

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.12 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет 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 15 декабря 2014 года, протокол № 4

О присуждении Сухановой Екатерине Андреевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Низкочастотная вибрационная активация расплавов в процессе выращивания кристаллов химических соединений методами направленной кристаллизации» в виде рукописи по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники принята к защите 13 октября 2014 года, протокол № 3, диссертационным советом Д 212.204.12 на базе Российского химико-технологического университета 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 Суханова Екатерина Андреевна, 28 сентября 1986 года рождения, в 2010 году окончила Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Работает в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации на кафедре химии и технологии кристаллов в должности ведущего инженера. В период с 30 сентября 2010 года по 30 сентября 2014 года являлась заочным аспирантом той же кафедры.

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, профессор кафедры химии и технологии кристаллов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

доктор химических наук, профессор, Федоров Павел Павлович, гражданин Российской Федерации, заведующий лабораторией технологии наноматериалов для фотоники федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики имени А.М. Прохорова Российской Академии Наук, Москва;

кандидат химических наук, Ворончихина Мария Евгеньевна, гражданка Российской Федерации, заместитель начальника группы подразделения 0304 отделения научно-

технического обеспечения развития материаловедения Открытого акционерного общества «Композит», Московская область, город Королев;

дали *положительные* отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Закрытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт материаловедения» (НИИМВ) (Москва, Зеленоград) в своем *положительном* заключении, подписанном председателем Научно-технического совета, генеральным директором Сомовым Александром Викторовичем, ученым секретарем Научно-технического совета, доктором химических наук, профессором Минаевым Виктором Семеновичем и утвержденном генеральным директором Сомовым Александром Викторовичем, указала, что автор диссертации Суханова Екатерина Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники (отзыв обсужден и одобрен на заседании Научно-технического совета 20 ноября 2014 года, протокол № 135).

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 105 страниц, в том числе 8 в международных научных рецензируемых журналах, индексируемых в базах цитирования Web of Science и Scopus. Соискателем опубликовано 12 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумах. Все статьи опубликованы в соавторстве. Личный вклад соискателя составляет не менее 70 % и состоит в получении экспериментальных данных, в обсуждении результатов и выводов и написании статей.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Avetissov I.C., Sadovskii A.P., Sukhanova E.A., Zharikov E.V. Single crystal growth by axial vibrational control technique in Czochralski configuration // J. Crystal Growth. 2011. V. 318. № 1. P. 979-982.
2. Avetissov I., Sadovskiy A., Belov S., Khomyakov A., Rekunov K., Kostikov V., Sukhanova E. Thermodynamic features of axial vibrational control technique for crystal growth from the melt // CrystEngComm 2013. V. 15. P. 2213-2219
3. Avetissov I. C., Sadovskiy A.P., Sukhanova E.A., Orlova G.Yu., Belogorokhov I. A., Zharikov E. V. Perfection of  $\text{NaNO}_3$  single crystals grown by axial vibrational control technique in Czochralski configuration // J. Crystal Growth. 2012. V. 360. P.161-171

На диссертацию и автореферат поступило 6 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 профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации, доктора химических наук В.П. Зломанова в качестве замечания отмечено, что для оценки возможных резонансных явлений следовало бы сопоставить частоты используемых вибраций с собственными частотами колебаний частиц в расплаве; оптико-спектральные методы диагностики структуры расплава следовало бы дополнить рентгенов-

скими дифракционными. В отзыве заведующего лабораторией высокочистых оптических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ имени Г.Г. Десятых» Российской академии наук, доктора химических наук Е.М. Гаврищука в качестве замечаний отмечено, что в автореферате результаты рентгено-флуоресцентного определения состава кристаллов  $\text{NaNO}_3$  (таблица 2) отличаются от теоретического состава, что, вероятно, связано с отсутствием эталонных образцов сравнения. В автореферате нет ссылок на рисунок 7. В отзыве генерального директора Закрытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт особо чистых материалов», доктора технических наук Б.Н. Леоновича в качестве замечания отмечено, что автор не оценил перспективы применения полученных представлений в «непрозрачных» материалах; автореферат написан хорошим языком, но страдает большим количеством сокращений и аббревиатур. Отзыв доктора технических наук, профессора кафедры коллоидной и физической химии Химико-технологического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» Л.В. Жуковой и кандидата химических наук, доцента кафедры коллоидной и физической химии А.С. Корсакова содержит вопросы к диссертанту: применялся ли данный метод для выращивания неорганических кристаллов, кроме  $\text{NaNO}_3$ ; чем вызван выбор кристаллов  $\text{NaNO}_3$  в качестве объекта исследования; где применяются кристаллы  $\text{NaNO}_3$  и какими физико-химическими свойствами обладают. В отзыве доктора физико-математических наук, заместителя директора А.Э. Волошина и исполняющего обязанности старшего научного сотрудника лаборатории процессов кристаллизации, кандидата химических наук В.Л. Маноменовой, сотрудников федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт кристаллографии имени А. В. Шубникова» Российской академии наук отмечается, что в автореферате не указаны условия проведения термохимического анализа и погрешность полученных значений температуры плавления кристаллических образцов  $\text{NaNO}_3$  (таблица 1). Отзыв доцента федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кандидата физико-математических наук С.П. Кобелевой замечаний не содержит.

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

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*разработана и верифицирована* численная модель процессов тепломассопереноса в жидкой фазе при воздействии на жидкость аксиальными низкочастотными вибрациями погруженного тела заданной конфигурации;

*рекомендованы* режимы вибрационного воздействия, при которых в ростовом эксперименте фронт кристаллизации может изменяться от выпуклого через плоский вплоть до вогнутого;

*разработана методика* съемки рамановских спектров расплава сложного химического соединения, в том числе с возможностью вибрационной активации расплава;

*получены экспериментальные данные* о закономерностях трансформации структуры расплава сложного химического соединения, на примере неорганических и органических химических соединений, в зависимости от температуры и интенсивности АНВ;

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что *доказано*, что организация в расплавах химических соединений конвективных вибрационных потоков, контролируемых посредством низкочастотной осцилляции погруженного в расплав химически инертного тела, приводит к структурным перестройкам в расплаве; при этом изменения тем сильнее, чем ближе температура расплава к температуре кристаллизации;

*установлено*, что при гармонической осцилляции инертного тела в расплаве в диапазоне частот 10-50 Гц на острых кромках инертного тела происходит эффективная трансформация механической энергии, которой достаточно для изменения химической структуры расплава сложного химического состава;

*установлены* закономерности в изменении структуры расплава сложного химического соединения, на примере неорганических и органических химических соединений, в зависимости от температуры и интенсивности вибрационной активации расплава.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

*сконструирована, изготовлена установка* и на ее основе *разработана методика* измерения спектров КРС расплава химических соединений в интервале температур от 298 К до 643 К при изотермичности рабочего объема не хуже  $\pm 1$  К, в том числе при вибрационной активации расплава, с интегральной погрешностью измерения спектров менее 1 отн.%;

*разработана методика и построена верифицированная численная модель* процесса теплопереноса в конденсированных фазах при выращивании кристаллов в конфигурациях методов направленной кристаллизации при воздействии на расплав аксиальными низкочастотными колебаниями погруженного инертного тела заданной конфигурации;

*рекомендованы* вибрационные режимы, с помощью которых выращены кристаллы с повышенным структурным совершенством.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность результатов исследования обеспечена совпадением данных, полученных разными методами с использованием взаимодополняющих современных инструментальных методов химического и структурного анализа;
- экспериментальные данные получены с использованием сертифицированных контрольно-измерительных и аналитических приборов с последующим анализом погрешностей определяемых величин и проверкой их воспроизводимости;
- установлено количественное совпадение экспериментальных результатов с теоретически рассчитанными величинами;
- выводы диссертации обоснованы и не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о процессах структурирования жидкости вблизи температуры плавления.

следований, в проведении численного и физического экспериментов и анализов, в обсуждении и обработке результатов и формулировании основных выводов, подготовки основных 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 завершенную научно-квалификационную работу, которая направлена на решение задачи, имеющей важное значение для развития электронной промышленности России, открывающей перспективы для создания новых высокопроизводительных технологий выращивания кристаллов с повышенным структурным совершенством за счет управления структурными характеристиками расплавов сложного химического состава при их активации аксиальными низкочастотными вибрациями при выращивании кристаллов методами направленной кристаллизации. По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.13 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 15 декабря 2014 года, протокол № 4, диссертационный совет принял решение присудить Сухановой Екатерине Андреевне 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 19 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 – 19, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Беляков А.В.

Ученый секретарь диссертационного совета

Макаров Н.А.

