НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
НСТИТУТ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОШСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д.02.09.401

На правах рукописи

УДК: 546.3:621.926 :621.365(043.3)

АБДЫКЕРИМОВА АЛИМАН САРЫПБЕКОВНА

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР

В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАЗМЫ

02.00.01 – неорганическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата химических наук

Бишкек 2010

Работа выполнена в лаборатории нанотехнологии Института химии и химической технологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики

**Научный руководитель: д**октор химических наук

Сулайманкулова Саадат Касымбаевна

**Официальные оппонеты:** доктор химических наук

Токтомаматов Абдывали Токтомаматович

кандидат химических наук

Кудайбергенов Торобай

**Ведущая организация:** Кафедра ЮНЕСКО по Экологии и Естественным

Наукам КНУ им. Баласагына

Защита диссертации состоится 2 июля 2010 года в 10.30 часов

на заседании межведомственного диссертационного совета Д 02.09.401 при Институте химии и химической технологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики (соучредитель Ошский Государственный университет Министерства образования и науки Кыргызской Республики) по адресу: 720071, г.Бишкек, проспект Чуй 267.

С диссертацией можно ознакомиться в центральной научной библиотеке Национальной Академии Наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, проспект Чуй

265-а.

Автореферат разослан « 26 » мая 2010 г.

Ученый секретарь межведомственного Диссертационного совета,

кандидат химических наук, старший научный сотрудник Ахматова Ж.Т.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Специфические свойства материалов в ультрадисперсном (нано) состоянии открывают широкие возможности для создания новых эффективных катализаторов, сенсорных, полупроводниковых, сверхпроводящих систем, препаратов с высокой биологической активностью для применения в электронике, альтернативной энергетике, экологии, медицине и сельском хозяйстве.

Из изложенного выше следует, что экономика любого государства на данном этапе развития человечества тесно связана с развитием нанотехнологий и внедрением наноматериалов. Использование наноматериалов приведет к суперминиатюризации функциональных наноустройств, что жизненно необходимо для наноэлектроники (Пул Ч., Оуэнс Ф., 2000).

Наночипы, невидимые человеческому глазу позволят собирать электронные схемы с ничтожными размерами, позволяющими создавать миниатюрные серверы, генераторы электрического тока, преобразователи солнечной энергии, тем самым, позволяя экономить природные ресурсы и уйти от экологической и энергетической катастрофы (Губин С.П.,1987).

Решение задач с технологическим освоением наноматериалов, обеспечивающих их выход в широкомасштабное применение, представляется отдаленной перспективой, именно поэтому, поиск, экспериментальное и теоретическое обоснование новых энергосберегающих технологий создания наноматериалов составляют актуальную проблему.

**Связь темы диссертации с научными программами, основными научно-исследовательскими работами.**

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ института химии и химической технологии Национальной академии наук Кыргызской Республики по проекту «Разработка технологических способов переработки металлических руд, минерального и органического сырья Кыргызской Республики с целью создания новых материалов» (номер государственной регистрации 0003939). Раздел - «Создание новых материалов на основе высоких технологий». Подпроект «Наноматериалы из импульсной плазмы в жидкости».

**Цель:** Синтез наноматериалов в экстремальных условиях импульсной плазмы для разработки технологий получения металлических и углеродных наноструктур.

**Задачи исследования:**

1. Синтез металлических, углеродных, карбидных, сульфидных наночастиц в экстремальных условиях импульсной плазмы, создаваемой в жидкостях.

2. Изучение фазового состава полученных продуктов.

3. Изучение физико-химических свойств полученных наноматериалов.

4. Выявление особенностей формирования наноструктур различной природы в условиях импульсной плазмы**.**

**Научная новизна.** Впервые обосновано влияние экстремальных условий импульсной плазмы, создаваемой в различных жидких средах, на формирование металлических, углеродных, карбидных и сульфидных наноструктур.

**Практическая значимость полученных результатов.** Результаты исследований могут быть использованы для разработки технологий наноструктурирования различных материалов с целью получения наноматериалов широкого спектра составов и структуры.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1.Методика синтеза наноматериалов широкого спектра составов с использованием энергии импульсной плазмы;

2.Результаты рентгенофазового, гранулометрического анализов,

малоуглового рентгеновского рассеяния, электронномикроскопического

изучения полученных наноматериалов в зависимости от энергии импульсной

плазмы, природы жидких сред, в которых проводится наноструктурирование

твердого тела и природы наноструктурируемого материала;

3.Результаты изучения электрофизических и магнитных свойств

некоторых из полученных наноматериалов;

4.Результаты экспериментально-научных интерпретаций особенностей

формирования наноструктур в импульсной плазме с позиций

конфигурационной модели вещества и теории жидких расплавов.

**Личный вкладавтора** заключается в проведении экспериментов на лабораторных установках, с целью синтеза наноматериалов и обосновании предлагаемого способа их получения. Автором синтезированы металлические, углеродные, карбидные и сульфидные наноструктуры, самостоятельно изучен фазовый состав, морфология полученных наноструктур, выделены металлические, углеродные, карбидные и сульфидные наноструктуры, усвоены основырентгенофазового анализа, просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), ЭПР-спектроскопии, проведены анализ и обсуждение полученных результатов.

**Апробация результатов диссертации.** Материалы диссертации доложены на международном семинаре International workshop on transition metal clusters, Rennes, France, July 3- 5, 2008; международной научно-технической конференции «Наука, образование, инновации: приоритетные направления развития» к 55 летнему юбилею Кыргызского государственного университета им. И.Раззакова.

**Опубликованность результатов.** По результатам диссертационной работы опубликовано 12 научных статей.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 2 глав, обсуждения результатов, выводов и списка использованной литературы, включающего 139 наименований. Работа изложена на 131 страницах компьютерного набора, содержит 4 таблицы и 39 рисунков.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении**обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, практическая значимость исследований, сформулирована цель работы, изложены положения, выносимые на защиту.

**В главе 1** - в литературном обзоре представлены понятия о нанотехнологии, кластерах, наночастицах, наноматериалах, проведен анализ влияния экстремальных температур и давлений на морфологию и изменение физико-химических свойств твердого тела.

**ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

**2.1. Материалы и методы исследования.**

**Материалами** для электродов служили металлические медь, висмут, сурьма, графит, титан, гафний, ванадий, тантал, молибден и вольфрам, лантан чистотой 99,9 %. В качестве среды использованы жидкие углеводороды марки х.ч., дистиллированная вода и расплав серы.

**Рентгенофазовый анализ (РФА)** продуктов наноструктурирования в импульсной плазме проводился по методу порошка на дифрактометре Rigaku Geigereflex с медным излучением в Университете Кумамото, Япония.

**Малоугловое рентгеновское рассеяние(МУР).**Метод ос­нован на учете зависимости дифракционной картины от размера и формы рассеивающих частиц.

**Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ПЭМ ВР)** является мощным инструментом для определения кристаллической структуры отдельного зерна. Микроскоп, работает при ускоряющем напряжении 200-400кВ, имеет разрешение 0,15-0,19 нм, что позволяет наблюдать двухмерный контраст от нанокристаллита, находящегося в отражающем положении. ПЭВ ВР позволяет идентифицировать фазовый состав наноструктурных материалов.

**Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР-спектроскопия)**

основан на явлениях магнитного резонанса. ЭПР наблюдается у всех

веществ, обладающих отличным от нуля результирующим элек­тронным моментом количества движения, т.е. у ве­ществ с нечетным числом электронов, каковыми и являются наноструктуры.

**Статистическая обработка данных** проводилась с использованием

программы Microsoft Excel 2007, HyperChem Professional 2002, Microsoft Office Picture Manager, Photoshop CS2 и Paint.

Выражаем благодарность академику Национальной академии наук Кыргызской Республики, доктору химических наук, профессору Асанову У.А. за помощь в обсуждении результатов эксперимента и консультации по физико-химии импульсной плазмы.

**2.2. Импульсная плазма, создаваемая в жидкостях.** Одним из самых локализованных и эффективных высокоэнергетических воздействий на твердое тело с целью его наноструктурирования является импульсная плазма, создаваемая в жидкостях.

Преимуществом импульсной плазмы является кратковременность протекания процесса, что дает возможность высокоскоростной закалки метастабильных состояний с фиксацией неизвестных до сих пор фаз, формирующихся при экстремальных условиях.

Диспергирование твердого тела с целью синтеза наноструктур мы осуществляли по схеме, разработанной в лаборатории нанотехнологии институт химии и химической технологии национальной академии наук Кыргызской Республики.

**2.3. Наноструктурирование металлов и графита в жидких**

**углеводородах и воде. 2.3.1. Наноструктурирование меди, сурьмы и висмута.** При воздействии на медные электроды импульсной плазмой, создаваемой в стироле (энергия единичного импульса – 0,05 Дж) из-за высоких температур в зоне импульса (104-105К) протекает процесс превращения металлической меди в плазменное состояние. Далее из плазмы по мере затухания кратковременного единичного импульса формируются частицы, подвергающиеся воздействию давлений (3-10 кбар).

Оказалось, что при диспергировании меди в стироле формируются металлические частицы с гранецентрированной кубической решеткой с собственной симметрией (пр. группа Oh5 - Fm3m, Z=4, КЧ=12). Дифрактограмма продукта диспергирования меди в стироле представлена на рис. 1, *а*. По результатам Малоуглового рентгеновского рассеяния (МУР)

размеры частиц металлической меди, полученных в стироле равны - 30Å (рис.1, *б*), что в 150 раз меньше теоретически рассчитанного по термодинамическим данным при формировании частиц из расплава и плазмы металлической меди. Формирование наночастиц меди с ГЦК кристалли-ческой решеткой связано с тем, что давлений, создаваемых в импульсной плазме недостаточно для образования идеального металла с объемно- центрированной кристаллической решеткой.

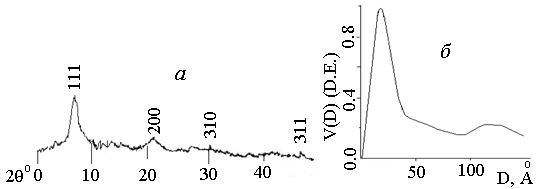


Рис.1. Дифрактограмма продукта диспергирования меди в стироле (а)

Дифференциальная кривая радиального распределения частиц по размерам в продукте наноструктурирования меди в стироле (б).

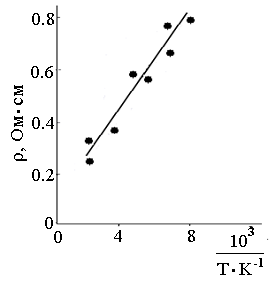
**

Рис. 2. Температурная зависимость удельного электросопро­тивления наночастиц меди из импульсной плазмы.

Сродство меди к углероду очень низкое, из-за чего в импульсной плазме не образуются ее карбиды. Кроме того, с точки зрения конфигурационной модели вещества (КМВ) у меди стабильная d10 - конфигурация, для нее более характерно состояние d10s1 , чем d9s2, обусловленное дополнительной хундовской стабильностью первого состояния, т.е. даже при действии очень больших температур и давлений не происходит переходов d—>s, т.е. количества неспаренных электронов недостаточно для насыщения sp-состояний углерода с образованием стабильных карбидов.

Наблюдается некоторое уширение кристаллической решетки нанокристаллической меди, полученной в импульсной плазме (а=3,6215Å) в сравнении с массивной (амасс.=3,6147Å) вопреки возможности уплотнения кристаллической решетки металлической меди из-за высоких давлений в импульсной плазме.

Зависимость удельного электросопротивления от температуры наночастиц меди, полученных нами, носит полупроводниковый характер (рис.2), тогда как числовые значения удельных электросопротивле­ний для массивной меди выражаются в 10-6 Ом·см. Энергия активации, рассчитанная по результатам измерений удельного электросопротивления, для наночастиц меди – 0,1 эВ.

Наблюдается формирование металлических частиц и при диспергировании *сурьмы* в жидких углеводородах. Диспергирование сурьмы в бензоле проводилось при энергии единичного импульса – 0,05 Дж.

Рентгенофазовый анализ продукта диспергирования сурьмы в бензоле (дифрактограмма показана на рис.3), позволил установить формирование частиц металлической сурьмы, кристаллизующихся в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа R3m) с параметрами кристаллической решетки: *а* = 4,305Å, *с =* 11,27Å.

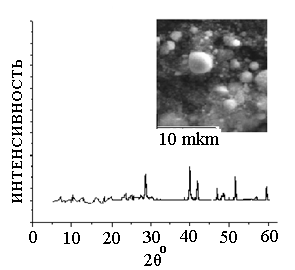
**

Рис.3. Дифрактограмма продукта диспергирования сурьмы в бензоле. Электронномикроскопический снимок (зондовая электронная микроскопия) продукта диспергирования сурьмы в бензоле (вверху справа).

Формирование металлических частиц сурьмы подтверждено данными фотометрического анализа. Дисперсный продукт содержит 99,9 % металлической сурьмы.

Результаты электронно-зондовой микроскопии на JCXA-733 JEOL при разрешении – 10 мкм показали наличие сферических частиц сурьмы (рис.3, справа вверху).

По результатам гранулометрического анализа - средний размер частиц продукта диспергирования сурьмы в бензоле - 1 мкм. Данные, полученные на Beckman Coulter N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer (PCS), показали формирование частиц нанометрового размера.

При диспергировании металлической сурьмы в среде толуола формируются также ультрадисперсные сферические частицы металлической сурьмы со средним размером - 1 мкм, но кристаллизующаяся в кубической сингонии (пространственная группа Рm3m, *а* = 2,998Å) , причем кубические кристаллы по результатам гранулометрического анализа имеют меньший средний размер.

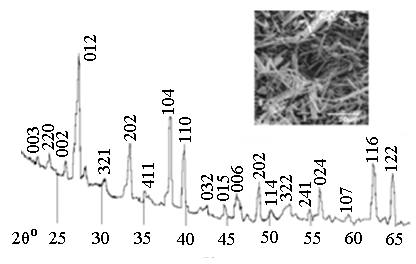
Рентгенофазовый анализ продукта диспергирования висмута в воде при энергии единичного импульса -0,05 Дж показал, что кроме оксидных наночастиц при разрушении висмута в воде образуется большое количество металлических нанотрубок висмута. Электронномикроскопический анализ выделенного висмута позволил подтвердить формирование металлических нанотрубок (рис. 4, справа вверху).

Рис.4.Дифрактограмма продукта диспергирования висмута в воде.

Электронномикроскопический снимок нанотрубок висмута из импульсной плазмы в жидкости, полученный на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6490LA (справа вверху).

На дифрактограмме продукта диспергирования висмута в воде (рис.4) обнаружены линии трех фаз: металлический висмут, оксиды висмута - α-Вi2О3 и γ-Вi2О3.

Частицы металлического висмута проиндицированы в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа R3m (166) с параметрами решетки *а*=4,538 Å и *с*=11,86 Å.

Формирование нанотрубок висмута в его высокотемпературной модификации обусловлено высокими давлениями (3-10 кбар) и температурами (104-105К), развивающимся в области воздействия единичного импульса.

Наблюдается некоторое компактирование кристаллической решетки нанотрубок висмута, полученных в импульсной плазме (а= 4,535., с=11,8б) в сравнении с нанотрубками, полученными другими авторами гидротер-мальным путем при комнатной температуре (а=4,544, с=11,85). Это обусловлено высокими давлениями, возникающими в области воздействия единичного импульса.

Предлагаемый нами метод получения нанотрубок висмута одностадиен, прост в аппаратурном оформлении, при этом нет потерь подводимой к электродам энергии во внешнюю среду благодаря быстротечности единичного импульса (103 -104 сек).

**2.3.2.Наноструктурирование графита - синтез фуллерена С60.**

**Превращения фуллерита С60 при высоких давлениях и температурах.**

При действии высоких давлений и темпера­тур на фуллерит С60 возможно синтезиро­вать упорядоченные и неупорядочен­ные углеродные фазы. При нормальном давлении исходный фуллерит С60 может иметь два типа кристаллических решеток: простую кубическую, который при температуре 260 К переходит в ГЦК (гранецентрированную кубическую) с параметром кристаллической решетки а= 14,2 Å. Термообработка ГЦК-фазы до 1073 К при­водит к переходу ее в ГПУ (гексагональную плотноупакованную) фазу с параметрами а = 10,0 Å и с = 16,0 Å. Наблюдается зависимость структурных пре­вращений не только от температуры, но и от дав­ления. Можно найти области давлений и температур, в которых протекает процесс формирования орторомбической, тетрагональной и гексагональной фаз полимеризации C60, а также те условия, при которых фуллереновый каркас ломается с образованием постфуллереновых фаз.

Наличие двойных связей позволяет молекулам фуллеренов образовывать олигомеры и полимеры под действием излучения, давления, нагревания. При 8 ГПа и 573 К образуется орторомбическая полимерная фаза с параметрами кристалличе­ской решетки: *а* = 9,26 Å, *b* = 9,88 Å и *с* = 14,22 Å. ГЦК-кристаллы фуллерита С60 при температуре 873 К и давлении 3 ГПа образуют смесь ромбоэдрических (R) и тетрагональных (Т) кристаллов с большей долей ромбоэдрической фазы (65%R, 35% Т).

При постоянном давлении Р = 12,5 ГПа и в интервале температур 473-773К формируются кристаллические фазы, структуры которых соот­ветствуют трехмерно (3D) полимеризованному ГЦК кристаллу с параметром *а* = 12,3 Å. Посте­пенная 3D полимеризация завершается формирова­нием аморфной фазы. Аморфизация фуллерита С60 при Р = 12,5 ГПа происходит в диапазоне тем­ператур 773-1173 К и приводит к формированию аморфного sp2- sp3 нанокомпозита. При 1673 К и давлении 12 ГПа начинается кристаллизация аморфного нанокомпозита с формированием кри­сталлитов алмаза и графита.

Превращение кристаллического фуллерита С60 в алмаз происходит при значительно более мягких условиях, чем при использовании графита.

Импульсная плазма, создаваемая между двумя графитовыми электродами, помещенными в жид­кий диэлектрик (бензол, толуол, стирол и др.), об­ладает всеми необходимыми качествами, комбина­ции которых применяются для получения фуллеренов (С60 до С84) и из этих молекул - высокотемператур­ных модификаций фуллеренов (прекурсоров для синтеза алмаза).

Диспергированием графита чистотой 99,98% при энергии единичного импульса 0,05 Дж в среде стирола нами был получен черный осадок, который отделялся от стирола декантированием и фильтрацией. Просушенный осадок в виде дисперсного порошка подвергался рентгенофазовому анализу. Установлено формирование высокотемпературных и полимеризованных модификаций фуллеренов С60 и С70.

Линии отражения на дифрактограмме с межплоскостными рас­стояниями 4,575, 4,022, 3,932 Å отнесены нами к модификации фуллерита С60 с ромбоэдрической структурой, значения параметров гексагональной решетки: *а*=9,19 Å и *с* = 24,5 Å.

Кроме того, найдены рефлексы, характерные для 3D полимеризованного фуллерена С60 с ГЦК структурой; параметр кристаллической ре­шетки *а* = 12,З Å (см. таблицу).

*Фазовый состав продукта диспергирования графита в стироле*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование фазы | Тип решетки | *а,* Å | *с,* Å |
| 1 | C60 | ГЦК | 14,178 |  |
| 2 | С60 | ГПУ | 10,04 | 16,4 |
| 3 | (3D) С60 | ГЦК | 12,3 |  |
| 4 | С60 | Тетраэдрический | 17,268 | 18,466 |
| 5 | С60 | Ромбоэдрический | 9,19 | 24,5 |
| 6 | Алмаз | ГЦК | 3,572 |  |
| 7 | Графит | Гексагональный | 2,452 | 6,773 |

Кроме фаз, перечисленных в таблице в продукте диспергирования графита в стироле имеются многостенные нанотрубки, возможно графеновые структуры и другие виды углеродных наноструктур о чем свидетельствуют множественные линии отражения на дифрактограмме, анализ которых не приведен в настоящей работе, т.к. в цели настоящей работы не входило исследование полного состава данного образца. Мы преследовали идею влияния давлений и температур на структуру фуллерена C60, его полимеризацию и фазовые переходы. На дифрактограмме продукта диспергирования графита в стироле не видны линии отражения sp2-sp3  аморфного композита, из которого и происходит кристаллизация алмаза.

Кроме давлений и температур в импульсной плазме возникают потоки электронов, ударных волн, что и способствует превращению части фуллеренов в алмаз.

С использованием энергии им­пульсной плазмы в жидкости получена высокотем­пературная модификация фуллерита С60 с ромбоэд­рической структурой. Кроме того, в продукте обна­ружены трехмерно (3D) полимеризованные фуллерены С60. Полученные результаты показывают возможность использования импульсной плазмы в жидкости для синтеза полимеризованных модифи­каций фуллерита С60, которые можно использовать в качестве нанокомпозитов для синтеза алмаза.

В предыдущих главах мы рассматривали особенности наноструктурирования твердого тела с формированием наноструктур простого химического состава.

Далее мы переходим к обсуждению возможности наноструктурирования твердого тела с целью получения кластерных соединений, фаз внедрения, более того к созданию наноструктур на основе тугоплавких переходных металлов, наноструктурирование которых известными способами крайне затруднено из-за их высокой твердости, прочности и термической устойчивости.

**2.3.3. Наноструктурирование тугоплавких переходных металлов в жидких углеводородах.** Мы подвергли диспергированию в среде стирола (энергия единичного импульса 0,05 Дж) *титан*, а также наиболее тугоплавкие из переходных металлов - *тантал и вольфрам*.

Анализ дифрактограмм (рис. 5а и 6а) показал образование во всех трех случаях монокарбидов МС с ГЦК-упаковкой типа NaCI (Fm3m).

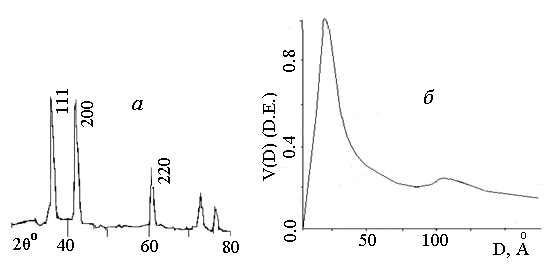
Формирование и закалка высокотемпературных мо­дификаций монокарбидов тантала и вольфрама - пре­имущество предлагаемого нами способа, т.к. *β* - модификации моно­карбидов тантала и вольфрама, полученные ранее ме­тодами высокотемпературного гетерогенного синтеза, на

воздухе достаточно быстро окисляются (в течение нескольких месяцев), в то время как полученные в импульсной плазме сохраняются в течение уже 5 лет.

Экспериментальные параметры кристаллических решеток: TiC - *а* = 4,322 Å; *β*-ТаС – *а* = 4,455 Å; *β*- WC-*a* =4,421 Å.

По результатам МУР среднестатистический размер наночастиц монокарбида титана - 25-30 Å (рис.5,б).

Зависимости удельных электросопротивлений от температуры наночастиц монокар­бидов тантала и вольфрама, полученных нами, носят полупроводниковый характер (рис.6, *б*), в то время как массивные монокарбиды тантала и вольфрама обладают металлической проводимостью.

Рис.5. Дифрактрограмма продукта диспергирования титана в стироле (а).

Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам продукта

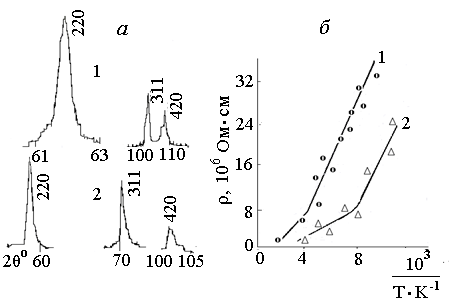
дисперги­рования титана в среде стирола (б).

Рис.6.Дифрактрограммы продуктов диспергирования в стироле (а):1) W;

2)Та.Температурные зависимости удельных электросопро­тивлений (б):

1) моно­карбида тантала; 2) монокарбида вольфрама.

Видно, что проводимость нано­карбидов Та и W - активационная. Энер­гии активации 0,075 и 0,03 эВ, соответственно, для ТаС и WC низкие.

Анализ дифрактограммы (рис.7, *а*) продукта карбидизации вольфрама в гептане (энергия импульсной плазмы – 0,05 Дж) показал, что при диспергировании вольфрама при заданных условиях единичного импульса плазмы образуется гранецентрированный кубический WC1-x  с параметром кристаллической решетки *а* = 4, 235 Å типа хлористого натрия. Образования W2C и β-W в даном случае не наблюдается. Для полноты сравнения нами проведено диспергирование вольфрама при Е = 0,5 Дж («жесткий» режим импульсной плазмы) (рис.7, *б*).

Оказалось, что при повышении энергии единичного импульса от 0,05 Дж до 0,5 Дж при диспергировании вольфрама в гептане формируются, кроме WC1-x, *β*-W2C с гексагональной плотноупакованной структурой и периодами решетки *а* = 2.9830 Å , *с* = 4.7240 Å и металлические частицы вольфрама с периодом объемноцентрированной кубической решетки *а* = 3.161 Å.

На фазовый состав и структуру наноматериалов влияют не только энергии, при которых они получены, а также природа жидкостей, в которых они получены.

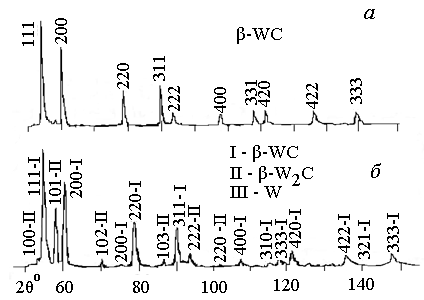
**

Рис.7. Дифрактограммы продуктов наноструктурирования вольфрама в гептане при «мягком» (а) и «жестком» (б) режимах имульсной плазмы.

Этот эффект был подтвержден нами при наноструктурировании гафния в бензоле и хлорпроизводном углеводородов – четыреххлористом углероде при «мягком» режиме импульсной плазмы ( энергия единичного импульса – 0,05 Дж («мягкий» режим). А также при диспергировании гафния в бензоле с изменением энергии импульсной плазмы от 0,05 до 0,5 Дж ("мягкий" и "жесткий" режимы).

При разрушении гафния в бензоле при «мягком» режиме импульсной плазмы (дифрактограмма образца на рис 8 , *а-* 1) формируются наночастицы монокарбида гафния HfC с ГЦК структурой типа хлористого натрия и параметром кристаллической решетки *a* = 4,638 Å. По литературным данным это соответствует монокарбиду гафния с составом HfC0,989.

На дифрактограмме продукта диспергирования гафния в четыреххлористом углероде (рис.8, *а*-2) (осадок на дне реактора) нами не обнаруже­ны линии отражения ни одного из хлоридов гафния. Вероятно, хлори­ды находятся в растворенном состоянии в диэлектрике. Образец, синтезированный в четыреххлористом углероде при «мягком» режиме

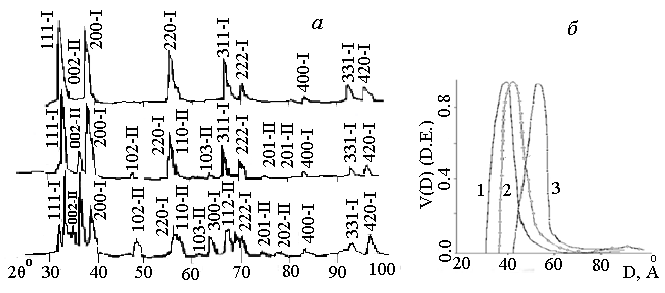
импульсной плазмы помимо монокарбида гафния содержит металлический α-Hf c ГПУ-решеткой (пространственная группа P63/mmc, *а=*3,189Å, *c*=5,071 Å . Такой же, как и при разрушении гафния в четыреххлористом углероде при «мягком» режиме импульсной плазмы, эффект достигается и при диспергировании гафния при «жестком» режиме импульсной плазмы в среде бензола (дифрактограмма образца на рис. 8, *а*-3). И в данном случае формируется смесь частиц монокарбида гафния и частиц металлического гафния с такими же структурами и параметрами кристаллических решеток.

Рис.8. Дифрактограммы продуктов наноструктурирования гафния(а): 1- бензол (0,05 Дж- «мягкий режим»); 2-четыреххлористый углерод (0,05 Дж- «мягкий» режим); 3-бензол (0,5 Дж-«жесткий» режим); I-HfC, II –α-Hf ; Дифференциальные кривые радиального рас­пределения частиц по размерам

продуктов разрушения гафния в стироле (б): (1), бен­золе (2) и гептане (3) при энергии единичного импульса 0,05 Дж.

Вероятно, формирование металлических частиц металлического гафния в четыреххлористом углероде возможно объяснить низким содержанием в нем углерода (7,8 % С) и вследствие этого недостаточностью углерода для карбидизации всех образующихся частиц гафния. Бензол, наоборот, почти полностью состоит из углерода (97,44% С), но при «жестком» режиме импульсной плазмы происходит «вырывание» большого количества гафния из электродов и концентрация атомов гафния в плазме превышает концентрацию углерода и не все частицы гафния успевают вступить в реакцию с атомами углерода.

По результатам обработки спектров МУР нами по­лучены дифференциальные кривые радиального рас­пределения частиц по размерам продуктов разрушения гафния в стироле, бен­золе и гептане при энергии единичного импульса 0,05 Дж (рис.8, *б*). Как видно из рисунка, самые мелкие час­тицы (среднестатистический размер около 37-38 Å) обра­зуются при разрушении гафния в стироле, наблюдается укрупнение частиц при переходе к бензолу и гептану (45 и 55 Å, соответственно).

По всей вероятности, сдвиг кривых радиального распределения частиц монокарбида гафния в область с меньшими диаметрами в случае бензола и гептана связан с тем, что в стироле происходит лучшая стабилизация наночастиц в сравнении с бензолом и гептаном благодаря образованию полистирольной защитной пленки на поверхности наночастиц, возможно происходит формирование протекторной пленки и на поверхности наночастиц из бензола. При воздействии на бензол импульсной плазмы, вероятно, двойные связи разрываются и превращаются в цепочки, которые могут полимеризоваться на активной поверхности свежеобразованных карбидных наночастиц, чего не происходит в случае диспергирования гафния в гептане, в котором формируются более крупные карбидные наночастицы.

**2.4. Наноструктурирование металлов в расплаве серы.**  Определяю-щим фактором регулирования дисперсности образующихся сред при электрическом взрыве металлических проволочек в инертной атмосфере является вводимая в металл энергия. С увеличением удельной введенной энергии E от 0,8 Ec до (1,6-1,8) Ec (Ec – энергия сублимации металла) дисперсность конечных продуктов растет, последующий ввод дополнительной энергии становится неэффективным. Дисперсность продуктов электрического взрыва (ЭВ) медных проводников в воздухе при одинаковом значении удельной введенной энергии (E/Ec = 1,5) возрастает с повышением плотности мощности (скорости введенной энергии).

Для диспергирования металлов в расплаве серы с целью повышения дисперсности систем нами были выбраны наиболее низкие энергии импульсной плазмы- 0,05 - 0,5 Дж.

Оказалось, что при диспергировании в импульсной плазме *даже* таких тугоплавких металлов, как металлы подгрупп титана, ванадия и хрома в расплаве серы с использованием энергии импульсной плазмы формируются наночастицы сульфидов данных металлов. Это достигается благодаря тому, что 90% вводимой в проводник энергии капсулируется в дисперсии, образующейся при разрушении проводника в импульсной плазме. Избыточная энергия при этом тратится на формирование большой удельной поверхности частиц дисперсии, т.е. достигается высокая дисперсность частиц.

Сульфиды переходных металов относятся к квазиодномерным системам, кристаллы таких комплексов содержат цепи из атомов металла. Образование металлических цепочек с короткими расстояниями М-М достаточно общая черта кристаллических структур неорганических комплексов с такими простыми лигандами, например, как сера.

**2.4.1. Наноструктурирование титана в расплаве серы.**

В квазиодномерных халькогенидах переходных металлов с линей-ными металлоцепочками атомы металла могут иметь различную координацию лигандов: тригонально-призматическую, октаэдрическую или тетрагонально-антипризматическую.

К числу соединений с тригонально-призматической координацией атомов металлов относится моноклинный трисульфид титана TiS3, со структурой типа ZrSe3 (*a*=4,958 Å, *b*=3,4006 Å, *c*=8,778 Å, *β*=97,32o).

Главной кристаллохимической особенностью подобных соединений является наличие в их структуре бесконечно протяженных в выделенном направлении искаженных тригональных (клиновидных) призм {МХ6} с атомом металла вблизи центра каждой такой призмы. Расстояния между атомами металлов в такой структуре внутри цепочек и между цепочками различаются.

Нами наноструктурирование титана в расплаве серы проводилось при энергии единичного импульса-0,05 Дж.

Фазовый анализ с использованием химического, рентгенографического анализов и анализа спектров малоуглового рентгеновского рассеяния позволил установить, что при диспергировании титана в расплаве серы образуется новый трисульфид титана со структурным типом, отличающимся от структурного типа ZrSe3.С использованием аналитического и графического методов обработки дифрактограммы продукта наноструктурирования титана в расплаве серы (рис. 9), принятых в рентгеноструктурном анализе нам удалось установить, что в условиях импульсной плазмы формируется трисульфид титана со слоистой структурой типа трихлорида хрома CrCI3.

Таким образом, при диспергировании титана в расплаве серы с

использованием энергии импульсной плазмы в жидкости получен новый наноструктурный слоистый (квазидвумерный) трисульфид титана. Средние значения периодов кристаллической решетки TiS3 из импульсной плазмы *а*=5,95 Å, *с*= 17,10 Å.

Для уточнения межатомных расстояний Ti-S, Ti-Ti и S-S нами была построена кривая радиального распределения электронных плотностей в структуре трисульфида титана в зависимости от межатомного расстояния.

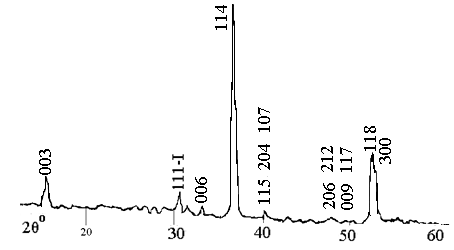


Рис. 9. Дифрактограмма трисульфида титана TiS3 из импульсной плазмы (тип структуры – CrCI3).

Оказалось, что расстояние Ti-Ti, S-S– 3,42 Å; Ti-S – 2,44 Å; расстояние Ti-Ti, S-S между соседними слоями – 5,66 Å. Очевидно, что наблюдается анизотропия в структуре трисульфида титана из импульсной плазмы: связь между атомами в слоях значительно короче, чем между слоями.

Атомы серы образуют деформированную плотнейшую кубическую

упаковку. Часть октаэдрических пустот занята атомами титана: один слой

пустой, а в соседнем 7/8 всех позиций заселены атомами металла. Атомы титана связаны в слоях таким образом, что образуются бесконечные зигзагообразные цепочки, расстояния между атомами титана в цепочках и между слоями имеют наноразмеры, то есть налицо образование новой наноструктуры трисульфида титана, кроме того, что частицы в продукте диспергирования титана по результатам МУР имеют наноразмеры – 40-50 нм.

**2.4.2.Квазиодномерный сульфид ванадия VS4.** Линейные метало-цепочки с тетрагонально-антипризматической координа­цией лигандами реализуются в бинарных фазах VS4, NbTe4, TaTe4 и в серии тройных халькогенидов с общей формулой (МХ4)nY ( M= Nb, Ta; X=Br, I; n=2; 3; 3,33).

В структуре V(S2)2 металлоцепочки, идущие вдоль оси*с,*  состоят из ионов V4+, которые образуют пары V2 расстоянием V-V = 2,84 Å; расстояние V…V между этими парам – 3,21 Å. Такая металлоцепочка с чередующимися короткими и длинными расстояниями металл-металл соответствует состоянию пайерлсовского диэлектрика и является типичной для цепочечных соединений с d1-конфигурацией.

Анализ дифрактограммы (рис.10) продукта диспер­гирования ванадия в диэлектрическом расплаве серы при энергии единичного импульса 0,03 Дж показал, что образуются две фазы - моносульфид ванадия и по­лисульфид VS4.

По литературным данным, тетрасульфид ванадия кристаллизуется в моноклинной сингонии с параметрами кристаллической решетки: *а* = 6,78 Å, *b* = 10,29 Å, *с* = 12,10 Å, *β* = 101°39', Z = 8, пространствен­ная группа С2/с.

Тетрагонально-антипризматическая координация атомов металлов в VS4 создается прямоугольными плоскостями (S4), образованными двумя группами

S2 с короткими расстояниями S-S = 2,03 и 2,04 Å и перпендикулярными оси цепочки (*с*). Расстояния S...S между такими группами, равные большой стороне прямоугольников (S4) и составляю­щие более 3,1 Å, соответствуют несвязывающим кон­тактам.

Плоскости (S4) и повернуты друг относительно друга таким образом, что восемь расстояний V-S в тетрагональных антипризмах очень близки

(~ 2,41 Å). Квазиодномерный характер структуры определяется большими межцепочными расстояниями V...V (6,1Å), свидетельствующими о чрезвычайно слабом взаимодействии между соседними цепочками, приводит к высокой анизотропии свойств подобных соединений.

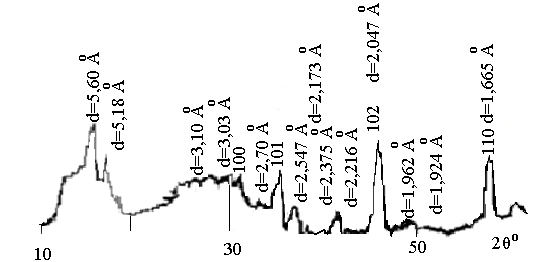


Рис. 10. Дифрактограмма продукта сульфидизации ванадия (VS4- представлены значения межплоскостных расстояний – **d** ; VS –показаны индексы **hkl** ).

Моносульфид ванадия VS из импульсной плазмы кристаллизуется в гексагональной симметрии (пр. группа С6mmс) (параметры кристаллической решет­ки: *а* = 3,339 Å, *с* = 5,779 Å). Следует подчеркнуть, что содержание моносульфида ванадия в продукте наноструктурирования ванадия при энергии импульса 0,03 Дж гораздо меньше (около 30 %), чем в продукте диспергирования ванадия при энергии импульсной плазмы 0,05 Дж

( почти 50%). Вероятно, уменьшение энергии импульсной плазмы приводит к «вырыванию» меньшего количества материала электродов, тем самым сдвигая концентрационное отношение V:S в сторону увеличения количества атомов серы и к более полному взавимодействию ванадия с серой с образованием полисульфида VS4.

Моносульфид ванадия, как соединение ванадия внизшей валентности (V2+), неустойчив, так же как по­лисульфид VS4, который при высоких температурах теряет серу и переходит в низшие сульфиды ванадия, т.е. оба сульфида должны были бы разложиться при температурах, развивающихся в околоискровом пространстве, но этого не происходит. Данный факт еще раз говорит о том, что условия, создаваемые в импульсной плазме, наиболее эффективен для фикси­рования энергонасыщенных сред (ЭНС) с необычными метастабильными морфологиями.

**2.4.3. Кластерный сульфид молибдена с зигзагообразными**

**металлоцепочками.** Очень интересный пример проявления квазиодно­мерности электронных свойств демонстрирует полу­торный сульфид молибдена Mо2S3, характеризующийся наличием двух кристаллографически различных металлоцепочек и кристаллизующийся в собственном струк­турном типе.

В Mo2S3 расстояния Мо-Мо в цепях того или другого типа практически одина­ковы и равны приблизительно 2,86 Å; такие короткие расстояния Мо-Мо получаются за счет смещения атомов металла из идеальных октаэдрических позиций на 0,32 Å.

Синтез полуторного сульфида молибдена по литературным данным протекает в условиях, обеспечивающих образо­вание и сохранение искажений в структуре: с применением высоких давлений и температур, при­чем при соотношении Mo:S = 1:1 (800-2200 С, 10-75 кбар) синтезируется только Mo2S3, а при соотношении Mo:S = 1:2 в пределах давлений 40-75 кбар и темпера­туре 900-2000°С - либо MoS2, либо MoS3.

В околоискровом пространстве развиваются давле­ния (3-10 Кбар), т.е. здесь может образоваться лишь Mo2S3.

Диспергирование молибдена в расплаве серы прово­дилось при энергии единичного импульса 0,05 Дж. Дифрактограмма продукта диспергирования молибдена представлена на рис. 11, *а*.

Результаты МУР показали образование частиц разме­рами 50-70 Å. Получена узкая дифферен­циальная кривая распределения частиц по размерам (рис. 11, *б*).

Результаты обработки дифрактограммы продукта сульфидизации молибдена показали, что нам удалось синтезировать кластерный сесквисульфид молибдена с собственной моноклинной структурой, в точности совпадающей по рефлексам с уже известным. Параметры кристаллической решетки, рассчи­танные автором : *a*= 8,663Å, *b*= 3,208 Å, *c*= 6,099 Å,*β*= 102,430, *ρ*рентг. = 5,806 г/см3, Z = 2, пространствен­ная группа Р21/ m.

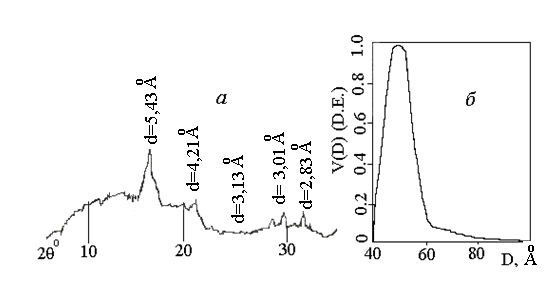


Рис. 11. Дифрактограмма (а) продукта диспергирования молибдена в расплаве серы; представлены данные межплоскостных расстояний характеристических рефлексов Mo2S3. Дифференциальная кривая радиального распределения (б) частиц по размерам в продукте сульфидизации молибдена.

Таким образом, в импульсной плазме создаются подходящие условия для синтеза соединений с необычными кри­сталлическими структурами и их стабилизацией высокоскоростной закалкой, благодаря моментальности протекания единичного импульса, а также воздействия температур и давлений, развиваемых в околоискровом пространстве.

**2.4.4. Сульфиды лантана из импульсной плазмы в расплаве серы.**

По своим электронным свойствам — это кластеры металлов, окруженные лигандной оболочкой в виде подрешетки серы. Моносульфиды РЗМ характеризуются удивительно малой работой выхода электронов (< 1.5 эВ). Для производителей приборов ночного видения это хорошая новость. Разработанные материалы на основе моносульфидов РЗМ отличаются от других минимальным температурным коэффициентом сопротивления, высокой чувствительностью, максимальной линейностью характеристик, высокой термической и радиационной стойкостью и технологичностью.

Поиск путей активизации процессов получения полисульфидов РЗМ для синтеза из них моносульфидов с удивительно малой работой выхода электронов для создания приборов ночного видения, вероятно, является одной из важнейших задач. Активизация исходных полисульфидов может быть достигнута увеличением их дисперсности, наличием в их морфологиях каких-либо дефектов, дислокаций, напряжений, межграничных областей и.т.п. Подобные эффекты могут достигаться методами нанотехнологии, где предусматривается насыщение твердого тела избыточной энергией.

Неравновесные условия импульсной плазмы в жидкости позволяют сформироваться и стабилизироваться высокодисперсным фазам с большой удельной поверхностью. Быстротечность единичного импульса (10-3-10-4 с) обусловливает образование дефектов и дислокаций в образующихся в результате диспергирования твердого тела нано- и кластерных частицах.

Рентгенофазовый анализ образцов наноструктурирования лантана в расплаве серы при энергии импульсной плазмы – 0,05 Дж показал, что получен продукт, содержащий высокотемпературный полуторный γ-La2 S3 и две модификации высокого давления дисульфида лантана LaS2.

Полуторный сульфид лантана кристаллизуется в дефектной решетке Th3P4 (*а* = 8,709Å) . Расчетный параметр кубического дисульфида лантана с собственной кристаллической решеткой *а* = 8,205Å хорошо согласуется с данными ASTM.

Нестехиометрический дисульфид лантана LaS1,75-1,80 имеет тетрагональную структуру с параметрами элементарной ячейки *а*=8,14 Å, и *с* =16,13 Å, значения которых хорошо согласуются c литературными данными.

Параметры кристаллических решеток, полученных нами сульфидов, рассчитанные прецизионным методом, меньше, чем это показано другими исследователями. Вероятно, это можно объяснить развитием в зоне разряда высоких давлений(3-10 кбар), которые способствуют уплотнению кристаллических решеток получающихся фаз. Как видно, такое уплотнение более характерно для дисульфидов, т.е. с возрастанием соотношения S/M появляется и возрастает ковалентная связь между атомами серы, при этом ослабляется связь между атомами металлов и серы с разрыхлением кристаллической решетки.

Средний размер частиц наноструктурного полуторного сульфида лантана (Lа2S3)-129,8 нм; кубического дисульфида лантана LnS2-180,5 нм; нестехиометрический дисульфид лантана LaS1,75-1.80 представлен частицами с размерами – 294 нм.

Таким образом, нам удалось получить наноструктурный прекурсор, другими словами, химически активную шихту для синтеза моносульфида лантана.

**2.4.5. Изменение магнитных свойств моносульфида меди из импульсной плазмы в расплаве серы.**

Продукт диспергирования меди с использованием энергии импульсной плазмы (энергия единичного импульса – 0,05 Дж) в расплаве серы по результатам рентгенофазового анализа содержит наночастицы моносульфида меди СuS размерами ≈250 Ǻ, тип структуры - гексагональный ZnS (вюртцит), К.ч.= 4, *а* = 3,75, *с* = 16,23Ǻ, координационные многогранники - правильные тетраэдры. Структуру типа вюртцита можно трактовать как плотнейшую упаковку атомов серы, где в половине тетраэдрических пустот находятся атомы цинка.

Для образца меди, диспергированного в расплаве серы, был получен ЭПР-спектр полушириной Н = 112 эрст (g= 2,14), который никогда не наблюдался для моносульфида меди, синтезируемого в условиях низких энергий, давлений и температур и, как правило, проявляющего диамагнитные свойства. Из математического анализа ЭПР-спектра получены следующие значения НП = 2995 эрст., Н⊥ = 3306 эрст. Из измеренных значений магнитных полей НП и Н⊥  были рассчитаны gП *=* 2,28, g⊥= 2,07, которые дают возможность выявить разность уровней 10Dq= 23740 см -1 .

Характерное значение энергии обменного взаимодействия для соединений, в которых ионы меди связаны с обменными силами gП = 2,28, g⊥=2,07 F = 310 см -1, Dобм.= 0,59 см-1. Найденное значение энергии обменного взаимодействия для атомов меди в моносульфиде меди, полученного в расплаве серы, сравнимо со значениями обменных взаимодействий в таких соединениях меди, в которых имеет место взаимодействие между спинами двух атомов меди, т.е. в каждой элементарной ячейке полученного нами CuS имеются по два атома меди, каждый из которых находится в поле тетрагональной симметрии. ЭПР-спектр зафиксирован нами для частиц СuS с наноразмерами (≈ 250 Å), который никогда не наблюдался для массивного сульфида меди и по характеристикам несколько отличается от ЭПР-спектра моносульфида меди с размерами 400-600 Å.

**ВЫВОДЫ**

1.Условия, возникающие в импульсной плазме позволяют формироваться метастабильным фазам высокого давления и температуры.

2.В зависимости от природы диэлектрической и наноструктурируемого материала среды формируются:

- простые наноструктуры (металлические наночастицы ГЦК-Cu, ромбоэдрические и кубические наночастицы Sb, ромбоэдрические нанотрубки Bi, фуллерены С60, С70, наноалмаз);

- фазы внедрения (карбиды тугоплавких металлов Ti, Hf, Ta, W);

- кластерные низкоразмерные соединения (сульфиды тугоплавких металлов Ti, V, Mo, РЗЭ, меди).

3. Морфология, состав и структура синтезированных наноматериалов при диспергировании одного и того металла зависит от энергии импульсной плазмы и природы диэлектрической среды.

4.Синтезированные в импульсной плазме кластерные сульфиды титана, ванадия, молибдена имеют квазиодномерный характер с линейными металлоцепочками, в которых атомы металла могут иметь различную координацию лигандов: тетрагонально-антипризматическую для VS4 или октаэдрическую для TiS3 и Mo2S3).

5.Образование наночастиц, углеродных наностуктур, кластерных соединений, нестехиометрических фаз внедрения, фаз высоких давлений и температур является следствием экстремальных давлений (3-10 кбар) и температур (104-105 K), развивающихся в импульсной плазме, а также структурной наследственности строения жидких металлических расплавов. Быстротечность единичного импульса (10-3-10-4 с) и минимальный объем зоны воздействия единичного импульса (10-3 см-3)позволяют сохраниться формирующимся фазам благодаря высокоскоростной высокотемпературной закалке и насытиться 90 % подводимой энергии с формированием большой удельной поверхности.

6. Дисперсность продуктов наноструктурирования находится в прямой зависимости от энергии импульсной плазмы, природы наноструктурируемого материала и диэлектрической среды.

7. Отличие электрических и магнитных свойств нанофаз из импульсной плазмы от свойств массивного материала связано с размерным эффектом и наличием диэлектрических межфазных областей.

**Список опубликованных трудов**

1. Превращение фуллерита при высоких давлениях и температурах. / Сулайманкулова С.К., Асанов У.А., Абдыкеримова А.С. и др. // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. - 2005. - № 2. - С.51-56.

2.Экстремальное состояние вещества. /Абдыкеримова А.С., Жаснакунов Ж.К., Сулайманкулова С.К., Майрыкова Н.К. //Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. - 2005. - № 2. – С.65-69.

3. Майрыкова Н.К., Абдыкеримова А.С., Сулайманкулова С.К.

Сульфид лантана из импульсной плазмы в жидкости. //Вестник Кыргызского национального университета им.Баласагына. Серия 3. - 2006. - В. 1. – С.106-112.

4. Абдыкеримова А.С. Полиморфизм переходных металлов и их соединений в условиях импульсной плазмы в жидкости. //Наука и новые технологии. - 2006. - № 2. - С.192-195.

5. Абдыкеримова А.С., Мурзабекова Э.Т., Сулайманкулова С.К. Наноструктурирование меди в импульсной плазме в жидкости. //Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. - 2006. - № 4. - С.66-69.

6. Synthesis Method of Nanomaterials by Pulsed Plasma in Liquid**. /** Alima Abdykerimova, Saadat Sulaimankulova, Tsutomu Mashimo и др.  
// Journal of Nanoscitnce and Nanotechnology. - 2007. – V. 7. - P.3157–3159.

7. О моносульфиде меди из импульсной плазмы в жидкости.

/ Гаффорова Х.И., Маметова А.С., Абдыкеримова А.С., Сулайманкулова С.К. //Известия Ошского технологического университета. - 2007. - № 1. - С.88-91.

8. Нанотрубки висмута из импульсной плазмы в жидкости.

/ Маткасымова. А.А.,.Маметова А.С, Абдыкеримова А.С., Сулайманкулова С.К.//Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. - 2008. - №13. - С.177-180.

9.Абдыкеримова А.С. Об удельной введенной энергии при электрическом взрыве и диспергировании металлов в инертной атмосфере и импульсной плазме. //Наука и новые технологии. - 2009. - № 3. - С.207-209.

10. Абдыкеримова А.С. Фазовые составы продуктов энергонасыщения вольфрама в искровом разряде в среде гептана и этаноле. //Наука и новые технологии, 2009. - № 3. - С.249-251.

11. Диспергирование сурьмы в ароматических углеводородах.

/Маткасымова. А.А., Маметова А.С., Абдыкеримова А.С., Сулайманкулова С.К. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. им.И.Раззакова. - 2009. - № 17. - С.89-91.

12. New Preparation Method of Nanocrystalline Materials by Impulse Plasma in Liquid. /Sulaimankulova S.К., Abdykerimova A., Mametova A. и др.

// Journal of Cluster Sciences. - 2009. - V.20. - N1. - P.37-42.

**Корутунду**

**Абдыкеримова Алиман Сарыпбековнанын «Импулстук плазманын экстремалдык шартында пайда болгон металдык жана көмүртектик наноструктуралар», деген темадагы 02.00.01-органикалык эмес химия адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына сунуш кылынган диссертациясына берилди**

**Негизги сөздөр:** экстремалдык абал, наноструктуралар, наноматериалдар, квазибирөлчөмдүү кластердик бирикмелер, нанобөлүкчөлөр, жогорку басымдагы жана температурадагы фазалар, дисперстик системалар.

**Изилдөө объектиси:** импульстук плазмадагы суюктукдагы наноструктуралар. Металдык нанобөлүкчөлөр, нанотрубкалар, сиңдирүү фазалары, көмүртектин наноструктуралары, квазибирөлчөмдүү сульфидддер, парамагнитүү жездин моносульфиди.

**Иштин максаты:** металдык жана көмүртектик наноструктураларды алуу технологиясын иштеп чыгуу үчүн импульстук плазманын экстремалдык абалындананоматериалдарды синтездө ө . Синтез наноматериалов в экстремальных условиях импульсной плазмы для разработки технологий получения металлических и углеродных наноструктур.

**Изилдөө ыкмалары:** электрондук микроскопия, аз бурчтук рентгендик чачыроо, рентгенофазалык анализдөө, рентген дифракциясынын спектрлерин аныктоодо аналитикалык жана графикалык усулдар, химиялык анализ, гранулдук анализ.

**Изилдөө аппараттар:** дифрактометр Rigaku Geigerflex, ЭПР-спектрометр, жогорку деңгелдеги өткөзүүчү электрондук микроскоп JEOL JSM-6490LA*,* бөлүкчөлөрдүн субмикрондук анализатору Beckman Coulter N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer (PCS).

Импульстук плазмада кату заттардын наноструктураланышу мүмкүнчүлүгү эксперименталдык жана теорялык анализ аркылуу жүргүзүлдү. Металдык, карбиддик, көмүртектик жана сульфиддик наноструктураларынын фазалык составы, морфологиясы ошондой эле түзүлүшү чөйрөнүн жаратылышына жана айрым импультстук энергияга көз карандылыгы аныкталды.

**Резюме**

**диссертации Абдыкеримовой Алиман Сарыпбековны на тему:**

«Формирование металлических и углеродных наноструктур в экстремальных условиях импульсной плазмы», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия.

**Ключевые слова:** экстремальные состояния, наноструктуры, наноматериалы, квазиодномерные кластерные соединения, наночастицы, фазы высокого давления и температуры, дисперсные системы.

**Объект исследования:** наноструктуры из импульсной плазмы в жидкостях. Металлические наночастицы, нанотрубки, фазы внедрения, углеродные наноструктуры, квазиодномерные сульфиды, парамагнитный моносульфид меди.

**Цель работы:** Синтез наноматериалов в экстремальных условиях импульсной плазмы для разработки технологий получения металлических и углеродных наноструктур.

**Методы исследования:** электронная микроскопия, малоугловое рентгеновское рассеяние, рентгенофазовый анализ, аналитический и графический методы обработки спектров рентгеновской дифракции, химический анализ, гранулометрический анализ.

**Исследовательское оборудование:** дифрактометр Rigaku Geigerflex, ЭПР-спектрометр, просвечивающий электронный микроскоп JEOL JSM-6490LA*,* субмикронный анализатор размеров частиц Beckman Coulter N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer (PCS).

Проведен экспериментальный и теоретический анализ возможности наноструктурирования твердого тела в импульсной плазме. Установлен фазовый состав, морфология и строение металлических, карбидных, углеродных и сульфидных наноструктур в зависимости от природы диспергируемого материала, природы среды, в которой проводилось наноструктурирование и энергии импульсной плазмы. Изучены электрические, магнитные свойства и дисперсность полученных наноматериалов.

**Summary**

**of dissertation of Abdykerimova Aliman Sarypbekovna on the theme:   
"Formation of metal and carbon nanostructures in the extreme conditions of pulsed plasma",**

**submitted for the degree of candidate of chemical sciences,**

**specialty 02.00.01 - inorganic chemistry.**

**Key words:** extreme conditions, nanostructures, nanomaterials, quasidimensional cluster compounds, nanoparticles, high pressure and temperature

phase,disperse systems.

**Object of study:** the nanostructures by pulsed plasma in liquids. Metal nanoparticles, nanotubes, the implementation phase, carbon nanostructures, quasidimensional sulfides, paramagnetic copper monosulfide.

**Objective:** synsesis of nanomaterials in extreme conditions of pulsed plasma for the developing of the technology of obtaining of metal and carbon nanostructures.

**Methods:** electron microscopy, small-angle X-ray scattering, X-ray analysis, analytical and graphical methods of processing the spectra of X-ray diffraction, chemical analysis, particle size analysis.   
 **Research equipment:** Diffractometer Rigaku Geigerflex, ESR spectrometer, transmission electron microscope JEOL JSM-6490LA, submicron particle size analyzer Beckman Coulter N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer (PCS).

The experimental and theoretical analysis of the possibility of nanostructuring of solid in pulsed plasma. Installed phase composition, morphology and structure of metal, carbide, carbon and sulfide nanostructures depending on the nature of dispersible material, of the nature of the medium in which conducted nanostructuring and energy of pulsed plasma. Studied the

electrical, magnetic properties and dispersion of nanomaterials.