

Аномально-некритичное по температуре двулучепреломление в двухосном оптическом кристалле LBO

С.Г.Гречин*, В.Г.Дмитриев**, В.А.Дьяков***, В.И.Прялкин***

Впервые экспериментально подтверждено существование некритичного по температуре двулучепреломления в кристалле LBO. Показана значительная роль однородных температурных деформаций. В кристалле длиной 5.4 мм на длине волны основного излучения 632.8 нм экспериментально получена ширина температурной кривой более 60 °С.

Ключевые слова: оптические кристаллы, двулучепреломление, температурная зависимость.

В работе [1] нами сообщалось о возможности реализации некритичного по температуре двулучепреломления в двухосных кристаллах. Экспериментально в кристалле КТР была получена ширина температурной кривой более 160 °С. Там же было показано, что этот эффект может иметь место в кристалле трибората лития LBO. В большинстве кристаллов термостабильность разности фаз для распространяющихся волн в основном определяется температурными производными показателей преломления. Отличительной особенностью кристалла LBO являются большие коэффициенты тензора линейного расширения. Это приводит к тому, что помимо рассмотренного для кристалла КТР в [1] температурного изменения показателей преломления в кристалле LBO при однородном нагреве возникают деформационные изменения [2], выражающиеся в повороте его граней и приводящие к повороту кристаллооптической системы координат относительно направления распространения излучения. Угол поворота зависит от угла среза кристалла и может достигать 1°. Это существенно изменяет влияние тепловых процессов по сравнению со случаем кристалла КТР, характеризующегося значительно меньшим линейным расширением.

Конус направлений некритичных по температуре взаимодействий в кристалле LBO имеет в качестве биссектрисы ось x , т. е. линию пересечения плоскостей xy и xz . В плоскости xy выполняется следующее соотношение между температурными производными для главных значений показателей преломления:

$$\frac{\partial n_x}{\partial T} > \frac{\partial n_z}{\partial T} > \frac{\partial n_y}{\partial T}.$$

*НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н.Э.Баумана, Россия, 107005 Москва, 2-я Бауманская ул., 5; эл. почта: gena@mx.bmstu.ru

**Федеральное государственное унитарное предприятие «НИИ "Полнос"», Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3; эл. почта: vgdmitr@orc.ru

***Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет, Россия, 119899 Москва, Воробьевы горы; эл. почта: dva@crystal.ilc.msu.ru; vip@crystal.ilc.msu.ru

В плоскости xy выражение для разности фаз при креплении кристалла боковой гранью имеет вид

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda_0} L \cos 2\psi \left\{ \left[\frac{n_z(T)}{\cos \varphi_z^i} - \frac{n_{xy}(\varphi_x, T)}{\cos \varphi_{xy}^i} \right] \times [\alpha'_{xx}(\varphi_0)\Delta T + 1] \right\}, \quad (1)$$

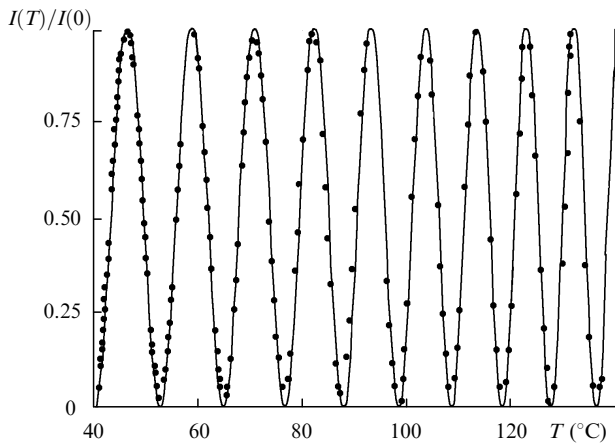
где $\psi = -\alpha''_{xy}\Delta T$ – угол термдеформационного поворота граней кристалла относительно кристаллооптической системы координат (см. [2]); φ_0 – угол среза кристалла относительно оси x (в плоскости xy); $\alpha'_{xx}(\varphi_0)$ – коэффициент линейного расширения вдоль направления распространения излучения; α''_{xy} – коэффициент термдеформационного изменения кристалла; φ_x – угол между осью x и направлением распространения излучения;

$$\varphi_{z,xy}^i = \psi \frac{n_{z,xy} - 2}{n_{z,xy}} + \varphi_0.$$

– углы преломления для обеих компонент поля. Остальные обозначения общепринятые. Выражение (1) показывает, что температурное изменение угла ψ может давать в разность фаз вклад, соизмеримый со вкладом температурного изменения показателей преломления.

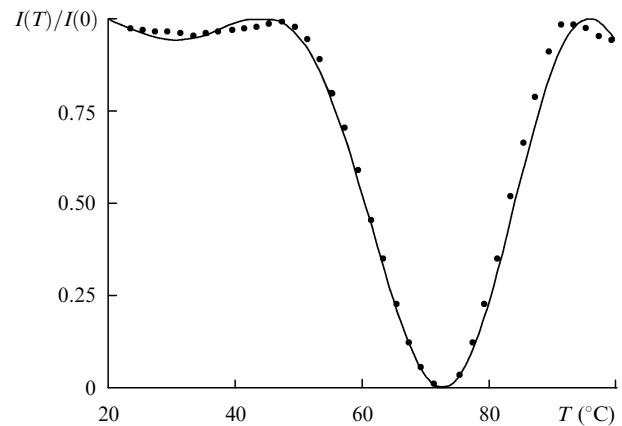
С использованием специально разработанной программы серии LID (Laser Investigator & Designer, <http://www.bmstu.ru/~lid>) был выполнен ряд расчетов для кристалла LBO. Модель кристалла учитывала температурное изменение показателей преломления (полином третьего порядка), температурную зависимость коэффициента теплового расширения (полином третьего порядка) и вклад деформационных изменений. Результаты расчетов показали, что на длине волны излучения 632.8 нм некритичное по температуре взаимодействие будет иметь место при угле среза $\varphi_0 = 53^\circ$.

Экспериментальная проверка этого режима по методике, аналогичной использованной в [1], была выполнена с двумя образцами кристалла LBO длиной 5.35 мм, выращенными на кафедре волновых процессов физического факультета МГУ (кристаллы имели срезы для взаимодействия в плоскости xy с $\varphi_0 = 0$ и 45°). Плоскость поляризации излучения He–Ne-лазера ориентировалась под углом 45° к оси z . На выходе кристалла устанавливался анализатор. При нагреве кристалла разное изменение

Рис.1. Температурная кривая для среза с $\varphi_0 = 0$.

длины оптического пути для двух волн приводило к формированию интерференционной картины (изменению интенсивности I). Для среза с $\varphi_0 = 0$ результаты измерений (точки) и расчета (сплошная линия) представлены на рис.1. Ширина температурной кривой на уровне 0.5 составляет 6°C . При угле $\varphi_x = 53^\circ$ результаты измерений (точки) и расчета (сплошная линия) приведены на рис.2. При нагреве кристалла до 50°C интенсивность излучения изменяется не более чем на 10%. На уровне 0.5 ширина температурной кривой составляет 62°C . По форме кривой видно, что реализован не критичный по температуре режим. Угол термодформационного поворота входной грани кристалла при нагреве до 180°C составлял около 2° . Это значительно превышает угловое расстояние между интерференционными максимумами, равное $21'$. Сделанные оценки показывают, что при выборе оптимального угла среза кристалла может быть получена ширина температурной кривой больше 100°C .

Таким образом, отличительной особенностью реализованного не критичного по температуре двулучепреломления в кристалле LBO является одновременное действие трех механизмов: температурного изменения показателей преломления, линейного расширения и деформаци-

Рис.2. Температурная кривая при $\varphi_x = 53^\circ$ в не критичном по температуре режиме.

онных поворотов входной грани кристалла и кристаллооптической системы координат. Более подробно выполненные теоретические и экспериментальные исследования будут представлены авторами позже. Необходимо также отметить, что при измерениях температурных ширин синхронизма преобразователей частоты в кристаллах с достаточно большими коэффициентами линейного расширения в направлениях, отличных от главных, также необходим учет термодформационных изменений. Действием этого механизма, очевидно, можно объяснить имеющееся значительное различие температурных ширин синхронизма, измеренных разными авторами.

1. Гречин С.Г., Дмитриев В.Г., Дьяков В.А., Прялкин В.И. *Квантовая электроника*, **26**, 77 (1999).
2. Най Дж. *Физические свойства кристаллов* (М., Мир, 1987).

S.G.Grechin, V.G.Dmitriev, V.A.D'yakov, V.I.Pryalkin. Anomalous temperature-independent birefringence in a biaxial optical LBO crystal.

The existence of temperature-independent birefringence in an LBO crystal was confirmed experimentally for the first time. The considerable role of homogeneous temperature-induced deformations was demonstrated. A bandwidth of the temperature phase-matching curve greater than 60°C was obtained experimentally in a crystal 5.4 mm long at a fundamental radiation wavelength of 632.8 nm.