

## ЗАПИСЬ ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ ГОЛОГРАММЫ ВНЕШНИМ ПОЛЕМ, ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПОЛОСАМ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ

Ю.В.Микляев

Челябинский государственный технический университет  
454080 Челябинск, Россия

Поступила в редакцию 31 августа 1994 г.

Предложен метод записи голограмм в фоторефрактивных кристаллах, при котором внешнее переменное поле прикладывается перпендикулярно волновому вектору интерференционной картины, а разность частот интерферирующих пучков равна частоте внешнего поля.

Для записи голограмм в фоторефрактивных кристаллах (ФРК) используются различные механизмы разделения пространственного заряда основанные на диффузии фотоэлектронов, их дрейфе во внешнем или фотовольтаическом поле. В результате линейного электрооптического эффекта возникает вариация показателя преломления. Прикладываемое к кристаллу внешнее поле может быть как постоянным, так и переменным во времени. В постоянном поле решетка может записываться как неподвижной, так и движущейся интерференционной картиной (ИК) [1, 2]. Для случая переменного внешнего поля существует два основных механизма записи. Первый из них (так называемый степановский механизм записи) реализуется, когда ИК неподвижна [3]. В этом случае решетка вариации показателя преломления и ИК смещены по фазе на  $\pi/2$ , что обеспечивает энергообмен между интерферирующими пучками. Второй механизм – механизм синхронного детектирования – осуществляется в случае записи голограммы разночастотными пучками, причем отстройка по частоте одного пучка относительно другого равна частоте внешнего переменного поля [4].

Во всех этих механизмах использовалось внешнее поле  $E_0$ , параллельное волновому вектору решетки  $q = k_1 - k_2$ , где  $k_1, k_2$  – волновые векторы записывающих пучков. Это обусловлено тем, что разделение зарядов в определенном направлении под действием внешнего поля или диффузии происходит к случаю, когда проводимость в данном направлении неоднородна.

В настоящей работе мы экспериментально исследовали механизм записи фоторефрактивной голограммы в случае, когда внешнее переменное поле  $E_0(t)$  перпендикулярно волновому вектору решетки  $q$ . Один из пучков отстраивался по частоте относительно другого на величину  $\Omega$ , равную частоте внешнего поля, то есть реализовывался механизм синхронного детектирования [4]. Интерферирующие пучки цилиндрической линзой фокусировались в направлении внешнего поля. Фоторефрактивный кристалл помещался в фокус линзы. Таким образом толщина  $W$  освещенной области в направлении поля  $E_0$  делалась сравнимой с периодом интерференционной картины  $\Lambda = 2\pi/q$ . Качественно процесс формирования решетки пространственного заряда нагляднее объясняется для случая малой по сравнению с величинами  $\Lambda$  и  $W$  дрейфовой длины электронов, а также когда вместо синусоидального используется поле в форме меандра, а вместо бегущей ИК используется интерференционная

картина, фраза которой изменяется скачкообразно на  $\pi$  одновременно с изменением знака внешнего поля  $E_0(t)$ . При  $E_0 > 0$  фотоэлектроны, генерируемые в максимумах ИК, перезахватываются ловушечными центрами вблизи нижней границы освещенной области, главным образом около максимумов ИК (рис.1а). Другими словами, экранировка внешнего поля в максимумах ИК происходит быстрее, чем в минимумах. В следующий полупериод (когда  $E_0 < 0$ ) электроны скапливаются вблизи верхней границы освещенной области. Но поскольку ИК смещена на  $\Lambda/2$  относительно своего положения в предыдущий полупериод, то в этот полупериод происходит не стирание, а усиление решетки поля пространственного заряда  $E_{sc}$  (рис.1б).

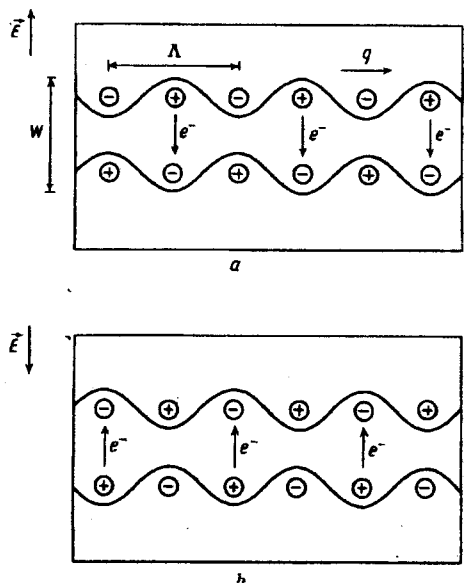


Рис.1

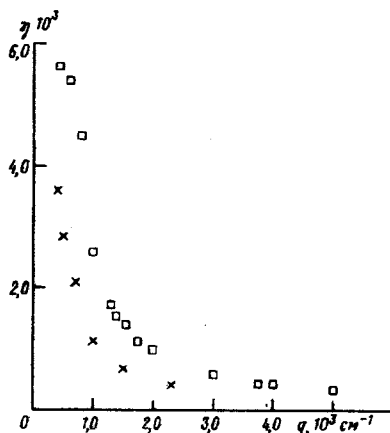


Рис.2

Рис. 1. Качественный механизм записи статической голограммы во внешнем переменном поле интерференционной картиной, "прыгающей" на  $\Lambda/2$  синхронно с изменением знака внешнего поля

Рис.2. Зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  от пространственной частоты решетки  $q$ :  $\circ$  - кристалл находится в фокусе цилиндрической линзы;  $\times$  - кристалл смещен из фокуса линзы на 0,5 см;  $E_0 = 5 \text{ кВ/см}$ ;  $\beta = I_s/I_p = 10^{-2}$

Как видно из рис.1, решетка параллельной  $q$  компоненты поля  $E_{sc}$  в верхней части освещенной области противофазна такой же решетке в нижней ее части. Это предопределяет использование при записи голограммы компоненты поля  $E_{sc}$ , параллельной внешнему полю  $E_0$ .

Тот факт, что заряды концентрируются вблизи границ освещенной области, накладывает определенные ограничения на величины  $W$  и  $\Lambda$ . А именно: поскольку поле периодически распределенного заряда экспоненциально затухает на расстоянии, равном периоду  $\Lambda$ , для эффективной записи голограммы величина периода ИК должна быть больше или сравнима с размером освещенной области ( $\Lambda \geq W$ ).

В данной работе запись голограммы осуществлялась в фоторефрактивном кристалле  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  (ВТО). Переменное напряжение в форме меандра с амплитудой 3кВ прикладывалось к граням 110. Расстояние между электродами составило 5,6мм, толщина кристалла в направлении распространения света (110) – 4,5мм. Использовался He-Ne лазер ( $\lambda = 0,63\text{мкм}$ ). При суммарной мощности записывающих пучков 0,5Вт время записи составило 1с. Частота внешнего поля была равна 33Гц. Сдвиг частоты одного из пучков осуществлялся при помощи пьезозеркала. Диаметр пучков в плоскости линзы составил 4мм, фокусное расстояние линзы – 11,5см. Это соответствует толщине перетяжки  $W \approx 35\text{мкм}$  и толщине освещенной области на гранях кристалла – 50мкм. Векторы поляризации пучков составляли угол  $20^\circ$  с вектором  $q$ .

В эксперименте определялась дифракционная эффективность как отношение интенсивности продифрагировавшего света  $I_d$  на начальной стадии стирания голограммы к интенсивности опорного пучка  $I_p$ :  $\eta = I_d/I_p$ . Отношение интенсивностей сигнального и опорного пучков было равно  $I_s/I_p = 0,01$ .

На рис.2 представлена экспериментальная зависимость дифракционной эффективности  $\eta$  от пространственной частоты  $q = 2\pi/\Lambda$ . Там же приведена зависимость  $\eta/(q)$  для случая, когда кристалл смещался в сторону линзы из ее фокуса на 0,5 см. При этом толщина освещенной области на передней и задней гранях кристалла составляла соответственно 160 и 230 мкм.

Как видно из пространственно-частотной характеристики, у голограммы имеется характерная частота (частота среза), величина которой в два раза меньше значения  $2\pi/W$ .

В заключение продемонстрирована возможность записи голограмм внешним полем, перпендикулярным волновому вектору решетки  $q$ . Механизм записи эффективен в случае, когда период решетки превосходит размер освещенной области в направлении поля.

Выполнение данной работы поддержано Международным научным фондом в рамках гранта МММ 000.

Автор благодарен Б.Я.Зельдовичу за ценные обсуждения.

- 
1. С.И.Степанов, В.В.Куликов, М.П.Петров, Письма в ЖТФ **8**, 527 (1982).
  2. Ph.Refrégier, L.Solymar, H.Rajbenbach, and J.-P.Huignard, J. Appl. Phys. **58**, 45 (1985).
  3. S.I.Stepanov and M.P.Petrov, Opt. Comm. **53**, 292 (1985).
  4. Б.Я.Зельдович, П.Н.Ильных, О.П.Нестеркин, ЖЭТФ **98**, 861 (1990).