

УДК 621.372.8 : 537.226

ФИЗИКА

В. Ю. Козлова, Р. К. Овсепян
 И. Чтыроки, И. Шрефел, И. Янта

Исследование фоторефрактивного эффекта в Ti-
 диффузных волноводах на кристаллах $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 10/IV 1982)

Эффект фоторефракции, наблюдаемый в кристаллах ниобата лития, особенно сильно выражен в оптических волноводах на этих кристаллах. Это обусловлено большими плотностями мощности, которые удается в них получить. Фоторефракция на сегодняшний день ограничивает использование полезных электрооптических и нелинейных свойств ниобата лития в интегральной оптике. С другой стороны этот эффект позволяет создавать в волноводах фазовые решетки, которые могут использоваться как дифракционные элементы (¹). Из существующих технологий изготовления волнопроводов самое большое распространение получил метод диффузии титана в LiNbO_3 .

В то время как влияние примеси железа на оптическое повреждение и запись решеток в объеме кристалла ниобата лития относительно хорошо изучено (²), особенности фоторефракции в волноводных слоях изучены слабо. Поэтому изучение фоторефракции в этих волноводах с точки зрения как оптического повреждения, так и записи дифракционных решеток особенно интересно (³).

Целью этой работы является исследование влияния примеси железа, введенной в кристалл во время роста, на фоторефракцию в Ti-диффузных волноводах.

Исследовались пластинки У-среза из кристалла ниобата лития: номинально чистого фирмы Crystal Technology и легированного железом при росте 0,02 вес. % в шихте. Волноводы на LiNbO_3 получались термодиффузией слоя двуокиси титана (толщина указана в таблице) при температуре 1000° в кислороде в течение 5 ч.

Экспериментальная установка записи голограмм показана на рис. 1. Источником излучения для записи служил гелий-неоновый лазер с $\lambda = 0,633$ мкм. Возбуждение волновода и вывод из него осуществляли с помощью рутиловых призм. Пучки перекрывали в волноводе и создавали интерференционную картину. Фотодиодом регистрировали интенсивности предметного пучка и пучка дифрагированного (во время перекрывания одного из пучков затвором). Связь выходной призмы достаточно сильная, и поэтому предполагается, что измеряемая мощность соответствует мощности в волноводе. Средняя плотность мощности в волноводе (диаметр пучка 2,4 мм и эффективная толщина 1 мкм) приведена в таблице.

Для достижения наибольшей чувствительности и высокой эффективности считывания ось Z кристалла устанавливалась перпендикулярно интерференционным полосам решетки, а поляризация лазерного излучения выбиралась параллельно оси Z . Эти условия диктова-

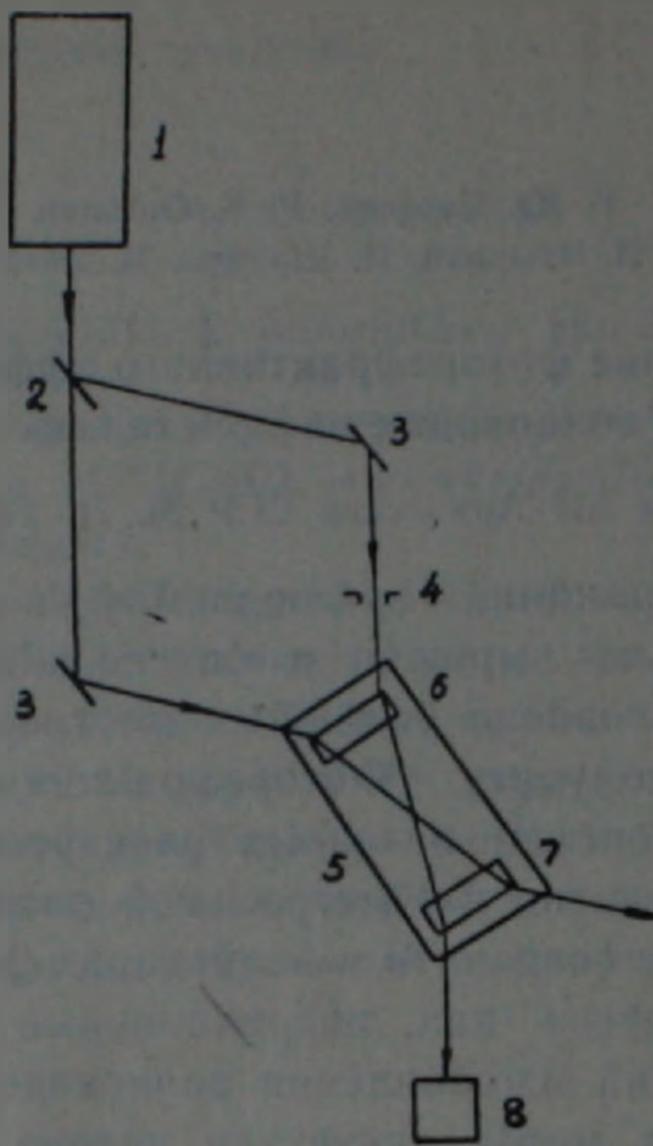


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1—лазер, 2—полупрозрачное зеркало; 3—100%-ное зеркало; 4—затвор; 5—пластинка с волноводом; 6—входная призма; 7—выходная призма; 8—фотодиод

ли использование ТЕ моды. На рис. 2 приведены начальные участки типичных графиков экспозиционных характеристик. Нижняя огибающая—зависимость дифракционной эффективности от экспозиции. Отклонение хода кривой от рассчитанной по теории связанных волн (⁴), т. е. недостижение максимумов 100% и минимумов 0%, может объясняться неравномерностью экспозиции в области взаимодействия пучков вследствие неоднородности распределения поля в волноводе. Резкий спад верхней кривой на рис. 2,б обусловлен самоусилением рассеянного фона в волноводе. Для иллюстрации этого рассеяния на рис.

Материал подложки	Толщина слоя, Å	Модовая структура	P , Вт/см ²	$\tau_{\text{макс.}} \%$	$\Delta n_e / W$, см ² /дж	$(\Delta n_e)_{\text{макс}}$
Номинально чистый	1000	2TE 2TM	$\approx 5,3$	53	$4,4 \cdot 10^{-9}$	—
Легированный железом 0,02% вес.	1200	2TE 1TM	≈ 1	35	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$\approx 10^{-3}$

3 приведены фотографии выходящего излучения, полученные при распространении одного пучка перпендикулярно оси Z в том же волноводе для различных экспозиций. Полученные из графиков (рис. 2) чувствительности $\Delta n_e/W$ (Δn_e соответствует первому максимуму и рас-

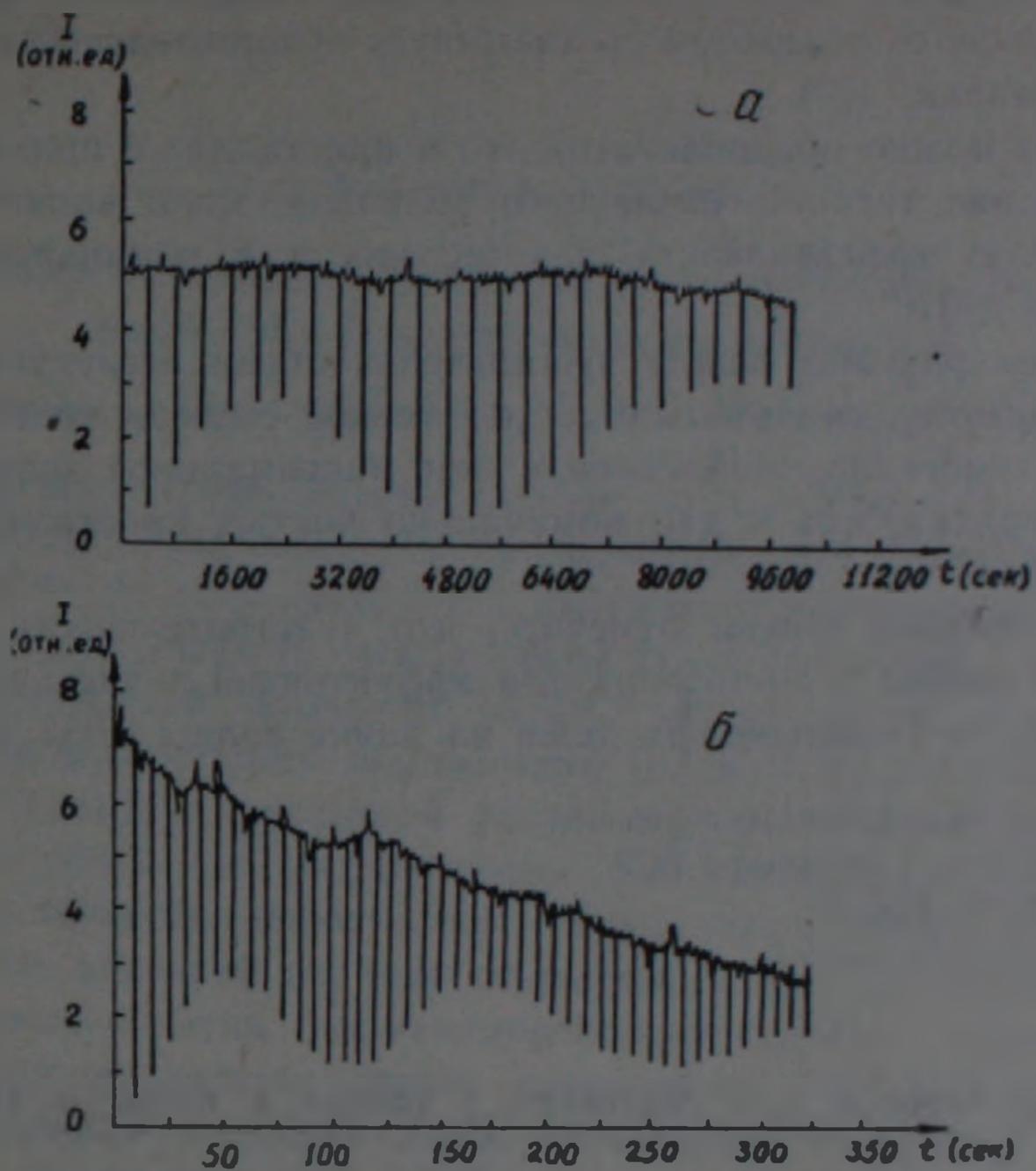


Рис. 2. Зависимость прошедшего (верхняя кр.) и дифрагированного (нижняя кр.) излучения от экспозиции: *а*—для чистого кристалла; *б*—для кристалла легированного железом

считано по теории связанных волн) и максимальные дифракционные эффективности приведены в таблице.

При больших экспозициях дифракционная эффективность для волновода, легированного железом, достигает насыщения после про-

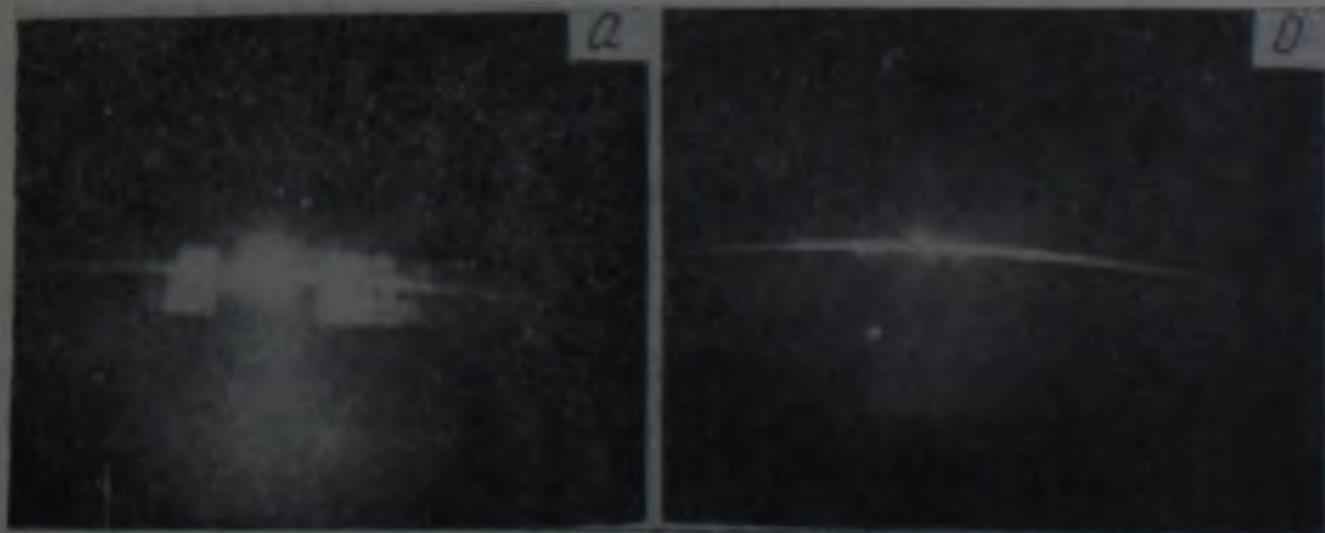


Рис. 3. Рассеяние излучения из выходной призмы: *а*—в начале экспозиции; *б*—после экспозиции

хождения порядка десяти минимумов, чем и определяется значение насыщения Δn_e (таблица).

Как и следовало ожидать, введение примеси железа в кристалл ниобата лития, на котором изготовлены волноводы, сильно увеличивает фоторефрактивную чувствительность. Полученная чувствительность в волноводе с железом соответствует чувствительностям в объемных кристаллах^(5,6).

Отсюда можно предположить, что в кристаллах с примесью железа присутствие титана, создающего волновод, мало влияет на фоторефрактивную эффективность, так же как и в номинально чистых кристаллах⁽³⁾.

Большая разница между чувствительностями исследуемых образцов, по-видимому, свидетельствует о высокой степени чистоты нелегированного кристалла. Найденное в нем максимальное значение Δn_e того же порядка, что и для номинально чистых кристаллов ниобата лития⁽⁷⁾.

В заключение можно отметить, что чувствительность кристалла с железом высока и достаточна для эффективной записи дифракционных решеток в Ti-волноводах даже на длине волны 0,633 мкм.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР
ИРЭ ЧСАН, Прага
Тесла—ИИТС, Прага

Վ. ՅԱՆԱՆՆԻ, ԿՈՉԷՆՆԻ, Ռ. Կ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Հ. ՉՏԻՐՈՎԻ, Ի. ՇՐԵՅՆԷՆԿՈ, Ի. ՅԱՆՏԱ

Ֆոտոռեֆրակցիայի էֆեկտի հետազոտությունը ալիֆատարներում, որոնք պատրաստված են $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ բյուրեղներում Ti-ի դիֆուզիայով

Աշխատանքում ուսումնասիրված է երկաթի խառնուրդի ազդեցությունը Ti-ով դիֆուզված ալիֆատարների ֆոտոռեֆրակցիայի վրա, երբ այն մտցվում է բյուրեղի աճման ընթացքում: Ցույց է տրված, որ երկաթի խառնուրդի առկայությունը LiNbO_3 բյուրեղում, որի վրա պատրաստված են ալիֆատարները, շատ է մեծացնում վերջիններիս ֆոտոռեֆրակցիոն զգայնությունը: Ընթացում է, որ երկաթի խառնուրդով բյուրեղներում ալիֆատար ստեղծող տիտանի առկայությունը քիչ է ազդում ֆոտոռեֆրակցիոն էֆեկտիվության վրա, ինչպես և շափավոր մաքուր բյուրեղներում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Van E. Wood, N. F. Hartman, C. M. Verber a. o., J. of Appl. Phys., vol. 46, №3 (1975). ² К. К. Шварц, В. И. Готлиб, Я. Ж. Кристансон, Оптические регистрирующие среды, Рига, 1976. ³ A. M. Glass, J. P. Kaminow, A. A. Ballman a. o., Appl. Opt., vol. 19, 276 (1980). ⁴ H. Kogelnik, Bell Syst. Tech. J., vol. 48, 2909 (1969). ⁵ Г. Курц, в кн.: Фотоника, Мир, М., 1978. ⁶ A. M. Glass, G. E. Peterson, N. B. S. Special Publication №372, Simposium of Damage in Laser Materials, Boulder, Col, 1972. ⁷ F. S. Chen, J. Appl. Phys., vol. 40, №8 (1969).