

СТИМУЛИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ И ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

*Л. К. Бунина, Е. П. Гуенок, А. Ю. Кудзин,
Г. Х. Соколянский, А. С. Юдин*

Электропроводность кристаллов LiNbO_3 исследована в ряде работ [1–4]. Однако данные о величине электропроводности и подвижности носителей заряда, приводимые в этих работах, неоднозначны. По результатам [1] подвижность электронов составляет $5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при 500 К и в диапазоне температур 325—560 К экспоненциально растет с увеличением температуры с энергией активации 0.42 эВ. Оценка подвижности при комнатной температуре дает значение $5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. По данным [2] значение подвижности при 300 К $10^{-8} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, а по данным [3] — $(1.4 \div 8.8) \times 10^{-13} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ и в диапазоне 300—500 К подвижность растет по экспоненциальному закону с энергией активации 0.63—0.7 эВ. В [4] приводятся данные о проводимости при 530 К, которая имеет величину порядка $10^{-13} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ и значительно меняется с введением примесей. В [2] при 300 К $\sigma \sim 10^{-19} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Различные модели, используемые авторами для объяснения механизма переноса заряда.

Нами проведены исследования электропроводности кристаллов LiNbO_3 в интервале температур 300—650 К в постоянных электрических полях до 15 кВ/см. На образцах в виде плоскопараллельных пластин толщиной $d = 10^{-1} \div 10^{-2} \text{ мм}$ исследовались вольт-амперные характеристики (ВАХ) и температурные зависимости темновой проводимости σ_T . Измерения проведены с помощью электрометрического вольтметра ВК2-16. Перед измерениями образцы прогревались при закороченных электродах до $T = 700 \text{ К}$.

В области низких температур величина σ_T и характер ее температурного хода зависят от методики измерений. При плавном нагреве в постоянном поле 15 кВ/см на зависимость $\sigma_T(T)$ имеется явно выраженный максимум (пик термостимулированного тока [5]) в районе 320 К (рис. 1, кривая I), после которого при $T > 500 \text{ К}$ температурная зависимость выходит на экспоненциальный рост с энергией активации $\Delta E = 1.4 \text{ эВ}$. В то же время величина проводимости, полученная из омических участков ВАХ, измеренных при стабилизированных значениях температуры в интервале 400—500 К, представляет собой экспоненту с $\Delta E = 0.7 \text{ эВ}$ (рис. 1, кривая I'). Это позволяет оценить проводимость кристаллов LiNbO_3 при комнатной температуре $\sigma_T \sim 10^{-19} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, что согласуется с результатами [2].

В процессе выдержки образца в поле 15 кВ/см при температуре 500—600 К величина проводимости непрерывно возрастает до значения $\sim 10^{-10} \div 10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Обратный ход $\sigma(T)$ приведен на рис. 1 (кривая 2). При всех температурах наблюдается экспоненциальная зависимость σ_T с $\Delta E = 0.63 \text{ эВ}$. При этом величина σ_T при комнатной температуре на 5—6 порядков выше, чем в исходном состоянии, и сохраняется повышен-

ной в течение длительного времени. Вернуть образец в состояние с исходной низкой проводимостью можно путем прогрева до $T \sim 700$ К.

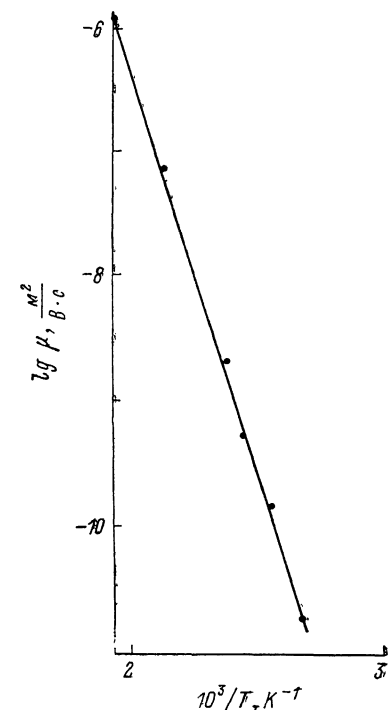
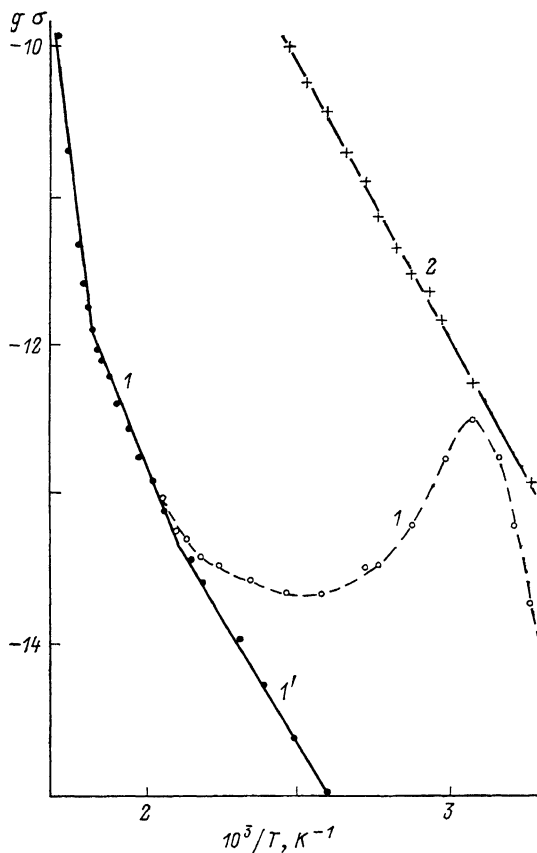


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности кристалла LiNbO_3 при $E=15$ кВ/см.

1 — прямой ход; 1' — значения σ_T , полученные из ВАХ при $T=\text{const}$; 2 — обратный ход.

Рис. 2. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в кристалле LiNbO_3 .

Полученные результаты свидетельствуют о наличии в кристаллах ниобата лития стимулированной проводимости, наблюдавшейся ранее в ряде других широкозонных материалов [6, 7], а также в LiNO_3 [3].

Параметры гауссовских составляющих

$h\nu$, эВ	$A \cdot 10^{-2}$, см $^{-1}$	$(h\nu)_{1/2}$, эВ
0.7	1.96	0.348
0.98	1.67	0.31
1.27	1.67	0.3
1.89	3.5	0.325
2.4	2.86	0.52
2.63	1.1	0.255
3.08	9.5	0.74
3.5	1.34	0.215

На ВАХ имеются все участки, характерные для токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ) [8]. Величина напряженности поля, при которой начинается квадратичный участок ВАХ, экспоненциально уменьшается с ростом температуры. При температуре ~ 500 К, соответствующей участку резкого нарастания проводимости, при полях > 3 кВ/см не удается достичь стационарного значения тока через образец. Сила тока возрастает со временем по закону $I \sim t^n$ ($n < 1$). В связи с этим

при измерениях ВАХ в области высоких температур значения тока фиксировались через одинаковые промежутки времени. Из квадратичных участков ВАХ рассчитаны значения подвижности носителей заряда. Подвижность зависит от температуры по экспоненциальному закону с энер-

гней активации $\Delta E = 1.26$ эВ и изменяется от $2 \cdot 10^{-11}$ м²/В·с при 300 К до 10^{-5} м²/В·с при 570 К (рис. 2).

Полученные ВАХ, наклон которых является функцией напряжения и времени, свидетельствуют о наличии в запрещенной зоне LiNbO₃ квазинепрерывно распределенных по энергиям ловушек. Наиболее приемлемой для их описания является модель гауссовского распределения [9].

С помощью двухлучевого спектрофотометра Spesord M-40 по методу двух толщин получена спектральная зависимость коэффициента оптического поглощения $\alpha(h\nu)$ в интервале 0.5—4.1 эВ. Она имеет сложный характер и представляет собой суперпозицию перекрывающихся индивидуальных составляющих гауссовского типа. По методике [10] проведено разложение сложного контура на ряд гауссовских пиков. Определены параметры гауссовских составляющих: положение максимума $h\nu_0$, интенсивность в максимуме A , полуширина $(\Delta h\nu)_{1/2}$. Результаты разложения приведены в таблице.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Nagels P. // Hall Effect and its Application / Ed. C. L. Chien and C. R. Westlake. N. Y., Plenum Press, 1980. P. 253—280.
- [2] Рушников А. В. // Автореф. канд. дис. Л., 1976. 18 с.
- [3] Бунэ А. В., Пашков В. А. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 10. С. 3024—3027.
- [4] Кузьминов Ю. С. // Электрооптический и нелинейно-оптический кристалл ниобата лития. М.: Наука, 1987. 264 с.
- [5] Вертопрахов В. Н., Сальман Е. Г. // Термостимулированные токи в неорганических веществах. Новосибирск: Наука, 1979. 333 с.
- [6] Гуенок Е. П., Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х. // УФЖ. 1976. Т. 21. № 5. С. 866—867.
- [7] Avramenko V. P., Kudzin A. Yu., Reprntcheva S. P., Sadovskaya L. Ya., Sokolianskii G. X. // Ferroelectrics. 1988. V. 82. P. 173—178.
- [8] Ламперт М., Марк П. Инжекционные токи в твердых телах: Пер. с англ. М.: Мир, 1973. 416 с.
- [9] Силиныш Э. А. Электронные состояния органических молекулярных кристаллов. Рига: Зинатне, 1978. 344 с.
- [10] Глебовский Д. Н., Крашенинников А. А., Бедрина М. Б., Зеликман П. И. // ЖПС. 1981. Т. 35. № 3. С. 926—928.

Днепропетровский
государственный университет

Поступило в Редакцию
7 февраля 1991 г.

© Физика твердого тела, том 33, № 8, 1991
Solid State Physics, vol. 33, N 8, 1991

ФОТОУПРУГИЙ ЭФФЕКТ В КРИСТАЛЛАХ LiNbO₃ ПРИ КРУЧЕНИИ

Р. О. Влох, Ю. А. Пятак, И. П. Скаб

Как известно [1], фотоупругий эффект в кристаллах при воздействии однородных механических деформаций к настоящему времени довольно хорошо изучен. Однако исследования преломляющих свойств кристаллов при неоднородных деформациях с определенной конфигурацией, насколько нам известно, не проводились. Вместе с тем наиболее изученными типами неоднородной деформаций кристаллической среды являются кручение и изгиб [2]. Поэтому целью настоящей работы было изучение фотоупругого эффекта в кристаллах LiNbO₃ при кручении.

Из кристаллов ниобата лития (точечная группа симметрии $3m$) были изготовлены образцы цилиндрической формы, при этом ось цилиндра совпадала с оптической осью кристалла. Скручивающий момент прилагался к основаниям цилиндрических образцов, т. е. кристалл скручивался