

- [5] Алтухов П.Д., Бакун А.А., Рогачев А.А., Рубцов Г.П. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 12. С. 3712.
 [6] Пикус Г.Е. // ФТТ. 1977. Т. 19. № 6. С. 1653-1664.

Физико-технический институт
 им. А. Ф. Иоффе АН СССР
 Ленинград

Поступило в Редакцию
 26 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 4
 05.2; 07

26 февраля 1989 г.

ПЕРЕКАЧКА ЭНЕРГИИ И ДИФРАКЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА РЕШЕТКАХ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОГИРАЦИИ В КРИСТАЛЛАХ $Bi_{12}TiO_{20}$

А.В. Воляр, Н.В. Кухтарев,
 В.В. Муравьев, В.И. Савченко,
 Т.И. Семенец

Фоторефрактивный кристалл $Bi_{12}TiO_{20}$ (ВТО) класса симметрии 23 интенсивно исследуется в динамической голографии [1-3] как среда, перспективная для оптимизации различных схем управления лазерным излучением. К настоящему времени хорошо изучен лишь механизм записи голографических решеток в ВТО [1, 2], основанный на линейном электрооптическом эффекте.

В [3-4] был предсказан новый механизм записи голографических решеток, основанный на эффекте электрогирации [5, 6]. Было показано, что эффект голографической электрогирации (ЭГЭГ) способен увеличить эффективность взаимодействия световых волн при самодифракции в кристаллах симметрии 23.

Ниже сообщается о первой реализации ЭГЭГ на кристалле ВТО с использованием непрерывного гелий-неонового лазера ($\lambda = 0.6328 \text{ мкм}$).

Как известно, взаимодействие в кристалле двух когерентных световых волн с амплитудами \vec{a} и \vec{b} (рис. 1) вследствие фотогенерации, диффузионно-дрейфового перераспределения и рекомбинации носителей приводит к появлению решетки электрического поля. Если вектор решетки электрического поля \vec{g} направлен вдоль оси $\langle 001 \rangle$ кристалла, в нем записываются как электрооптические, так и электрогирационные решетки [3, 4].

Согласно теории [3, 4], для расчета амплитуды волны \vec{a} справедливы в циркулярном базисе следующие уравнения:

$$\frac{da_{\pm}}{dy} = \mp i G a_{\pm} - i \Delta E \left[\frac{r}{2} (b_{+} + b_{-}) \pm g b_{\pm} \right], \quad (1)$$

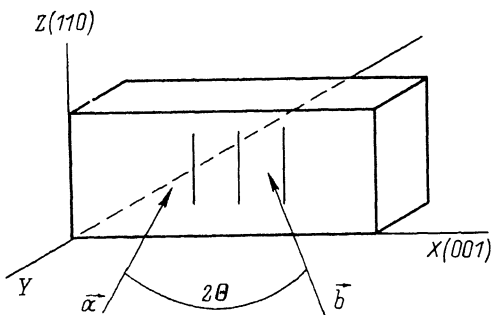


Рис. 1.

где G – удельная оптическая активность кристалла, $r = \frac{\alpha^3 r_{41} k_0}{2 \cos \theta}$
 $g = k_0 g_{41} / (2x)$, r_{41} , g_{41} – электрооптический и электрогирационный коэффициенты, k_0 – волновое число, α – показатель преломления среды, ΔE – амплитуда решетки электрического поля, связанная с амплитудой модуляции интенсивности света $\Delta I = (\vec{a} \cdot \vec{b}^*)$ соотношением

$$\Delta E = i \Delta I \cdot F_S. \quad (2)$$

В стационарном режиме величина F_S задается выражением

$$F_S = \frac{E_D}{I_0(1 + E_D/E_g)}.$$

Сюда входят E_D и E_g – соответственно диффузионное поле и поле объемного заряда, определенные в [2, 3], $I_0 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2$.

Для относительного изменения интенсивности волны \vec{a} в линейном по F_S приближении получим

$$\lambda_{\pm} = \left[\frac{I_{\alpha}(I_b \neq 0) - I_{\alpha}(I_b = 0)}{I_{\alpha}(I_b = 0)} \right]_{\pm} = F_S \left(\frac{r}{2} \pm g \right) |b_{\pm}^{(0)}|^2 \cdot y_0, \quad (3)$$

где индексы \pm соответствуют взаимодействию волн правой и левой циркулярной поляризации. Из (1, 2) следует, что в зависимости от состояния поляризации взаимодействующих волн вклады от дифракции на электрооптической и электрогирационной решетках складываются или вычитаются, что должно приводить к усилению или ослаблению энергообмена.

Эксперименты выполнялись с гелий-неоновым лазером при мощности пучков $I_0 = 8$ мВт. Угол схождения пучков равной интенсивности составлял 28.5° . Относительный энергообмен оказался равным $-7/2$ и $+2/2$ для правой и левой циркуляции соответственно. На основании этих данных и используя выражение (3), получим для

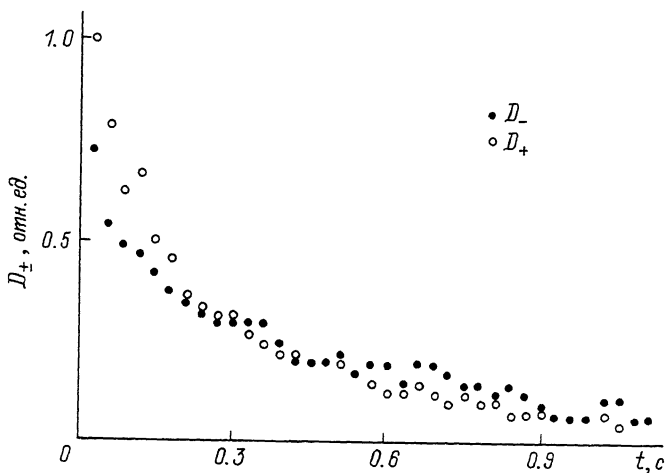


Рис. 2.

коэффициента электромиграции $g_{41} = 5.9 \cdot 10^{-9}$ см/В, поскольку из (3) следует

$$g_{41} = \frac{\alpha^4}{2} r_{41} \left(\frac{\eta_+ - \eta_-}{\eta_+ + \eta_-} \right),$$

а по данным работы [6] $\alpha = 2.55$, $r_{41} = 5.2 \cdot 10^{-10}$ см/В.

Определенное нами значение g_{41} согласуется с его значениями, полученными другими методами [3, 6].

Если в схеме рис. 1 в определенный момент времени перекрыть волну \vec{a} , то интенсивность дифрагированной волны в момент перекрытия можно получить из (1)

$$|\vec{a}_{\pm}|^2 = |b_{\pm} \Delta E_{\pm}|^2 \left[\left(g_{\pm} \frac{r}{2} \right)^2 y_0^2 + \left(\frac{r}{G} \sin G y_0 \right)^2 \right], \quad (4)$$

где индексы \pm соответствуют записи и считыванию волнами правой и левой циркуляции.

На эксперименте дифракционная эффективность, определяемая как отношение интенсивности дифрагированной к интенсивности прошедшей волны $D_{\pm} = |a_{\pm}|^2 / |b_{\pm}|^2$, составляла $D_- = 20\%$ и $D_+ = 29\%$. Сопоставление экспериментальных и теоретических отношений дифракционных эффективностей с использованием значения, полученного из данных по энергообмену, дает превышение экспериментального отношения на 15%. Полученное расхождение, возможно, связано с неточностью отсчета времени фиксирования дифракционной эффективности. В эксперименте наблюдалось также отличие скоростей спада

дифракционной эффективности для различных циркуляций излучения (рис. 2), что можно объяснить эффектом „самоусиления“ при брэгговском считывании голограмм [7]. Характерные времена считывания составляли $\tau_+ \approx 0.28$ с, $\tau_- \approx 0.32$ с.

Проведенные эксперименты позволили обнаружить влияние эффекта голографической электрогирации на энергообмен и дифракционную эффективность циркулярно-поляризованных волн при самодифракции в кристалле ВТО, что может быть использовано для оптимизации схем динамической голографии.

В заключение выражаем глубокую признательность сотрудникам ЛФТИ за предоставление кристалла ВТО.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Петров М.П., Степанов С.С., Хоменко А.П. Фоточувствительные электрооптические среды в голографии и оптической обработке информации. Л.: Наука, 1983. с. 269.
- [2] Kukhtarov N., Pavlik B. and Semenovets T. // Phys. Stat. Sol. (a). 1986. V. 94. P. 623-633.
- [3] Кухтарев Н.В., Муравьев В.В., Семеновец Т.И. // Препринт ИФ АН УССР. 1986. № 19. С. 22.
- [4] Kukhtarov N.V. // Topics in Appl. Phys. 1988. V. 61. Photorefr. Materials and Their Applications I, Fundamental Phenomena. P. 99-129.
- [5] Влох О.Г., Желудев И.С. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1975. Т. 41. № 3. С. 470-477.
- [6] Fox A.J., Bruton T.M. // Appl. Phys. Lett. 1975. V. 27. N 6. P. 361-363.
- [7] Кухтарев Н.В. // Укр. физ. журн. 1978. Т. 23. № 12. С. 1947.

Поступило в Редакцию
10 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 4
07; 12

26 февраля 1989 г.

РЕГИСТРАЦИЯ СУБМИКРОННЫХ СТРУКТУР НА ЛАЗЕРНОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ

В.П. Тычинский, И.Н. Мазалов,
В.Л. Панков, Д.В. Ублинский

Целый ряд практических задач, в частности переход к субмикронным размерам в интегральной технологии, в последнее время потребовал создания методов контроля, обеспечивающих разрешение по вы-