

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.411.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.09.2026 г. №14

О присуждении Харьковой Алёне Валерьевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Синтез сферических наночастиц сульфида цинка в условиях лазерной абляции в газовой среде» в виде рукописи по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 29.06.2026 г., протокол № 8, диссертационным советом 24.2.411.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33. Приказ № 423/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель – Харькова Алёна Валерьевна, 7 мая 1995 года рождения, в 2019 году окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по направлению 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии. В 2023 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по направлению 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника. В настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории «Оптической диагностики и модификации алмазных материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре физики и прикладной математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Кочуев Дмитрий Андреевич, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича

Столетовых», старший научный сотрудник кафедры физики и прикладной математики.

Официальные оппоненты: Кононенко Виталий Викторович, доктор физико-математических наук, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», Центр естественно-научных исследований, лаборатория лазерной оптики поверхности, ведущий научный сотрудник; Савельев Михаил Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», институт биомедицинских систем, доцент - дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, в своем положительном заключении, утвержденном проректором по научной работе, доктором экономических наук, профессором Зенченко Светланой Вячеславовной и составленном директором научно-образовательного центра Фотовольтаики и нанотехнологии, доктором технических наук Сысоевым Игорем Александровичем и заведующим научно-исследовательской лаборатории технологии перспективных материалов и лазерных сред, научно-лабораторного комплекса чистых зон физико-технического факультета, кандидатом химических наук Таралой Виталием Алексеевичем, указала, что диссертация является научно-исследовательской работой, в которой получен ряд важных, принципиально новых научных результатов. Диссертация соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (в текущей редакции). Автор диссертации Харькова Алёна Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 15 научных работ, в том числе по теме диссертации - 15, из них 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК и приравненных к ним, 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение. Наиболее значимые публикации:

1. Тарасова М.А., Хорьков К.С., Кочуев Д.А., Иващенко А.В. Исследование явления филаментации фемтосекундного лазерного излучения // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2018 – № 8. – С. 33-40. [Tarasova M. A., Khorkov K. S., Kochuev D. A., Ivaschenko A. V. Study of the filamentation phenomenon of femtosecond laser radiation // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2018. – V. 45. – No. 8. – P. 246-250].

2. Харькова А.В., Вознесенская А.А., Кочуев Д.А., Хорьков К.С. Влияние параметров лазерного воздействия на температуру обрабатываемой поверхности // Известия РАН. Серия физическая. – 2022. – № 6. – С. 864-868 [Kharkova A. V. et al. Effect of the Parameters of Laser Impact on the Temperature

of a Processed Surface // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2022. – V. 86. – No. 6. – P. 726-729].

3. Харькова А.В., Кочуев Д.А., Черников А.С. и др. Влияние скорости охлаждения на размер наночастиц сульфида цинка в процессе лазерного абляционного синтеза // Физика и техника полупроводников. – 2024. – Т. 58. – № 10. – С. 525-528. [Kharkova A. V. et al. Influence of cooling rate on the size of zinc sulphide nanoparticles during laser ablation synthesis // Semiconductors. – 2024. – V. 58. – No. 10. – P. 485-487].

4. Харькова А.В., Кочуев Д.А., Вознесенская А.А., Хорьков К.С. Влияние положения поверхности образца относительно фокальной плоскости оптической системы на эффективность выхода наночастиц ZnS при лазерной абляции // Физика и техника полупроводников. – 2025. – Т. 59. – № 6. – С. 324-327 [Kharkova A. V. et al. Effect of the position of the sample surface relative to the focal plane of the optical system on the efficiency of the ZnS nanoparticle yield during laser ablation // Semiconductors. – 2025. – V. 59. – No. 6. – P. 301-303].

5. Харькова А.В., Кочуев Д.А., Галкин А.Ф., Хорьков К.С. Влияние давления буферного газа на скорость охлаждения наночастиц сульфида цинка и их размеры при абляции ультракороткими лазерными импульсами // Письма в Журнал технической физики. – 2025. – Т. 51. – № 7. – С. 20-22 [Kharkova A. V. et al. Effect of buffer gas pressure on the cooling rate and size of zinc sulfide nanoparticles ablated by ultrashort laser pulses // Technical Physics Letters. – 2025. – V. 51. – No. 7 – P. 20-22].

Подготовка публикаций выполнена соискателем совместно с научным руководителем Д.А. Кочуевым. Результаты диссертационной работы отражены в опубликованных статьях. Работы выполнены на высоком научном уровне, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва, все положительные:

1. Чувикова С.В., к.х.н., научного сотрудника АО «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ». Отмечены два вопроса: о корректности использования словосочетания «кинетический параметр» в отношении давления буферного газа; о причине разных значений размеров частиц и кристаллитов в пунктах 2 и 4 выводов.

2. Канаева А.Ю., к.т.н., начальника отдела лазерных технологий ФКП «Государственный лазерный полигон «Радуга». Содержит замечание: в тексте автореферата отсутствует наглядное соответствие размеров частиц и их РЭМ- и ПЭМ-изображений; отсутствие детального анализа примесного состава получаемых нанопорошков ZnS и сведений об их практической апробации; поликристалличность наночастиц при 5 бар не подтверждена визуально.

3. Солохина С.А., к.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой лазерных и оптико-электронных систем ФГБОУ ВО «Ковровский государственный технологический университет имени В.А. Дегтярева». Содержит замечание: отсутствие чёткого разграничения, какой именно размер частиц (по данным РЭМ, по объемной доле или по данным РФА) используется при обсуждении механизмов агломерации; отсутствие развёрнутого обоснования выбора того

или иного способа оценки размеров частиц для сопоставления с теоретической моделью охлаждения; подробно не описана роль других параметров процесса на результат синтеза наночастиц.

4. Кавокиной С.В., к.ф.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника ООО «Международный центр квантовой оптики и квантовых технологий». Отмечено наличие небрежного оформления в тексте автореферата. В качестве замечаний отмечено: отсутствие достаточного обоснования выбранного метода и параметров синтеза; отсутствие рассмотрения иных параметров абляции, влияющих на конечный фракционный состав частиц.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются известными специалистами по теме диссертации, в частности в области физики конденсированного состояния, получению и исследованию процессов формирования наноматериалов.

Диссертационный совет отмечает, что выполненные соискателем исследования вносят вклад в изучение процессов синтеза методом фемтосекундной лазерной абляции сферических наночастиц и влияния условий синтеза (давления газа, плотности энергии излучения) на их размер и фазовый состав. **Разработаны** оригинальные методики синтеза и исследования наночастиц ZnS. С целью изучения процессов нуклеации и агрегации **предложен** метод сопоставления размеров частиц, измеренных методами растровой и просвечивающей электронной микроскопии и по объемной доле, с размерами кристаллитов, рассчитанных путем анализа спектров рентгеновской дифракции. Это позволяет определить вероятность формирования моно- и поликристаллических частиц. **Доказано**, что увеличение плотности энергии приводит к нелинейному росту количества удаляемого материала с максимумом эффективности на уровне не более $0,9 \text{ Дж/см}^2$. **Доказано**, что изменение давления буферного газа (аргона) при фемтосекундной лазерной абляции оказывает существенное влияние как на конечные размеры получаемых наночастиц, так и на внутреннюю структуру материала.

Теоретическая значимость состоит в том, что результаты диссертационной работы расширяют фундаментальные представления о физике лазерной абляции и кинетике нуклеации наночастиц в газовой фазе, формируют основу для углублённого понимания процессов управляемого синтеза наноматериалов.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный подход, позволяющий установить закономерности, определяющие размер, дисперсность, фазовый состав и структуру наночастиц сульфида цинка, полученных фемтосекундной лазерной абляцией в среде аргона.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны** подходы к синтезу сферических наночастиц, формирующие методическую основу для разработки технологий получения наночастиц с заданным размером, формой и фазовым

составом. Сферические наночастицы сульфида цинка, синтезированные в данной работе, могут стать востребованными модельными системами в таких передовых направлениях, как плазмоника и оптоэлектроника.

Оценка достоверности результатов исследования определяется комплексным использованием современного аналитического оборудования, сходимостью результатов, полученных независимыми методами измерений. Результаты являются воспроизводимыми и статистически подтвержденными, обработка результатов измерений осуществлялась с использованием специализированного программного обеспечения. Основные экспериментальные результаты, полученные автором, согласуются с известными теоретическими моделями и экспериментальными данными других научных групп.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все результаты экспериментов и теоретических оценок получены и обработаны лично автором или при его непосредственном участии. Автором лично проведены работы, связанные с экспериментальными исследованиями, обработкой данных и интерпретацией полученных результатов, на основе которых сформулированы выводы и положения диссертации. Постановка цели и ключевых задач, обсуждение результатов экспериментов и теоретических оценок, формулировка выводов выполнялись автором совместно с научным руководителем. Подготовка публикаций и научных докладов по результатам научных исследований в рамках диссертационной работы осуществлялась совместно с соавторами.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания и вопросы об определении механизмов фазовых переходов и энергетической границы между абляционными и плазменными процессами.

Соискатель Харькова Алёна Валерьевна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, что давление буферного газа в процессе лазерной абляции влияет на время охлаждения наночастиц ZnS, определяя их конечный размер и фазовое состояние. Повышенное давление газа выступает ограничивающим фактором роста частиц из-за сверхбыстрого охлаждения, стабилизируя фазу вюртцита. При снижении давления газовой среды, испытывая меньшее сопротивление со стороны буферного газа, отколотые фрагменты беспрепятственно покидают поверхность материала, не подвергаясь интенсивному диспергированию и испарению, и сохраняют исходную фазу сфалерита.

Лазерная импульсная абляция ZnS от $0,2 \text{ Дж/см}^2$ до плотности энергии $0,9 \text{ Дж/см}^2$ приводит к монотонному увеличению эффективности абляции, превышение плотности энергии приводит к резкому спаду массы аблированного материала. Это связано с доминированием плазменных эффектов в области воздействия, приводящих к значительному разогреву приповерхностного слоя вещества и формированию эрозионного факела на взвешенных частицах.

Диссертация соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в текущей редакции. На заседании 25.09.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Харьковой Алёне Валерьевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния за решение актуальной научной задачи, важной для развития отечественных технологий создания функциональных материалов, а именно: за выявление закономерностей влияния параметров фемтосекундной лазерной абляции на размер и фазовый состав синтезируемых наночастиц.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 4 доктора наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ю.Г. Пастушенков

Ученый секретарь
диссертационного совета

Е.В. Барабанова

25.09.2026