. - № 4.- С. 84-87. http://chemistry-technology.kz/images/pdf/x2014/04.pdf

4. **Кудайбергенова, Д. С.** Квазикристаллическая кластерная модель жидких металлов [Текст]/Д. С. Кудайбергенова, А. С. Абдыкеримова // Известия ВУЗов. - 2015.- № 36. - С. 251-254. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26092353

5. **Кудайбергенова, Д. С.** Наноструктурирование редкого и рассеянного индия [Текст]/Д. С. Кудайбергенова // Молодой ученый. - 2016. - №19. - С. 36-40. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26740292

6. **Кудайбергенова, Д. С.** Indium Nanoparticles by pulsed plasma[Текст]:/ Д. С. Кудайбергенова, С. К. Сулайманкулова // Молодой ученый. - 2016. - №10. - С. 378-382. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26163637

7. **Кудайбергенова, Д. С.** Перспективы использования наноструктур из импульсной плазмы [Текст]/Д. С. Кудайбергенова, С. К. Сулайманкулова, Э. И. Сырымбекова, М. Сатиев, А. С. Маметова // Вестник ОшГУ. – 2017(6). - С. 44-49.

8. **Кудайбергенова, Д. С.** Графеновые наноленты на поверхностях наночастиц из импульсной плазмы, создаваемой в жидкостях (ИПЖ). [Электронный ресурс] / Д. С. Кудайбергенова // Научные исследования в Кыргызской Республике, № 2, 2020, Ч.II. - С.54-59. Режим доступа: http://journal.vak.kg/themencode-pdf-viewer-sc/?tnc_pvfw=ZmlsZT1od

9. **Кудайбергенова, Д. С.** Бактерицидная активность металлических наночастиц. [Текст]/ Д. С. Кудайбергенова, Э. И. Сырымбекова, М. Сатиев и др. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2020. - № 4. – С. 121-126. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45543737

10. **Патент № 1622 Кыргызской Республики.** Способ получения графеновых нанолент [Текст] / Д. С. Кудайбергенова, С. К. Сулайманкулова, Н. Д. Умралиева, А. А. Маткасымова // № 20130067: приоритет 29.07.2013: зарегистр. 30.04.2014: опубл. 30.05.2014, Бюл. № 5. - 8 с. https://drive.google.com/file/d/1PWM9xj-BAeeZLxZIwWaFiWAN4K6y9a2J/view

Кудайбергенова Динара Сабыровнанын "Индийдин жана алюминийдин наноструктураларын синтездөө, алардын физика-химиялык касиеттерин үйрөнүү" деген темада 05.16.08 – нанотехнология. Наноструктуралык материалдар адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: индий, нанобөлүкчө, суюктукта импульстуу плазма, наноструктуралар, алюминий, графен нанопленкалары, термодинамикалык моделдөө, индий-гексан системасы.

Изилдөөнүн объектиси: суюктуктарда түзүлгөн импульстуу плазмадан индий менен алюминийдин наноструктуралары.

Изилдөөнүн предмети: индий менен алюминийдин нанобөлүкчөлөрү, графен нанопленкалары, индий нано-эритмесинин бактерициддик активдүүлүгү, индий-гексан системасынын термодинамикалык модели.

Изилдөөнүн максаты: суюктуктарда түзүлгөн импульстуу плазманы колдонуу менен индий менен алюминийдин наноструктураларын алуу, алынган наноструктуралардын курамын, морфологиясын жана кээ бир физикалык - химиялык касиеттерин изилдөө. Заманбап изилдөө ыкмаларын колдонуу менен индий жана алюминий наноструктураларын түзүү мүмкүнчүлүктөрүн негиздөө.

Изилдөөнүн ыкмалары жана жабдуулары: рентген фазасы, бөлүкчөлөрдүн өлчөмүн анализдөөчү, чагылдыруучу, сканерлөөчү электрондук микроскопиясы (ПЭМ ВР, СЭМ), дифрактометрлер: ДРОН-3, ДРОН-6 жана Rigaku RINT-2500.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы. Графен нанопленкалары индий жана алюминий нанобөлүкчөсүнүн беттеринде алынган. Индий нанобөлүкчөлөрүнүн эритмесинин бактерициддик касиеттери биринчи жолу изилденди. Ар кандай мүнөздөгү суюк диэлектриктерде

өндүрүлгөн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин фазалык пайда болуу өзгөчөлүктөрү салыштырылат. Импульстуу плазма шартында индий-гексан системасын термодинамикалык моделдөө жүргүзүлдү.

Колдонуу боюнча сунуштар. Изилдөөлөрдүн жыйынтыктары Кыргызстандын экономикасын өнүктүрүү үчүн импульстуу плазмада индий менен алюминийдин, графен нанопленкаларынын наноструктураларын алуу технологияларына багытталган өнүктүрүү үчүн колдонулушу мүмкүн.

Колдонуу чөйрөсү. Индий жана алюминий нанобөлүкчөлөрү жарым өткөргүчтөрдө, альтернативдүү энергияда жана медицинада колдонуу үчүн сунушталат. Ароматтык фрагменттери бар суюк углеводороддордо индий менен алюминийди наноструктуралоо технологиясы графен нанопленкалары - электроникада, күн батареяларында, катализде колдонуу үчүн жаңы, белгисиз касиеттери бар наноматериалдарды синтездөө үчүн эң акыркы болуп саналат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Кудайбергеновой Динары Сабыровны на тему "Синтез наноструктур индия и алюминия, изучение их физико-химических свойств» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 - нанотехнологии. Наноструктурные материалы

Ключевые слова: индий, наночастица, импульсная плазма в жидкости, наноструктуры, алюминий, графеновые наноленты, термодинамическое моделирование, система индий-гексан.

Объект исследования: наноструктуры индия и алюминия из импульсной плазмы, создаваемой в жидкостях.

Предмет исследования: наночастицы, индия и алюминия, графеновые наноленты, бактерицидная активность нанораствора индия, термодинамическое моделирование системы индий-гексан.

Цель работы: получение наноструктур индия и алюминия с использованием импульсной плазмы, создаваемой в жидких средах, изучение состава, морфологии и некоторых физико-химических свойств полученных наноструктур. Обоснование возможностей формирования наноструктур индия и алюминия с использованием современных методов исследования.

Методы исследования и аппаратура: рентгенофазовый, гранулометрический анализы, просвечивающая, сканирующая электронные микроскопии (ПЭМ ВР, СЭМ), дифрактометры: ДРОН-3, ДРОН-6 и Rigaku RINT-2500.

Полученные результаты и их новизна. Получены графеновые наноленты на поверхностях наночастиц индия и алюминия. Впервые изучены бактерицидные свойства раствора наночастиц индия. Проведено сравнение особенностей фазообразования индия и алюминия в импульсной плазме, создаваемой в жидких диэлектриках различной природы. Проведено термодинамическое моделирование системы индий-гексан в условиях импульсной плазмы.

Рекомендации по использованию. Результаты исследований могут быть использованы для направленной разработки технологий получения наноструктур индия и алюминия, графеновых нанолент в импульсной плазме для развития экономики Кыргызстана.

Область применения. Наночастицы индия и алюминия рекомендуется использовать в полупроводниковой области, альтернативной энергетике, медицине, катализе.

SUMMARY

of the dissertation of Kudaibergenova Dinara Sabyrovna on the topic "Synthesis of indium nanoparticles and study of their physico-chemical properties" for the degree of Candidate of Chemical Sciences in specialty 05.16.08 - nanotechnology. Nanostructured materials.

Keywords: indium, nanoparticle, pulsed plasma in liquid, aluminum, graphene nanofilms, thermodynamic modeling, indium-hexane system.

Object of research: indium and aluminum nanostructures from pulsed plasma created in liquids.

Subject of research: nanoparticles, indium and aluminum, graphene nanofilms, bactericidal activity of indium nanosolution, thermodynamic modeling of the indium-hexane system.

The aim of the work is to obtain indium and aluminum nanostructures using pulsed plasma created in proton and aprotic liquid media, to study the composition, morphology and some physico-chemical properties of the obtained nanostructures. Substantiation of the possibilities of formation of indium and aluminum nanostructures using modern research methods.

Research methods and equipment: X-ray phase, granulometric analyses, transmission, scanning electron microscopy (TEM BP, SEM), diffractometers: DRONE-3, DRONE-6 and Rigaku RINT-2500.

Scientific novelty of the results obtained. Graphene nanofilms were obtained on the surfaces of indium and aluminum nanoparticles. The bactericidal properties of a solution of indium nanoparticles were studied for the first time. The features of phase formation of indium and aluminum in pulsed plasma created in liquid dielectrics of various nature are compared. Thermodynamic modeling of the indium-hexane system under pulsed plasma conditions is carried out.

Recommendations for use. The research results can be used for the targeted development of technologies for the production of indium and aluminum nanostructures, graphene nanoribbons in pulsed plasma for the development of the economy of Kyrgyzstan.

Scope of application. Indium and aluminum nanoparticles are recommended for use in the semiconductor field, alternative energy, and medicine. The technology of nanostructuring indium and aluminum in liquid hydrocarbons with aromatic fragments is the latest for the synthesis of graphene nanoribbons - nanomaterials with new, unknown properties for use in electronics, solar cells, catalysis.

Басуута ______________2022-ж. кол коюлду.
Тапшырык №176. Нуска 50 даана. Офсеттик кагаз.
Барактын форматы 60 x 90/16. Көлөмү 1,5 б. б.
«Соф басмасы» ЖЧКсында басылып чыкты,
720020, Бишкек ш., Ахунбаев к., 92.