



УДК 621.315.61:537.226

<https://doi.org/10.17073/0021-3438.2026.524C.1780>Научная статья
Research article

Функциональные токопроводящие покрытия для компенсации приэлектродных электрохимических процессов на образцах полярных срезов кристалла $\alpha\text{-LiIO}_3$

А. В. Корчагин✉, Н. С. Козлова, В. Е. Умылин, Е. В. Забелина

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
Россия, 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1✉ Александр Владимирович Корчагин (korchagin.av@edu.misis.ru)

Аннотация. В работе исследованы температурные зависимости токов короткого замыкания образцов полярного среза кристаллов $\alpha\text{-LiIO}_3$ с различными материалами токопроводящих покрытий из индия, серебра, алюминия и хрома в различных комбинациях. Токопроводящие покрытия наносились на образцы с учетом знака пьезоотклика (полярности) стороны образца. Измерения температурных зависимостей токов короткого замыкания проводились на испытательном комплексе СКИП в диапазоне температур от 20 до 210 °С, без приложения внешнего электрического поля. Установлено, что токи короткого замыкания появляются на кристаллах уже при комнатной температуре без внешних стимулирующих воздействий. При нагреве их величина может меняться на порядки. На величину и направление протекания таких токов оказывают влияние материал токопроводящих покрытий и полярность стороны его нанесения. Так, для кристалла $\alpha\text{-LiIO}_3$ удалось практически полностью скомпенсировать токи короткого замыкания при использовании покрытий из алюминия, индия и хрома, нанесенных на образец по следующим схемам: алюминий – на стороне с отрицательным пьезооткликом, индий – на стороне с положительным пьезооткликом ($\text{Al}(-)/\text{In}(+)$); хром – на стороне с отрицательным пьезооткликом, алюминий – на стороне с положительным пьезооткликом ($\text{Cr}(-)/\text{Al}(+)$). Токи короткого замыкания образцов с такими комбинациями токопроводящих покрытий не превышали по величине 10^{-13} – 10^{-14} А и практически не изменялись в процессе нагрева до 210 °С. Такие значения токов свидетельствуют о низкой интенсивности приэлектродных электрохимических процессов.

Ключевые слова: иодат лития, деградация поверхности, токопроводящие покрытия, короткозамкнутый полярный кристалл, ток короткого замыкания, пьезоэлектрические кристаллы, стабильность работы, приэлектродные процессы, фазовые переходы, полярный срез, электродвижущая сила, поляризация

Благодарности: Исследования проводились при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ВУЗам FSME-2023-0003. Измерения проведены в аккредитованной МУИЛ Полупроводниковых материалов и диэлектриков «Монокристаллы и заготовки на их основе» (ИЛИМЗ) НИТУ МИСИС.

Для цитирования: Корчагин А.В., Козлова Н.С., Умылин В.Е., Забелина Е.В. Функциональные токопроводящие покрытия для компенсации приэлектродных электрохимических процессов на образцах полярных срезов кристалла $\alpha\text{-LiIO}_3$. *Известия вузов. Цветная металлургия*. 2026;32(3):92–98. <https://doi.org/10.17073/0021-3438.2026.524C.1780>

Functional conductive coatings for compensating near-electrode electrochemical processes in polar-cut α -LiIO₃ crystal samples

A. V. Korchagin✉, N. S. Kozlova, V. E. Umylin, E. V. Zabelina

National University of Science and Technology MISIS
1 Bld, 4 Leninskiy Prosp., Moscow 119049, Russia

✉ Alexander V. Korchagin (korchagin.av@edu.misis.ru)

Abstract. This study examined the temperature dependences of short-circuit currents in polar-cut α -LiIO₃ crystal samples with different combinations of indium, silver, aluminum, and chromium conductive coatings. The coatings were applied to the opposite faces of the samples according to the sign of the piezoelectric response, which indicated the polarity of each face. Short-circuit currents were measured using the SKIP test system over the temperature range of 20–210 °C without an applied external electric field. Short-circuit currents were detected even at room temperature in the absence of prior external stimulation and could change by several orders of magnitude during heating. Both the magnitude and direction of the currents depended on the coating materials and on the polarity of the coated faces. For α -LiIO₃, the short-circuit currents were reduced to near-zero levels using two asymmetric coating configurations: Al(–)/In(+), with aluminum applied to the face exhibiting a negative piezoelectric response and indium to the face exhibiting a positive response; and Cr(–)/Al(+), with chromium applied to the negative-response face and aluminum to the positive-response face. The short-circuit currents remained within 10^{–14}–10^{–13} A range were nearly temperature-independent up to 210 °C. These low current values indicate limited near-electrode electrochemical activity.

Keywords: lithium iodate, surface degradation, conductive coatings, short-circuited polar crystal, short-circuit current, piezoelectric crystals, operational stability, near-electrode processes, phase transitions, polar cut, electromotive force, polarization

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under State Assignment No. FSME-2023-0003. The measurements were performed at the accredited Interdepartmental Training and Testing Laboratory of Semiconductor Materials and Dielectrics, “Single Crystals and Related Blanks,” NUST MISIS.

For citation: Korchagin A.V., Kozlova N.S., Umylin V.E., Zabelina E.V. Functional current conductive coatings for compensating near-electrode electrochemical processes in polar-cut α -LiIO₃ samples. *Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy*. 2026;32(3):92–98.
<https://doi.org/10.17073/0021-3438.2026.524C.1780>

Введение

Синтетические кристаллы иодата лития (LiIO₃) являются известным материалом и выращиваются из водного раствора [1; 2]. Первые работы, посвященные LiIO₃, относятся к 1930-м годам [3]. В твердой фазе могут существовать три модификации иодата лития: орторомбическая (γ), тетрагональная (β) и гексагональная (α). Из этих фаз нецентросимметричной является α -фаза. Она образует гексагональную кристаллическую решетку типа $P6_3$ (с двумя молекулами в элементарной ячейке). Структуру кристалла составляют ионы лития, окруженные 6 кислородными атомами в виде искаженного октаэдра LiO₆, и дискретные тригональные группы иодата IO₃ с симметрией 3. При температуре 247 °C наблюдается реконструктивный фазовый переход α -LiIO₃ в β -LiIO₃ с разрушением кристалла [1].

Кристаллы α -LiIO₃ гексагональной модификации обладают уникальным сочетанием оптических

свойств, определяющих возможность их использования в устройствах и приборах нелинейной оптики в качестве эффективных удвоителей частоты лазерного излучения при внутривибрационной генерации второй гармоники [2–13]. α -LiIO₃ является ионным диэлектриком: основные носители заряда – ионы лития. Электрофизические свойства данного кристалла представлены в монографии [14].

Наличие полярных направлений в кристаллах полярных и полярно-нейтральных классов приводит к анизотропии свойств. Внешние факторы, такие как температурные, механические воздействия, радиационные поля или введение легирующей примеси, особенно с отличной от основной зарядовой составляющей атомов, влияют на изменение и деформацию его структуры, приводя к образованию дефектов и тем самым определяя не только свойства, но и технологии получения кристаллов [15].

Полярные срезы ионных диэлектрических кристаллов используются как активные элементы рабо-

чих устройств электронной и микроэлектронной промышленности. Для этого на их поверхности наносят токопроводящие покрытия, материал которых влияет на электрофизические характеристики кристаллов [16–20].

Как известно, на полярных срезах диэлектрических ионных кристаллов (без предварительных внешних воздействий) при контакте с токопроводящими покрытиями в случае, если такой образец замкнуть накоротко, самопроизвольно возникает разность потенциалов, а следовательно, и электродвижущая сила (ЭДС), порождающая токи короткого замыкания (ТКЗ) [21–26]. Приэлектродные электрохимические процессы [21; 23], способствующие возникновению ТКЗ, одновременно приводят к деградации токопроводящих покрытий, сокращению срока службы пьезоэлементов и выходу элементов из строя. Для изучения таких явлений используются методы термостимулированной токовой спектроскопии [27].

Ранее в работе [25] при исследовании температурных зависимостей ТКЗ на образцах иодата лития с симметричными (одинаковыми) токопроводящими покрытиями из индия и серебра было показано, что величина и направление протекания тока зависят от материала этих покрытий. Было установлено, что при нагреве меняются направление протекания тока и его величина (на порядки). Это свидетельствует о высокой интенсивности приэлектродных процессов, особенно при использовании токопроводящих покрытий из индия.

Целью настоящей работы являлось определение возможностей снижения или полного устранения ТКЗ и, следовательно, приэлектродных электрохимических процессов на образцах модельного материала $\alpha\text{-LiIO}_3$.

Материалы и методы исследования

В работе использовали образцы кристаллов $\alpha\text{-LiIO}_3$ полярного Z-среза, выращенных в одинаковых условиях из водных растворов. До обработки и резки они представляли собой шестиугольные призмы. Для эксперимента их разрезали на пластинки толщиной 2 мм. Полярность (пьезоэлектрический отклик) образцов определяли с помощью пьезотестера, при этом на сторону с отрицательным пьезооткликом ставили точку. Образцы не подвергались предварительным стимулирующим внешним воздействиям, приводящим к поляризации: отсутствовали фото- и термостимуляции, внешнее электрическое поле и ионизирующие облучения. При этом использовались различные комбинации материалов токопроводящих покрытий. Кристалл $\alpha\text{-LiIO}_3$ до резки на пластины Z-среза и после нее представлен на рис. 1.

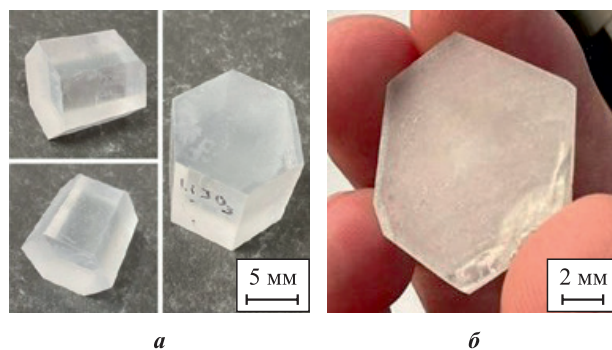


Рис. 1. Кристалл $\alpha\text{-LiIO}_3$ до резки на пластины Z-среза (а) и после нее (б)

Fig. 1. $\alpha\text{-LiIO}_3$ crystal before cutting into Z-cut plates (a) and a resulting Z-cut plate (b)

В данной работе использовались разные (несимметричные) токопроводящие покрытия из индия в виде фольги, серебра в виде пасты, а также алюминия и хрома, нанесенных методом магнетронного напыления. Они наносились на противоположные поверхности полярных срезов с учетом знака пьезоотклика поверхности (полярности образца) по следующим схемам: $\text{Ag}(-)/\text{In}(+)$; $\text{In}(-)/\text{Ag}(+)$; $\text{In}(-)/\text{Cr}(+)$; $\text{Cr}(-)/\text{In}(+)$; $\text{In}(-)/\text{Al}(+)$; $\text{Al}(-)/\text{In}(+)$; $\text{Cr}(-)/\text{Al}(+)$; $\text{Al}(-)/\text{Cr}(+)$ (рис. 2). В скобках указана полярность стороны нанесения токопроводящих покрытий.

Исследования температурных зависимостей ТКЗ проводились на испытательном комплексе СКИП, который состоит из следующего измерительного оборудования: электрометра высоких сопротивлений Keithley 6517A или тераомметра Е6-13А; высокотемпературной трубчатой электропечи ТК С0,55-1150.1ф с контроллером Термолюкс-010 для автоматического регулирования температуры и скорости нагрева; термопары типа К, размещенной в объеме печи; персонального компьютера. Температурный диапазон измерений комплекса от комнатной температуры до 1000 °С. Предварительно для эксперимента определяли положение и размер изотермической зоны в высокотемпературной печи, в середину которой ставился образец. Было выполнено объединение всех приборов в единую систему благодаря программному обеспечению ИТКЗ-1.0¹ для автоматической регистрации электрофизических параметров. Показатель точности измерений не хуже 10 %.

Измерения тока короткого замыкания на образцах иодата лития проводили в температурном диапазоне 20–210 °С. Его верхняя граница выбрана, не доходя до реконструктивного фазового перехода $\alpha\text{-LiIO}_3$

¹ Корчагин А.В., Умылин В.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025615960.

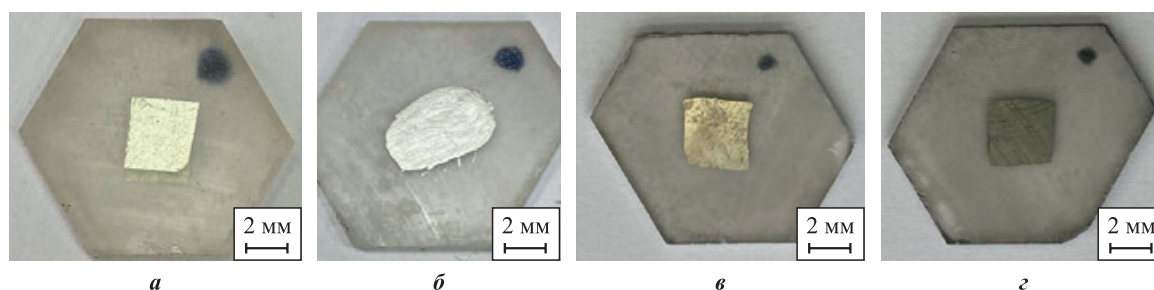


Рис. 2. Вид образцов с индиевым (а), серебряным (б), алюминиевым (в) и хромовым (з) токопроводящими покрытиями

Fig. 2. Samples with indium (a), silver (b), aluminum (v), and chromium (z) conductive coatings

в $\beta\text{-LiIO}_3$ с разрушением кристалла (рис. 3). Все эксперименты проводили без приложения внешнего электрического поля.

Образец размещали в держателе (рис. 4), и уже при комнатной температуре наблюдалось снижение ТКЗ со временем до достижения стабильного значения, что свидетельствует об ионном характере наблюдаемых токов [27]. Затем включали линейный нагрев со скоростью, не превышающей $1\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$. Остывание образца происходило вместе с печью в естественном режиме. При этом фиксировали величину ТКЗ.

Результаты и их обсуждение

Для всех комбинаций токопроводящих покрытий наблюдались токи короткого замыкания, однако их

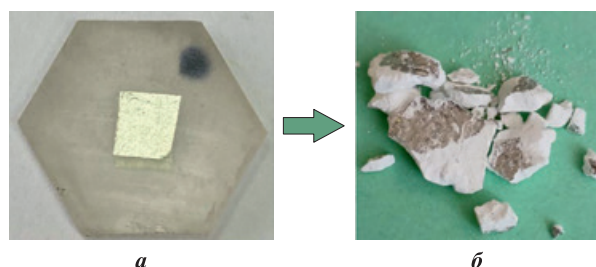


Рис. 3. Кристалл $\alpha\text{-LiIO}_3$ до (а) и после перехода (б) в $\beta\text{-LiIO}_3$, происходящего при температуре около $247\text{ }^\circ\text{C}$

Fig. 3. Crystal before (a) and after (b) the phase transition from $\alpha\text{-LiIO}_3$ to $\beta\text{-LiIO}_3$ at approximately $247\text{ }^\circ\text{C}$

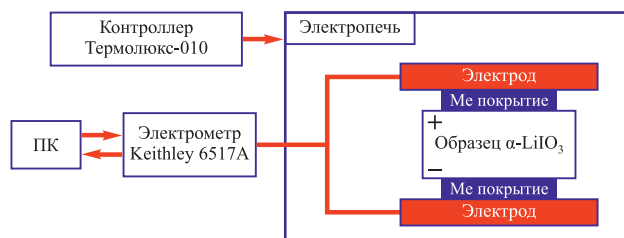


Рис. 4. Схема установки образца в электропечи с симметричными токопроводящими покрытиями

Fig. 4. Schematic of a sample with identical conductive coatings on opposite faces mounted in the electric furnace

величина существенно отличалась в зависимости от материала и полярности стороны его нанесения. Обобщенные результаты по всем комбинациям представлены в таблице. Из ее данных видно, что наибольшее изменение значений ТКЗ характерно для симметричных индиевых токопроводящих покрытий: при нагреве величина токов меняется на 5 порядков. Самые низкие их значения наблюдались для сочетаний: алюминий со стороны отрицательного пьезоотклика, индий – положительного, а также хром со стороны отрицательного пьезоотклика, алюминий – положительного. В этом случае величины ТКЗ не превышали 10^{-13} – 10^{-14} А и практически не менялись с ростом температуры.

На рис. 5 показаны температурные зависимости токов короткого замыкания на образцах $\alpha\text{-LiIO}_3$ с несимметричными (разными) $\text{Cr}(-)/\text{Al}(+)$ и $\text{Al}(-)/\text{In}(+)$ и симметричными (одинаковыми) токопроводящими покрытиями $\text{In}(-)/\text{In}(+)$.

При нагреве образца с покрытиями $\text{Cr}(-)/\text{Al}(+)$ от комнатной температуры до $210\text{ }^\circ\text{C}$ значения

Сравнение токов короткого замыкания при различных комбинациях токопроводящих покрытий и температуры

Comparison of short-circuit currents for different conductive-coating configurations at different temperatures

Материал покрытий	Значения ТКЗ, А			
	25 $^\circ\text{C}$	100 $^\circ\text{C}$	150 $^\circ\text{C}$	200 $^\circ\text{C}$
$\text{In}(+)/\text{In}(-)^*$	$-60 \cdot 10^{-12}$	$+1,7 \cdot 10^{-9}$	$+9,6 \cdot 10^{-9}$	$+1,7 \cdot 10^{-7}$
$\text{Ag}(-)/\text{In}(+)^*$	$-1,5 \cdot 10^{-10}$	$+2,2 \cdot 10^{-8}$	$+8,9 \cdot 10^{-8}$	$+3,5 \cdot 10^{-7}$
$\text{In}(-)/\text{Ag}(+)^*$	$-1,6 \cdot 10^{-10}$	$-5,5 \cdot 10^{-9}$	$-8,2 \cdot 10^{-8}$	$-6,4 \cdot 10^{-7}$
$\text{In}(-)/\text{Cr}(+)$	$-6,2 \cdot 10^{-14}$	$3,8 \cdot 10^{-14}$	$-3,2 \cdot 10^{-13}$	$+8,5 \cdot 10^{-11}$
$\text{Cr}(-)/\text{In}(+)$	$-3,0 \cdot 10^{-10}$	$-3,9 \cdot 10^{-10}$	$+2,7 \cdot 10^{-8}$	$-1,6 \cdot 10^{-9}$
$\text{In}(-)/\text{Al}(+)$	$-1,5 \cdot 10^{-13}$	$-5,1 \cdot 10^{-13}$	$-1,3 \cdot 10^{-12}$	$+1,1 \cdot 10^{-10}$
$\text{Al}(-)/\text{In}(+)$	$-1,2 \cdot 10^{-13}$	$-1,1 \cdot 10^{-13}$	$-0,9 \cdot 10^{-13}$	$-1,0 \cdot 10^{-13}$
$\text{Cr}(-)/\text{Al}(+)$	$-7,5 \cdot 10^{-14}$	$-5,5 \cdot 10^{-14}$	$-3,8 \cdot 10^{-14}$	$-6,5 \cdot 10^{-14}$
$\text{Al}(-)/\text{Cr}(+)$	$-2,9 \cdot 10^{-13}$	$-4,9 \cdot 10^{-11}$	$-3,8 \cdot 10^{-12}$	$-1,1 \cdot 10^{-13}$

* Данные из работы [24].

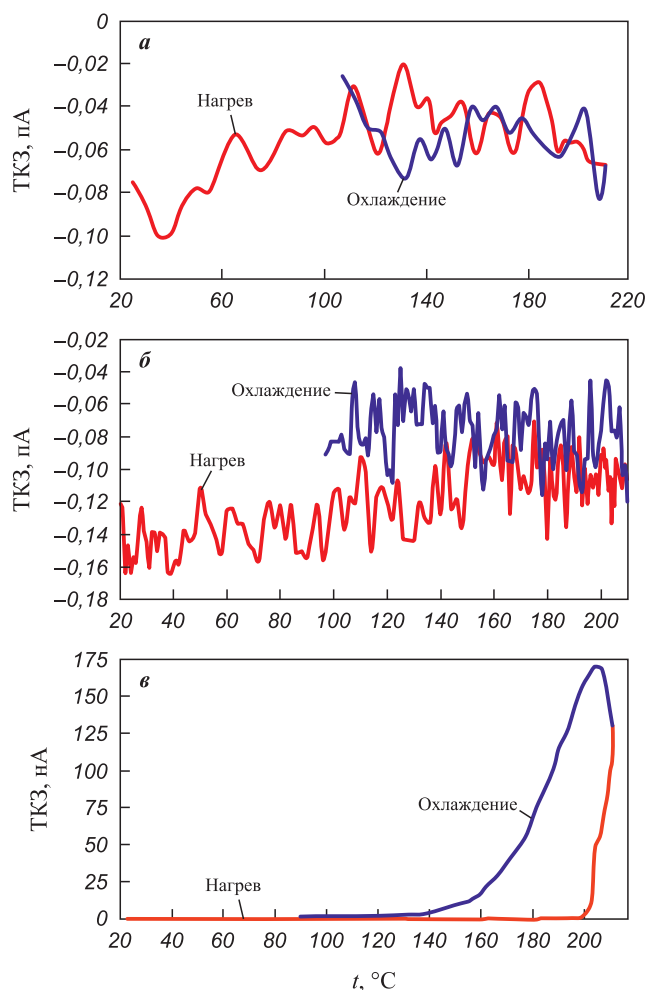


Рис. 5. Температурные зависимости тока короткого замыкания для образцов кристалла α -LiIO₃ с токопроводящими покрытиями Cr(-)/Al(+) (а), Al(-)/In(+) (б) и In(-)/In(+) (в)

Fig. 5. Temperature dependences of short-circuit currents in α -LiIO₃ crystal samples with the following conductive-coating configurations: Cr(-)/Al(+) (а), Al(-)/In(+) (б), and In(-)/In(+) (в)

TKЗ сохраняются в пределах от -0,07 до -0,06 пА (рис. 4, а). При использовании покрытий Al(-)/In(+) при комнатной температуре величина TKЗ составила -0,12 пА, а при нагреве до 210 °С снизилась до -0,10 пА (рис. 4, б). В обоих случаях токи с нагревом не меняют направление протекания. В случае симметричных индиевых токопроводящих покрытий значения токов меняются на порядки: от $-6 \cdot 10^{-12}$ А при комнатной температуре до $+1,7 \cdot 10^{-7}$ А при 200 °С. Также меняется направление их протекания.

Таким образом, показано, что при использовании определённой комбинации материалов токопроводящих покрытий можно добиться снижения значений TKЗ при нагреве образца. Для кристаллов иодата лития наименьшие TKЗ наблюдаются в случае композиции Al(-)/In(+) и Cr(-)/Al(+).

Закключение

С использованием системы СКИП исследованы характеристики токов короткого замыкания, возникающих в результате электрохимических реакций на границе кристалл–электрод. Получены данные по ТКЗ на кристаллах α -LiIO₃ с токопроводящими покрытиями в следующих комбинациях: In(-)/Cr(+); Cr(-)/In(+); In(-)/Al(+); Al(-)/In(+); Cr(-)/Al(+); Al(-)/Cr(+). В ходе анализа температурных зависимостей ТКЗ установлено, что выбор материалов токопроводящих покрытий и полярности стороны их нанесения влияет на направление и величину протекания токов короткого замыкания в образцах при нагреве.

Установлено, что наиболее удачными для компенсации электрохимических реакций на кристалле α -LiIO₃ являются электроды по схемам Al(-)/In(+) и Cr(-)/Al(+).

В дальнейшем планируется отработка методики на других полярных кристаллах.

Список литературы / References

1. Авдиенко К.И., Архипов С.М., Богданов С.В. Иодат лития: Выращивание кристаллов, их свойства и применение. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1980. 144 с.
2. Портнов О.Г. Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков. Выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики. М.: НИТУ МИСИС, 2015. 142 с.
3. Zachariasen W.H., Barta F.A. Crystal structure of lithium iodate. *Physical Review*. 1931;37(12):1626–1630.
4. De Boer J.L., van Bolhuis F., Olthof-Hazekamp R., Vos A. Reinvestigation of the crystal structure of lithium iodate. *Acta Crystallographica*. 1966;21:841–843.
5. Matsumura S. Polymorphism of lithium iodate. *Materials Research Bulletin*. 1971;6:469.
6. Danghyan A., Sukiasyan R., Apreyan R., Bezhanova L., Gharibyan N., Atanesyan A. α -LiIO₃ single crystals grown from aqueous solutions containing L-alanine and glycine. *Radiation Physics and Chemistry*. 2026;243:113685.
7. Петраков В.С., Базалевская С.С., Чичков М.В., Киселев Д.А. О некоторых особенностях свойств и микроструктуры кристаллов иодата лития. *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2025;28(4).
<https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202511.661>
8. Danghyan A.A., Sukiasyan R.P., Apreyan R.A., Atanesyan A.K. Growth and improved properties of single crystal α -LiIO₃ doped with amino acids. *Journal of Crystal Growth*. 2024;627:127534.

9. Yao G., An X., Chen Y., Fu Y., Jiang Zh., Liu Y. First-principles study of the structural, electronic and optical properties of tetragonal LiIO_3 . *Computational Materials Science*. 2014;84:350–354.
<https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2013.12.025>
10. Hermet P. First-principles based analysis of the piezoelectric response in $\alpha\text{-LiIO}_3$. *Computational Materials Science*. 2017;138:199–203.
<https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2017.06.033>
11. Van Troeye B., Gillet Y., Poncé S., Gonze X. First-principles characterization of the electronic and optical properties of hexagonal LiIO_3 . *Optical Materials*. 2014;36(9):1494–1501. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2014.04.009>
12. Блистанов А.А., Бондаренко В.С., Переломова Н.В., Стрижевская Ф.Н., Чкалова В.В., Шаскольская М.П. Акустические кристаллы: Справочник. Под ред. М.П. Шаскольской. М.: Наука, 1982. 632 с.
13. Nikogosyan D.N. Nonlinear optical crystals: A complete survey. New York: Springer Science & Business Media, 2006. 428 p.
14. Блистанов А.А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.: МИСИС, 2000. 431 с.
15. Козлова Н.С., Забелина Е.В., Касимова В.М. Особенности испытаний и контроля оптических качеств диэлектрических монокристаллов. *Эталонные стандартные образцы*. 2025;21(1):72–85.
<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-1-72-85>
Kozlova N.S., Zabelina E.V., Kasimova V.M. Features of testing and control of optical qualities of dielectric single crystals. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2025;21(1):72–85.
<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-1-72-85>
16. Шпортенко А.С., Кубасов И.В., Кислюк А.М., Турутин А.В., Малинкович М.Д., Пархоменко Ю.Н. Влияние контактных явлений на измерение электропроводности восстановленного ниобата лития. *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2021;24(3):199–210.
<https://doi.org/10.17073/1609-3577-2021-3-199-210>
Shportenko A.S., Kubasov I.V., Kislyuk A.M., Turutin A.V., Malinkovich M.D., Parkhomenko Yu.N. Influence of contact phenomena on the measurement of electrical conductivity of reduced lithium niobate. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Materialy elektronnoi tekhniki*. 2021;24(3):199–210. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17073/1609-3577-2021-3-199-210>
17. Ахмадуллин И.Ш., Голенищев-Кутузов В.А., Мигачев С.А., Миронов С.П. Низкотемпературная электропроводность кристаллов ниобата лития конгруэнтного состава. *Физика твердого тела*. 1998;40(7):1307–1309. Akhmadullin I.Sh., Golenishchev-Kutuzov V.A., Migachev S.A., Mironov S.P. Low-temperature electrical conductivity of lithium niobate crystals of congruent composition. *Fizika tverdogo tela*. 1998;40(7):1307–1309. (In Russ.).
18. Yatsenko A.V., Pritulenko A.S., Yevdokimov S.V., Sugak D.Y., Syvorotka I.I., Suhak Y.D., Solskii I.M., Vakiv M.M. The influence of annealing in saturated water vapor on LiNbO_3 crystals optical and electrical properties. *Solid State Phenomena*. 2015;230:233–237.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.230.233>
19. Yatsenko A.V., Yevdokimov S.V., Pritulenko A.S., Sugak D.Y., Solskii I.M. Electrical properties of LiNbO_3 crystals reduced in a hydrogen atmosphere. *Physics of the Solid State*. 2012;54(11):2231–2235.
<https://doi.org/10.1134/S1063783412110339>
20. Esin A.A., Akhmatkhanov A.R., Shur V.Y. The electronic conductivity in single crystals of lithium niobate and lithium tantalate family. *Ferroelectrics*. 2016;496(1):102–109.
<https://doi.org/10.1080/00150193.2016.1157438>
21. Козлова Н.С., Блистанов А.А., Гераськин В.В. Явление электрохимического разложения полярных диэлектрических кристаллов (Диплом № 216). В сб.: *Научные открытия (Сборник кратких описаний научных открытий)*. 2002. Вып. 2.
22. Блистанов А.А., Козлова Н.С., Гераськин В.В. Влияние поверхностных состояний на особенности фазовых превращений и формирование структурных дефектов в кристаллах иодата лития. *Известия вузов. Цветная металлургия*. 1996;(4):66–71.
Blistanov A.A., Kozlova N.S., Geraskin V.V. Influence of surface states on features of phase transformations and formation of structural defects in lithium iodate crystals. *Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy*. 1996;(4):66–71. (In Russ.).
23. Бузанов О.А., Забелина Е.В., Козлова Н.С., Сагалова Т.Б. Приэлектродные процессы в кристаллах лантан-галлиевого танталата. *Кристаллография*. 2008;53(5):903–907.
Buzanov O.A., Zabelina E.V., Kozlova N.S., Sagalova T.B. Near-electrode processes in crystals of lanthanum gallium tantalate. *Kristallografiya*. 2008;53(5):903–907. (In Russ.).
24. Умылин В.Е., Козлова Н.С., Забелина Е.В., Корчагин А.В., Петраков В.С. Зависимость токов короткого замыкания от температуры в кристаллах $\alpha\text{-LiIO}_3$. *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2025;28(1):25–33.
<https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202503.639>
Umylin V.E., Kozlova N.S., Zabelina E.V., Korchagin A.V., Petrakov V.S. Dependence of short-circuit currents on temperature in $\alpha\text{-LiIO}_3$ crystals. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Materialy elektronnoi tekhniki*. 2025;28(1):25–33. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202503.639>
25. Умылин В.Е., Козлова Н.С., Забелина Е.В., Корчагин А.В. Влияние токопроводящих покрытий и схем измерения на температурные зависимости токов в кристаллах $\alpha\text{-LiIO}_3$. *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2025;28(3):1–33.
<https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202508.653>
Umylin V.E., Kozlova N.S., Zabelina E.V., Korchagin A.V. Influence of conductive coatings and measurement circuits on temperature dependences of currents in $\alpha\text{-LiIO}_3$ crystals. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Materialy elektronnoi tekhniki*. 2025;28(3):1–33. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202508.653>
26. Гороховатский Ю.А., Бордовский Г.А. Термоактивационная токовая спектроскопия высокоомных полупроводников и диэлектриков. М.: Наука, 1991. 244 с.
27. Поплавко Ю.М. Физика диэлектриков. Киев: Вища школа, 1980. 399 с.

Информация об авторах

Александр Владимирович Корчагин — лаборант-исследователь лаборатории «Монокристаллы и заготовки на их основе», Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС)

 ORCID: 0009-0003-5466-3125

 E-mail: korchagin.av@edu.misis.ru

Нина Семеновна Козлова — вед. эксперт, к.ф.-м.н., ст. науч. сотрудник лаборатории «Монокристаллы и заготовки на их основе», НИТУ МИСИС

 ORCID: 0000-0003-4057-9718

 E-mail: kozlova_nina@mail.ru

Владислав Евгеньевич Умылин — инженер-исследователь лаборатории «Монокристаллы и заготовки на их основе», НИТУ МИСИС

 ORCID: 0009-0006-1447-3310

 E-mail: v.umylin@misis.ru

Евгения Викторовна Забелина — к.ф.-м.н., зав. лабораторией, «Монокристаллы и заготовки на их основе», НИТУ МИСИС

 ORCID: 0000-0002-5844-5673

 E-mail: zabelina.ev@misis.ru

Вклад авторов

А. В. Корчагин — программное обеспечение, сбор данных, создание установки для измерений, подготовка и написание черновика, подготовка графиков и иллюстраций.

Н. С. Козлова — концепция и дизайн исследования, разработка методологии, анализ результатов, редактирование текста.

В. Е. Умылин — программное обеспечение, подготовка образцов, создание установки для измерений, сбор данных.

Е. В. Забелина — общее руководство работой, анализ результатов, редактирование текста.

Information about the Authors

Alexander V. Korchagin — Research Laboratory Assistant, Laboratory of Semiconductor Materials and Dielectrics “Monocrystals and Blanks Based on Them”, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS)

 ORCID: 0009-0003-5466-3125

 E-mail: korchagin.av@edu.misis.ru

Nina S. Kozlova — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Expert and Senior Researcher, Laboratory of Semiconductor Materials and Dielectrics “Monocrystals and Blanks Based on Them”, NUST MISIS

 ORCID: 0000-0003-4057-9718

 E-mail: kozlova_nina@mail.ru

Vladislav E. Umylin — Research Engineer, Laboratory of Semiconductor Materials and Dielectrics “Monocrystals and Blanks Based on Them”, NUST MISIS

 ORCID: 0009-0006-1447-3310

 E-mail: v.umylin@misis.ru

Evgeniya V. Zabelina — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Head, Laboratory of Semiconductor Materials and Dielectrics “Monocrystals and Blanks Based on Them”, NUST MISIS

 ORCID: 0000-0002-5844-5673

 E-mail: zabelina.ev@misis.ru

Contribution of the Authors

A. V. Korchagin — developed the software, collected the data, constructed the experimental setup, wrote the original draft, and prepared the graphs and illustrations.

N. S. Kozlova — conceived and designed the study, developed the methodology, analyzed the results, and edited the manuscript.

V. E. Umylin — developed the software, prepared the samples, constructed the experimental setup, and collected the data.

E. V. Zabelina — supervised the study, analyzed the results, and edited the manuscript.

Статья поступила 08.07.2026 г.
Доработана 14.07.2026 г.
Принята к публикации 16.07.2026 г.

Received 08.07.2026
Revised 14.07.2026
Accepted 16.07.2026