

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ И ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ α - HfO_2**

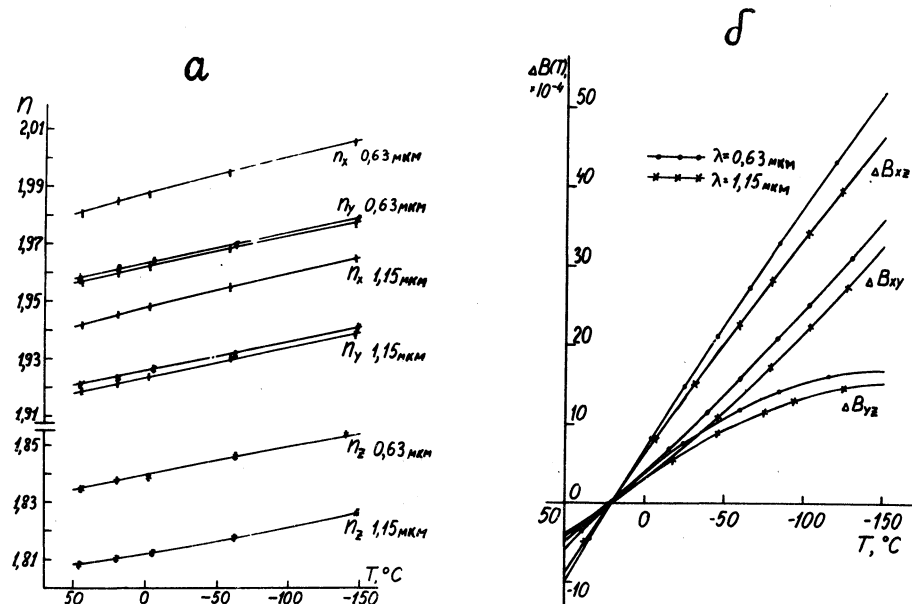
**А. Д. Акулов, Г. Ф. Добжанский, Л. А. Кузевский,
Ю. Н. Полявинов**

В последнее время двуосный кристалл α - HfO_2 привлекает внимание исследователей как эффективный материал для нелинейной оптики [1-4]. Изменение показателей преломления кристалла с температурой приводит к температурной зависимости угла синхронизма при генерации оптических гармоник и смещении оптических частот, к перестройке частот параметрического генератора света. Температурная зависимость двулучепреломления приводит к зависимости пропускания электрооптической системы от температуры и позволяет измерять температуру анизотропных кристаллов оптическим методом [5,6]. В связи с этим представляет интерес исследование зависимости показателей преломления и двулучепреломлений от температуры в кристалле α - HfO_2 .

Температурная зависимость показателей преломления исследовалась методом призмы. Измерения проводились в специальном оптическом кристате в области температур от -150°C до $+50^\circ\text{C}$ на длинах волны He-Ne лазера 0,63 мкм и 1,15 мкм. Экспериментальные зависимости показателей преломления от температуры, представленные на рис. 1а, хорошо аппроксимируются следующими формулами, полученными при обработке экспериментальных данных методом наименьших квадратов:

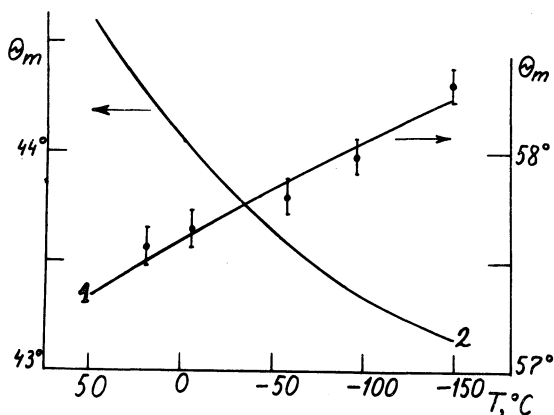
$$\begin{aligned}n_x(T) &= 1,988 - 1,5 \cdot 10^{-4}T - 1,3 \cdot 10^{-7}T^2, \\n_y(T) &= 1,963 - 1,2 \cdot 10^{-4}T - 0,7 \cdot 10^{-7}T^2, \\n_z(T) &= 1,839 - 1,0 \cdot 10^{-4}T - 0,2 \cdot 10^{-7}T^2\end{aligned}\quad (1)$$

для длины волны 0,63 мкм, и



Р и с. 1. Температурные зависимости показателей преломления n_1 (а) и относительных двулучепреломлений ΔB_{1j} (б) кристалла α - BiO_3 на длинах волн 0,63 мкм и 1,15 мкм. Точки - результаты эксперимента, кривые построены по формулам (1) - (4).

$$\begin{aligned}
 n_x(T) &= 1,945 - 1,4 \cdot 10^{-4}T - 1,0 \cdot 10^{-7}T^2, \\
 n_y(T) &= 1,924 - 1,1 \cdot 10^{-4}T - 0,3 \cdot 10^{-7}T^2, \\
 n_z(T) &= 1,810 - 1,0 \cdot 10^{-4}T - 0,4 \cdot 10^{-7}T^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$



Р и с. 2. Температурная зависимость угла синхронизма θ_m для генерации второй гармоники при возбуждении He-Ne лазером с длиной волны 1,15 мкм. 1 - возбуждающее излучение распространяется в главной кристаллографической плоскости XZ; 2 - в плоскости YZ; θ_m - угол между направлением распространения возбуждающего излучения и кристаллографической осью Z кристалла.

для длины волны 1,15 мкм, где $n_i(T)$ - главные значения показателей преломления и $T^\circ\text{C}$ - температура кристалла. Точность измерений показателей преломления составляла $\sim 10^{-3}$.

Измерения температурной зависимости двулучепреломлений проводились поляризационно-оптическим методом (см., например, /7/). На рис. 1 б представлены результаты измерений относительного изменения двулучепреломлений от температуры $\Delta V_{ij}(T) = V_{ij}(T) - V_{ij}(T = 20^\circ\text{C})$ без учета теплового расширения кристалла. Экспериментальные зависимости хорошо аппроксимируются формулами, полученными при обработке экспериментальных данных методом наименьших квадратов:

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{XY}(T) &= 4 \cdot 10^{-4} - 0,17 \cdot 10^{-4} \cdot T - 0,5 \cdot 10^{-7} T^2, \\
 \Delta V_{XZ}(T) &= 7 \cdot 10^{-4} - 0,33 \cdot 10^{-4} \cdot T - 0,2 \cdot 10^{-7} T^2, \\
 \Delta V_{YZ}(T) &= 4 \cdot 10^{-4} - 0,18 \cdot 10^{-4} T + 0,2 \cdot 10^{-7} T^2
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

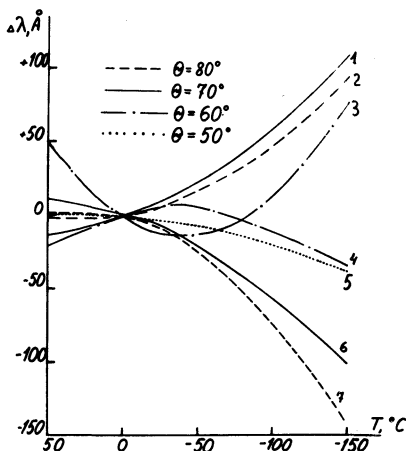
для длины волны 0,63 мкм, и

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{XY}(T) &= 3 \cdot 10^{-4} - 0,14 \cdot 10^{-4} \cdot T - 0,5 \cdot 10^{-7} T^2, \\
 \Delta V_{XZ}(T) &= 6 \cdot 10^{-4} - 0,30 \cdot 10^{-4} T - 0,2 \cdot 10^{-7} T^2, \\
 \Delta V_{YZ}(T) &= 3 \cdot 10^{-4} - 0,16 \cdot 10^{-4} T + 0,3 \cdot 10^{-7} T^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

для длины волны 1,15 мкм.

Эти данные могут оказаться полезными при измерении температуры кристалла α - LiO_3 оптическим методом, предложенным в /5/.

По данным температурной зависимости показателей преломления были рассчитаны зависимости угла синхронизма от температуры для генерации второй гармоники в кристалле при возбуждении излучением He-Ne лазера с длиной волны 1,15 мкм. Результаты расчета представлены на рис. 2. Расчет проводился для случая, когда волно-



Р и с. 3. Расчетные температурные перестроенные кривые для параметрического генератора света на кристалле α - LiO_3 при распространении возбуждающего излучения с длиной волны 0,488 мкм в главной кристаллографической плоскости XZ под углом θ к оси Z

вой вектор возбуждающего излучения лежал в главных плоскостях XZ (кривая 1) и YZ (кривая 2), θ_{Σ} - угол между волновым вектором возбуждающего излучения и кристаллографической осью Z . На рис. 2 (кривая 1) представлены также экспериментальные результаты исследования температурной зависимости угла синхронизма, которые согласуются с результатами расчета в пределах ошибки измерений.

На рис. 3 представлены расчетные температурные перестроенные кривые для параметрического генератора света при возбуждении излучением с длиной волны 0,488 мкм, распространяющимся в главной кристаллографической плоскости XZ , для различных углов θ . Температурная зависимость показателей преломления для различных длин волн при расчетах аппроксимировалась линейной функцией длины волны по данным для температурных зависимостей показателей преломления для длин волн 0,63 мкм и 1,15 мкм.

Поступила в редакцию
28 июля 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. S. K. Kurtz, T. E. Fexly, J. G. Bergman, Jr. *Appl. Phys. Letts.*, 12, 186 (1968).
2. А. И. Израиленко, А. И. Ковригин, П. В. Никлес. *Письма в ЖЭТФ*, 12, 475 (1970).
3. Г. Ф. Добрянский, Л. А. Кулевский, Ю. Н. Поливанов, А. М. Прохоров, В. В. Смирнов. *Краткие сообщ. по физике ФИАН*, № 8, 61 (1970).
4. В. А. Киселев, В. Ф. Китаева, Л. А. Кулевский, Ю. Н. Поливанов, С. Н. Полуэктов. *ЖЭТФ*, 62, 1291 (1972).
5. Г. В. Кривошеков, С. И. Маренников, Ю. Н. Поливанов. *ФТТ*, 10, 953 (1968).
6. Г. В. Кривошеков, С. В. Круглов, С. И. Маренников, Ю. Н. Поливанов. *ЖЭТФ*, 55, 802 (1968).
7. J. Warner. *Phys. Letts.*, 20, 163 (1966).