

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Юриной Ульяны Валерьевны «Формирование металлических наночастиц в кристаллах при электронном облучении», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Металлические наночастицы, способные поддерживать плазмонный резонанс, нашли широкое применение в различных областях науки и техники – в медицине, сенсорике, оптических волноводах, нелинейно-оптических средах и др. Получение и изучение свойств наночастиц является одним из активно развивающихся направлений исследования. Большое количество современных исследований направлены на поиск новых и высокоэффективных способов синтеза наночастиц. Электронное облучение диэлектриков, рассматриваемое в работе У. В. Юриной, является перспективным методом синтеза наночастиц ввиду простоты, а также возможности локального воздействия путем фокусирования электронного луча до десятка нанометров. Облучение галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов электронами средних энергий может являться весьма эффективным методом создания металлических наночастиц в твердой матрице по сравнению с электронным облучением других диэлектриков (например, стекол), так как в галогенных кристаллах исходно присутствует большое количество ионов металла, что значительно повышает эффективность формирования наночастиц. Все это определяет **актуальность** диссертационной работы.

Основными **целями и задачами** диссертационной работы являлись определение механизмов формирования металлических наночастиц в галогенных кристаллах при электронном облучении, а также исследование влияния электронного облучения на свойства полученных наночастиц.

Диссертация отвечает паспорту специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, а ее структура соответствует требованиям НАК ИГиМаш РАН. Автореферат полностью соответствует содержанию и структуре работы. Информация, изложенная в диссертации, соответствует заявленным публикациям автора. Работа изложена на 104 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка цитируемой литературы, включающего 121 наименование, и 2 приложений.

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, перечислены методы исследования, обозначены научная новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимости работы, приведены защищаемые положения, данные об апробации работы и краткое содержание работы по главам.

Первая глава является обзором литературы по теме диссертации, в которой представлены основные понятия, свойства и существующие методы синтеза наночастиц, приведен обзор существующих исследований по электронному облучению стекол с ионами металлов, а также особенности взаимодействия различного рода ионизирующего излучения с галогенными кристаллами.

Во **второй главе** приводятся информация о выборе материалов исследования и их основные свойства, описаны методика проведения эксперимента, параметры электронного облучения, методы анализа и обработки результатов эксперимента.

Третья глава содержит результаты эксперимента по облучению электронами средних энергий фторидных кристаллов - фторидов лития, магния, кальция и бария. На снятых спектрах оптической плотности кристаллов до и после электронного облучения наблюдается появление интенсивных полос поглощения, вызванных формированием наночастиц в кристаллах, построена зависимость оптической плотности от дозы облучения, на которой наблюдается нелинейная зависимость. Представлены спектры люминесценции кристаллов после облучения и зависимость интенсивности люминесценции от дозы электронного облучения, которая также имеет нелинейный характер. Здесь же приведены результаты моделирования траекторий и глубины проникновения электронов в кристаллы, представлены результаты расчета сечений поглощения наночастиц в исследуемых кристаллах в подтверждение утверждений о формировании наночастиц, проведена оценка влияния электронного облучения на физические характеристики наночастиц, приведено описание механизма формирования наночастиц при электронном облучении галогенных кристаллов.

Четвертая глава содержит результаты эксперимента по облучению электронами хлоридов натрия и калия и бромида калия. На полученных спектрах оптической плотности также наблюдается появление интенсивных полос поглощения, вызванное формированием наночастиц натрия и калия в кристаллах соответственно. Анализ спектров и расчеты сечений поглощения наночастиц в исследуемой группе кристаллов показали, что наночастицы

имеют диэлектрическую оболочку с низким показателем преломления относительно идеального кристалла. Здесь же приведены особенности и возможные области применения наночастиц с диэлектрической оболочкой с низким показателем преломления.

Заключение включает в себя основные результаты работы по электронному облучению ионных кристаллов, среди которых можно отметить результаты, определяющие **научную новизну и значимость** работы:

- Показано, что при зависимости оптической плотности от дозы электронного облучения имеет нелинейный характер, вызванный ростом концентрации и размера наночастиц.
- Проведена оценка условий возникновения люминесценции, описаны причины исчезновения люминесценции при увеличении дозы облучения.
- Проведен расчет сечений поглощения в кристаллах, исследована вероятность нахождения наночастиц в кристаллах в жидкой фазе.
- Предложено описание механизмов формирования металлических наночастиц.
- Полученные экспериментальные данные могут быть полезны при создании устройств наноплазмоники.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов исследования обусловлена использованием общепризнанных подходов и методов исследования. Результаты работы согласуются с результатами исследований других авторов. Работа прошла хорошую **апробацию**, ее результаты опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых базами Scopus и Web of Science, представлены на международных и всероссийских конференциях.

Однако к работе имеется ряд **замечаний** и вопросов:

1. В диссертации неполно описана схема проведения эксперимента, в связи с чем возник ряд вопросов: Каким образом производилось перемещение образца относительно электронного пучка при электронном облучении? Учитывался ли в расчетах дозы облучения факт, что пучок неоднороден? Какого размера исследуемая область при регистрации спектров поглощения и фотолюминесценции?
2. В спектрах оптической плотности кристалла LiF после электронного облучения с высокой дозой появляется полоса поглощения на 500 нм, с чем можно связать ее появление?

3. Возможно ли уменьшение глубины залегания наночастиц, за счет уменьшения энергии электронов?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Юриной У. В. «Формирование металлических наночастиц в кристаллах при электронном облучении» можно оценить как законченную научно-исследовательскую работу.

По всем критериям диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, утвержденного приказом директора от 28.03.2023 г. № 01-53, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Юрина Ульяна Валерьевна заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв составлен 12 февраля 2025 года.

Официальный оппонент:

старший научный сотрудник лаборатории диффузии
и дефектообразования в полупроводниках

ФТИ им. А. Ф. Иоффе,

кандидат физико-математических наук

(01.04.10 – Физика полупроводников)

тел. +7(921)7855722

dementeva@mail.ioffe.ru



Дементьева Екатерина Владимировна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук.

Адрес: 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26

e-mail: post@mail.ioffe.ru

Подпись Дементьевой Е. В. заверяю

зам. зав. отделом кадров



Н.С.

