

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Юриной Ульяны Валерьевны

«Формирование металлических наночастиц в кристаллах при электронном облучении»,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Металлические наночастицы, проявляющие коллективный плазмонный резонанс электронов, находят широкое применение в оптоэлектронных и сенсорных устройствах, при записи оптической информации, также при изготовлении метаматериалов. В настоящее время исследования направлены преимущественно на создание материалов с наночастицами благородных металлов и меди, поскольку они химически стабильны и демонстрируют плазмонный резонанс в видимой области спектра. При этом к наночастицам щелочных и щелочноземельных металлов, также проявляющим плазмонный резонанс на оптических частотах, внимание в исследованиях уделяется значительно меньше вследствие их высокой реакционной способности, особенно в атмосфере. Поэтому создание наночастиц щелочных и щелочноземельных металлов в объеме диэлектриков, защищающих от внешних факторов и воздействий, как это предлагается в работе У. В. Юриной, определяет **актуальность** диссертации.

Основными **целями и задачами** диссертационной работы являлись определение механизмов формирования наночастиц щелочных и щелочноземельных металлов в диэлектрических кристаллах при электронном облучении, а также определение влияния параметров электронного облучения на физические характеристики синтезируемых наночастиц. Для этого соискателем было проведено моделирование траекторий электронов для определения их глубины проникновения в кристаллах, выполнены эксперименты по электронному облучению, измерены и проанализированы спектры оптической плотности и люминесценции до и после облучения, рассчитаны сечения поглощения наночастиц в исследуемых кристаллах.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, является в достаточной мере убедительной, т.к. основана на использовании известных на практике апробированных методов постановки экспериментов, полученные данные согласуются с результатами работ по схожим тематикам, результаты расчетов и теоретических моделей, подтверждаются публикациями результатов в научных журналах и выступлениями на конференциях.

Содержание диссертационной работы:

Объём диссертации составляет 104 страниц. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка цитируемой литературы (121 наименование) и 2-х приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, описаны цель работы, структура работы, степень завершенности диссертационной работы, научная новизна результатов, практическая значимость работы, методология и методы исследования, выносимые на защиту основные положения, степень достоверности и апробация результатов.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертации. В ней приведены основные понятия и обзор существующих исследований по взаимодействию ионизирующего излучения со стеклами, содержащими ионы металлов, и ионными кристаллами.

Вторая глава содержит сведения об исследуемых материалах, условиях и параметрах проведения эксперимента, описаны методы анализа и подходы к обработке экспериментальных данных.

В третьей главе представлены оригинальные экспериментальные результаты по электронному облучению фторидных кристаллов (LiF , CaF_2 , MgF_2 и BaF_2). Приведены спектры оптической плотности исследуемых кристаллов до и после электронного облучения. Проведен анализ полученных спектров, интенсивные полосы поглощения объяснены появлением металлических наночастиц, для чего был проведен расчет сечений поглощения наночастиц в кристаллах и сравнение с экспериментом. Для кристаллов, у которых наблюдалась интенсивная люминесценция в видимой области, представлены и проанализированы спектры люминесценции. В конце главы приведены выводы о том, что зависимость оптической плотности и интенсивности люминесценции от дозы электронного облучения носят нелинейный характер, выделены наиболее эффективные интервалы доз электронного облучения.

В четвертой главе представлены оригинальные экспериментальные результаты по электронному облучению кристаллов NaCl , KCl и KBr . Здесь также приведены спектры оптической плотности кристаллов после электронного облучения. Показано, что для данной группы кристаллов металлические наночастицы окружены слоем диэлектрика с низким показателем преломления относительно исходного состояния. Выполнен анализ и расчет сечений поглощения наночастиц, рассмотрена вероятность нахождения наночастиц в кристаллах в жидкой фазе. В конце главы сформулированы выводы о влиянии электронного облучения на исследуемую группу кристаллов, перечислены возможные области применения полученных экспериментальных результатов.

В **заключении** приведены основные результаты работы по облучению галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов электронами средних энергий, оценивается их **новизна** и практическая **значимость**, которые заключаются в обнаружении нового эффекта воздействия облучения электронами средних энергий галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов. Показано, что облучение исследуемых кристаллов приводит к формированию металлических наночастиц различного типа, формы и размера, обнаружена нелинейная зависимость оптической плотности и интенсивности люминесценции от дозы электронного облучения, вызванная формированием наночастиц и ростом концентрации дефектов. Получено большое количество экспериментальных данных, которые могут быть полезны для разработки и изготовления различных устройств наноплазмоники.

Положительно оценивая материал предоставляемой диссертации в целом, следует отметить следующие **замечания**:

1. В работе не рассмотрено и не дана оценка влияния расположения плоскости кристалла к падающему электронному лучу на формирование металлических наночастиц, в частности, для кристалла MgF_2 , который имеет тетрагональный тип кристаллической решетки.
2. В четвертой главе утверждается, что синтезированные металлические наночастицы в кристаллах окружены слоем диэлектрика с низким показателем преломления, однако причины возникновения такого слоя не обсуждаются.
3. Для наглядности формирования наночастиц в кристаллах экспериментальные данные можно было бы дополнить снимками электронной микроскопии.

Указанные выше замечания не носят принципиального характера и не снижают общего положительного впечатления от работы. Основные результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах, обсуждались и были приняты на международных и всероссийских конференциях, получили одобрения ведущих специалистов.

Диссертационная работа У. В. Юриной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Формирование металлических наночастиц в кристаллах при электронном облучении» является законченным научным трудом, выполненная на высоком уровне. Научные результаты, приведенные в работе, представляют интерес как с фундаментальной, так и с практической точек зрения. Полученные автором результаты достоверны, а выводы и заключения обоснованы. Автореферат полностью отражает содержание текста диссертации.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, утвержденном приказом директора от 28.03.2023 г. № 01-53, а ее автор Юрина Ульяна Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв составлен 25 января 2025 года.

Официальный оппонент



Степанов Андрей Львович

Доктор физико-математических наук
(01.04.05 - Оптика), ведущий научный
сотрудник, руководитель лаборатории
нанооптики и наноплазмоники
КФТИ - обособленного структурного
подразделения ФИЦ КазНЦ РАН

Казанский физико-технический институт им. Е. К. Завойского –
обособленное структурное подразделение Федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук».

Адрес: 420029, г. Казань, ул. Сибирский тракт, д. 10/7

e-mail: phys-tech@kfti.knc.ru

Подпись Степанова А. Л. заверяю



Подпись *Степанов А. Л.*
Заверяю: зав. канцелярией КФТИ - обособленное
структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН
Юрина Н.Г. Куркина Н.Г.

28.01.2025