

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.12 на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук.

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета  
от 06 июня 2016 года, протокол № 6

О присуждении Чан Конг Кханю, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Нестехиометрия и люминесцентные свойства кристаллического селенида цинка» в виде рукописи по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, химические науки, принята к защите 28 марта 2016 года, протокол № 4, диссертационным советом Д 212.204.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства образования и науки Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от 12 августа 2013 г. № 448/нк).

Соискатель Чан Конг Кхань, 20 июня 1987 года рождения, в 2012 году окончил Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Обучается в аспирантуре в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации с 13 сентября 2012 года по настоящее время. Временно не работает.

Диссертация выполнена на кафедре химии и технологии кристаллов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор химических наук, профессор Аветисов Игорь Христофорович, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой химии и технологии кристаллов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Иванов Юрий Михайлович, гражданин Российской Федерации, старший научный сотрудник лаборатории № 5 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова Российской академии наук, Москва;

кандидат химических наук Кочурихин Владимир Владимирович, гражданин Российской Федерации, заведующий лабораторией материалов электронной техники и оптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва,

дали *положительные* отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Министерства образования и науки Российской Федерации (Екатеринбург) в своем *положительном* заключении, подписанном заведующим кафедрой физической и коллоидной химии, доктором химических наук, профессором Марковым Вячеславом Филипповичем, ученым секретарем той же кафедры, кандидатом химических наук, доцентом Алексеевой Татьяной Анатольевной и утвержденном ректором Кокошаровым Виктором Анатольевичем, указала, что автор диссертации Чан Конг Кхань заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники (отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры физической и коллоидной химии 26 апреля 2016 года, протокол № 17).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 40 страниц, в том числе 3 в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Монографий, патентов, авторских свидетельств, депонированных рукописей не имеет.

Соискателем опубликовано 9 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Личный вклад соискателя составляет не менее 70 % и состоит в получении экспериментальных данных, обсуждении результатов и выводов и написании статей.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. I. Avetissov, Khan Chan, N. Zhavoronkov, A. Davydov, E. Mozhevitina, A. Khomyakov, S. Kobeleva, S. Neustroev Nonstoichiometry and luminescent properties of ZnSe crystals grown from melt and vapor // Journal of Crystal Growth. 2014. V. 401. P. 686–690. DOI: 10.1016/j.jcrysgr.2014.01.003.

2. I. Avetissov, E. Mozhevitina, A. Khomyakov, Tran Khanh Universal approach for nonstoichiometry determination in binary chemical compounds // Cryst. Res. Technol. 2015. V. 50. № 1. P. 93 – 100. DOI: 10.1002/crat.201400201.

3. I. Avetissov, Khanh Tran, R. Saifutyarov, E. Mozhevitina, A. Khomyakov, R. Avetisov, A. Davydov, S. Neustroev, N. Zhavoronkov Nonstoichiometry problems of ZnSe: From single crystals to nanofilms // Thin Solid Films. DOI: 10.1016/j.tsf.2015.10.067. Available online 30 October 2015.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, *все положительные*. В отзывах указывается, что представленная работа характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии. В отзыве профессора химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» доктора химических наук, профессора Зломанова Владимира Павловича в качестве замечаний отмечено, что для оценки погрешности определения нестехиометрии следовало бы сопоставить составы, отвечающие конгруэнтной сублимации, и

нечетко представлена зависимость морфологии пленок от условий синтеза. В отзыве доцента Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кандидата физико-математических наук, доцента Кобелевой Светланы Петровны отмечено, что в автореферате не отражено, что при определении нестехиометрии ( $\delta$ ) методом «извлечения» определяемый состав представляет собой сумму отклонений составов от  $P_{\min}$  и  $\delta$ .

Отзывы заместителя директора Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук», доктора физико-математических наук Волошина Алексея Эдуардовича; генерального директора открытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт особо чистых материалов», доктора технических наук Леоновича Бориса Наумовича; заведующего лабораторией высокочистых оптических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии высокочистых веществ имени Г.Г. Девярых Российской академии наук, доктора химических наук Гаврищука Евгения Михайловича замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций и патентов в области технологии и оборудования для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана и верифицирована** модель дефектообразования в номинально чистых и легированных кристаллах s-ZnSe, согласно которому при растворении Se в s-ZnSe образуются преимущественно электрически неактивные ассоциаты вакансий в подрешетке цинка, при этом степень ассоциации вакансий растет с повышением температуры и увеличением парциального давления пара селена;
- **доказано**, что область гомогенности селенида цинка со структурой сфалерита является двухсторонней; впервые получены экспериментальные данные о растворимости селена в нестехиометрическом селениде цинка со структурой сфалерита в условиях  $S_{s-ZnSe}L_{(Se)}V$  и  $S_{s-ZnSe}V$  равновесий;
- **показано**, что широкая полоса фотолюминесценции 2,00-2,10 эВ связана с наличием вакансионных дефектов в подрешетке цинка, которые могут формироваться, как за счет растворения сверхстехиометрического селена, так и примеси хлора в кристаллах ZnSe;
- **предложена и экспериментально доказана** возможность формирования *p-n* перехода при осаждении однофазных пленок нелегированного селенида цинка толщиной 90-230 нм на неподогреваемую подложку, с прозрачностью свыше 80 % в видимом диапазоне спектра, за счет регулирования отклонения от стехиометрии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **установлено**, что при растворении сверхстехиометрического селена в кристаллическом селениде цинка со структурой сфалерита преимущественно образуются электрически неактивные собственные точечные дефекты;

– **изучена** взаимосвязь между условиями синтеза и отклонением от стехиометрии в кристаллическом селениде цинка, на основании которой предложена модель дефектообразования, позволяющая описать процессы формирования собственных точечных дефектов в халькогенидах кадмия и цинка, при растворении в них сверхстехиометрического халькогена.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

– **разработана методика** определения концентрации сверхстехиометрического селена в нестехиометрических кристаллических препаратах селенида цинка со структурой сфалерита с пределом определения  $10^{-7}$  моль избыточного Se/моль ZnSe;

– **представлены** данные справочного характера о растворимости селена в нестехиометрическом селениде цинка со структурой сфалерита;

– **изложены** результаты сравнительного анализа примесной чистоты и нестехиометрии моно- и поликристаллического ZnSe, синтезированного из расплава и паровой фазы в профильных научных организациях Российской Федерации, и установлены закономерности образования дефектов нестехиометрии в зависимости от способа получения селенида цинка.

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в научных и образовательных организациях, а также на предприятиях Акционерного общества «Росэлектроника», Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», в частности в Закрытом акционерном обществе «Научно-исследовательский институт материаловедения», Акционерном обществе «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– экспериментальные данные получены с использованием сертифицированных контрольно-измерительных и аналитических приборов с последующим анализом погрешностей определяемых величин и проверкой их воспроизводимости;

– установлено качественное совпадение экспериментальных результатов с данными, представленными в независимых источниках по нестехиометрии других фаз на основе соединений  $A^{II}B^{VI}$ ;

– достоверность результатов исследования обеспечена совпадением данных, полученных разными методами с использованием взаимодополняющих современных инструментальных методов химического и спектрального анализа;

– выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о дефектообразовании в нестехиометрических фазах.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач исследований, в проведении экспериментов и анализов, в обсуждении и обработке

результатов и формулировании основных выводов, подготовке публикаций по выполненной работе, включая доклады на конференциях различного уровня.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники в части «Разработка и исследование физико-технологических и физико-химических принципов создания новых и совершенствования традиционных материалов и приборов электронной техники, включая полупроводники, диэлектрики, металлы, технологические среды и приборы микроэлектроники и функциональной электроники, физико-химические исследования технологических процессов получения новых и совершенствования существующих материалов электронной техники».

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая направлена на решение задачи, имеющей важное значение для развития электронной промышленности России в области создания перспективных кристаллов и тонких плёнок с контролируемым примесно-дефектным состоянием на основе высокочистого селенида цинка для полупроводниковых и оптических структур. По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 06 июня 2016 года, протокол № 6, диссертационный совет принял решение присудить Чан Конг Кханю ученую степень кандидата химических наук по специальностям 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности и отрасли науки рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 17, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

А.В. Беляков

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Н.А. Макаров