

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУЦИРОВАННОГО ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ В НЕОДНОРОДНОМ ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

© 2010 г. П. С. Лопатина; В. В. Криштоп, канд. физ.-мат. наук

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск

E-mail: p\_lopatina@mail.ru

Статья содержит результаты исследования индуцированного двулучепреломления в кристалле ниобата лития при внесении его в неоднородное электрическое поле. Представлены поверхности распределения индуцированного двулучепреломления по всему сечению кристалла.

*Ключевые слова:* ниобат лития, показатель преломления, двулучепреломление, электрическое поле, коноскопические картины, электрооптический эффект.

Коды OCIS: 190.0190, 190.4400.

Поступила в редакцию 12.10.2009.

В некоторых типах кристаллов присутствие внешнего электрического поля вызывает изменение эллипсоида показателя преломления, а следовательно, и характер распространения электромагнитной волны в среде. Если изменение показателя преломления пропорционально полю, то это соответствует линейному электрооптическому эффекту. На основе этого эффекта создаются удобные и широко распространенные способы модуляции интенсивности или фазы распространяющегося излучения.

При воздействии электрического поля на кристалл важную роль играют размеры и форма электродов, так как от них зависит распределение напряженности электрического поля и индуцированного двулучепреломления внутри кристалла.

Для анализа индуцированного двулучепреломления использовали методику исследования кристаллов в расходящемся поляризованном свете [1–3].

На кристалл падает расходящийся пучок поляризованных лучей, каждый из которых разделяется в нем на два луча с взаимно перпендикулярными плоскостями колебаний. После анализатора свет попадает на экран.

В результате интерференции пучков света, проходящих через кристалл под различными углами, возникают характерные интерференционные картины, называемые коноскопиче-

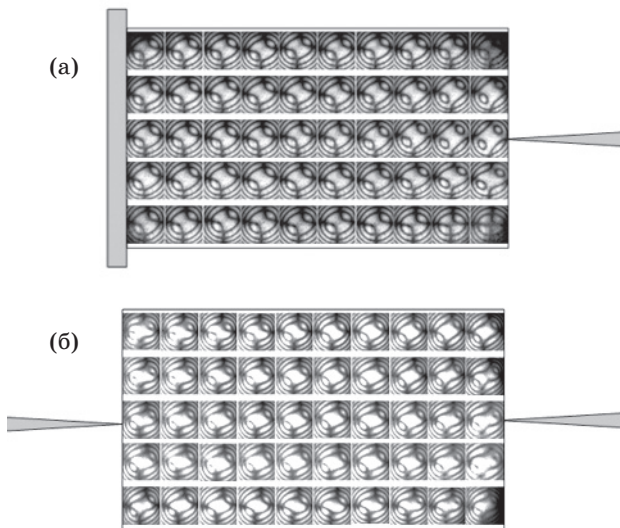
скими. Коноскопические картины для кристалла  $\text{LiNbO}_3$  (размеры кристалла вдоль кристаллофизических осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  соответственно 13,3×12,7×9,4 мм) представляют собой набор изохром (чередующиеся темные и светлые кольца) и изогир (темный крест).

Если поместить кристалл во внешнее электрическое поле, коноскопическая картина меняется с ростом напряженности поля [4, 5], при этом вид коноскопической картины соответствует картине двуосного кристалла, угол между оптическими осями которого  $\xi$  и  $\eta$  зависит от величины электрического поля.

При помещении кристалла в неоднородное электрическое поле индуцированное двулучепреломление в каждой точке кристалла будет различным. В ходе экспериментальных исследований кристалл помещался между плоским и точечным электродами и между двумя точечными электродами. Электрическое поле, равное 8 кВ, направлено вдоль оси  $X$ , перпендикулярной оптической оси кристалла  $Z$ .

В результате были получены коноскопические картины, характеризующие распределение индуцированного двулучепреломления по всему сечению кристалла при разной конфигурации электродов (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что поле в кристалле распределено неравномерно. Вблизи точечного электрода центральные части коноскопических картин



**Рис. 1.** Распределение коноскопических картин по всему сечению кристалла. а – между плоским и точечным электродами, б – между двумя точечными электродами.

превращаются в овалы, длина большой оси которых изменяется при изменении напряжения, но остается неизменной по направлению.

По полученным коноскопическим картинам можно определить углы  $2\theta$  между индуцированными оптическими осями  $\xi$  и  $\eta$  в каждой точке кристалла [6, 7]. По данному углу можно определить величину индуцированного двулучепреломления:

$$\sin\theta = \sqrt{\Delta/\Delta_0}, \quad (1)$$

$$\theta = \arcsin\sqrt{E_{эл}^3 n_o^3 r_{22} / (n_o - n_e)},$$

где  $\Delta = n_1 - n_2$  – индуцированное двулучепреломление,  $\Delta_0 = n_e - n_o$  – собственное двулучепреломление,  $r_{22} = 3,4 \times 10^{-12}$  м/В – электрооптический коэффициент.

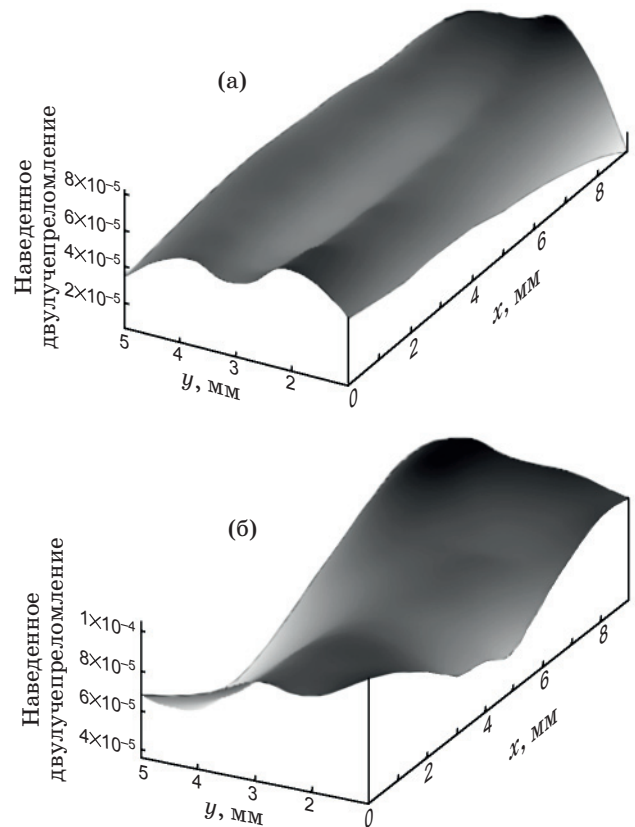
По величине индуцированного двулучепреломления  $\Delta$  можно определить значение напряженности электрического поля  $E_{эл}$  в данной области кристалла из зависимости

$$\Delta = n_o^3 r_{22} E_{эл}, \quad (2)$$

$$E_{эл} = \Delta / n_o^3 r_{22}. \quad (3)$$

По рассчитанным из коноскопических картин значениям были построены поверхности распределения индуцированного двулучепреломления по всему сечению кристалла (рис. 2).

Из полученных поверхностей видно, что индуцированное двулучепреломление распреде-



**Рис. 2.** Поверхности распределения индуцированного двулучепреломления в кристалле. а – между плоским и точечным электродами, б – между двумя точечными электродами.

лено неравномерно. В первом случае распределение идет в форме “седла” и двулучепреломление максимально вблизи точечного электрода. Во втором случае индуцированное двулучепреломление распределено практически равномерно вблизи электродов и уменьшается к центру кристалла и вблизи оси X.

Таким образом, зная, как ведет себя поле в кристалле, можно эффективно управлять индуцированным двулучепреломлением за счет подбора конфигурации и формы электродов. Метод наблюдения коноскопических картин позволяет сделать вывод о распределении напряженности электрического поля внутри кристалла. В частности, можно сделать вывод, что вблизи точечного электрода модуляция света происходит более эффективно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Меланхолин Н.М. Методы исследования оптических кристаллов. М.: Наука, 1970. 255 с.

2. *Пикуль О.Ю., Алексеева Л.В., Повх И.В., Строганов В.И., Рудой К.А., Толстов Е.В., Криштон В.В.* Особенности оптической системы для наблюдения коноскопических фигур больших размеров // Изв. вузов. Приборостроение. 2004. Т. 47. № 12. С. 53–55.
  3. *Криштон В.В., Ефременко В.Г., Литвинова М.Н., Строганов В.И., Максименко В.А., Сюй А.В.* Экспресс-анализ диффузных оптических изображений // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. Т. 49. № 8. С. 21–23.
  4. *Лопатина П.С.* Распределение электрического поля в кристалле ниобата лития // Бюллетень научных сообщений / Под ред. В.И. Строганова. Хабаровск: ДВГУПС. 2007. № 12. С. 48–51.
  5. *Криштон В.В., Строганов В.И.* Измерение угла между оптическими осями кристалла ниобата лития, помещенного во внешнее электрическое поле // Бюллетень научных сообщений / Под ред. В.И. Строганова. Хабаровск: ДВГУПС. 1998. № 3. С. 87–89.
  6. *Инденбом В.Л., Томиловский Г.Е.* Измерение внутренних напряжений в кристаллах синтетического корунда // Кристаллография. 1958. Т. 3. В. 5. С. 593–599.
  7. *Криштон В.В., Литвинова М.Н., Сюй А.В., Ефременко В.Г., Строганов В.И., Денисов А.В., Грунский О.С.* Определение оптической неоднородности кристаллов по последовательности коноскопических фигур // Оптический журнал. 2006. Т. 73. № 12. С. 84–85.
-