

УДК 534.212 : 548.535

ФИЗИКА

В. Ю. Козлова, Р. К. Овсепян

Исследование записи голограмм в примесных кристаллах  
ниобата лития на длине волны 325 нм

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 12/XI 1983)

Эффект фотоиндуцированного изменения двулучепреломления или фоторефракции в электрооптических кристаллах находит широкое применение в устройствах записи и обработки информации (1).

Оптически индуцируемое электрическое поле пространственного заряда, возникающее вследствие объемного фотовольтаического эффекта (2) и диффузии фотовозбужденных носителей (3), модулирует изменение двулучепреломления из-за электрооптического эффекта. Плотность тока  $j$  вдоль оси  $C$  кристалла записывается в виде

$$j(z) = k\alpha I(z) + en\mu E(z) + eD \frac{dn}{dz}, \quad (1)$$

где  $k$  — константа Гласса,  $\alpha$  — коэффициент поглощения,  $I(z)$  — интенсивность падающего излучения,  $e$  — заряд электрона,  $n$  — количество неравновесных носителей в зоне проводимости,  $\mu$  — подвижность носителей,  $E(z)$  — оптически индуцируемое электрическое поле,  $D$  — коэффициент диффузии. Первый член выражения (1) описывает фотовольтаический эффект, второй — дрейфовый ток, третий — диффузию возбужденных носителей. Изменение пространственной частоты светового излучения сказывается в основном на третьем члене, т. е. если наблюдается изменение чувствительности от пространственной частоты записываемой интерференционной картины, значит, основной вклад в ток вносит диффузионный член.

Спектральные исследования фоторефракции в видимой области (400—800 нм) показали, что чувствительность увеличивается при увеличении энергии фотона (4). Поэтому представляет интерес дальнейшее увеличение энергии фотона записывающего излучения. В настоящей работе приводятся результаты исследований фоторефракции в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  на длине волны 325 нм с целью выяснения механизма записи на указанной длине волны и определения чувствительности.

В экспериментах использовались чистые и легированные железом 0,02 вес. % кристаллы  $\text{LiNbO}_3$   $Y$ -среза толщиной 300 мкм. Измерения индуцированного изменения двулучепреломления проводились голографическим и поляризационно-оптическим методами. В первом случае измерения дифракционной эффективности проводились на длине волны записывающего излучения кратковременным перекрыванием предметного луча. Во втором случае измерения проводились с использованием компенсатора (3).

На рис. 1 показана зависимость дифракционной эффективности го-

лограмм от экспозиции при записи и считывании для чистого и легированного железом кристалла ниобата лития на длине волны 325 нм. Необходимо отметить следующие особенности. Как видно из рисунка, считывание приводит к стиранию голограммы, причем с постоянной времени, намного меньшей, чем в видимом диапазоне. В процессе записи и считывания не наблюдались макроскопические фазовые искажения записанного участка, приводящие к ухудшению качества голограмм. Это допускает многократность цикла запись—стирание без заметного ухудшения чувствительности и качества голограмм. На рис. 2 приведены фотографии прошедшего через кристалл  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  излучения с длинами волн 325 (рис. 2, а) и 488 нм (рис. 2, б). Пучок на рис. 2, а имеет гауссовское распределение в отличие от пучка на рис. 2, б, в котором видно появление рассеянного фона по оси  $S$  кристалла.

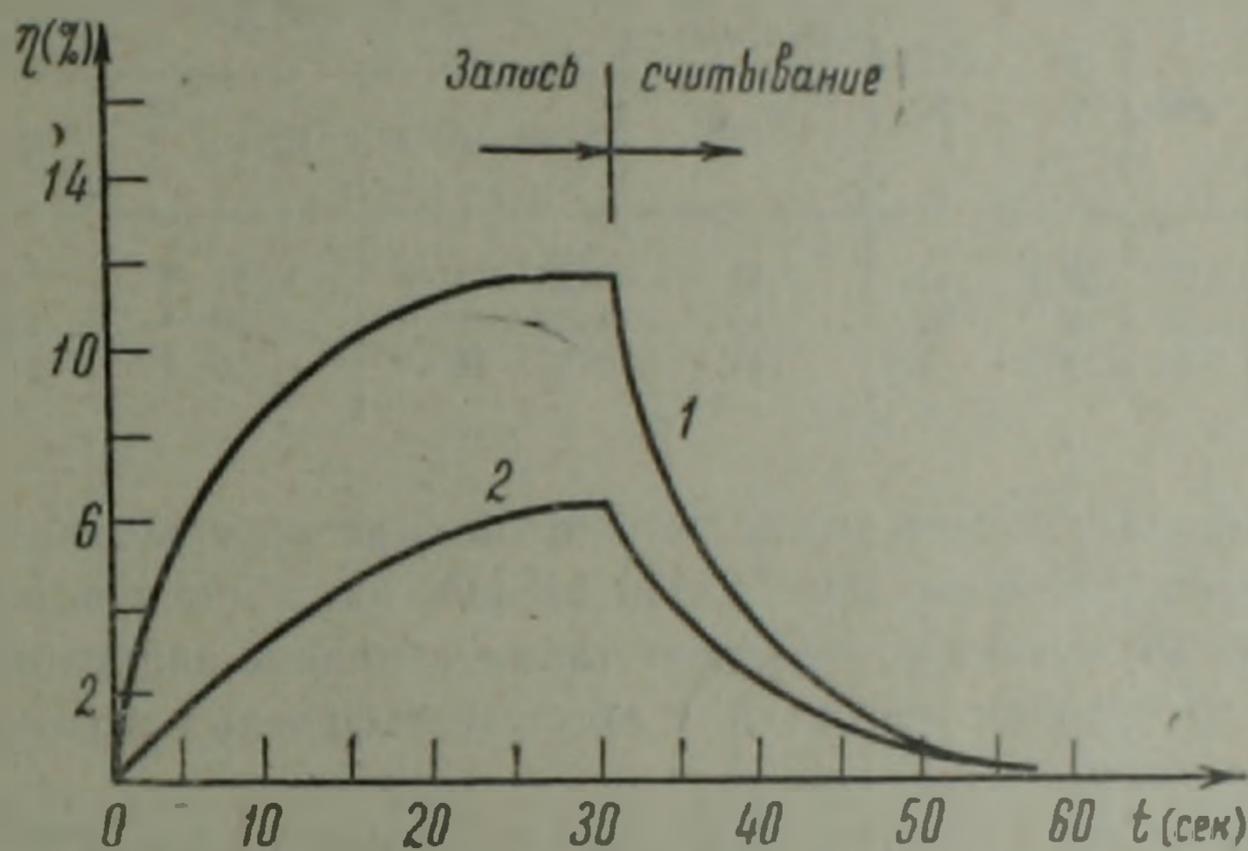


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности голограмм от времени при записи и считывании: 1— $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ , 2— $\text{LiNbO}_3$



Рис. 2. Фотографии прошедшего через кристалл  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  излучения с длинами волн 325 (а) и 488 (б) нм

В таблице для сравнения приведены основные результаты экспериментов: максимальная дифракционная эффективность и фоторефрактивная чувствительность для двух пространственных частот—высокой

( $\nu=1800 \text{ мм}^{-1}$ ), измеренной голографической методикой, и низкой ( $\nu=10 \text{ мм}^{-1}$ ), измеренной поляризационно-оптической методикой. Как видно,  $\Delta n$ , определенное голографическим методом на длине волны 325 нм, на несколько порядков больше, чем определенное поляризационно-оптическим методом. По-видимому, это связано с преобладанием диффузного способа разделения неравновесных носителей, как указывалось выше. Аналогичные сравнения чувствительностей тех же кристаллов на длине волны 488 нм показали полное совпадение величин, полученных при разных пространственных частотах записываемого изображения, т. е. диффузия носителей не дает сколько-нибудь заметного вклада.

Параметры голографической записи кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  ( $\lambda=325$  и  $488$  нм)

Исследуемый кристалл	$\lambda$ , нм	$\alpha$ , $\text{см}^{-1}$	$\tau_{\text{max}}$ , %	Плотность мощности, $1/\text{см}^2$	$S=\Delta n/E$ , $\text{см}^2/\text{Дж}$		$S \frac{\Delta n}{\alpha E}$ , $\text{см}^2/\text{Дж}$
					1800 $\text{мм}^{-1}$	10 $\text{мм}^{-1}$	1800 $\text{мм}^{-1}$
$\text{LiNbO}_3$	325	33.5	7	11	$0.35 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-8}$	$1.04 \cdot 10^{-7}$
$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$	325	80	12	11	$1.35 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-8}$	$1.68 \cdot 10^{-7}$
$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$	488	14	1	11	$1.57 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5}$	$1.12 \cdot 10^{-6}$

Необходимо отметить также разницу в чувствительностях чистого и легированного железом кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  на длине волны 325 нм.

Диффузный механизм объясняет также стирание записанных голограмм при однородном освещении и отсутствие фазовых искажений при записи голограмм.

Использование лазерного излучения с длиной волны 325 нм удобно, так как позволяет регулировать скорость стирания голограмм мощностью считывающего пучка.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что на длине волны 325 нм фоторефракция происходит преимущественно за счет диффузного механизма разделения неравновесных носителей. При использовании вышеуказанной длины волны появляется возможность применять кристаллы ниобата лития для записи динамических голограмм и интерферометрии в реальном масштабе времени.

Институт физических исследований  
Академии наук Армянской ССР

Վ. ՅՈՒ. ԿՈՉԼՈՎԱ, Ռ. Կ. ՇՈՒՍԵՓՅԱՆ

Լիթիումի նիոբատի խառնուրդային բյուրեղում հոյուգրամների գրանցման հետազոտում՝ 325 նմ երկարության ալիքով

Աշխատութիւնում կատարված են ֆոտոռեֆրակցիայի էֆեկտի հետազոտութիւններ  $\text{LiNbO}_3$  և  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  բյուրեղներում 325 նմ ալիքային երկարու-

թյամբ: Ապացուցվել է, որ ինֆորմացիայի գրանցումը ու ջնջումը ալիքային  
այս երկարությամբ տեղի է ունենում հիմնականում լիցքի դիֆուզ բաժանման  
հաշվին: Կրանցված տիրույթի ֆազային մակրոսկոպիկ աղավաղումների բա-  
ցակայությունը հնարավոր է պարձնում գրանցում-ջնջում ցիկլի կրկնելիու-  
թյունը առանց հոլոգրամների որակի և ղգացողության զգալի վատացման:

Վերը նշված ալիքի երկարության օգտագործմամբ հնարավորություն է  
գոյանում լիթիումի նիոբատի բյուրեղները օգտագործել դինամիկական հոլո-  
գրամների պրանցման և ժամանակի ունալ մասշտաբներում ինտերֆերենցիայի  
համար:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> F. S. Chen, Appl. Phys. Lett, v. 13, 223(1968) <sup>2</sup> A. M. Glass, D. Von der Linde,  
Appl. Phys. Lett. v. 25, 155 (1974). <sup>3</sup> В. М. Фридкин. Фотосегнетоэлектрики, Наука,  
М., 1979. <sup>4</sup> Г. Курц. в сб.: Фотошкка, Мир, М., 1979.