

Заключение диссертационного совета МГУ.014.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «2» декабря 2025 г. № 196

О присуждении Куртиной Дарье Андреевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Хиральные атомарно-тонкие структуры халькогенидов кадмия и меди: синтез, морфология и оптические свойства» по специальности 1.4.15 Химия твердого тела принята к защите диссертационным советом 14 октября 2025 г., протокол № 190.

Соискатель Куртина Дарья Андреевна, 1997 года рождения, с октября 2021 года по сентябрь 2025 года проходила обучение в аспирантуре на Кафедре неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

С октября 2022 года по настоящее время соискатель работает в должности инженера в лаборатории химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов Кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в Лаборатории химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов Кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

Васильев Роман Борисович — доктор химических наук, профессор Кафедры наноматериалов Факультета наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова;

Официальные оппоненты:

Толстой Валерий Павлович — доктор химических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Институт химии, профессор Кафедры химии твердого тела;

Тиходеев Сергей Григорьевич — доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Физический факультет, профессор Кафедры общей физики и физики конденсированного состояния;

Приходченко Петр Валерьевич — доктор химических наук, ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН», заведующий лабораторией пероксидных соединений и материалов на их основе;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 11 научных публикаций, в том числе 9 по теме диссертации, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень Минобрнауки РФ, индексируемых в базах данных РИНЦ, Web of Science, Scopus и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности 1.4.15 Химия твердого тела.

Список публикаций по теме диссертационной работы:

1. R.B. Vasiliev, E.P. Lazareva, D.A. Karlova (D.A. Kurtina), A.V. Garshev, Y. Yao, T. Kuroda, A.M. Gaskov, K. Sakoda. Spontaneous folding of CdTe nanosheets induced by ligand exchange // *Chemistry of Materials*, **2018**, V. 30, No. 5, P. 1710-1717. Импакт-фактор 7,0 (JIF). 0,5 п.л. Доля участия: 15%. EDN: UXSVQG.

2. D.A. Kurtina, A.V. Garshev, I.S. Vasil'eva, V.V. Shubin, A.M. Gaskov, R.B. Vasiliev. Atomically-thin population of colloidal CdSe nanoplatelets: growth of rolled-up nanosheets and strong circular dichroism induced by ligand exchange // *Chemistry of Materials*, **2019**, V. 31, No. 23, P. 9652-9663. Импакт-фактор 7,0 (JIF). 0,75 п.л. Доля участия: 35%. EDN: NAPNIJ.

3. I.S. Sadilov, An.A. Eliseev, Ar.A. Eliseev, A.V. Chumakova, D.A. Kurtina, R.B. Vasiliev, D.I. Petukhov. The origin for hydrocarbons fast transport and photoswitching permeation behavior in grafted laminar CdTe membranes // *Journal of Membrane Science*, **2022**, V. 661, P. 120912. Импакт-фактор 9,0 (JIF). 0,44 п.л. Доля участия: 10%. EDN: JAZHJM.

4. D.A. Kurtina, V.P. Grafova, I.S. Vasil'eva, S.V. Maksimov, V.B. Zaytsev, R.B. Vasiliev. Induction of Chirality in Atomically Thin ZnSe and CdSe Nanoplatelets: Strengthening of Circular Dichroism via Different Coordination of Cysteine-Based Ligands on an Ultimate Thin Semiconductor Core // *Materials*, **2023**, V. 16, No. 3, P. 1073. Импакт-фактор 3,2 (JIF). 0,88 п.л. Доля участия: 30%. EDN: FKMYVH.

5. D.A. Kurtina, V.B. Zaytsev, R.B. Vasiliev. Chirality in Atomically Thin CdSe Nanoplatelets Capped with Thiol-Free Amino Acid Ligands: Circular Dichroism vs. Carboxylate Group Coordination // *Materials*, **2024**, V. 17, No. 1, P. 237. Импакт-фактор 3,2 (JIF). 0,75 п.л. Доля участия: 45%. EDN: VZOVCSX.

6. M.Y. Skrypnik, D.A. Kurtina, S.P. Karamysheva, E.A. Stepanidenko, I.S. Vasil'eva, S. Chang, A.I. Lebedev, R.B. Vasiliev. Menthol-Induced Chirality in Semiconductor Nanostructures: Chiroptical Properties of Atomically Thin 2D CdSe Nanoplatelets Capped with Enantiomeric L-(-)/D-(+)-Menthyl Thioglycolates // *Nanomaterials*, **2024**, V. 14, No. 23, P. 1921. Импакт-фактор 4,3 (JIF). 0,81 п.л. Доля участия: 30%. EDN: MRPMOP.

7. D.A. Kurtina, H. Long, S. Chang, R.B. Vasiliev. Solvent effect on chiroptical properties of chiral atomically thin CdSe nanoplatelets capped with enantiomeric ligands // *Optical Materials*, **2025**, V. 158, P. 116483. Импакт-фактор 4,2 (JIF). 0,44 п.л. Доля участия: 50%. EDN: PVKBSO.

На автореферат диссертации поступило 3 дополнительных отзыва от ведущих российских ученых, все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией и опытом научной работы в химии твердого тела, а также в области оптических свойств функциональных структур и материалов, что подтверждается наличием публикаций в высокорейтинговых журналах. Толстой Валерий Павлович и Приходченко Петр Валерьевич обладают высокими компетенциями в химии твердого тела, а также химии и физики функциональных материалов, являясь ведущими специалистами в области получения функциональных наноматериалов с заданными функциональными свойствами. Тиходеев Сергей Григорьевич является ведущим специалистом в области хиральных материалов и структур, а также взаимодействия света и хиральных структур.

Значительная часть публикаций официальных оппонентов близка по направленности к теме диссертационной работы и посвящена получению и характеристике функциональных наноматериалов, анализу взаимосвязи между способом синтеза, составом, структурой и свойствами неорганических материалов и наноматериалов.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

1. Разработаны подходы к получению хиральных атомарно-тонких наноструктур селенида и теллурида кадмия толщиной 2 и 3 монослоя и протяжёнными латеральными размерами до 500 нм методом роста в коллоидной системе ацетат кадмия – октадецен – олеиновая кислота. Разработаны методики последующего обмена исходных

лигандов олеиновой кислоты на энантиомерные лиганды с тиолатной и карбоксилатной якорной группой в среде апротонных растворителей (тетрагидрофуран и диоксан) и дополнительного обмена в среде метанола, что обеспечивает полноту замены лигандов и хорошую коллоидную стабильность.

2. Установлено, что в спектрах КД наблюдаются пары полос противоположного знака, однозначно коррелирующие с экситонными переходами HH, LH и SO в спектрах поглощения. Достигнуто максимальное значение фактора диссимметрии (2×10^{-2}) для HH-экситонов в наноструктурах толщиной 2 МС в метаноле.

3. Обнаружена инверсия знака кругового дихроизма полос экситонов HH и LH для наноструктур CdSe, покрытых L-стереоизомерами цистеина и ацетилцистеина, что предположительно связано с разной координацией лигандов на поверхности. Для лиганда N-ацетил-L-цистеина все якорные группы координированы, реализуя различные типы конфигурации - от моно- до, вероятно, трех-дентатной, тогда как для L-цистеина наблюдается преимущественно монодентатная координация лиганда с участием сульфгидрильной группы.

4. Изучено влияние эффекта диэлектрического экранирования на величину фактора диссимметрии в индуцированной хиральности. Фактор диссимметрии для наноструктур CdSe толщиной 2 монослоя увеличивался на порядок для обеих полос HH- и LH+, соответствующих экситонам HH и LH. Аналогичное поведение наблюдалось для более толстых (3 МС) наноструктур, но с меньшим увеличением фактора диссимметрии, что соответствует уменьшению эффекта растворителя. Максимальный фактор диссимметрии был обнаружен для полосы кругового дихроизма LH+ для атомарно-тонких 2 МС структур CdSe, покрытых лигандами N-ацетил-L-цистеина в случае метанола.

5. Разработана методика катионного обмена для получения атомарно-тонких структур селенида меди со свойствами вырожденного дырочного полупроводника, исходя из наноструктур селенида кадмия толщиной 2 и 3 монослоя. Показано сохранение атомарной толщины и свернутой морфологии наноструктур селенида меди, а также покрытия хиральных лигандов на их поверхности. Методом вольт-амперометрии продемонстрирована высокая проводимость полученных наноструктур.

Практическая значимость работы Куртиной Д.А. заключается в необходимости разработки методов синтеза и установления закономерностей хирооптических свойств хиральных полупроводниковых структур халькогенидов кадмия для оптических и поляризационных применений. Полученные хиральные атомарно-тонкие структуры могут быть использованы для создания детекторов фотонов с круговой поляризацией и излучателей циркулярно-поляризованного света в фотонике. Разработанные методы синтеза позволяют получать атомарно-тонкие структуры соединений $A^{II}B^{VI}$ с двумерными электронными свойствами, выраженными экситонными переходами и узкими полосами поглощения и люминесценции. Найденные закономерности хирооптических свойств и их взаимосвязи с составом наноструктур и координацией лигандов на их поверхности могут быть использованы для получения гибридных 2D наноматериалов с высокими значениями диссимметрии во взаимодействии с право- и лево-поляризованными фотонами.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Присоединение энантиомеров лигандов X-типа к базальным поверхностям атомарно-тонких структур халькогенидов кадмия приводит к появлению интенсивного кругового дихроизма в экситонной подсистеме двумерных LH и HH экситонов.

2. Выявленные взаимосвязи между условиями воспроизводимого синтеза, составом и толщиной полупроводникового ядра атомарно-тонких наноструктур халькогенидов кадмия, составом лигандов на их поверхности и оптическими и хирооптическими свойствами экситонных возбуждений – спектральным положением и шириной экситонных полос, знаками и интенсивностью полос кругового дихроизма, фактором диссимметрии.

3. Изменение координации энантиомерных лигандов X-типа на базальных катионных поверхностях атомарно-тонких структур халькогенидов кадмия приводит к изменению хирооптических свойств экситонных возбуждений, относящихся к LH и HH экситонам.

4. Катионное замещение Cd(II) на Cu(I) в атомарно-тонких структурах селенида кадмия возможно с сохранением двумерной морфологии и атомарной толщины и одновременным увеличением проводимости получаемых наноструктур.

На заседании 2 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Куртиной Д.А. ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.15 Химия твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.4.15 Химия твердого тела, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 25, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя

Диссертационного совета

д.х.н., чл.-корр. РАН

Е.А. Гудилин

Ученый секретарь

Диссертационного совета

к.х.н.

Н.Р. Хасанова

«2» декабря 2025 г.