

УСИЛЕНИЕ ФОТОРЕФРАКТИВНОГО ОТКЛИКА ВО ВНЕШНЕМ ПЕРЕМЕННОМ ПОЛЕ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КРИСТАЛЛЕ



О.Р.Нестеркин, Е.П.Шершаков, Б.Я.Зельдович, А.Д.Новиков*

Челябинский Государственный технический университет

454080, Челябинск, Россия

*Институт физики АН Украины

252650, Киев, Украина

Поступила в редакцию 14 августа 1992 г.

Экспериментально изучалась запись статической фоторефрактивной решетки в сегнетоэлектрике $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$ с помощью бегущей интерференционной картины и приложения внешнего переменного поля. Исследовалось двух- и четырехволновая схема на основе метода "синхронного детектирования".

Ранее достаточно подробно были исследованы различные механизмы записи в фоторефрактивном кристалле: диффузионный ¹, дрейфовый в постоянном ² и переменном поле ³. Недавно был предложен новый механизм записи статической фоторефрактивной решетки – метод "синхронного детектирования" ⁴⁻⁵. Этот механизм основан на синхронизации частоты внешнего переменного поля и частоты сдвига между записывающими пучками. В отличие от вышеуказанного механизма записи статической картиной в переменном поле этот метод позволяет записывать решетку в кристаллах с малой дрейфовой длиной. При исследовании записи решетки методом "синхронного детектирования" в кристалле SBN ⁶ было обнаружено, что сильное переменное поле может разрушить монокристаллическую структуру кристалла. В настоящей работе механизм синхронного детектирования впервые экспериментально реализован в сегнетоэлектрическом кристалле $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$, который принадлежит $2mm$ -группе симметрии.

Схема эксперимента представлена на рис.1. Кристалл толщиной $l = 4$ мм и межэлектродным расстоянием $d = 3$ мм освещался двумя (для двухволнового взаимодействия) или тремя (для четырехволнового взаимодействия) лучами от He-Cd-лазера ($\lambda = 440$ нм) мощностью 10 мВт. Все пучки поляризованы в плоскости падения. Также в плоскости падения расположена оптическая ось кристалла. Направление оси менялось в эксперименте на противоположное (см. рис. 1). Частота волны накачки сдвигалась с помощью пьезоэлемента приложением к нему пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение было засинхронизировано с напряжением, подающимся на кристалл от питающей сети частотой $\Omega = 50$ Гц через трансформатор. Отношение интенсивностей сигнал-накачка $\beta^2 = I_2(0)/I_1(0)$ изменялось светофильтрами СФ. Интенсивность сигнального пучка на выходе $I_2(1)$ измерялась фотодетектором ФД1. Интенсивность отраженной волны $I_4(0)$ контролировалась вторым фотодетектором ФД2.

В двухволновом смешении дифракционная эффективность измерялась как $\eta = I_P^d/I_P^p$: где I_P^d – интенсивность волны накачки, продифрагировавшей в направлении сигнального пучка в его отсутствие в начальный момент стирания, I_P^p – интенсивность накачки после кристалла в отсутствие записанной решетки. Если к кристаллу не приложено внешнее поле и не подается напряжение на

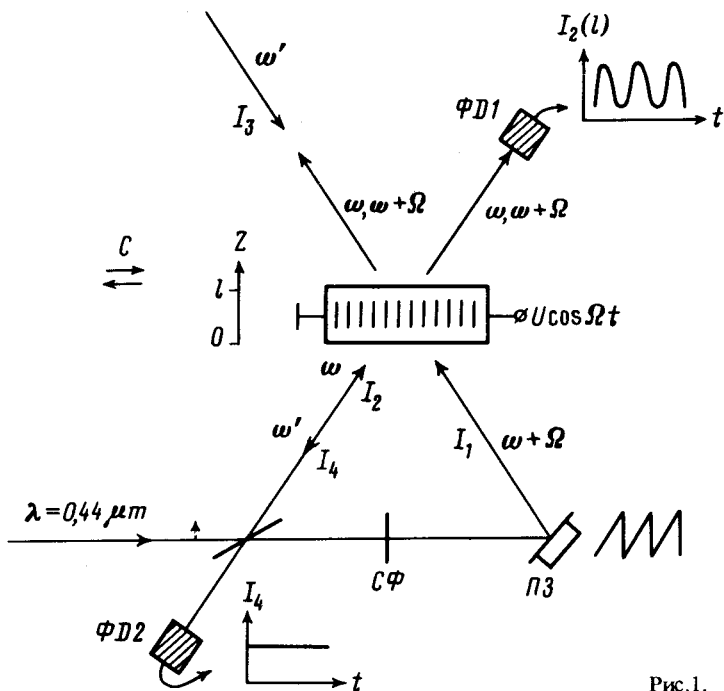


Рис.1. Схема эксперимента

пьезоотражающее зеркало, то продифрагировавшая волна регистрируется для пространственного периода $\Lambda < 2 \mu\text{м}$, что связано с наличием лишь слабого диффузионного отклика. При приложении к кристаллу переменного поля отклика кристалла не регистрируется, что объясняется малой дрейфовой длиной электронов. При одновременном приложении пилообразного напряжения на пьезоотражающее зеркало и переменного напряжения к кристаллу дифракционная эффективность решетки существенно возрастает для всех исследованных пространственных частот.

Зависимость отнормированной дифракционной эффективности η/β^2 (β^2 – отношение интенсивностей записывающих пучков) от приложенного внешнего поля представлена на рис.2. Как показано ранее ^{4,5}, самодифракция заметно влияет на общую величину дифракционной эффективности. В наших экспериментах знак электрооптического коэффициента зависел от направления оптической оси сегнетоэлектрического кристалла. Разворачивая кристалл на 180° , мы тем самым изменяли на обратное воздействие вторичных записанных решеток, уменьшая или увеличивая общую дифракционную эффективность. Воздействие самодифракции заметно лишь на пространственных периодах $\Lambda < 2 \mu\text{м}$ (см. рис.2). Как видно из рис.2, при единичном соотношении записывающих пучков воздействие самодифракции не заметно, так как вторичные решетки одинаковой амплитуды находятся в противофазе ^{4,5}. Функциональная зависимость дифракционной эффективности от внешнего поля совпадает с теоретическим предсказанием $\eta(E_0) \sim E_0^2$ ⁴, тем не менее абсолютная величина меньше теоретической, рассчитанной для величины электрооптического коэффициента $r_{33} = 45 \text{ пм/В}$ ¹, что объясняется, по-видимому, меньшей реальной величиной r_{33} .

Зависимость дифракционной эффективности от пространственной частоты $q = 2\pi/\Lambda$ показана на рис.3. Функциональная зависимость $\eta(q)$ находится

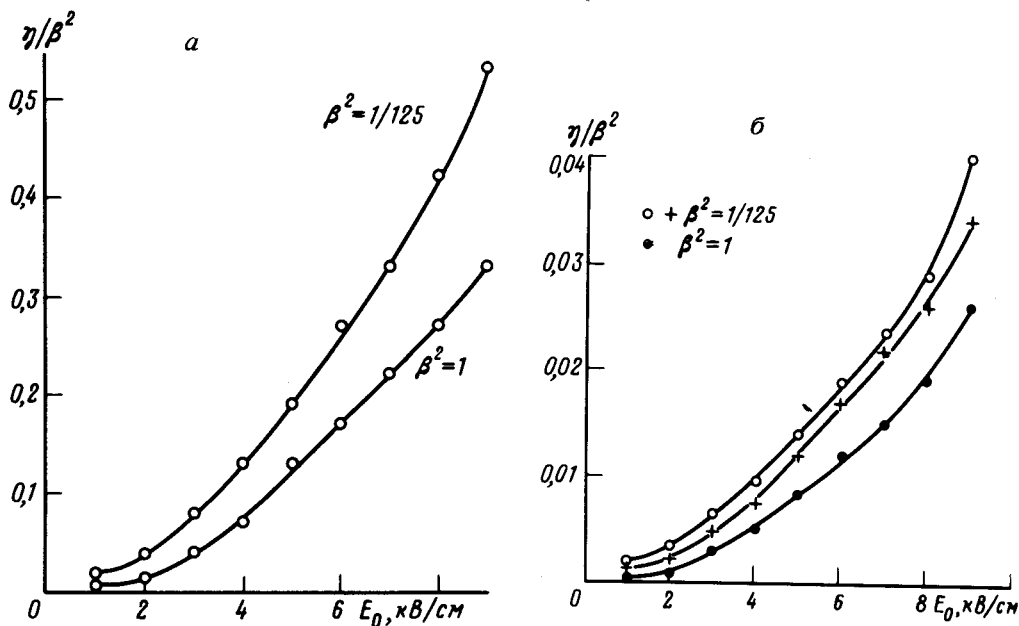


Рис.2. Зависимость дифракционной эффективности η , отнормированной на величину отношения интенсивностей сигнал-накачка β^2 от амплитуды внешнего переменного поля E_0 . \circ – Оптическая ось вправо (см. рис.1), $+$ – оптическая ось влево; а – Пространственный период $A \sim 100 \mu\text{м}$, б – пространственный период $A \sim 2 \mu\text{м}$

в качественном согласии с теоретическими расчетами ⁴. При больших пространственных частотах причиной уменьшения дифракционной эффективности является воздействие диффузии и насыщения ловушечных центров. Также при больших углах между записывающими пучками поляризации этих волн не строго коллинеарны, и это приводит к уменьшению эффективного контраста записывающей бегущей интерференционной картины. Для четырехволнового невырожденного взаимодействия также существуют отличия от вырожденного случая благодаря наличию эффектов самодифракции ⁵. В проделанных экспериментах для невырожденного ЧВС отрицательная обратная связь устраняется ввиду слабости записи на диффузионном механизме.

Коэффициент отражения при четырехволновом смещении определяется как $R_{pc} = I_4(0)/I_2(0)$. Таким образом, френелевские потери и поглощение учитывались автоматически в данном определении величины R_{pc} эффективности. Обращенный сигнал не наблюдался при отключенном пьезозеркале ($\Omega = 0$). Коэффициент отражения для ЧВС в зависимости от пространственной частоты представлен на рис.3 для невырожденного взаимодействия. Эта зависимость аналогична поведению дифракционной эффективности. Меньшая абсолютная величина R_{pc} объясняется тем, что контраст результирующей интерференционной картины меньше. Также нужно учесть, что в определении R_{pc} учитываются френелевские потери и поглощение. Нужно отметить, что исследуемый механизм записи является широкополосным по пространственной частоте q . Время записи голограммы в экспериментах было $1 \div 10$ с.

Таким образом, мы исследовали запись статической голограммы быстро

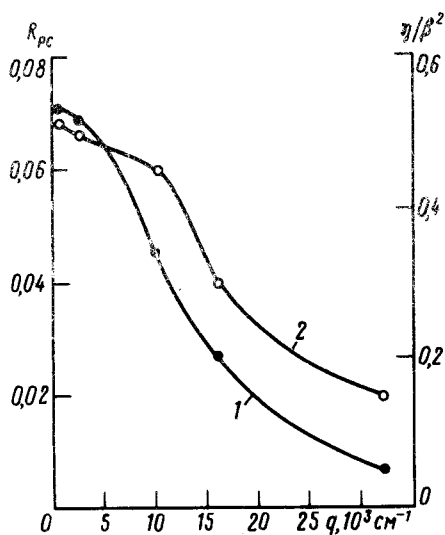


Рис.3. 1 – Отнормированная дифракционная эффективность η/β^2 в зависимости от пространственной частоты q , $E_0 = 9 \text{ кВ/см}$, $\beta^2 = 1/125$; 2 – коэффициент отражения ЧВС в зависимости от пространственной частоты q . $E_0 = 8 \text{ кВ/см}$, $I_1/I_3 = 1$, $I_2/I_1 + I_3 = 1/250$

бегущей интерференционной картины во внешнем переменном поле. Исследовалось воздействие диффузии на запись решетки. Излучались случаи двух- и четырехволнового смешения. Экспериментальные результаты находятся в разумном согласии с теоретическими предсказаниями, полученными ранее⁴. Авторы приносят благодарность за полезные обсуждения С.Г.Одулову и П.Н.Ильиных.

1. P.Gunter, J.-P.Huignard et al., *Photorefractive Materials and Their Applications* 1, 11, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1989.
2. Rh.Refregier, L.Solymar, H.Rajbenbach, and J.-P.Huignard, *J.Appl. Phys.* 56, 45 (1985).
3. S.I.Stepanov, and M.P.Petrov, *Opt. Comm.* 53, 292 (1985).
4. P.N.Ilinykh, O.P.Nestiorkin, and B.Ya.Zel'dovich, *JOSA B* 8, 1042 (1991).
5. P.N.Ilinykh, O.P.Nestiorkin, and B.Ya.Zel'dovich, *Opt. Comm.* 86, 75 (1991).
6. O.P.Nestiorkin, Ye.P.Shershakov, B.Ya.Zel'dovich, N.V.Bogodaev, L.I.Ivleva, N.M.Polozkov, "Phase-locked detection in running interference pattern in photorefractive SBN", in *Technical Digest of Meeting on Photorefractive Materials, Effects and Devices, 1991* (Optical Society of America, Washington, D.C., 1991) 14, p.392.