

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.3.04.16  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «26» марта 2024 г. №4

о присуждении Ликерову Родиону Фаридовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Релаксационные и магнитные свойства 3d- и 4f- ионов в монокристаллах ортосиликатов  $Y_2^{28}SiO_5$  и  $Sc_2^{28}SiO_5$  по данным ЭПР» по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.3.04.16 «30» января 2024 г., протокол № 2.

Соискатель, Ликеров Родион Фаридович 1995 года рождения, в 2019 г. окончил ФГАУО ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет» по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика»; в 2023 г. окончил очную аспирантуру ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений; работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков в Казанском физико-техническом институте имени Е. К. Завойского – обособленном структурном подразделении ФБГУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Казанского физико-технического института имени Е. К. Завойского обособленного структурного подразделения - ФБГУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Еремина Рушана Михайловна, Казанский физико-технический институт – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», лаборатория радиоспектроскопии диэлектриков, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

**Герашенко Александр Павлович**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория кинетических явлений, ведущий научный сотрудник;

**Глазков Василий Николаевич**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физических проблем имени П.Л. Капицы Российской академии наук, г. Москва, ведущий научный сотрудник;

**Романов Николай Георгиевич**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, лаборатория микроволновой спектроскопии кристаллов, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертационную работу.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 17 работ, из них 8 статей опубликованных в рецензируемых научных изданиях и проиндексированы в международных базах цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 4,185 п. л., авторский вклад 0,592 п. л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

*статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:*

- 1) Eremina R. Investigations of  $Y_2SiO_5:Nd^{143}$  by ESR method / R. Eremina, T. Gavrilova, I. Yatsyk, I. Fazlizhanov, **R. Likero**v, V. Shustov, Yu. Zavartsev, A. Zagymennyi, S. Kutovoi // JMMM. – 2017. – V. 440. – P. 13 – 14. 0,125 п.л. / 0,014 п.л. (Scopus, Web of Science);
- 2) Sukhanov A. A. ESR Study of  $Y_2SiO_5:Nd^{143}$  Isotopically Pure Impurity Crystals for Quantum Memory / A. A. Sukhanov, V. F. Tarasov, R. M. Eremina, I. V. Yatsyk, **R. F. Likero**v, A. V. Shestakov, Yu. D. Zavartsev, A. I. Zagumennyi, S. A. Kutovoi // Appl. Magn. Reson. – 2017. – V. 48, Iss. 6. – P. 589 – 596. 0.5 п.л. / 0,056 п.л. (Scopus, Web of Science);
- 3) Sukhanov A. A. Crystal environment of impurity  $Nd^{3+}$  ion in yttrium and scandium orthosilicate crystals / A.A. Sukhanov, **R.F. Likero**v, R.M. Eremina, I.V. Yatsyk, T.P. Gavrilova, V.F. Tarasov, Y.D. Zavartsev, S.A. Kutovoi // Journal of Magnetic Resonance. – 2018. – V. 295. – P. 12 – 16. 0,31 п.л. / 0,039 п.л. (Scopus, Web of Science);
- 4) **Likero**v **R. F.** Spin relaxation of the  $^{171}Yb^{3+}$  ion in the  $Y_2^{28}SiO_5$  crystal / **R.F. Likero**v, V.F. Tarasov, A.A. Sukhanov, A.V. Shestakov, R.M. Eremina, Yu. D. Zavartsev, S.A. Kutovoi // Magn. Reson. Solids. – 2020. – V. 22. – 20201. 0,81 п.л. / 0,12 п.л. (Scopus, Web of Science);
- 5) Tarasov V. F. EPR spectroscopy of  $^{53}Cr$  monoisotopic impurity ions in a single crystal of yttrium orthosilicate  $Y_2SiO_5$  / V.F. Tarasov, I.V. Yatsyk, **R.F. Likero**v, A.V. Shestakov, R.M. Eremina, Yu. D. Zavartsev, S.A. Kutovoi // Optical Materials. – 2020. – V. 105. – 109913. 0,31 п.л. / 0,044 п.л. (Scopus, Web of Science);
- 6) Tarasov V. F. EPR Spectroscopy of  $^{53}Cr^{3+}$  Monoisotopic Impurity Ions in a Single Crystal of Scandium Orthosilicate  $Sc_2SiO_5$  / V.F. Tarasov, R.M. Eremina, K.B. Konov, **R.F. Likero**v, A.V. Shestakov, Yu. D. Zavartsev, S.A. Kutovoi //

Appl. Magn. Reson. – 2021. – V. 52. – P. 5 – 14. 0,63 п.л. / 0,089 п.л. (Scopus, Web of Science);

7) Sukhanov A. A. Temperature Dependencies of the Spin Relaxation Times for the Isotopically Pure Chromium Impurity  $^{53}\text{Cr}^{3+}$  in the Yttrium Orthosilicate Single Crystal  $\text{Y}_2^{28}\text{SiO}_5$  / A.A. Sukhanov, V.F. Tarasov, **R.F. Likero**v, R.M. Eremina, Yu. D. Zavartsev, S.A. Kutovoi // Appl. Magn. Reson. – 2021. – V. 52. – P. 1175 – 1185. 0,69 п.л. / 0,11 п.л. (Scopus, Web of Science);

8) **Likero**v R. F. Hyperfine effects and electron spin relaxation of  $^{51}\text{V}^{4+}$  doped into scandium orthosilicate  $\text{Sc}_2^{28}\text{SiO}_5$ : CW and pulsed X – band electron spin resonance studies / **R.F. Likero**v, R.M. Eremina, I.V. Yatsyk, K.B. Konov, V.A. Shustov, Yu. D. Zavartsev, S.A. Kutovoi // Appl. Magn. Reson. – 2023. – V. 53. – P. 477 – 489. 0,81 п.л. / 0,12 п.л. (Scopus, Web of Science).

На автореферат поступило 4 положительных отзыва от:

**Гончарь Людмилы Эдуардовны**, кандидата физико-математических наук, доцента, доцента кафедры «Естественнонаучные дисциплины» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет путей сообщения», г. Екатеринбург;

**Котова Леонида Нафанаиловича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой радиофизики и электроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар;

**Оглобличева Василия Владимировича**, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника, заведующего лаборатории диффузии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург;

**Уланова Владимира Андреевича**, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры «Промышленная электроника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань.

В отзывах на автореферат были приведены следующие замечания как к тексту автореферата, так и к его содержанию:

- 1) Некорректно приведено обозначение группы симметрии  $C_{2/c}$  на странице 9; (Гончарь Л. Э.)
- 2) Отсутствует анализ гамильтониана (3) с точки зрения симметрии примесного центра; (Гончарь Л. Э.)
- 3) В работе указываются конкретные изотопы ионов, выступавших в качестве примесей. Но если для ионов хрома, неодима и иттербия такой подход понятен, т.к. стабильных изотопов у этих ионов несколько, то в случае ионов ванадия указание изотопа кажется излишним в силу того, что у ванадия только один стабильный изотоп –  $^{51}\text{V}$ ; (Котов Л. Н.)
- 4) В автореферате отсутствует минимально-необходимое описание конкретных методик импульсных экспериментов ЭПР, что затрудняет понимание полученных данным методом результатов; (Оглобличев В. В.)
- 5) Не приведены кривые восстановления времен спин-решеточной релаксации и их обработки, достаточно было бы привести несколько характерных примеров; (Оглобличев В. В.)
- 6) В автореферате часто встречается температура  $T = 4 \text{ К}$ , хотя известно, что температура кипения жидкого гелия при нормальном атмосферном давлении составляет  $T = 4,215 \text{ К}$ . Обычно, округление происходит до значения  $T = 4,2 \text{ К}$ ; (Оглобличев В. В.)
- 7) В таблице 2 на странице 12 и на рисунке 5 на странице 13 не

указано, для какой ориентации кристаллов  $Y_2^{28}SiO_5$  и  $Sc_2^{28}SiO_5$  были получены результаты изучения температурной зависимости времен релаксации  $T_1$  и  $T_m$  для ионов  $^{143}Nd^{3+}$ ; (Уланов В. А.)

8) На рисунке 8а (страница 16) на вертикальной оси указаны значения скорости спин-решеточной релаксации для иона  $^{53}Cr^{3+}$  в кристалле  $Y_2^{28}SiO_5$ , в то время как в подрисуночной подписи указывается, что эта ось соответствует времени спин-решеточной релаксации; (Уланов В. А.)

9) В тексте автореферата обнаружено небольшое число синтаксических ошибок (Уланов В. А.).

Выбор официальных оппонентов обусловлен их высокой научной компетентностью в области физики магнитного резонанса диэлектрических кристаллов, легированных редкоземельными ионами и группы железа, известных своими работами в изучении особенностей релаксационных и резонансных явлений в этих системах.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой была решена важная научная задача, а именно, исследованы особенности процессов спиновой релаксации парамагнитных центров, образованных примесными редкоземельными ионами и ионами группы железа в монокристаллах ортосиликатов, имеющая фундаментальное и практическое значение для развития технологий реализации устройств высокоэффективной оптической квантовой памяти.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку.

**В рамках выполнения диссертационной работы были получены следующие результаты:**

- 1) Для монокристалла  $Y_2^{28}SiO_5$ , допированного ионами хрома  $^{53}Cr^{3+}$ , показано, что существует особенность в поведении ориентационных зависимостей спектров стационарного электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Обнаружено существование определенных ориентаций монокристалла во внешнем магнитном поле, при которых вероятность «запрещенных» сверхтонких резонансных переходов ( $\Delta m_I \neq 0$ ) превышает вероятность «разрешенных» сверхтонких резонансных переходов ( $\Delta m_I = 0$ ), что проявляется в виде дополнительных линий в сверхтонкой структуре ионов хрома  $^{53}Cr^{3+}$  на спектрах ЭПР.
- 2) Из ориентационных зависимостей спектров ЭПР для монокристаллов  $Sc_2^{28}SiO_5$ , допированных ионами ванадия, было показано, что происходит неизовалентное замещение ионов  $Sc^{3+}$  на ионы  $V^{4+}$ , в то время как для ионов хрома характер замещения ионов  $Y^{3+}$  и  $Sc^{3+}$  в  $Y_2^{28}SiO_5$  и  $Sc_2^{28}SiO_5$  изовалентен.
- 3) Для кристалла  $Y_2^{28}SiO_5$ , допированного редкоземельными примесными ионами  $Y^{3+}$  и  $Nd^{3+}$  показано, что ионы  $Y^{3+}$  замещают ионы  $Y^{3+}$  в обеих кристаллографических позициях, в то время как ионы  $Nd^{3+}$  замещают ионы  $Y^{3+}$  только в кристаллографической позиции с семикратным кислородным окружением.
- 4) Показано, что для ионов неодима  $^{143}Nd^{3+}$ , допированных в монокристалл  $Y_2^{28}SiO_5$ , измеряемые при одинаковом значении температуры времена спин-решеточной и фазовой релаксации оказываются длиннее времен для этого же иона, допированного в монокристалл  $Y_2SiO_5$  с естественным содержанием изотопов кремния.

Все эти результаты имеют следующую область применения:

- 1) Результаты исследования релаксационных процессов позволяют определить выбор примесных ионов и монокристаллов для реализации устройств оптической квантовой памяти.
- 2) Параметры спинового гамильтониана, предложенного в диссертации, могут быть использованы для разработки детального теоретического описания результатов данного класса соединений.

На заседании 26 марта 2024 г. диссертационный совет УрФУ 1.3.04.16 принял решение присудить Ликерову Р. Ф. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.3.04.16 в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета  
УрФУ 1.3.04.16

Германенко Александр Викторович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 1.3.04.16



Овчинников Александр Сергеевич

26 марта 2024 г.