

ГРАДИЕНТНАЯ ЗАПИСЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

© 2007 г. А. В. Сюй*, канд. физ.-мат. наук; В. И. Строганов*, доктор физ.-мат. наук; В. В. Лихтин**

* Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск

** Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,
г. Комсомольск-на-Амуре
E-mail: alsyuy271@mail.ru

Приведены экспериментальные результаты по оптической записи в кристаллах ниобата лития с различными примесями и концентрациями. Запись изображения световой полосы происходит преимущественно при ее ориентации перпендикулярно полярной оси кристалла. Предполагается, что запись изображения происходит за счет градиента освещенности, направленного вдоль полярной оси кристалла.

Коды OCIS: 210.0210.

Поступила в редакцию 12.10.2006.

Запись оптической информации в фоторефрактивных (ФР) кристаллах всегда привлекала и привлекает большое внимание. Это обусловлено тем, что такая запись имеет не только большие перспективы практического применения [1], но и позволяет получить обширную информацию о физических процессах, приводящих к формированию фотоиндуцированной анизотропии [2]. ФР кристаллы считаются перспективными средами для записи, хранения и передачи оптической (голографической) информации с использованием когерентного излучения [3]. Запись голографической решетки происходит за счет разделения заряда, которое инициируется электрическим полем световой волны, при этом волновой вектор голографической решетки ориентируется вдоль направления полярной оси кристалла [4].

Эффект фоторефракции в кристаллах ниобата лития интенсивно исследуется на протяжении последних 30–40 лет. Изучался электрооптический эффект от когерентного излучения (световое пятно имело форму полосы), при этом было показано, что изменение показателя преломления достигало максимальной величины при ориентации световой полосы перпендикулярно полярной оси кристалла $\text{LiNbO}_3\text{:Fe}$ и минимального значения при ориентации световой полосы параллельно полярной оси кристалла (на 2 порядка меньше) [5].

Запись информации в кристаллах ниобата лития производится несколькими способами: путем изменения потенциального рельефа на поверхности кристалла z -среза, для этого на z -срез наносится электропроводящая сетка и проводится отжиг при температуре 150 °С, изображение оптической записи наблюдается в поляризованном свете [6]; за счет продольного квадратичного электрооптического эффекта, когда внешнее электрическое поле, формирующее информативный объемный фотозаряд,

прикладывается непосредственно к светочувствительным поверхностям кристаллической пластины с помощью прозрачных электродов [7]. Но вопрос об оптической записи изображений в некогерентном широкополосном излучении до сих пор не рассматривался. В данной работе сделана попытка произвести оптическую запись таким излучением в кристаллах ниобата лития.

В качестве источника света используется лампа накаливания ПЖ-1000. Объектами исследования являются кристаллы ниобата лития в виде кристаллических пластинок с толщинами в интервале 0,67–2,1 мм. Полярная ось кристалла расположена в плоскости пластинки (площадь пластинки 1–1,8 см²). Свет от лампы фокусируется с помощью системы линз в пятно диаметром 12–15 мм с однородной освещенностью на передней грани образца. Исследуемые образцы облучаются в течение 10 мин. Непосредственно перед кристаллической пластинкой располагается маска, которая вырезает световую полосу размерами 1 × 7 мм². Световая полоска ориентируется по отношению к полярной оси кристалла под углами $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ (0° соответствует случаю, когда световая полоска параллельна полярной оси кристалла). Визуализация записанного изображения проводится на просвет методом фазового контраста [8] и фотографируется.

В кристаллах ниобата лития с примесью железа получается самая контрастная запись изображения световой полосы. От концентрации железа зависит время записи и ее хранение (до 14 суток в темноте). В нелегированных кристаллах запись не получается. В кристаллах, легированных ионами Ru (0,3 вес.%), Cu (0,05 вес.%) и двойными примесями: Fe (0,3 вес.%) с Cu (0,01 вес.%), Fe (0,3 вес.%) с Rh (0,01 вес.%) запись малоконтрастная, но при повторных облучениях контрастность изображения значительно улучшается и наблюдается на просвет.

Только у кристаллов с примесью Fe получается хорошая запись после однократного облучения. В кристаллах ниобата лития с примесью Rh (0,05 вес.%) реализуется запись с долговременной памятью (более 60 суток). Изображение стирается только термическим отжигом при температуре 150 °С в течение 30 мин. Закорачивание кристалла на 5 суток и погружение его в спирт на 5 суток не снижают качества записи изображения.

Наилучшая запись световой полоски получается при угле $\alpha = 90^\circ$, чуть хуже при 45° (рис. 1). При форме световой полоски в виде буквы Г записывается только элемент буквы, перпендикулярный полярной оси кристалла (в нашем случае горизонталь-

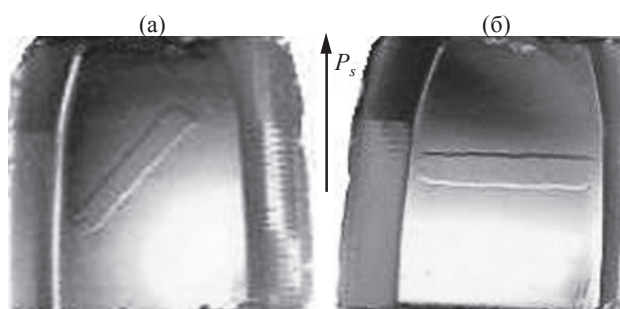


Рис. 1. Запись световой полоски в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ (0,3 вес.%): $\alpha = 45^\circ$ (а), 90° (б), P_s – полярная ось кристалла.

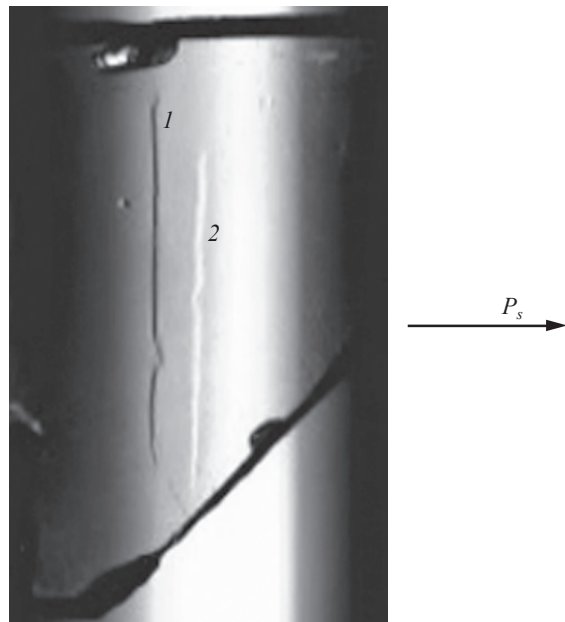


Рис. 2. Запись световой полоски в виде буквы Г в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ (0,05 вес.%). P_s – полярная ось кристалла, 1 – внешняя линия буквы, 2 – внутренняя линия буквы.

ная линия буквы параллельна полярной оси кристалла), причем внешняя вертикальная линия буквы записывается полностью до внешней горизонтальной линии, а внутренняя вертикальная линия – до внутренней горизонтальной линии (рис. 2).

Если освещать поверхность кристаллической пластинки, разделенную на две половинки черной полоской шириной 1 мм и ориентированной перпендикулярно его полярной оси, то визуально наблюдаются только тонкие линии, соответствующие границе освещенной области и зачерненной, расстояние между этими линиями равно ширине черной полоски. В случае ориентации черной полоски параллельно полярной оси кристалла запись не реализуется.

На основании вышеприведенных экспериментальных результатов можно сделать вывод, что изображение световой полоски записывается в ФР кристалле наилучшим образом только тогда, когда присутствует градиент освещенности, ориентированный параллельно полярной оси кристалла (ось z), так как в этом направлении токи фотогальванической природы имеют значение на 1–2 порядка больше, чем вдоль осей x и y [9], а также и изменение показателя преломления максимально при ориентации световой полоски перпендикулярно полярной оси кристалла [5].

Наилучший контраст изображения при наблюдении на просвет имеет место, когда изображение световой полоски в кристалле наблюдается на фоне экрана с неоднородным освещением (вблизи границы свет–тень или тень–полутень).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов Ю.С. Электрооптический и нелинейно-оптический кристалл ниобата лития. М.: Наука, 1987. 264 с.
2. Бережной А.А. Индуцированная оптическая анизотропия в фоторефрактивных кристаллах // Оптический журнал. 1995. № 1. С. 6–23.
3. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоточувствительные электрооптические среды в голографии и оптической обработке информации. Л.: Наука, 1983. 270 с.
4. Баркан И.Б., Воробьев А.В., Маренников С.И. Нестационарная оптическая память в кристалле ниобата лития // Квант. электрон. 1979. Т. 6. № 4. С. 833–836.
5. Волк Т.Р., Гинзберг А.В., Ковалевич В.И., Шувалов Л.А. Электрические поля при фоторефракции в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1977. Т. 41. № 4. С. 783–787.
6. Педько Б.Б., Лебедев Э.В., Кислова И.Л., Волк Т.Р. Новые эффекты долговременной памяти в кристаллах LiNbO_3 // Физика твердого тела. 1998. Т. 40. № 2. С. 337–339.

7. *Бережной А.А.* Особенности воспроизведения электрооптическими методами электронных изображений, сформированных на поверхности пластин кристаллов ниобата лития // *Опт. и спектр.* 1994. Т. 77. № 4. С. 682–688.
 8. *Ландсберг Г.С.* Оптика. М.: Физматлит, 2003. 848 с.
 9. *Стурман Б.И., Фридкин В.М.* Фотогальванический эффект в средах без центра симметрии и родственные явления. М.: Наука, 1992. 208 с.
-