

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета

от 01 июля 2019 года, протокол № 51

О присуждении Саниной Виктории Вячеславовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук

Диссертация «Исследование зарядового состояния ионов хрома и возможных механизмов его формирования в кристаллах форстерита» в виде рукописи по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, химические науки, принята к защите 22 апреля 2019 года, протокол № 22, диссертационным советом Д 212.204.12 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от 20 декабря 2018 г. № 373/нк).

Соискатель Санина Виктория Вячеславовна, 29 апреля 1992 года рождения, в 2015 году с отличием окончила Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации. Освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в 2019 году. Диссертация выполнена на кафедре химии и технологии кристаллов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - кандидат технических наук, Субботин Кирилл Анатольевич, гражданин Российской Федерации, доцент кафедры химии и технологии кристаллов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

### Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Балбашов Анатолий Михайлович, гражданин Российской Федерации, главный научный сотрудник кафедры физики электротехнических материалов и компонентов института электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва.

кандидат химических наук Волкова Елена Александровна, гражданка Российской Федерации, доцент кафедры кристаллографии и кристаллохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Москов-

ский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет», Краснодар, в своем **положительном** заключении, подписанном заведующим кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, доктором физико-математических наук, доцентом Исаевым Владиславом Андреевичем и профессором кафедры оптоэлектроники, доктором физико-математических наук, доцентом Строгоновой Еленой Валерьевной, указала, что автор диссертации Санина Виктория Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники (диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий физико-технического факультета 05.05.2019 года, протокол №11).

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Общий объем публикаций 45 страниц. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Монографий и патентов не имеется.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Subbotin K.A., Slavkina (Sanina) V.V., Lis D.A., Lis O.N. and Zharikov E.V. Evolution of  $\text{Cr}^{4+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Cr}^{2+}$  Contents in Cr:  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  Single Crystals During their Prolonged High-Temperature Oxidizing Annealing // J. Crystal Growth. 2017. V. 468. P. 718–723. (WoS)
2. Sanina V.V., Mitrokhin V.P., Subbotin K.A., Lis D.A., Lis O.N., Ivanov A.A. and Zharikov E.V. Tunable Mode-Locked Laser Action of  $\text{Cr}^{4+}$  in codoped Forsterite Cr,Sc: $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  // Laser Physics. 2018. V. 28. № 1. P. 015803. (WoS)

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва, все положительные. В отзывах указывается, что представленная работа содержит большое количество актуальных экспериментальных данных, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии.

В отзыве доктора физико-математических наук Волошина Алексея Эдуардовича, заместителя директора Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук указаны в автореферате следующие недостатки - отсутствие количественных данных по концентрации активных ионов  $\text{Cr}^{4+}$  и коэффициентов поглощения на длине волны накачки, что затрудняет в полной мере оценить масштаб улучшения характеристик активных элементов.

В отзыве доктора технических наук Дмитрия Анатольевича Макаренко, заместителя директора по науке федерального государственного унитарного предприятия «Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», отмечено, что в третьей главе текста автореферата недостаточно отражены полученные результаты о влиянии легирующих примесных ионов  $\text{Li}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  на перераспределение валентных форм хрома в выращенных кристаллах.

В отзыве доктора физико-математических наук, профессора Валерия Федоровича Тарасова, главного научного сотрудника лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков, отдела химической физики, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанского физико-технического института имени Е.К. Завойского – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» отмечено, что в автореферате есть неточности, а именно, на стр. 7 в разделе «Публикации» написано, что научные результаты по теме диссертации отражены в 15 статьях в международных и российских журналах, из них 10 статей входят в перечень Высшей аттестационной комиссии. Тогда как, в этот перечень входят не статьи, а печатные издания. Кроме того, в представленном в автореферате списке из 10 научных трудов, только 2 статьи опубликованы в журналах. Остальные восемь опубликованы в материалах международных конференций (индексируемых в WoS или Scopus).

Отзыв кандидата физико-математических наук Русанова Сергея Ярославовича, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук, замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций 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:

- **установлено**, что атмосфера выращивания и введение дополнительных оптически неактивных гетеровалентных примесей ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) в состав кристалла хром-форстерита существенным образом влияют на перераспределение концентраций разновалентных форм хрома в получаемых кристаллах;
- **установлено**, что перспективным технологическим приемом является длительный высокотемпературный окислительный отжиг кристалла хром-форстерита, который способствует увеличению содержания ионов  $\text{Cr}^{4+}$  и снижению концентрации ионов  $\text{Cr}^{3+}$  и  $\text{Cr}^{2+}$ ;
- **доказано**, что избыток  $\text{MgO}$  в расплаве, из которого выращиваются кристаллы хром-форстерита, приводит к улучшению вхождения в кристалл четырехвалентного хрома.
- **установлено**, что введение дополнительной легирующей примеси скандия в лазерные кристаллы хром-форстерита улучшают соотношение концентраций четырех-, двух- и трехвалентного хрома.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

- изучена возможность повышения концентрации ионов  $\text{Cr}^{4+}$  и уменьшения содержания паразитных форм хрома в лазерных кристаллах хром-форстерита  $\text{Cr:Mg}_2\text{SiO}_4$  путем применения нескольких особых технологических приемов, а также получены новые фундаментальные научные данные о механизмах формирования ионов  $\text{Cr}^{4+}$  в кристаллах хром-форстерита при использовании этих приемов;

- методами оптической абсорбционной спектроскопии с разложением спектров поглощения на элементарные гауссианы на концентрационных сериях образцов системно исследована зависимость концентраций разновалентных форм хрома в кристаллах хром-форстерита от условий выращивания (атмосфера роста и введение дополнительных легирующих примесей ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ));
- *получены* данные о зависимостях концентраций разновалентных форм хрома в кристаллах хром-форстерита, параметров элементарной ячейки, гидростатических плотностей и фактических молярных масс кристаллов от избыточного количества  $\text{MgO}$  в составе расплавов, из которых выращивались кристаллы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- *показано*, что рост монокристаллов хром-форстерита методом Чохральского из расплавов, обогащенных  $\text{MgO}$ , способствует увеличению содержания  $\text{Cr}^{4+}$  в кристаллах до 2 раз по сравнению с кристаллами, выращенными из расплава стехиометрического состава;
- *установлено*, что длительный высокотемпературный окислительный отжиг кристалла хром-форстерита, выращенного в стандартных, слабо-окислительных условиях повышает содержание  $\text{Cr}^{4+}$  в кристалле в 1,5 раза, снижает содержание  $\text{Cr}^{3+}$  в 2 раза и практически полностью избавляет кристалл от  $\text{Cr}^{2+}$ ;
- *установлено*, что введение в состав кристалла хром-форстерита ионов скандия резко снижает содержание  $\text{Cr}^{3+}$ . Генерационные характеристики такого кристалла заметно превышают аналогичные характеристики кристалла без скандия.

Результаты работы могут быть рекомендованы к практическому использованию в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт «ПОЛИОС» имени М.Ф. Стельмаха», в Обществе с ограниченной ответственностью «Авеста-проект» при совершенствовании технологии производстве монокристаллов хром-форстерита.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- экспериментальные данные получены с использованием современного сертифицированного аналитического оборудования с последующим анализом погрешностей определяемых величин и проверкой их воспроизводимости;
- выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения и имеют большое значение для науки о материалах фотоники.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в планировании и проведении экспериментов, обработке, систематизации и анализе результатов, формулировании основных выводов, подготовке и оформлении материалов исследований для публикаций, а также их представлении на международных и всероссийских конференциях.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники:

Области исследований, пункт 1 - 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 - развиты физико-химические принципы совершенствования традиционного материала квантовой электроники, кристалла хром-форстерита;

Области исследований, пункт 4 - Разработка и исследование физико-технологических и физико-химических моделей новых материалов и приборов по п.1, технологических процессов их изготовления, а также моделей проектирования соответствующего технологического оборудования - предложены кристаллохимические модели трансформаций разновалентных форм хрома в кристаллах форстерита при использовании различных технологических приемов синтеза данных кристаллов;

Области исследований, пункт 5 - Физико-химические исследования технологических процессов получения новых и совершенствования существующих материалов электронной техники - построены динамики эволюции концентраций разновалентных форм хрома в кристаллах хром-форстерита в процессе их длительного высокотемпературного окислительного отжига, а также изучено влияние температуры отжига на интенсивность селективного испарения ионов  $\text{Cr}^{4+}$  из кристалла в процессе отжига. Это, безусловно, можно рассматривать как исследование технологического процесса совершенствования известного материала квантовой электроники, кристалла  $\text{Cr:Mg}_2\text{SiO}_4$ .

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая содержит новые научно-обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию технологии производства активных лазерных материалов, имеющие существенное значение для развития страны. По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует критериям, установленным п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 01 июля 2019 года, протокол № 51 диссертационный совет принял решение присудить Саниной Виктории Вячеславовне ученую степень кандидата химических наук по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности и отрасли науки рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 18, против присуждения учёной степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

✓

— И.Х. Аветисов

Ученый секретарь диссертационного совета



Handwritten signature in blue ink.

Н.А. Макаров