

Научная статья  
УДК 535:549.75:543.424.2:628.9.037:548.75  
doi:10.37614/2949-1215.2025.16.2.019

## ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СОБСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ СВЕЧЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$

**Максим Владимирович Смирнов<sup>1</sup>, Роман Алексеевич Титов<sup>2</sup>, Софья Михайловна Маслобоева<sup>3</sup>,  
Михаил Николаевич Палатников<sup>4</sup>**

<sup>1–4</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И. В. Тананаева  
Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия

<sup>1</sup>*m.smirnov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2645-5524>*

<sup>2</sup>*r.titov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7907-623X>*

<sup>3</sup>*s.masloboeva@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9954-8479>*

<sup>4</sup>*m.palatnikov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9686-0563>*

### Аннотация

Выполнено исследование люминесцентных свойств кристаллов  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 и 4,48:1,04 мол. %), полученных по технологиям гомогенного и комбинированного легирования. По УФ-смещению положения полосы при 315 нм установлено, что величина стехиометрии кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) больше соответствующей кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %). Увеличение интенсивности люминесценции ( $\lambda_{\text{возб}} = 315$  нм) свидетельствует о том, что кристалл  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) обладает большим количеством дефектных центров люминесценции  $\text{Nb}_\text{Li}\text{O}_6$  по сравнению с кристаллом  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %).

### Ключевые слова:

ниобат лития, двойное легирование, цинк, магний, люминесцентные свойства

### Финансирование:

работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Мурманской области научно-исследовательских проектов молодых ученых (№ 35 от 31 января 2025 г.).

### Для цитирования:

Особенности люминесценции собственных центров свечения в кристаллах  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  / М. В. Смирнов [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2025. Т. 16, № 2. С. 115–120. doi:10.37614/2949-1215.2025.16.2.019.

Original article

## FEATURES OF LUMINESCENCE OF OWN GLOW CENTERS IN $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ CRYSTALS

**Maxim V. Smirnov<sup>1</sup>, Roman A. Titov<sup>2</sup>, Sofja M. Masloboeva<sup>3</sup>, Mikhail N. Palatnikov<sup>4</sup>**

<sup>1–4</sup>Tananaev Institute of Chemistry—Subdivision of the Federal Research Centre

“Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences”, Apatity, Russia

<sup>1</sup>*m.smirnov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2645-5524>*

<sup>2</sup>*r.titov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7907-623X>*

<sup>3</sup>*s.masloboeva@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9954-8479>*

<sup>4</sup>*m.palatnikov@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9686-0563>*

### Abstract

A study of the luminescent properties of  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ (3.91:1.01 and 4.48:1.04 mol.%) crystals has been conducted. They were obtained using homogeneous and combined doping technologies. The stoichiometry value of the  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ (4.48:1.04 mol.%) crystal is greater than that of the  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ (3.91:1.01 mol.%) crystal. This is established by the UV shift of the band position at 315 nm. An increase in the luminescence intensity ( $\lambda_{\text{exc}} = 315$  nm) indicates that the  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ (3.91:1.01 mol.%) crystal has a larger number of defective luminescence centers of  $\text{Nb}_\text{Li}\text{O}_6$  compared to the  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$ (4.48:1.04 mol.%) crystal.

### Keywords:

lithium niobate, double doping, zinc, magnesium, luminescent properties

### Funding:

This work was carried out with financial support from the Government of the Murmansk Region for research projects of young scientists (no. 35 dated January 31, 2025).

### For citation:

Features of luminescence of own glow centers in  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  crystals / M. V. Smirnov [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2025. Vol. 16, No. 2. P. 115–120. doi:10.37614/2949-1215.2025.16.2.019.

## Введение

Практическое применение кристаллов ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) ограничено наличием эффекта фоторефракции. Снизить, а в некоторых случаях и подавить эффект фоторефракции возможно путем легирования кристалла ниобата лития нефоторефрактивными катионами металлов, которые обладают постоянной степенью окисления. Цинк и магний — яркие представители данной группы катионов металлов [1; 2].

Двойное легирование кристаллов ниобата лития открывает потенциальную возможность более тонкого, по сравнению с одинарным легированием, воздействия на особенности вторичной (дефектной) структуры ниобата лития. В литературе встречаются разнообразные сочетания легирующих элементов и их концентраций при получении кристаллов ниобата лития двойного легирования  $\text{LiNbO}_3:\text{Me}_1:\text{Me}_2$  (где  $\text{Me}_1$  и  $\text{Me}_2$  — катионы легирующих металлов), в том числе кристаллов состава  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  [3–5]. В качестве методов исследования, как правило, используют спектроскопию комбинационного рассеяния света, рентгеноструктурный анализ, ИК-спектроскопию поглощения и др. При этом работ, посвященных исследованию рекомбинационных процессов в кристаллах состава  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$ , в литературе крайне мало.

В связи с вышеизложенным цель данной работы — осуществить исследование люминесцентных свойств кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (4,48:1,04 мол. %), полученных по технологиям гомогенного и комбинированного легирования.

## Эксперимент

Исследуемые в данной работе монокристаллы  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) были получены по технологии гомогенного [6] и комбинированного легирования [7] соответственно. Кристаллы были выращены на установке «Кристалл-2» методом Чохральского из расплава. После выращивания кристаллы были подвергнуты нескольким послеростовым термическим обработкам. Для исследования из монокристаллов были вырезаны ориентированные в соответствии с кристаллографическими осями параллелепипеды, грани которых тщательно шлифовали и полировали.

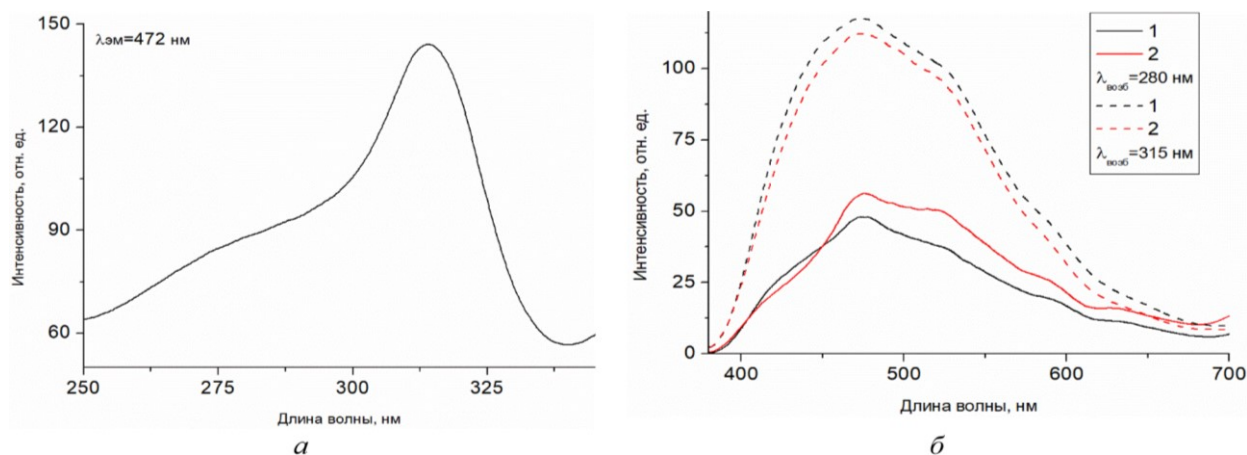
Спектры люминесценции и возбуждения исследуемых образцов были зарегистрированы в 90°-й геометрии с помощью спектрофлуориметра FL970 (Techcomp, China) в диапазоне длин волн 200–900 нм с шагом 0,2 нм. В качестве источника возбуждения люминесценции использовалась ксеноновая лампа (150 Вт).

## Результаты

На рисунке, *a* представлен спектр возбуждения кристалла  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) в полосе люминесценции 472 нм. Спектр содержит полосу с максимумом при 315 нм с широким плечом в коротковолновой области, которое содержит в себе дополнительные полосы в области 275 нм. Предварительное разложение спектра возбуждения кристалла  $\text{LiNbO}_3:\text{Zn}:\text{Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) на ряд составляющих позволило заключить, что в коротковолновом плече находится по крайней мере две полосы с максимумами при 281 и 296 нм. Полосу при 281 нм можно связать с поглощением собственных центров люминесценции ( $\text{NbO}_6$ ), которая, согласно литературным данным [8], наиболее приближена к ниобиевым центрам. Стоксовое смещение составляет  $14\,401\text{ см}^{-1}$  и несколько меньше литературных данных, где характерное значение для ниобиевых центров составляет  $15\,700\text{ см}^{-1}$  [8].

Полоса при 315 нм (3.94 эВ) хорошо коррелирует с шириной запрещенной зоны (прямозонный переход) кристаллов  $\text{LiNbO}_3:\text{Mg}+\text{Zn}$  ( $\text{MgO}=1.0$  и  $\text{ZnO}=4.5$  мол.%) и  $\text{LiNbO}_3:\text{Mg}$  ( $\text{MgO}=5\text{--}7.0$  мол.%), равной 3.95 и 3.92 эВ, соответственно [4; 9]. Как известно, край собственного поглощения зависит от величины стехиометрии ( $R=[\text{Li}]/[\text{Nb}]$ ), и чем ближе величина  $R$  к 1 (стехиометрический состав), тем сильнее смещается край поглощения в дальнюю УФ область [4]. Такая закономерность должна проявлять и в энергетической структуре уровней спектра возбуждения люминесценции, т.е. должно наблюдаться изменение положения полосы 315 нм при изменении состава кристалла.

Форма спектра возбуждения кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) подобна спектру кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и не приведена на рис., а. Отметим, что «новых» полос в спектре кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) не обнаружено. Однако для последнего кристалла (с увеличением концентрации легирующих примесей) зафиксировано УФ-смещение полосы при 315 нм на  $\sim 1$  нм. Данный факт подтверждает изменение ширины запрещенной зоны кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) и, как следствие, увеличение его величины стехиометрии относительно кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %). В работе [8] показано, что в спектрах возбуждения порошка  $\text{LiNbO}_3$ , синтезированного с 2 %-м избытком  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , и номинально чистого монокристалла  $\text{LiNbO}_3$  наблюдается полоса при 305 нм, которая отсутствует в спектре порошка  $\text{LiNbO}_3$ , синтезированного с 2 %-м избытком  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Это свидетельствует о наличии второго типа центра люминесценции, связанного с дефектом  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ , в порошке  $\text{LiNbO}_3$ , синтезированного с 2 %-м избытком  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , и в номинально чистом монокристалле  $\text{LiNbO}_3$  [8].



Спектры возбуждения (а) полосы люминесценции 472 нм кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %); спектры фотолюминесценции (б) исследуемых образцов: 1 —  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %); 2 —  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %).  $\lambda_{\text{возб}} = 280$  и 315 нм

Сильное поглощение (полоса при 315 нм) в области ширины запрещенной зоны ниобата лития может быть также обусловлено формированием электронно-дырочных пар (экситонов Френкеля), которые также могут влиять на люминесцентные свойства кристалла посредством трансферного взаимодействия с центрами люминесценции  $\text{NbO}_6$ . Стоит отметить, что форма и положение полосы при 315 нм совпадает с широкой полосой в спектре возбуждения  $\text{GdNbO}_4$ , которая соответствует трансферу энергии между Gd и единственными  $\text{NbO}_4$  группами (координационное число Gd равно 8) [10]. В исследуемых в настоящей работе кристаллах  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  отсутствуют атомы гадолиния. В решетке кристалла ниобата лития координационное окружение иона  $\text{Nb}^{5+}$  состоит из 6 ионов  $\text{O}^{2-}$ , при этом легирующие примеси (Zn, Mg) первоначально занимают литиевые позиции (дефекты  $\text{Zn}_{\text{Li}}$  и  $\text{Mg}_{\text{Li}}$ ). Подобное легирование приводит к уменьшению количества дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ , что должно обеспечивать формирование меньшего числа дефектных центров люминесценции и снижение интенсивности полосы при 315 нм. На основе изложенного выше можно предположить образование альтернативного центра люминесценции, который будет зависеть не только от  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ , но и от типа примесного дефекта, обусловленного легирующим металлом (присутствие полосы при 315 нм в отсутствии дефекта  $\text{Nb}_{\text{Li}}$ ). Таким образом, мы можем сделать вывод о связи полосы при 315 нм с центрами люминесценции типа  $\text{NbO}_6\text{-Me/экситоны}$  (Me — переходный или редкоземельный элемент в решетке кристалла). Отметим, что роль экситонов на данный момент остается не выясненной.

Природа полосы при 296 нм (см. рис., а) на данный момент неизвестна и имеет промежуточное значение между полосами при 281 и 315 нм. По-видимому, в кристаллах двойного легирования

$\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  есть несколько типов центров люминесценции  $\text{NbO}_6$  групп. Энергетическая структура их уровней должна зависеть от ионного и дефектного окружения во второй и более координационных сферах, а также от локализации  $\text{Nb}^{5+}$  в катионной подрешетке кристалла. Далее приведены результаты исследования люминесценции при возбуждении в полосе 280 нм.

На рисунке, б, представлены спектры фотолюминесценции кристаллов  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) при возбуждении в полосе 280 нм, которая связана с поглощением собственных центров свечения  $\text{NbO}_6$  групп. Контур спектра является неоднородным из-за слабого люминесцентного сигнала при комнатной температуре. Широкая люминесцентная полоса с максимумом при 475 нм наблюдается в обоих спектрах фотолюминесценции исследуемых образцов. Интенсивность люминесценции зависит от концентрации легирующей примеси, то есть увеличение концентрации Zn с 3,91 до 4,48 мол. % и Mg с 1,01 до 1,04 мол. % приводит к увеличению интегральной интенсивности на 22 % (см. рис., б). Данное увеличение характерно для длинноволнового хвоста люминесценции (см. рис., б). В кристалле конгруэнтного состава ( $R = 0,946$ ) основной вклад в люминесцентный сигнал (полоса при 520 нм) вносят дефектные центры люминесценции  $\text{Nb}_{\text{Li}}\text{O}_6$  [8]. Однако увеличение концентрации Mg и Zn должно приводить к уменьшению содержания дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$  и, как следствие, интенсивность люминесценции должна уменьшаться. В случае с исследуемыми объектами этого не наблюдается (см. рис., б).

Ранее было установлено, что увеличение концентрации легирующей примеси (Zn, Mg) приводит к увеличению интенсивности люминесценции вплоть до концентраций  $\text{MgO} = 5$  мол. % и  $\text{ZnO} = 7$  мол. %, при которых происходит ее «насыщение» [11]. В случае с кристаллами  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) концентрация как цинка, так и магния не доходит до уровня индивидуальных концентрационных порогов «насыщения» люминесценции. Однако, можно предположить, что общая (Zn + Mg) концентрация 4,92 мол. % для кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) находится до области «насыщения», а концентрация 5,52 мол. % для кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %), наоборот, находится в области «насыщения». В данном контексте под областью «насыщения» подразумевается концентрация  $\text{MgO} > 5$  мол. % [11].

Возбуждение люминесценции в полосе 315 нм приводит к значительному увеличению интенсивности люминесценции с максимумом при 472 нм для обоих кристаллов (см. рис., б). Если при возбуждении в полосе 280 нм наибольшей интенсивностью обладал спектр кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %), то при возбуждении в полосе 315 нм, наоборот, наибольшая интенсивность спектра люминесценции характерна для кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %). Таким образом, при возбуждении в полосе 315 нм уменьшение концентрации легирующих примесей приводит к увеличению интенсивности свечения. Так как возбуждение происходит в полосе  $\text{Nb}_{\text{Li}}\text{O}_6$  центров, то в кристалле  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) люминесценция  $\text{Nb}_{\text{Li}}\text{O}_6$  центров больше относительно кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) за счет большей концентрации легирующей примеси в последнем образце и, как следствие, большей концентрации дефектов  $\text{Nb}_{\text{Li}}$  в первом образце.

## Выводы

Проведено исследование люминесцентных свойств кристаллов  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) и  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %), полученных по разным технологиям. Установлено, что спектр их возбуждения состоит из трех полос возбуждения (281, 296 и 315 нм) люминесценции при 472 нм, которые связаны с различными центрами люминесценции. УФ-смещение положения полосы при 315 нм с ростом легирующих элементов указывает на увеличение стехиометрии кристалла  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) по сравнению с кристаллом  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %). Селективное возбуждение люминесценции позволило выяснить, что по мере увеличения концентрации легирующей примеси происходит увеличение интенсивности свечения на 22 % в видимой области при возбуждении в полосе собственного поглощения  $\text{NbO}_6$  групп ( $\lambda_{\text{возб}} = 280$  нм). Наибольшая интенсивность свечения наблюдается в обоих кристаллах при возбуждении длиной волны 315 нм,

которая связана только с дефектными центрами люминесценции  $\text{NbLiO}_6$ . Интенсивность люминесценции ( $\lambda_{\text{возб}} = 315$  нм) в кристалле  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (3,91:1,01 мол. %) выше, чем в кристалле  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn:Mg}$  (4,48:1,04 мол. %) за счет наличия большего числа дефектных центров люминесценции  $\text{NbLiO}_6$ .

#### Список источников

1. Volk T., Wöhlecke M. *Lithium niobate. Defects, photorefractive and ferroelectric switching*. Berlin: Springer, 2008. 250 p.
2. Sánchez-Dena O., Villalobos-Mendoza S. D., Farías R., Fierro-Ruiz C. D. *Lithium Niobate Single Crystals and Powders Reviewed—Part II // Crystals*. 2020. Vol. 10 (11). P. 990.
3. Xu G., Zhu J., Xiao B., Yang X., Wang X. Investigation of the Second-Harmonic Generation in  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn} + \text{Mg}$  Single Crystals // *Cryst. Res. Technol.* 1996. Vol. 31 (2). P. K20–K23.
4. Yang X., Xu G., Li H., Zhu J., Wang X. Optical Absorption Edge of  $\text{Mg} + \text{Zn}:\text{LiNbO}_3$  // *Cryst. Res. Technol.* 1996. Vol. 31 (4). P. 521–527.
5. Li M. H., Xu Y. H., Xu W. S., Liu C. X., Zhang W. L., Shao Z. S. Nonlinear optical effect of co-doped  $\text{Mg,Zn}:\text{LiNbO}_3$  // *Ferroelectr.* 2001. Vol. 264 (1). P. 273–278.
6. Маслобоева С. М., Бирюкова И. В., Палатников М. Н., Теплякова Н. А. Получение и исследование кристаллов ниобата лития, легированных магнием и цинком // *Журн. неорг. химии*. 2020. Т. 65 (6). С. 856–864.
7. Бирюкова И. В., Титов Р. А., Теплякова Н. А., Ефремов И. Н., Палатников М. Н. Исследование влияния концентрации легирующих примесей на оптическую однородность и фоторефрактивные свойства монокристаллов  $\text{LiNbO}_3\text{:Er:Zn}$  // *ЖТФ*. 2023. Т. 93 (11). С. 1570–1579.
8. Krol D. M., Blasse G., Powell R. C. The influence of the Li/Nb ratio on the luminescence properties of  $\text{LiNbO}_3$  // *J. Chem. Phys.* 1980. Vol. 73 (1). P. 163–166.
9. Zhu J., Zhao S., Xiao D., Wang X., Xu G. Optical absorption properties of doped lithium niobate crystals // *J. Phys.: Condens. Matter*. 1992. Vol. 4. P. 2977–2983.
10. Ding S., Zhang H., Zhang Q., Chen Y., Dou R., Peng F., Liu W., Sun D. Experimental and first principle study of the structure, electronic, optical and luminescence properties of M-type  $\text{GdNbO}_4$  phosphor // *J. Solid State Chem.* 2018. Vol. 262. P. 87–93.
11. Fischer C., Wöhlecke M., Volk T., Rubinina N. Influence of the damage resistant impurities Zn and Mg on the UV-excited luminescence in  $\text{LiNbO}_3$  // *Phys. Stat. Sol. (a)*. 1993. Vol. 137. P. 247–255.

#### References

1. Volk T., Wöhlecke M. *Lithium niobate. Defects, photorefractive and ferroelectric switching*. Berlin, Springer, 2008, 250 p.
2. Sánchez-Dena O., Villalobos-Mendoza S. D., Farías R., Fierro-Ruiz C. D. *Lithium Niobate Single Crystals and Powders Reviewed—Part II. Crystals*, 2020, vol. 10, no. 11, p. 990.
3. Xu G., Zhu J., Xiao B., Yang X., Wang X. Investigation of the Second-Harmonic Generation in  $\text{LiNbO}_3\text{:Zn} + \text{Mg}$  Single Crystals. *Cryst. Res. Technol.*, 1996, vol. 31, no. 2, pp. K20–K23.
4. Yang X., Xu G., Li H., Zhu J., Wang X. Optical Absorption Edge of  $\text{Mg} + \text{Zn}:\text{LiNbO}_3$ . *Cryst. Res. Technol.*, 1996, vol. 31, no. 4, pp. 521–527.
5. Li M. H., Xu Y. H., Xu W. S., Liu C. X., Zhang W. L., Shao Z. S. Nonlinear optical effect of co-doped  $\text{Mg,Zn}:\text{LiNbO}_3$ . *Ferroelectr.*, 2001, vol. 264, no. 1, pp. 273–278.
6. Masloboeva S. M., Biryukova I. V., Palatnikov M. N., Teplyakova N. A. Poluchenie i issledovanie kristallov niobata litiya, legirovannyh magniem i cinkom [Magnesium-and-zinc-doped lithium niobate crystals: preparation and characterization]. *Zhurnal neorganicheskoy himii* [Russ. J. Inorg. Chem.], 2020, vol. 65, no. 6, pp. 856–864. (In Russ.).
7. Biryukova I. V., Titov R. A., Teplyakova N. A., Efremov I. N., Palatnikov M. N. Issledovanie vliyaniya koncentracii legiruyushchih primesej na opticheskuyu odnorodnost' i fotorefraktivnye svoystva monokristallov  $\text{LiNbO}_3\text{:Er:Zn}$  [Study of the effect of dopant concentration on the optical uniformity and photorefractive properties of  $\text{LiNbO}_3\text{:Er:Zn}$  single crystals]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki* [Tech. Phys.], 2024, vol. 93, no. 11, pp. 1570–1579. (In Russ.).
8. Krol D. M., Blasse G., Powell R. C. The influence of the Li/Nb ratio on the luminescence properties of  $\text{LiNbO}_3$ . *J. Chem. Phys.*, 1980, vol. 73, no. 1, pp. 163–166.
9. Zhu J., Zhao S., Xiao D., Wang X., Xu G. Optical absorption properties of doped lithium niobate crystals. *J. Phys.: Condens. Matter.*, 1992, vol. 4, pp. 2977–2983.

10. Ding S., Zhang H., Zhang Q., Chen Y., Dou R., Peng F., Liu W., Sun D. Experimental and first principle study of the structure, electronic, optical and luminescence properties of M-type GdNbO<sub>4</sub> phosphor. *J. Solid State Chem.*, 2018, vol. 262, pp. 87–93.
11. Fischer C., Wöhlecke M., Volk T., Rubinina N. Influence of the damage resistant impurities Zn and Mg on the UV-excited luminescence in LiNbO<sub>3</sub>. *Phys. Stat. Sol. (a)*, 1993, vol. 137, pp. 247–255.

#### **Информация об авторах**

**М. В. Смирнов** — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник;  
**Р. А. Титов** — кандидат технических наук, научный сотрудник;  
**С. М. Маслوبةва** — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;  
**М. Н. Палатников** — доктор технических наук, главный научный сотрудник.

#### **Information about the authors**

**M. V. Smirnov** — PhD (Physics & Mathematics), Researcher;  
**R. A. Titov** — PhD (Engineering), Researcher;  
**S. M. Masloboeva** — PhD (Engineering), Leading Researcher;  
**M. N. Palatnikov** — DSc (Engineering), Principal Researcher.

Статья поступила в редакцию 12.09.2025; одобрена после рецензирования 26.09.2025; принята к публикации 30.09.2025.  
The article was submitted 12.09.2025; approved after reviewing 26.09.2025; accepted for publication 30.09.2025.