

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.
ЛОБАЧЕВСКОГО», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07.11.2024 г., протокол заседания № 16

О присуждении Тюриной Елизавете Александровне, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Получение и физико-химические свойства особо чистых стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$) для инфракрасной оптики», **в виде рукописи**, по специальности 1.4.1. – Неорганическая химия (химические науки) принята к защите 02.09.2024 (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.2.340.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Российская Федерация, 603022, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель – Тюрина Елизавета Александровна, 15 августа 1993 года рождения. В 2017 году соискатель окончила магистратуру химического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 04.04.01 «Химия», диплом о высшем образовании

№ 105204 0015944.

В 2023 году соискатель окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», диплом об окончании аспирантуры от 02.10.2023 № 105204 0058642.

В период подготовки диссертации с 2020 по 2022 год работала в лаборатории химии высокочистых бескислородных стекол, с 2022 года по настоящее время работает в лаборатории высокочистых халькогенидных стекол для фотоники среднего ИК-диапазона в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» в должности младшего научного сотрудника. С первого по третий год обучения в аспирантуре (2019–2022 гг.) работала в лаборатории лесохимии отдела химии органических и высокомолекулярных соединений Научно-исследовательского института химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в должности инженера.

Диссертация выполнена в лаборатории химии высокочистых бескислородных стекол и лаборатории высокочистых халькогенидных стекол для фотоники среднего ИК-диапазона, созданной при поддержке национального проекта «Наука и университеты» (FFSR-2021-0001) в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории высокочистых халькогенидных стекол для фотоники среднего ИК-диапазона федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» Вельмузов Александр Павлович.

Официальные оппоненты:

1. **Пушкин Денис Валериевич**, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой неорганической химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

2. **Семенча Александр Вячеславович**, кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Бреховских Марией Николаевной, доктором химических наук, заведующей лаборатории высокочистых веществ, главным научным сотрудником федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук» указала, что диссертация Тюриной Елизаветы Александровны на тему «Получение и физико-химические свойства особо чистых стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$) для инфракрасной оптики» соответствует паспорту специальности 1.4.1. – Неорганическая химия (химические науки) по следующим пунктам: п.2. «Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами», п.3. «Химическая связь и строение неорганических соединений», п.5. «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы». По актуальности, поставленной цели, научной новизне, практической значимости результатов диссертация Е.А. Тюриной на тему «Получение и физико-химические свойства особо чистых

стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$) для инфракрасной оптики» соответствует всем требованиям к кандидатским диссертациям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции. Автор диссертации, Тюрина Елизавета Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе 15 работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Получено 4 патента на изобретения, из них 2 по теме диссертационной работы.

Недостоверные сведения о списке трудов, об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Тюриной Е.А. отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Статьи:

1. Вельмузов А.П., Суханов М.В., Сучков А.И., Чурбанов М.Ф., **Тюрина Е.А.** Получение ZnGa_2S_4 взаимодействием GaI_3 и ZnI_2 с серой // Неорганические материалы. – 2016. – Т. 52, № 7. – С.706–711;

2. Velmuzhov A.P., Sukhanov M.V., **Tyurina E.A.**, Plekhovich A.D., Fadeeva D.A., Ketkova L.A., Churbanov M.F., Shiryaev V.S. Physicochemical, optical properties and stability against crystallization of $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-8$; $y = 40-42$) glasses // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2021. – Vol. 554. – P. 120615;

3. **Tyurina E.A.**, Velmuzhov A.P., Sukhanov M.V., Stepanov B.S., Mishinov S.V., Ketkova L.A. High-purity $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ and $\text{Ga}_x\text{Sb}_{40-x}\text{S}_{60}$ glasses as promising materials for laser optics // Conference Paper, 2022 International Conference Laser Optics, ICLO 2022 – Proceedingss, St. Petersburg, 20–24 June, 2022;

4. Velmuzhov A.P., **Tyurina E.A.**, Sukhanov M.V., Stepanov B.S., Ketkova L.A., Evdokimov I.I., Kurganova A.E., Shiryaev V.S. Preparation of high-purity chalcogenide glasses containing gallium(III) sulfide // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2022. – Vol. 593. – P. 121786;

5. Мишинов С.В., **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П., Плехович А.Д., Степанов Б.С., Ширяев В.С. Адгезионная прочность границы твердых фаз в системе «стекло $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ – кварцевое стекло» // Неорганические материалы. – 2023. – Т. 59, № 2. – С.191–196.

6. **Tyurina E.A.**, Velmuzhov A.P., Sukhanov M.V., Ketkova L.A., Plekhovich A.D., Evdokimov I.I., Kurganova A.E., Stepanov B.S., Fukina D.G., Shiryaev V.S. Phase formation during crystallization of melts and glasses of the $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ system // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2023. – Vol. 622. – P. 122686.

Патенты

1. Патент РФ № 2770494. Способ получения особо чистых халькогенидных стекол, содержащих галлий. Вельмузов А.П., Суханов М.В., **Тюрина Е.А.**, Благин Р.Д., опубл. 18.04.2022, бюл. 11.

2. Патент РФ № 2810665. Способ получения особо чистых халькогенидных стекол. Вельмузов А.П., Суханов М.В., **Тюрина Е.А.**, Лашманов Е.Н., опубл. 28.12.2023, бюл. 1.

Тезисы докладов научных конференций:

1. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Получение тиогаллата цинка взаимодействием йодида цинка(II) и йодида галлия(III) с серой // XVIII конференция молодых ученых-химиков Нижегородской области, г. Нижний Новгород, 12–14 мая 2015 г, с. 61–62;

2. **Tyurina E.A.** Stability against crystallization of $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ glasses as potential IR optics materials // International conference «Materials science of the future: research, development, scientific training (MSF'2020)», г. Нижний Новгород, 17–18 ноября 2020 г, с. 69;

3. **Тюрина Е.А.** Особо чистые стекла системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ и

волоконные световоды на их основе // XXIV Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), г. Нижний Новгород, 20–22 апреля 2021г, с. 169;

4. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Получение и кристаллизационная устойчивость особо чистых стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{y-x}\text{S}_{100-y}$ ($x = 0\text{--}15$; $y = 40\text{--}42$ ат. %) // XXV Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), г. Нижний Новгород, 19–21 апреля 2022 г, с. 218;

5. **Тюрина Е.А.** Получение особо чистых стекол на основе сульфидов германия, галлия и сурьмы // XVII Всероссийская конференция Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение. X Школа молодых ученых, г. Нижний Новгород, 7–9 июня 2022 г., с. 166;

6. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Получение и свойства особо чистых стекол систем $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ и $\text{Ga}_x\text{Sb}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 0\text{--}15$ ат. %) для ИК оптики // 19-я Международная научная конференция-школа «Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение», г. Саранск, 20–23 сентября 2022 г, с. 26;

7. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Получение особо чистых стекол системы $\text{Ga} - \text{Ge}(\text{Sb}) - \text{S}$ // Научная школа-конференция с международным участием для молодых ученых «Функциональные стекла и стеклообразные материалы: Синтез. Структура. Свойства» GlasSPSchool, г. Санкт-Петербург, 3–7 октября 2022 г, с. 140–141;

8. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Особенности фазообразования при кристаллизации стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 0\text{--}15$) // XXVI Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), г. Нижний Новгород, 18–20 апреля 2023 г, с. 333;

9. **Тюрина Е.А.**, Вельмузов А.П. Изоморфизм при кристаллизации расплавов и стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ // XXI Молодежная научная конференция «Функциональные материалы: синтез, свойства, применение» (с международным участием), г. Санкт-Петербург, 5–7 декабря 2023 г, с. 207–209.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук», ведущей организации. В качестве **замечаний** отмечено следующее:

1. В диссертации подробно изучены процессы кристаллизации сульфидных стекол системы Ga – Ge – S, однако на основании полученных результатов не был сделан вывод о механизме кристаллизации (спинодальный распад или «нуклеация-рост»).

2. В работе необходимо было привести результаты расчета параметров элементарной ячейки обнаруженных твердых растворов.

3. В главе 2 стр. 120 диссертации автор приводит результаты синтеза кристаллического ZnGa_2S_4 , что не отражено в задачах и выводах работы.

4. В работе в качестве одной из возможных причин отклонения химического состава стекол от заданных значений следовало рассмотреть сублимацию сульфидовгермания при повышенных температурах.

Пушкина Дениса Валериевича, доктора химических наук, доцента, заведующего кафедрой неорганической химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. При обсуждении полиморфных модификаций дисульфида германия автор не рассматривает $\delta\text{-GeS}_2$ (MacLachlan M.J., Petrov S., Bedard R.L. et al // Angew. Chem. Int. Ed. 1998, 37, No. 15, P. 2075);

2. Допущения, сделанные при термодинамическом моделировании системы $\text{GaI}_3 - \text{S}$ нуждаются, на наш взгляд, в дополнительной аргументации;

3. При обсуждении образования твердых растворов с участием катионов Ge(II) никак не обсуждается возможное влияние их неподеленной электронной пары.

Семенчи Александра Вячеславовича, кандидата химических наук, доцента кафедры прикладной химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. В работе не указаны скорости охлаждения образцов стекол и влияние объема синтезированного стекла на скорость охлаждения образца. Упоминается начальная и конечная температуры «охлаждение в воду» или «охлаждение в воздух» в том время как более научный подход – это указание скорости в том числе закона скорости охлаждения. В промышленной реализации синтеза этот фактор будет иметь важное значение.

2. Кристаллизационная устойчивость стеклообразующих составов автором рассмотрена подробно, однако не уделено внимание кинетическим аспектам процессов кристаллизации. Возможно такие исследования проводились, но в работе не указаны.

3. Тепловые эффекты сильно зависят от термической истории объектов. Несмотря на то, что процессы синтеза образцов проходили в идентичных условиях полезно все образцы термообрабатывать в изостатических условиях. Влияла ли история термообработки на сдвиги тепловых эффектов?

4. Проводилось ли автором термодинамическое моделирование реакций с учетом возможности вступать соединений германия и галлия с реакционным сосудом – кварцевым стеклом, к тому же в ИК спектрах наблюдаются полосы поглощения Si-O (см. рис. 43)?

5. Не совсем удачная фраза «Разработанный способ получения особо чистых стекол систем Ga – Ge – S и Ga – Sb – S позволяет на 1,5–2 порядка снизить содержание лимитируемых примесей по сравнению с традиционным методом» на стр. 143 диссертации. Так на 1 или 2 порядка снижается концентрация и каких конкретно примесей и правильно указывать отсылку

на традиционный метод, так как таких методов очень много. При этом в тексте диссертации есть описание этого традиционного метода на стр.6, но после его описания встречается фраза «Это позволяет снизить содержание примесей на 1–2 порядка по сравнению с простым синтезом», что вносит некоторую сумятицу в понятия «традиционный», «простой» и разработанные методы очистки.

Завражнова Александра Юрьевича, доктора химических наук, доцента, профессора кафедры общей и неорганической химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Можно ли считать доказанным стабилизацию кубической фазы сесквисульфида галлия примесью германия, или же причиной выделения метастабильной модификации является высокая вязкость раствора-расплава (стекла), замедляющего образование более термодинамически выгодной модификации? Например, при осаждении карбоната кальция из водных растворов в присутствии повышающих вязкость органических веществ, формируются и растут кристаллы наименее стабильной модификации ватерита (фатерита), а рост кальцита и арагонита подавляется. При этом сами эти органические вещества не входят в структуру ватерита.

2. Складывается впечатление, что автору не всегда удавалось обнаружить в стекле включения GeS_2 в рентгеновских исследованиях – и тогда этот дисульфид фиксировали при помощи оптических исследований (ОМ обсуждения вокруг рис.5). В то же время выделения микрокристаллов сульфидов галлия вполне фиксировались рентгеновскими дифракционными методами. Верно ли такое впечатление? Если да, то в чем причина сложностей обнаружения кристаллических сульфидов германия рентгеновскими методами?

3. Автор работы сообщает о том, что при кристаллизации стекол может выделяться и моноклинная модификация сульфида галлия (α' - Ga_2S_3). Вместе с тем, положение и набор дифракционных максимумов для

моноклинной α' -Ga₂S₃ и гексагональной α' -Ga₂S₃ (Пр. Гр. *P6₁*) фаз оказываются весьма схожими (обе фазы имеют упорядоченные вакансии в подрешетке галлия, но упорядочение происходит по-разному). Проверяла ли автор работы возможность появления (хотя бы в виде примеси) модификации с Пр. Гр. *P6₁*? Сюда же можно добавить и вопрос о том, рассматривалась ли возможность выделения – пусть и в виде примесной фазы – четвертой модификации сесквисульфида галлия β -Ga₂S₃ с Пр. Гр. *P6_{3mc}*. Хотя последняя структура (с неупорядоченными вакансиями) на порошковой дифрактограмме и дает меньшее число пиков по сравнению с фазами α - и α' -, эти пики практически накладываются на самые мощные дифракционные максимумы от упомянутых выше фаз α - и α' -Ga₂S₃. В результате идентифицировать фазу β -Ga₂S₃ на фоне α - и α' - сесквисульфидов оказывается сложно.

Шахгильдяна Георгия Юрьевича, кандидата химических наук, доцента кафедры химической технологии стекла и ситаллов ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. С точки зрения замечаний можно отметить тот факт, что в автореферате недостаточного внимания уделено причинам образования ликвации, а также деталям влияния микроликвационного расслоения на макроскопические свойства стекол, что могло бы расширить понимание процессов их кристаллизации и дальнейшего применения в оптической технике.

Тюрниной Натальи Геральдовны, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических соединений и материалов (ЛКСМ) филиала ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова национального исследовательского центра – Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова». В качестве замечаний отмечено следующее. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В работе указано, что «Для оценки оптимальных условий синтеза компонентов шихты было проведено термодинамическое моделирование равновесного состава в системах $\text{Ge} - \text{S}$, $\text{Sb} - \text{S}$ и $\text{GaI}_3 - \text{S}$ методом констант равновесия», поясните, на чем основан метод моделирования, что является входными параметрами, и какая достоверность/надежность полученных данных?

2. «На рентгенограмме образца $\text{Ga}_{12}\text{Ge}_{28}\text{S}_{60}$ проявляется один рефлекс, соответствующий Ga_2S_3 с кубической сингонией элементарной ячейки (структура типа сфалерита)» - на сколько корректно определять состав фазы по одному рефлексу?

3. Каким методом определяли объемную долю кристаллических включений в образцах состава $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$, полученных закалкой расплава от 750°C на воздухе (рис. 5)?

4. «На рентгенограммах проявляются рефлексы на 11.6 , 13.8 , 17.5 и 27.9° , которым не было найдено соответствие ни с одной из фаз в системе $\text{Ga} - \text{Ge} - \text{S}$, имеющих в базе данных PDF-2» - по мнению соискателя к чему можно отнести данные рефлексы, к новому соединению?

5. Как можно, по мнению соискателя, снизить склонность исследуемых стекол к кристаллизации?

6. Насколько увеличилась себестоимость стекла по разработанной технологии и возможно ли масштабировать данную технологию?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, достижениями в научных исследованиях с близкой тематикой, наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах и высоким профессиональным уровнем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** новый способ получения особо чистых стекол систем Ga

– Ge – S и Ga – Sb – S. Способ обеспечивает содержание примеси водорода в форме SH-групп на уровне 0.2–0.6 ppm(ат.) и гетерогенных включений микронного и субмикронного размеров не более 100 шт/см³.

- **предложен** оригинальный подход к синтезу бинарных и сложных кристаллических сульфидов галлия и цинка взаимодействием соответствующих йодидов с серой в вакуумированном реакторе с двумя температурными зонами. Подход позволяет существенно снизить температуру и продолжительность синтеза.

- **доказано** образование твердых растворов на основе сульфидов галлия и германия при кристаллизации расплавов и стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 0-15$)

- новых понятий и терминов **введено не было**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано** существенное влияние изоморфизма на химический и фазовый состав кристаллов, образующихся при закалке расплавов и отжиге стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 0-15$).

- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс современных методов исследования, включающий: рентгенофазовый анализ, дифференциально-сканирующую калориметрию, сканирующую электронную микроскопию, совмещенную с рентгеноспектральным микроанализом, инфракрасную Фурье-спектрометрию, атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой, методы термодинамического моделирования.

- **изложены** аргументы, подтверждающие стабилизирующее действие германия на структуру твердого раствора $\text{Ga}_{2-x}\text{Ge}_x\text{S}_3$ с кубической сингонией элементарной ячейки.

- **раскрыты** закономерности влияния химического состава стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_y\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$) на их физико-химические, оптические свойства и кристаллизационную устойчивость.

- **изучено** влияние условий получения и термической обработки стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 0-15$) на химический состав и структуру формирующихся в них кристаллических фаз.

- **проведена модернизация** существующих представлений о фазообразовании при кристаллизации стекол и стеклообразующих расплавов системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_y\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$)

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

- **разработан** способ получения особо чистых стекол систем Ga – Ge – S и Ga – Sb – S, включающий синтез и загрузку в реактор сульфидов германия и сурьмы пропусканием паров серы над соответствующими простыми веществами и синтез сульфида галлия(III) взаимодействием йодида галлия(III) с серой.

- **определены** конкретные составы стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_y\text{S}_{100-y}$ ($x = 0-15$; $y = 40-42$), по совокупности свойств наиболее подходящие для изготовления волоконных световодов с низкими оптическими потерями и стеклокерамических материалов с высокой оптической прозрачностью.

- **создана** система практических рекомендаций по получению особо чистых стекол на основе сульфидов германия и галлия с низким содержанием поглощающих примесей, примесных частиц, ликвационных и кристаллических включений.

- **представлены** предложения по выбору условий получения стеклокерамических материалов на основе стекол системы $\text{Ga}_x\text{Ge}_{40-x}\text{S}_{60}$ ($x = 9-15$).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** достоверность результатов подтверждается использованием комплекса современных методов анализа, их воспроизводимостью, согласованностью с результатами, полученными ранее в других научных группах.

- **теория** построена на основе достоверных результатов эксперимента,

известных проверяемых фактах и согласуется с опубликованными данными по теме диссертационной работы.

- **идея базируется** на анализе и обобщении передового опыта в области получения и исследования свойств особо чистых халькогенидных стекол.

- **использованы** современные представления о строении, свойствах и получении стекол на основе сульфидов германия и галлия, опубликованные в ведущих международных научных журналах и монографиях.

- **установлено**, что полученные результаты качественно совпадают с данными, представленными в независимых источниках по тематике халькогенидных стекол и существенно их дополняют.

- **использованы** представительные выборочные совокупности, обработанные с использованием современных методов и программ.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в планировании и проведении экспериментальных работ по синтезу и исследованию свойств халькогенидных стекол, в разработке установок и оборудования, получении, обработке, систематизации, анализе и обобщении научных результатов и формулировке выводов. При личном участии автора подготовлены основные публикации по выполненной работе, заявки на изобретения.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критические замечания высказаны не были. Были заданы вопросы о причинах немонотонной зависимости кристаллизационной устойчивости стекол от состава, о надежности установления фазы сульфида галлия(III) с кубической сингонией элементарной ячейки по единственному пику на рентгенограмме, о содержании примесей металлов в стеклах, о соотношении кристаллических фаз, образующихся при закалке расплава и отжиге стекол, о содержании примеси оксидов кремния в стеклах, о кинетической устойчивости стекол, о влиянии закалки расплава на содержание примеси водорода, о возможной природе неустановленной кристаллической фазы, образующейся при отжиге стекол, о требованиях к содержанию примесей

водорода и гетерогенных включений в стеклах, о личном вкладе соискателя в полученные результаты, о возможности напыления пленок из халькогенидных стекол, об адгезии халькогенидных стекол к кварцевому стеклу, о вытяжке волоконных световодов из полученных стекол, о влиянии градиента температуры на кристаллизацию образцов, о возможности изготовления из исследованных стекол элементов для микроэлектроники.

Соискатель Тюрина Е.А. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, основанную на изученных литературных данных, личном экспериментальном опыте и фундаментальных основах неорганической химии.

На заседании 07 ноября 2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи в области неорганической химии, связанной с комплексным исследованием свойств стекол на основе сульфидов германия и галлия и разработке нового способа их получения с низким содержанием лимитируемых примесей присудить Тюриной Е.А. ученую степень кандидата химических наук к по специальности 1.4.1 - неорганическая химия (химические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 3 докторов наук по специальности 1.4.1.- неорганическая химия, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета 24.2.340.04

д.х.н., проф.

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.340.04

к.х.н., доц.

7 ноября 2024 г.



Князев Александр Владимирович

Буланов Евгений Николаевич