

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 февраля 2024 г № 60

О присуждении Чернопицкому Максиму Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптические свойства примесно-дефектных центров в ультратонких пленках слоистых моно- и дихалькогенидов металлов» по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния принята к защите 09 октября 2023 года, (протокол заседания № 54) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Чернопицкий Максим Александрович, 23 мая 1993 года рождения, в 2018 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии». С 2018 года обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН) по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2022 году с присвоением квалификации «Исследователь».

Преподаватель-исследователь». Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2022 году. С 2019 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время работает в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника в Лаборатории новых материалов для ИК фотоники Отдела твердотельная фотоника Отделения физики твердого тела.

Диссертационная работа М. А. Чернопицкого выполнена в Отделении физики твердого тела ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Кривобок Владимир Святославович, высококвалифицированный старший научный сотрудник Лаборатории новых материалов для ИК фотоники Отдела твердотельная фотоника Отделения физики твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Вайнштейн Илья Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник университетского научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» (НОЦ НАНОТЕХ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ);
2. Яблонский Артем Николаевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела физики полупроводников Института физики микроструктур РАН — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИФМ РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), город Москва, в своем положительном отзыве, подписанном академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Коновым Виталием Ивановичем, председателем ученого совета Отдела светоиндуцированных поверхностных явлений Центра естественно-научных исследований (СПЯ ЦЕНИ) ИОФ РАН, кандидатом физико-математических наук Пивоваровым Павлом Александровичем, ученым секретарем отдела СПЯ ЦЕНИ ИОФ РАН, и утвержденном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, профессором Гарновым Сергеем Владимировичем, директором ИОФ РАН, указала, что диссертация является законченным исследованием и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8—Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 8 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем М. А. Чернопицким работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. V. S. Krivobok, E. A. Ekimov, M. V. Kondrin, S. N. Nikolaev, M. A. Chernopitssky, A. A. Deeva, D. A. Litvinov, I. I. Minaev. Tin disulfide with bright near-IR luminescence centers obtained at high pressures // Physical Review Materials. 2022. - Т. 6. - № 9. - С. 094605.

2. S. N. Nikolaev, M. A. Chernopitssky, V. S. Bagaev, V. S. Krivobok, E. E. Onishchenko, K. A. Savin, A. Y. Klokov, S. I. Chentsov, V. P. Martovitskiy. Low temperature luminescence of mechanically exfoliated β -InSe nanoflakes near fundamental absorption edge // Journal of Luminescence. 2021. - Т. 231. - С. 117812.
3. М. А. Чернопицкий, С. Н. Николаев, В. С. Кривобок, И. И. Усманов, А. А. Деева. Влияние отжига на оптические свойства монослоя WSe₂, полученного механическим слоением с использованием золота // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2022. - Т. 49. - С. 252–256.
4. С. Н. Николаев, М. А. Чернопицкий, В. С. Багаев, В. С. Кривобок. Антистоксова люминесценция объемного β -InSe и его тонких пленок при оптическом ИК-возбуждении // Письма в ЖЭТФ. 2020. - Т. 112. - № 3. - С. 145—149.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области физики конденсированного состояния и спектроскопии дефектов в полупроводниковых соединениях.

Диссертация Чернопицкого М. А. посвящена исследованию собственных и примесно-дефектных состояний в тонких пленках моно- и дихалькогенидов металлов методами оптической спектроскопии. Изучаемые в диссертационной работе материалы обладают значительным потенциалом для разработки ультратонких оптоэлектронных устройств на основе ван-дер-ваальсовых гетероструктур. Однако существующие технологии сталкиваются с проблемой низкой воспроизводимости их физических свойств, что в основном обусловлено дефектами в тонких пленках, на исследование которых и сделан основной упор в диссертационном исследовании.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. На примере диселенида вольфрама показано, что использование материала посредника для получения атомарно-тонких пленок методом механического слоения приводит к неконтролируемому n^+ легированию за счет генерации вакансий халькогена. Отжиг позволяет частично подавить n^+ легирование, но приводит к образованию структурных дефектов, излучение фотолюминесценции которых линейно поляризовано.
2. Обнаружено интенсивное антистоксово излучение объемных кристаллов и полученных тонких пленок β -InSe. При оптическом возбуждении получены низкотемпературные (5 K) спектры фотолюминесценции ультратонких пленок β -InSe толщиной два и четыре монослоя
3. Установлено, что микромеханическое расщепление кристаллов InSe и GaSe до тонких пленок толщиной от 10 до 100 нм сопровождается образованием планарных дефектов. Показано, что эти дефекты приводят к появлению новой линии в спектрах низкотемпературной фотолюминесценции, демонстрирующей нелинейный рост интенсивности с увеличением плотности мощности оптического возбуждения.
4. Обнаружен новый центр люминесценции в дисульфиде олова, синтезированном при высоком давлении и температуре, который характеризуется бесфононным переходом на длине волны 885 нм.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Впервые получены низкотемпературные спектры излучения ультратонких пленок β -InSe толщиной два и четыре монослоя;
- Впервые продемонстрировано, что планарные дефекты, образующиеся в результате механического слоения кристаллов InSe и GaSe, приводят к формированию новых линий в спектрах низкотемпературной

фотолюминесценции. При увеличении плотности мощности оптического возбуждения данные линии демонстрируют нелинейный рост интегральной интенсивности;

- Впервые продемонстрировано наличие антистоксовой люминесценции пленок β -InSe, связанной с рекомбинацией через межзонный экситонный переход;

- Обнаружен новый люминесцентный центр в дисульфиде олова, формирующий бесфононный переход в районе 885 нм.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в выявлении механизмов излучательной рекомбинации, связанных как с внутренними, так и с примесно-дефектными состояниями в пленках слоистых полупроводников InSe, GaSe, SnS₂ и WSe₂. Результаты, изложенные в диссертации, представляют интерес для конструирования и разработки оптоэлектронных устройств, основанных на ультратонких пленках двумерных полупроводников. Их целесообразно использовать в научных организациях ведущих исследования в области микро- и наноструктур слоистых полупроводников, таких как НИЦ «Курчатовский институт», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Институт физики микроструктур РАН, Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН.

Достоверность результатов работы подтверждается согласием данных, полученных в ходе различных экспериментов, их воспроизводимостью, а также их согласием с данными, полученными в частных случаях другими авторами.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Чернопицкого М. А., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автором лично был освоен метод получения тонких пленок слоистых полупроводников, проведены эксперименты при низких температурах, с последующей обработкой, анализом и интерпретацией спектроскопических данных. Помимо этого, автор внес определяющий вклад в создание

экспериментальной установки сухого переноса, задействованной в работе. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

В ходе защиты соискатель Чернопицкий М. А. аргументировано ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 19 февраля 2024 года диссертационный совет принял решение присудить М. А. Чернопицкому учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по анализу влияния примесно-дефектных состояний в тонких пленках слоистых полупроводников на их оптические свойства, что необходимо для развития научной области, относящейся к физике двумерных материалов.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.8 — Физика конденсированного состояния), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 21,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 1.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотко Александр Степанович

19 февраля 2024 г.