

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.245.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ
ВАСИЛЬЕВОЙ НАТАЛЬИ АНДРЕЕВНЫ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 июня 2022 г., протокол № 4

О присуждении **Васильевой Наталье Андреевне**, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Рост, структура и свойства смешанных кристаллов $K_2Ni_xCo_{(1-x)}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ и оптические элементы на их основе» по специальности 1.3.20. (01.04.18) – «кристаллография, физика кристаллов» принята к защите 19.04.2022 г., протокол № 3, диссертационным советом 24.1.245.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 119333, г. Москва, Ленинский проспект, дом 59. Диссертационный совет 24.1.245.01 создан приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Васильева Наталья Андреевна, 1990 г.р., в 2012 г. окончила кафедру химии и технологии кристаллов факультета неорганических веществ и высокотемпературных материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники с присвоением квалификации «инженер». В настоящее время Васильева Н.А. работает в лаборатории процессов кристаллизации Института кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории процессов кристаллизации Института кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Волошин Алексей Эдуардович**, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Официальные оппоненты:

Воронкова Валентина Ивановна, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Франк-Каменецкая Ольга Викторовна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры кристаллографии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета

— дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС" (г. Москва)** в своём **положительном отзыве**, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, научным руководителем кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС» Пархоменко Юрием Николаевичем, кандидатом физико-математических наук, PhD, заведующим лабораторией физики оксидных сегнетоэлектриков кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС» Киселевым Дмитрием Александровичем и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям НИТУ «МИСиС» Филоновым Михаилом Рудольфовичем, указала, что диссертационная работа Васильевой Натальи Андреевны посвящена выращиванию и изучению свойств и реальной структуры смешанных кристаллов $K_2Ni_xCo_{(1-x)}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (KCNSH). Процесс образования смешанных кристаллов из растворов существенно отличается от классических подходов, описанных для кристаллов фиксированного состава, и представляет собой отдельную фундаментальную проблему в рамках исследования процессов кристаллизации в многокомпонентных системах. Как правило, такие кристаллы характеризуются высокой дефектностью, причем ни механизмы роста таких кристаллов, ни процессы образования в них дефектов не изучены в полной мере. Поэтому решение поставленной перед автором задачи потребовало как проведения масштабных фундаментальных исследований в области кристаллизации водорастворимых смешанных кристаллов и дефектообразования в них, так и нестандартных технологических решений при разработке методов их выращивания.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые определены параметры фазовых равновесий (температура, составы фаз) в системе $K_2SO_4 - NiSO_4 - CoSO_4 - H_2O$: уточнена совместная растворимость изоморфных компонентов KCSH и KNSH, установлена зависимость состава кристалла KCNSH от состава раствора, построена диаграмма фазовых равновесий при температуре 40°C. Впервые методом лазерной интерферометрии *in situ* исследована кинетика роста кристаллов KCNSH и определены кинетические коэффициенты ступеней на грани {001}. Впервые установлены общие характеристики реальной структуры кристаллов KCNSH в зависимости от их состава и условий роста: секториальная неоднородность — до 11 масс.%; зонарная неоднородность — до 8 масс.%; радиальная неоднородность — до 4,4 масс.%; мозаичная микронеоднородность — до 2,7 масс.%; плотность дислокаций — от единиц до 10^5 см^{-2} в зависимости от разницы составов затравки и кристалла. Впервые показано, что мозаичная неоднородность в монокристаллах KCNSH является следствием обменных процессов между кристаллом и раствором, которые могут возникать вследствие нестабильности состава раствора и скорости его течения, обнаружена зависимость величины мозаичной неоднородности от переохлаждения раствора и найдены условия

ее устранения. Впервые определены следующие физические зависимости и свойства кристаллов KCNSH: параметры кристаллической структуры в зависимости от состава кристаллов; оптические спектры пропускания в интервале длин волн 200÷900 нм в зависимости от состава кристаллов и условий выращивания; значения микротвердости и трещиностойкости кристаллов в зависимости от условий выращивания. Впервые предложен и реализован комплекс мер, обеспечивающий получение смешанных кристаллов KCNSH высокого структурного совершенства, включающий: использование затравки, эквивалентной по составу растущему кристаллу, для снижения плотности включений и дислокаций; рост кристаллов в формообразователе для устранения секториальной неоднородности; подпитку раствора по специальному закону для уменьшения зонарной неоднородности; создание переохлаждения, необходимого для подавления обменных процессов и устранения мозаичной неоднородности; создание закрученного потока в формообразователе для снижения радиальной неоднородности. Впервые определены условия (составы растворов и режимы их предкристаллизационной подготовки, температурные режимы роста кристаллов, значения начального переохлаждения, скорости и способ перемешивания раствора), позволяющие выращивать кристаллы KCNSH высокого структурного совершенства и с высоким коэффициентом оптического пропускания в солнечно-слепой области спектра. Впервые получены крупные (диаметром до 32 мм) оптически совершенные смешанные кристаллы KCNSH и показана возможность их эффективного применения в качестве оптического фильтра в составе солнечно-слепого объектива.

Материал диссертации хорошо оформлен и ясно написан. Выводы обоснованы и соответствуют цели работы. В качестве практического результата следует отметить создание готовых оптических элементов из смешанных кристаллов KCNSH, которые обладают наилучшими на сегодняшний день параметрами фильтрации (пропускание в УФ области выше 85% при подавлении пропускания в видимой области спектра) и сравнительно высокой температурой начала дегидратации. Эти фильтры используются в монофотонных датчиках солнечно-слепого диапазона, сфера применения которых интенсивно расширяется в последние годы. Монофотонная технология открывает новые перспективы в таких областях, как авиация, космос, химическая промышленность, добыча и транспортировка энергии, экология, геологоразведка. Таким образом, актуальность и практическая значимость работы не вызывают сомнений.

Таким образом, диссертация Васильевой Н.А. «Рост, структура и свойства смешанных кристаллов $K_2Ni_xCo_{(1-x)}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ и оптические элементы на их основе» представляет собой законченную научно-квалификационную работу в области химии и физики твердого тела, имеет очевидную научную новизну и практическую значимость, соответствует паспорту специальности «Кристаллография, физика кристаллов» 1.3.20. (01.04.18) и полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор Васильева Наталья Андреевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20. – кристаллография, физика кристаллов.

По теме диссертационной работы опубликовано 14 статей в рецензируемых научных журналах. Результаты представлены на национальных и международных

научных конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. V.M. Masalov, N.A. Vasilyeva, V.L. Manomenova, A.A. Zhokhov, E.B. Rudneva, A.E. Voloshin, G.A. Emelchenko. Growth of mixed $K_2(Ni,Co)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ crystals under stationary conditions of supercooling and forced convection of the aqueous solution // J. Cryst. Growth. 2017. V. 475. P. 21-25.

2. A.E. Voloshin, V.L. Manomenova, E.B. Rudneva, N.A. Vasilyeva, V.M. Masalov, A.A. Zhokhov, G.A. Emelchenko. Growth of high-perfect mixed $K_2Ni_xCo_{1-x}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ crystals for fabrication of high-efficiency UV optical filters // Journal of Crystal Growth. 2018. V. 500. P. 98-103.

3. Н.А. Васильева, Е.Б. Руднева, В.Л. Маноменова, Ю.В. Григорьев, В.М. Масалов, А.А. Жохов, Г.А. Емельченко, А.Э. Волошин. Исследование радиальной неоднородности и мозаичной микронеоднородности в смешанных кристаллах KCNSH // Кристаллография. 2019. Т. 64, вып. 5. С. 812–817.

4. A. Voloshin, E. Rudneva, V. Manomenova, N. Vasilyeva, S. Kovalev, G. Emelchenko, V. Masalov, A. Zhokhov. The Problem of Formation of Mixed Crystals and High-Efficiency $K_2(Co,Ni)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ Optical Filters // Crystals. 2019. V. 9, № 8. P. 390.

5. Vasilyeva, N.; Rudneva, E.; Manomenova, V.; Grigoriev, Y.; Voloshin, A. The Influence of Supercooling and Hydrodynamics on the Mosaic and Radial Inhomogeneity of $K_2Ni_xCo_{(1-x)}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ Mixed Crystal // Crystals. 2021. V. 11(11). P. 1368.

На диссертацию и автореферат поступило **13 положительных отзывов**.

1. **Родионов Игорь Дмитриевич** – д.ф.-м.н., главный конструктор АО «НТЦ «Реагент», – без замечаний.
2. **Колесников Николай Николаевич** – д.т.н., заведующий лабораторией физико-химических основ кристаллизации Института физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна, – без замечаний
3. **Аветисов Игорь Христофорович** – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева; **Петрова Ольга Борисовна** – д.х.н., доцент, профессор кафедры химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева, отметили следующее замечание:

Не приведены фотографии смешанных кристаллов KCNSH, выращенных на открытой платформе методом снижения температуры растворы, которые подтвердили бы утверждение о том, что «кристаллы имеют вытянутую форму в направлении <001>», и позволили охарактеризовать их габитус.

4. **Фёдоров Павел Павлович** – д.х.н., главный научный сотрудник Института общей физики им. А.М. Прохорова, – без замечаний.
5. **Кузнецов Сергей Викторович** – к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории технологий наноматериалов для фотоники научного центра лазерных материалов и технологий Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, отметил следующие замечания:

1. В работе была построена диаграмма фазовых равновесий при температуре 40°C, но не дано объяснение выбора именно этой температуры.

2. В автореферате исчезающе мало опечаток, всего лишь одна локализована на стр.10 в середине страницы «*in situ*», а надо *in situ*.

3. Судя по представленным данным на стр.11, кристаллогидраты сульфатов кобальта и никеля содержат по 6 молекул воды, в то время как твердый раствор на основе кристаллогидрата сульфата никеля с добавлением 5 мол.% кристаллогидрата сульфата кобальта содержит сразу 12 молекул воды. Не ясно: почему происходит резкое увеличение количества молекул кристаллогидратной воды в 2 раза при небольшом изменении химического состава.

6. **Кукушкин Сергей Арсеньевич** – д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией структурных и фазовых превращений в конденсированных средах Института проблем машиноведения (ИПМаш РАН), – без замечаний.

7. **Редьков Алексей Викторович** – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории структурных и фазовых превращений в конденсированных средах Института проблем машиноведения (ИПМаш РАН), – без замечаний

8. **Жариков Евгений Васильевич** – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, отметил следующие замечания:

1. Как следует из рис. 3, концентрация кобальта в кристаллах кардинально отличается в различных секторах роста. Так, содержание кобальта в секторе {001} с ростом его концентрации в исходном растворе достигает максимального значения примерно 11% от концентрации в секторе {100} (кстати, по-видимому, здесь опечатка, и должен быть указан сектор {110}). Затем, по достижении максимальной концентрации, содержание кобальта начинает резко снижаться. Хотелось бы понять, с чем может быть связано подобное концентрационное поведение коэффициента распределения кобальта.

2. Преодолеть эту объемную концентрационную неоднородность автору удалось с помощью разработки методики профилированного роста кристаллов KCNSH. Это является важным технологическим результатом, в связи с чем в автореферате целесообразно было бы привести рисунок формообразователя и, хотя бы краткое, описание методики.

3. В тексте отсутствуют пояснения используемых на рисунке 2 обозначений, что усложняет анализ представленных результатов.

9. **Данилов Вячеслав Петрович** – д.х.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, – без замечаний.

10. **Каримов Денис Нуриманович** – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории ростовых технологий, синтеза и выращивания кристаллов Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, отметил следующие замечания:

1. Существуют ли альтернативные изученным автором смешанным кристаллам сульфатов переходных элементов кристаллические материалы для создания оптических УФ-фильтров. Какие критерии использовались при выборе объектов исследования?

2. Непонятно, что автор имеет в виду под высоким пропусканием разработанных фильтров. Какое они должны иметь теоретически возможное пропускание в УФ диапазоне? Какие требования накладываются на глубину подавления излучения в видимой области спектра? К сожалению, спектральным характеристикам кристаллов в автореферате уделено очень малое место и спектры пропускания показаны только на рис. 14.

3. Указывается, что получены крупные (диаметром до 32 мм) оптически совершенные смешанные кристаллы KCNSH, а какие размеры оптических элементов требуются на практике и какие размеры кристаллов потенциально возможно получить на используемом типе оборудования?

11. Забелина Евгения Викторовна – к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории физики оксидных сегнетоэлектриков НИТУ «МИСиС», отметила следующее замечание:

Хотелось бы отметить, что термин «ошибка эксперимента» для описания погрешности измерения вышел из употребления.

12. Гудим Ирина Анатольевна – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии и спиновой электроники Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, отметила следующее замечание:

Не все буквенные сокращения в тексте автореферата, например x_{Co} , y_{Co} расшифрованы при первом появлении. Кроме того, на рис. 2 использованы достаточно темные цвета для обозначения зон, на фоне которых теряются тонкие линии, что существенно затрудняет восприятие. Также вызывает вопрос упоминание о секторальной неоднородности на рисунке 3, в то время как на рисунке и в подписи к нему таких указаний нет. Рис. 8 – однозначно ли установлено, что в ямках травления именно включения или это начало островкового роста?

13. Кузьмичева Галина Михайловна, д.х.н., профессор кафедры цифровых и аддитивных технологий института перспективных технологий и индустриального программирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования РТУ МИРЭА, отметила следующее замечание:

Интересно узнать, какой кристаллохимический состав кристалла на рис.1 автореферата соответствует минимумам на рис. 1.37 диссертации?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами в области кристаллографии, физики и химии твердых тел, роста монокристаллов, а в ведущей организации активно проводятся работы по получению, исследованию структуры и свойств монокристаллов твердых растворов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработаны методы выращивания кристаллов $K_2Ni_xCo_{1-x}(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (KCNSH) высокого оптического качества и **созданы** на их основе оптические фильтры УФ-С диапазона. **Проведен** анализ литературных данных о кристаллах сульфатов переходных металлов для солнечно-слепых оптических фильтров, и **обозначены** общие проблемы выращивания смешанных кристаллов из водных растворов. **Определена** совместная растворимость солей $K_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (KCSH) и $K_2Ni(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (KNSH) в воде в интервале температур 20 – 60°C и получены полтермы растворимости для пяти составов раствора с различным соотношением [KCSH]:[KNSH], **установлена** зависимость состава кристаллов KCNSH от состава раствора, **найдены** коэффициенты распределения Ni и Co для граней (110) и (001). **Впервые** построена диаграмма фазовых равновесий в системе K_2SO_4 - $NiSO_4$ - $CoSO_4$ -

H_2O при $T = 40^\circ\text{C}$, определены условия кристаллизации KCNSH. Впервые исследована кинетика роста смешанных кристаллов KCNSH из растворов с соотношением $[\text{KCSH}]:[\text{KNSH}] = 1:1, 1:2$. Впервые установлены закономерности трансформации структуры кристаллов KCNSH при изменении их состава: увеличение содержания кобальта не приводит к заметным изменениям в окружении катионов калия и серы, основные изменения наблюдаются в $(\text{Co}, \text{Ni})\text{O}_6$ -октаэдрах, в которых монотонно увеличиваются значения межатомных расстояний $\text{Co}/\text{Ni}-\text{O}$. Впервые охарактеризована реальная структура кристаллов KCNSH в зависимости от состава и условий роста, включая секториальную, зонарную, радиальную, мозаичную неоднородности и дислокационную структуру. Показано, что основными причинами образования центров рассеяния являются секториальность и зонарность. Впервые установлено, что при выращивании монокристаллов KCNSH локальные обменные процессы между кристаллом и раствором могут проходить при изменении состава раствора у растущей грани, в том числе – при изменении скорости потока. Показано, что обменные процессы могут быть подавлены при переохлаждении $\Delta T > 2^\circ\text{C}$. Впервые установлена зависимость величины мозаичной неоднородности от переохлаждения раствора, и показано, что эта зависимость также может быть подавлена при переохлаждении $\Delta T > 2^\circ\text{C}$. Это отражает связь мозаичной неоднородности с процессами изоморфного замещения в смешанных кристаллах. Установлено влияние радиальной неоднородности кристаллов KCNSH на их устойчивость к растрескиванию. Изучено влияние состава смешанных кристаллов KCNSH на их оптические спектры пропускания в интервале 200÷900 нм. Установлено, что кристаллы KCNSH прозрачны в солнечно-слепой области спектра, а степень подавления полос пропускания в окрестностях длин волн 490 и 710 нм зависит от состава кристалла. Показано, что оптимальными оптическими характеристиками для фильтров УФ-С диапазона обладают кристаллы, выращенные из растворов с соотношением $[\text{KCSH}]:[\text{KNSH}] = 1:2$. Установлена связь между прозрачностью кристаллов KCNSH в УФ диапазоне и их структурным совершенством, и доказано, что главной причиной снижения пропускания в солнечно-слепой области спектра является неоднородность состава кристаллов, приводящая к генерации центров рассеяния. Изучены условия формирования источников упругих напряжений в кристаллах KCNSH и реализованы способы их подавления, что позволило получать кристаллы KCNSH высокого оптического качества. Впервые из кристаллов KCNSH изготовлены оптические фильтры диаметром более 20 мм и высотой более 10 мм.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что комплекс мер, обеспечивающий получение кристаллов KCNSH высокого оптического качества, может быть использован для повышения структурного совершенства других водорастворимых смешанных кристаллов. Диаграмма фазовых равновесий в системе $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{NiSO}_4 - \text{CoSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при температуре 40°C может быть использована для определения условий кристаллизации других соединений. Созданные на основе кристаллов KCNSH оптические фильтры УФ-С диапазона с наилучшими на сегодняшний день параметрами фильтрации могут быть

использованы как в составе УФ-С детектора «Корона», производимого АО НТЦ «Реагент», так и в составе новых УФ-С детекторов, обеспечивая улучшение технических характеристик.

Оценка достоверности результатов диссертационной работы выявила, что в работе использован комплекс современных экспериментальных методов и оборудования. Рост кристаллов осуществлялся несколькими методами: испарения растворителя, снижения температуры раствора, а также модифицированным под необходимые условия методом температурного перепада. Исследование физических свойств и реальной структуры кристаллов проводилось методами рентгеновской топографии, оптической микроскопии, лазерной интерферометрии, спектрофотометрии, рентгеноструктурного анализа, термогравиметрического анализа, атомно-эмиссионного анализа, энергодисперсионного анализа. Сопоставление результатов, полученных различными методами, позволило получить взаимосогласованную, достоверную и детальную информацию о причинах и механизмах образования неоднородностей состава в смешанных кристаллах KCNSH. По материалам диссертационной работы опубликовано **14 статей** в рецензируемых научных журналах, индексируемых международными базами (Scopus, Web of Science, РИНЦ) и включенных в перечень ведущих периодических изданий ВАК РФ, разработан **1 патент**, а также представлены доклады на национальных и международных научных конференциях. Актуальные исследования были поддержаны грантами РФФИ и РНФ.

Личный вклад соискателя заключается в исследовании фазовых равновесий в исследуемой системе и кинетики роста кристаллов KCNSH; экспериментальном исследовании кристаллической и реальной структуры, физических свойств кристаллов KCNSH; исследовании механизмов и условий формирования секториальной, зонарной, мозаичной и радиальной неоднородности смешанных кристаллов KCNSH; исследовании влияния состава и условий роста кристаллов KCNSH на их реальную структуру и некоторые свойства; разработке комплекса мер, направленных на подавление секториальной, зонарной, радиальной и мозаичной неоднородностей смешанных кристаллов KCNSH. Соискатель активно участвовал в сопоставлении полученных экспериментальных данных, их обобщении, обсуждении и интерпретации. Автор также участвовал в подготовке научных публикаций в рецензируемых научных журналах и научных докладов на национальных и международных конференциях.

Диссертация отвечает на ключевые вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства. Объединяющим фактором и основной идейной линией является совокупное исследование механизмов и условий образования неоднородностей состава кристаллов KCNSH и разработка способов их подавления, результатом которых стало создание методики роста оптически совершенных кристаллов KCNSH и получение на их основе оптических фильтров УФ-С диапазона.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании 23 июня 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Васильевой Наталье Андреевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20. (01.04.18) – «кристаллография, физика кристаллов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.3.20. (01.04.18) – «кристаллография, физика кристаллов», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, профессор

И.С. Любутин

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук

К.В. Фролов

«23» июня 2022 г.

Ученый секретарь
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
кандидат физико-математических наук



Л.А. Дадинова