

ДИНАМИЧЕСКАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ

Н.В. Богодаев, Ю.С. Кузьминов, Н.В. Кухтарев, В.В. Муравьев, Н.М. Полозков

Осуществлена запись динамических голографических интерферограмм в кристаллах ниобата бария-стронция, легированных церием. Рассмотрена кинетика записи и стирания голограмм и получены интерферограммы колеблющейся мембраны.

При записи динамических голограмм в фоторефрактивных кристаллах может быть реализован энергообмен между записывающими волнами /1,2/. В работах /3,4/ было предложено использовать явление энергообмена для визуализации колебаний отражающих объектов при записи голограмм в оптически активных фоторефрактивных кристаллах класса симметрии 23 ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$). Однако оптическая активность этих кристаллов приводит к осцилляциям энергообмена и дифракционной эффективности, что существенно ухудшает эффективность записи динамических интерферограмм /5,6/. Ниже сообщается о получении динамических интерферограмм в кристаллах ниобата бария-стронция, легированных церием (НБС:Се). Отсутствие оптической активности в этих кристаллах позволяет получать интерферограммы высокого качества.

Если время записи голографических решеток значительно превышает период колебаний объекта, в кристалле происходит усреднение интенсивности света во времени. Вследствие доплеровского сдвига частоты объектной волны, рассеяние на колеблющихся частях объекта вызывает появление бегущих решеток интенсивности света. Неподвижным частям объекта соответствуют стоячие решетки. Усреднение во времени приводит к визуализации пучностей и узлов колебаний в виде темных и светлых линий.

При перекрывании объектного луча интенсивность дифрагированной волны I_D спадает со временем по следующему закону (при малых эффективностях дифракции) /6/:

$$I_D \approx I_0 e^{-az} (k_0 \Delta k z J_0(m) e^{-t/\tau})^2, \quad (1)$$

где $k_0 = 2\pi/\lambda$ – волновое число; Δk – амплитуда светоиндуцированного изменения показателя преломления; z – толщина кристалла; a – коэффициент поглощения; $J_0(m)$ – функция Бесселя нулевого порядка, m – амплитуда синусоидальных колебаний объекта. Из (1) следует, что амплитуда дифрагированной волны промодулирована в пространстве пропорционально $J_0^2(m)$ аналогично двухэкспозиционным интерферограммам, усредненным во времени.

Запись интерферограмм в кристаллах ниобата бария-стронция, легированных церием, проводилась излучением непрерывного He-Cd лазера ($\lambda = 0,44$ мкм). Степень легирования кристаллов 0,05 вес.% CeO_2 , толщина $z = 1$ мм, коэффициент поглощения $a = 5,8 \text{ см}^{-1}$. Максимальная эффективность интерферограмм наблюдалась при ориентации вектора поляризации электрического поля волны и оси C кристалла в плоскости падения записывающих лучей.

В условиях эксперимента изменение показателя преломления определяется диффузионным механизмом записи /1,5/:

$$\Delta k = \frac{E_D}{1 + E_D/E_q} \frac{\sqrt{I_1 I_2}}{I_0} \frac{\kappa^3 \Gamma_{33}}{2 \cos \theta}, \quad (2)$$

где E_D , E_q – диффузионное поле и поле объемного заряда; κ – показатель преломления; Γ_{33} – компонента электрооптического тензора; 2θ – угол схождения пучков.

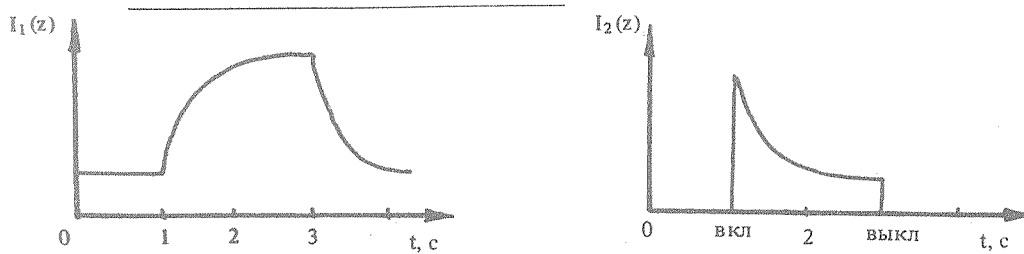


Рис. 1. Кинетика записи и стирания голографических решеток ($I_1(z)$, $I_2(z)$ – интенсивности записывающих пучков на выходе из кристалла).

Из кинетики записи и стирания голографических решеток с дифракционной эффективностью $\eta \sim 50\%$ при суммарной интенсивности пучков $I_0 = 0,1 \text{ Вт/см}^2$ получаем: время записи 2 с, время стирания 0,4 с (рис. 1). Таким образом, среда обеспечивает достаточно быстрый отклик при малых интенсивностях света. Голографические интерферограммы колеблющейся металлической телефонной мембраны, закрепленной по краям, приведены на рис. 2. Высокий контраст изображений позволяет различать четыре полосы на интерферограммах мембраны. Эксперименты, проведенные по обычной схеме четырехволнового обращения волнового фронта, показывают, что кристаллы НБС:Се позволяют получать обращенную волну с эффективностью до 30%, что существенно расширяет диапазон применений этих кристаллов.

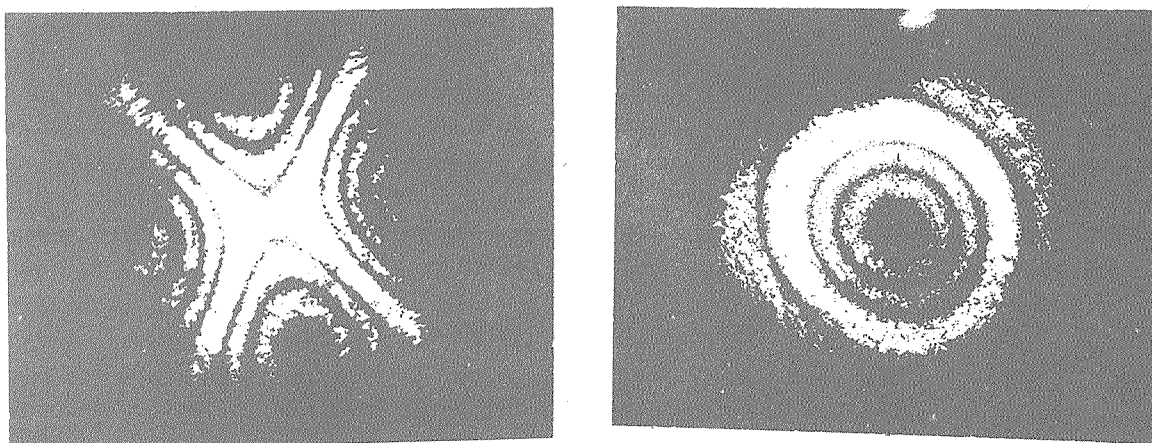


Рис. 2. Фотографии голографических интерферограмм мембраны при частоте колебаний $\nu = 6,25 \text{ кГц}$ (а) и $5,9 \text{ кГц}$ (б).

Результаты данной работы иллюстрируют эффективность использования фоторефрактивных кристаллов в качестве регистрирующих материалов для динамической голографии. Дальнейшая оптимизация параметров записи (по углу схождения пучков, концентрации и типу примесей, толщине кристалла) позволяет надеяться на возможность практического применения кристаллов НБС в оперативных системах неразрушающего контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винецкий В. Л. и др. УФН, 129, вып. 1, 113 (1979).
2. Dorosh I. R. et al. Phys. Stat. Sol. (a) 65, 513 (1981).
3. Huignard J. P., Marrakchi A. Opt. Lett., 6, 622 (1981).
4. Kamshilin A. A., Petrov M. P. Opt. Comm., 53, 23 (1985).
5. Kuktarev N. V., Dovgalenko G. E., Starkov V. N. Appl. Phys. A, 33, 227 (1984).
6. Кухтарев Н. В., Довгаленко Г. Е. Препринт ИФ АН УССР № 5, Киев, 1986.

Поступила в редакцию 19 ноября 1986 г.