

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Чумаковой Александры Владимировны «Исследование структурного упорядочения опалоподобных кристаллов методами дифракции синхротронного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертация Чумаковой А.В. посвящена исследованию структуры опалоподобных коллоидных кристаллов и инвертированных на их основе образцов методами рентгеновской дифракции синхротронного излучения. Подобные исследования имеют несомненный научный интерес как для фундаментальной физики твердого тела, поскольку развивают и углубляют физические представления об особенностях упорядочения трехмерной структуры опалоподобных кристаллов, так и для практических применений, так как создают основы для развития новой отрасли прикладной науки – фотонной инженерии, разрабатывающей принципиально новые устройства оптической передачи и обработки информации. С этой точки зрения выбор в качестве объектов исследования пленочных образцов искусственных опалоподобных кристаллов на основе полистирола и полиметилметакрилата и инвертированных опалоподобных кристаллов на основе никеля и кобальта вполне обоснован, так как они могут быть использованы в качестве активных элементов при создании оптических и магнитооптических устройств нового поколения.

Необходимо отметить, что в ходе проведения исследований автор показал себя умелым экспериментатором, уверенно использующим методы мало- и ультрамалоугловой, а также широкоугольной дифракции синхротронного излучения, сканирующей электронной микроскопии в различных режимах, а также показавшим владение техникой математических расчетов при оценке интенсивности брэгговского стержня по модели Вильсона, определении размера структурного домена и др.

Среди научных достижений Чумаковой А.В. можно отметить следующие интересные результаты, претендующие на новизну:

- разработан способ аттестации опалоподобных кристаллов на основе численного расчета по модели Вильсона, который количественно описывает степень несовершенства структуры;
- определена атомная структура Ni и Co инвертированных опалоподобных образцов и установлена ее взаимосвязь со структурой опала;
- на основе исследования послойной укладки гексагональных слоев сфер, образующих опалоподобный кристалл, показано, что первые слои кристаллической пленки образуют случайную гексагональную плотноупакованную последовательность, а при увеличении числа слоев формируется преимущественно ГЦК структура.

Полученные Чумаковой А.В. основные результаты хорошо апробированы: они опубликованы в 11 статьях в российских и зарубежных рецензируемых журналах, а также докладывались и обсуждались на 16 российских и международных научных конференциях и симпозиумах.

Считаю, что диссертация Чумаковой Александры Владимировны «Исследование структурного упорядочения опалоподобных кристаллов методами дифракции синхротронного излучения» удовлетворяет требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
кафедры физики твердого тела  
Воронежского государственного  
технического университета



*С.А. Гриднев*

Гриднев С.А.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
СОВЕТА ВГУТУ

*А.В. Мандрыкин*

А.В. МАНДРЫКИН

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Чумаковой Александры Владимировны «Исследование структурного упорядочения опалоподобных кристаллов методами дифракции синхротронного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Опалоподобные структуры нашли свое применение в качестве новых оптических и магнитооптических устройств в микроэлектронике, однако параметры этих устройств сильно зависят от структуры материала и является предметом многих исследований разных экспериментальных групп. В этой связи исследования структуры, представленные в диссертации, являются актуальными, поскольку они определяют физические свойства. Проведенный анализ влияния технологических условий на структурное упорядочение опалоподобных кристаллов и рекомендации по совершенствованию технологии и улучшению качества опалоподобных кристаллов, несомненно, являются востребованными.

Не вызывает сомнений правильность выбранного автором экспериментального метода. Действительно, малоугловая дифракция синхронного излучения весьма информативный метод, который позволяет получать информацию о структуре опалоподобных кристаллических пленок в субмикронном диапазоне, не разрушая его.

Работа выполнена тщательно, с использованием современного экспериментального оборудования и методов обработки экспериментальных данных. Автор предлагает последовательную схему проведения эксперимента, обработки данных, анализа результатов и сопоставления их с экспериментом. Подход, используемый Чумаковой А. В., может быть применен для исследований других материалов с субмикронной периодичностью. В тоже время не совсем ясно, что помешало автору провести детальный анализ атомарной структуры никеля и кобальта, формирующих структуру инвертированных опалов, поскольку экспериментальных данных вполне достаточно для этого. Однако это замечание не снижает качества представленной работы.

Согласованность информации, полученной многократными экспериментами, позволяет уверенно заключить, что основные результаты, представленные в диссертации, достоверны. Задача, поставленная в диссертационной работе, успешно решена диссертантом, проведенные исследования структурного упорядочения опалоподобных кристаллов значительно расширяет наши знания о структуре опалов. Результаты диссертации опубликованы в высоко-рейтинговых научных журналах и доложены на многочисленных конференциях.

На основании вышесказанного можно уверенно заключить, что диссертационная работа Чумаковой А.В. удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор, безусловно, заслуживает присвоение ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Ведущий научный сотрудник Отдела нейтронных исследований Петербургского института ядерной физики им. Б. П. Константинова РАН,

доктор физ.-мат. наук,

И. В. Голосовский.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЧУМАКОВОЙ АЛЕКСАНДРЫ ВЛАДИМИРОВНЫ  
«ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ ОПАЛОПОДОБНЫХ  
КРИСТАЛЛОВ МЕТОДАМИ ДИФРАКЦИИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Повышенный интерес к упорядоченным опалоподобным структурам обусловлен разработкой воспроизводимых методов создания новых магнитных, оптически активных материалов и функциональных устройств для микроэлектроники и фотоники с заданными физико-химическими свойствами, что и предопределило высокую актуальность темы диссертационной работы Чумаковой А.В.

Диссертанткой четко сформулирована цель работы – изучение структуры опалоподобных структур (прямых и инвертированных) методами малоугловой дифракции синхротронного излучения.

В ходе выполнения диссертационной работы получены новые научно значимые результаты, среди которых следует отметить наиболее важные:

- методом ультрамалоугловой дифракции синхротронного излучения можно судить о совершенстве структуры прямых и инвертированных опалоподобных материалов разного состава, оценивать морфологические особенности, дефектность и степень упорядочения синтетических, искусственных и природных опалов.
- показана возможность исследования послойной структуры формирования синтетических опалов на примере инвертированных кристаллических образцов разной толщины.
- выявлена возможность изучения взаимосвязи структуры, направлений ориентации кристаллитов материалов-заполнителей порового пространства в прямых и инвертированных опаловых матрицах.

Научная и практическая значимость разработанной методики аттестации субмикронных структур методами малоугловой рентгеновской дифракции может быть широко применена для оценки качества подобных материалов. Простота интерпретации и информативность полученных результатов может быть использована для разработки новых методов и корректировки условий синтеза упорядоченных опалоподобных материалов при создании оптических, магнитооптических, лазерных устройств нового поколения на основе опалоподобных структур.

Достоверность полученных результатов подтверждена использованием в работе широкого круга современных физических методов диагностики и корректной физико-математической обработкой данных. Поэтому выводы, сделанные на основании результатов работы Чумаковой А.В., вполне обоснованы.

Основные результаты диссертации представлены в достаточно солидном списке опубликованных работ.

При ознакомлении с авторефератом возникли следующие вопросы и пожелания:

1. В автореферате достаточное внимание уделено характеристике объектов синтезированных прямых и инвертированных опалоподобных образцов, но нет никаких сведений о природных опалах, с которыми проводится сравнительный анализ структур природных и синтезированных опалов. К какому типу месторождения приурочены исследованные образцы, какого они химического состава, к какому типу опалов они относятся, какова их внутренняя структура, размер глобул кремнезема, слагающих упорядоченную структуру? Оценен ли вклад кремнезема второй генерации (кремнеземом второй генерации называется кремнезем, которым заполнено поровое пространство природного опала, имеющий некоторый контраст по диэлектрической проницаемости)? Сопоставимы ли параметры сравниваемых образцов и правомочны ли выводы о сдвиговых деформациях природных опалов по отношению к полистирольным?
2. Очевидно, было бы интересным сравнить предложенным автором диссертации методом природные благородные опалы с искусственными благородными опалами, аналогами природных образцов.

Приведенные вопросы и пожелания не снижают ценности проведенных исследований и полученных результатов, а определяют перспективу их дальнейшего использования и указывают на высокую оценку диссертационной работы.


Диссертационная работа Чумаковой Александры Владимировны «ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ ОПАЛОПОДОБНЫХ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДАМИ ДИФРАКЦИИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» представляет собой законченное исследование по актуальной тематике, выполненное на высоком экспериментальном уровне. По объему, научно-практической новизне и значимости результатов работа полностью отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических методов анализа керамических материалов Института металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, кандидат геолого-минералогических наук

 — С.Н.Ивичева

119991, г. Москва, Ленинский пр., 49, тел. (495)718-16-55, e-mail: ivicheva@mail.ru

*Согласен*  
*удобно*  
*Наз. Ивичевой*  
*(Юрочкина Г. А.)*



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чумаковой Александры Владимировны «Исследование структурного упорядочения опалоподобных кристаллов методами дифракции синхротронного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния»

Автореферат диссертационной работы Чумаковой А.В. лежит в русле актуального направления, в основе которого находится совершенствование технологии получения коллоидных кристаллов и, в частности, искусственных опалоподобных структур с целью создания оптических фильтров, сенсоров и волноводов, а также лазеров с пониженным порогом накачки. Расширение области применения реализуется для инвертированных опалоподобных структур, при получении которых пустоты между частицами заполняют требуемым веществом, а затем матрицу удаляют. Такие объекты представляются особенно перспективными в связи с возможностью получения связи между оптическими свойствами коллоидного кристалла и магнитными, тепловыми и другими свойствами внедренного материала.

В диссертационной работе Чумаковой А.В. решен ряд важных в научном и практическом отношении задач, связанных с определением количественных параметров упорядочения трехмерной опалоподобной структуры. Для решения поставленных задач наряду с традиционным методом сканирующей электронной микроскопии использовался метод малоугловой дифракции синхротронного излучения. При этом неоспоримым преимуществом является реализация эксперимента на самом современном оборудовании. А именно, измерения проводились на специализированной станции синхротронного излучения, оснащенной оптической системой на основе бериллиевых линз. Использование такой уникальной установки позволило достичь пространственного разрешения необходимого для исследования объектов с периодом меньше или порядка микрона.

Все основные результаты диссертации Чумаковой А.В. представляются достоверными, и вносящими вклад в материаловедение и физику конденсированного состояния. Некоторые из результатов представляют особенно большой интерес и научную ценность. Среди них, следует отметить установление влияния подложки и прикладываемого к подложке потенциала на степень упорядочения получаемого опалоподобного кристалла. Это позволило определить оптимальную величину прикладываемого напряжения для получения наиболее совершенных кристаллов, имеющих преимущественно кубическую гранецентрированную упаковку.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В автореферате имеется некоторое количество опечаток и стилистических неточностей. Например, на стр.5 написано: «..диффузионные Брэгговские стержни...», вместо «..диффузные Брэгговские стержни...». Кроме того, описание явления иризации приводится дважды сначала на стр.3, а затем на стр.7.
2. На стр.11 автореферата написано буквально следующее: «Конечно, получить кристалл с идеальной ГЦК структурой невозможно, но как показано в работе, вырастить кристалл, состоящий на 75-85% из ГЦК кристаллитов, реально». Утверждение диссертанта о том, что нельзя получить опа-

лоподобный кристалл, полностью состоящий из гранцентрированной кубической фазы, представляется недостаточно обоснованным.

Указанные замечания не снижают высокой положительной оценки реферируемой работы. Основные результаты диссертации Чумаковой Александры Владимировны достаточно подробно отражены в публикациях в ведущих научных журналах. По моему мнению, соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Г. А. Вальковский,  
кандидат физ.-мат. наук,  
физический факультет

*Г.А. Вальковский*

Санкт-Петербургского Государственного Университета

ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ  
ОТДЕЛА  
Н.А.ГО



*Вальковский*

*И*