

07;12
©1995

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ LiNbO_3 И $\text{LiNbO}_3 : \text{Cu}$

*А.А.Жолудев, В.Н.Трушин, Е.В.Чупрунов,
А.Ф.Хохлов, М.А.Фаддеев*

В настоящее время широко исследуются нелинейно-оптические свойства легированного ниобата лития, применяющегося в качестве фоточувствительного материала для записи оптической информации [1]. Влияние однородного температурного поля на оптические свойства кристаллов достаточно хорошо изучено [2]. Однако неоднородные температурные поля могут оказывать на свойства существенно иное влияние, поскольку при этом может меняться симметрия кристалла.

В настоящей работе приведены результаты исследования изменения оптических свойств кристаллов, индуцированных неоднородными температурными полями, а также влияние легирующей примеси на величину этих изменений.

Эллипсометрическим методом нами исследовано влияние температурных полей на относительное изменение двулучепреломления ($\Delta n' = \Delta n_0 - \Delta n$) и коэффициентов поглощения обыкновенного (α_0) и необыкновенного (α_e) лучей в нелегированных и легированных медью кристаллах ниобата лития, где Δn_0 и Δn равны двулучепреломлению кристалла ($n_e - n_0$) при температуре 22°C и текущей температуре измерения соответственно. Легирование кристаллов LiNbO_3 осуществлялось методом высокотемпературной диффузии. В качестве исходного материала нами использовался монокристалл LiNbO_3 размером $15 \times 10 \times 2 \text{ мм}^3$. В полученных образцах концентрация меди, определенная атомно-эмиссионным методом, составила 0.03 ат. % (образец L_{03}) и 0.12 ат. % (L_{12}).

Оптические измерения проводились по схеме поляризационно-оптического метода [3] на эллипсометре ЛЭФ-3-М-1 (длина волны 630 нм), а расчет $\Delta n'$ с учетом поглощения осуществлялся итерационным методом согласно [4]. Поляризатор и анализатор скрещены, а кристалл находится в диагональном положении между ними.

Кинетика изменения оптических параметров изучалась в процессе нагревания и последующего охлаждения одной

из поверхностей Y -среза кристаллов. Держатель образцов оснащен устройством стабилизации и контроля температуры двух торцов кристалла с точностью до 0.02%. Исследуемый кристалл прижимался к поверхности нагревателя одной плоскостью Y -среза, с остальных сторон образец был теплоизолирован. Контроль температуры в процессе измерений осуществлялся на торце кристалла, прижатом к нагревателю (T_2), и на противоположном ему торце (T_1).

Решение уравнения теплопроводности для используемого режима нагрева дает температурное поле внутри кристалла с практически постоянным градиентом, направленным вдоль оси Y . Однородность поля градиента температуры обусловлена большой величиной числа Фурье в условиях данного эксперимента.

На рис. 1, а представлены единые для всех исследуемых образцов зависимости температур противоположных торцов кристалла от времени эксперимента. На рис. 1, б показаны экспериментальные зависимости регистрируемой эллипсометром интенсивности света (I) от времени при нагреве и последующем охлаждении нелегированного (L_0) и легированного (L_{12}) образцов. В момент времени $t = 0$ включался нагреватель. Вертикальная штриховая линия показывает момент времени, в который отключался нагрев. Охлаждение происходило за счет естественной конвекции. Наблюдаемые колебания интенсивности света при изменении температурного поля в кристалле определяются изменением разности фаз между обыкновенной и необыкновенной волной вследствие изменения величины двулучепреломления Δn [5].

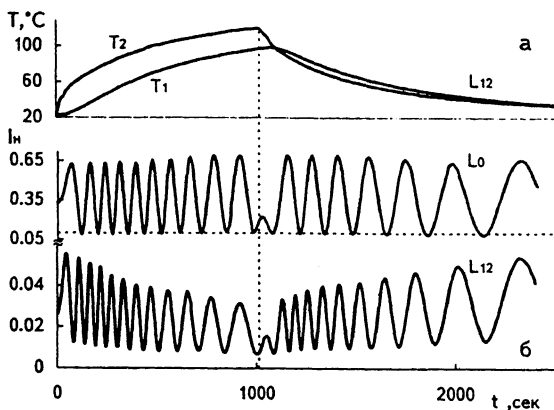


Рис. 1. Временные зависимости температур (T_1 , T_2) противоположных торцов Y -среза кристалла (а) и нормированная интенсивность света, прошедшего систему поляризатор-кристалл-анализатор (б), для LiNbO_3 (L_0) и $\text{LiNbO}_3 : \text{Cu}$ (L_{12}).

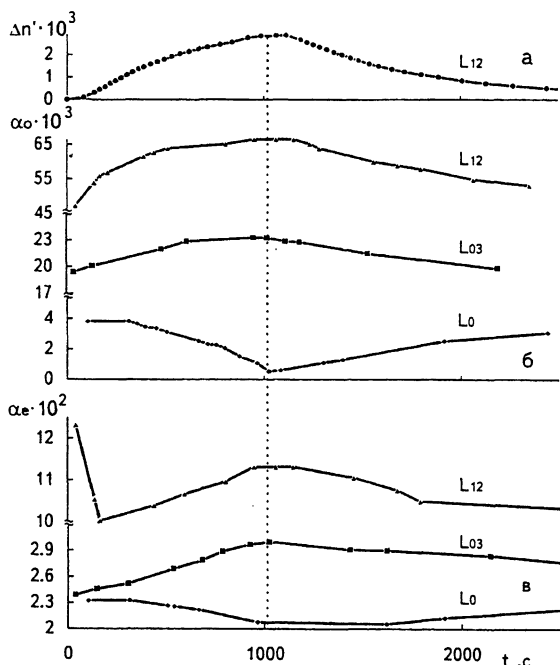


Рис. 2. Временные зависимости величины двулучепреломления $\Delta n'$ (а) и коэффициентов поглощения α_0 и α_e (б, в) для нелегированного и легированного кристаллов LiNbO_3 для длины волны 630 нм.

На основании экспериментальных данных нами были построены зависимости изменения параметров Δn , α_e , α_0 от времени эксперимента t (см. рис. 2). Максимальные изменения величины $\Delta n' = 3 \cdot 10^{-3}$, при общем нагреве образца до 120°C и максимальной разности температур на противоположных торцах $\Delta T = 35^\circ\text{C}$, были одинаковы для всех исследуемых кристаллов (рис. 2, а). При охлаждении образцов наблюдается обратимая релаксация величины Δn вплоть до исходного значения. Обращают на себя внимание изменения амплитуды колебаний интенсивности света (рис. 1, б) при неоднородном нагреве кристалла. Мы связываем это с термоиндуцированными изменениями коэффициентов поглощения в LiNbO_3 .

Поведение коэффициентов поглощения исследуемых кристаллов при воздействии на образец неоднородных температурных полей зависит от концентрации меди в кристалле (рис. 2, б и в). В нелегированных кристаллах при нагреве наблюдается уменьшение коэффициентов поглощения и их

релаксация до исходных значений при последующем охлаждении. Примесь меди (0.03 ат.%) приводит к росту коэффициентов поглощения при нагреве с последующей релаксацией при охлаждении. При концентрации меди 0.12 ат.% в начале нагрева наблюдается уменьшение коэффициента α_e примерно на 10% с последующим его увеличением.

Интерпретировать полученные результаты можно исходя из предположения об изменении симметрии кристалла под воздействием неоднородного поля температур. В данном случае кристалл ниобата лития становится оптическим двуосным, причем положения оптических осей и плоскостей поляризации волн в кристалле зависят от величины градиента температуры, что приводит к изменению показателей преломления и коэффициентов поглощения.

Список литературы

- [1] *Ed. Gunter P., Huignard J.P.* // Photorefractive materials and their applications. I Fundamental Phenomena. Berlin etc. Springer, 1988. XVI. P. 295.
- [2] *Блистанов А.А., Бондаренко В.С., Чкалова В.В.* Акустические кристаллы: Справочник М.: Наука. 1982. 632 с.
- [3] *Аззам Р., Башара Н.* // Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир. 1981. 583 с.
- [4] *Константинова А.Ф., Окорочков А.И., Уюкин Е.М.* // Кристаллография. 1982. Т. 27. № 5. С. 1002-1004.
- [5] *Кузьминов Ю.С.* // Электрооптический и нелинейно-оптический кристалл ниобата лития. М.: Наука. 1987. 189 с.

Нижегородский
государственный институт
им. Н.И. Лобачевского

Поступило в Редакцию
9 октября 1994 г.
В окончательной редакции
16 февраля 1995 г.