

07

©1994

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ФОТООТКЛИКА РЕВЕРСИВНЫХ ФОТОХРОМНЫХ СТЕКОЛ МЕТОДОМ ФАЗОМОДУЛИРОВАННЫХ ПУЧКОВ

Ю.О.Барменков, Н.М.Кожевников, М.Ю.Липовская

Сравнительно недавно для диагностики фоторефрактивного и фотохромного отклика нелинейных реверсивных оптических сред был предложен метод, основанный на измерении нестационарного энергообмена фазомодулированных (ФМ) когерентных световых пучков, обусловленного их дифракцией на динамических решетках в среде [1,2]. Основные преимущества этого метода заключаются в его высокой чувствительности, а также в возможности одновременной независимой регистрации как вещественной, так и мнимой компоненты нелинейной добавки к показателю преломления среды. Кроме того, метод ФМ пучков позволяет исследовать нелокальный фотоотклик среды, когда экстремумы интерференционной картины и динамической решетки пространственно рассогласованы [3]. Систематическое применение этого метода к экспериментальному исследованию слабонелинейных биологических сред [1,4-6] позволило изучить не только особенности протекания голографических процессов, но и получить важную информацию о природе фотоотклика и параметрах fotocувствительных молекул. В связи с этим представляется актуальным расширение области применения метода на другие реверсивные нелинейно-оптические среды, среди которых большой интерес привлекают к себе фотохромные стекла [7,8]. В настоящей работе применимость метода ФМ пучков к таким средам демонстрируется результатами экспериментального исследования стекла ФХС-4 [7,8].

Экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1, была смонтирована на массивной виброизолированной плите. Излучение одномодового He-Ne лазера 1 ЛГН-215 ($\lambda = 0.63$ мкм, мощность до 50 мВт) светоделительной пластинкой 2 разделялось на два пучка, которые зеркалами 3 и 4 сводились в объеме исследуемой среды 5. Зеркало 3 было наклеено на пьезоэлектрический модулятор 6, к которому подводилось синусоидальное напряжение с частотой $F = 1$ кГц. После прохождения среды 5 модули-

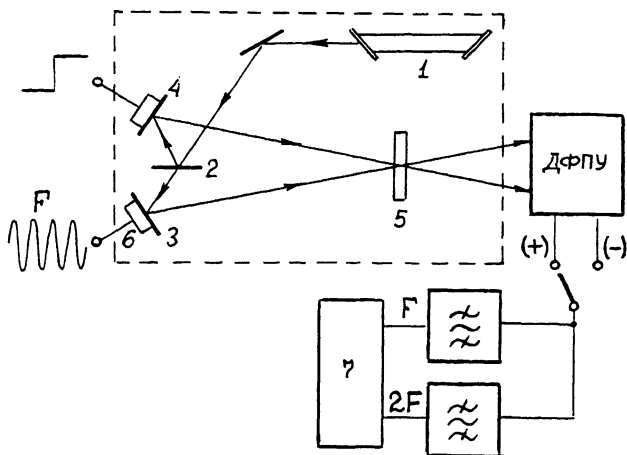


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки.

рованные по интенсивности пучки направлялись на двухканальное фотоприемное устройство (ДФПУ) на основе кремниевых фотодиодов ФД-256. Суммарный и разностный выходные сигналы ДФПУ селективно усиливались на частоте первой и второй гармоник модулирующей частоты F и измерялись двухканальным осциллографом 7.

Как показано в [9], по результатам измерения установившихся амплитуд первой U_F^\pm и второй U_{2F}^\pm гармоник суммарного (+) и разностного (-) сигналов можно определить значения амплитуд фазовой решетки $\Delta\varepsilon$ и решетки поглощения $\Delta\alpha$ вблизи входной грани исследуемого образца, а также угол $\Psi_{\varepsilon,\alpha}$ пространственного рассогласования интерференционной картины пучков и соответствующей решетки:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\sqrt{(U_F^-)^2 J_2^2(a) + (U_{2F}^-)^2 J_1^2(a)}}{4kU_0 J_0(a) J_1(a) J_2(a) T(z)}; \quad \Psi_\varepsilon = \frac{U_{2F}^- J_1(a)}{U_F^- J_2(a)}; \quad (1)$$

$$\Delta\alpha = \frac{\sqrt{(U_F^+)^2 J_1^2(a) + (U_{2F}^+)^2 J_2^2(a)}}{4kU_0 J_0(a) J_1(a) J_2(a) T(z)}; \quad \Psi_\alpha = \frac{U_{2F}^+ J_2(a)}{U_F^+ J_1(a)}; \quad (2)$$

где $k = 2\pi/\lambda$, λ — длина волны света, U_0 — постоянная составляющая выходного сигнала, соответствующая средней интенсивности I_0 каждого из пучков, $J_{0,1,2}(a)$ — функции Бесселя, a — амплитуда ФМ, $T(z) = \alpha^{-1} \exp(-\alpha z / \cos \theta) [1 - \exp(-\alpha z / \cos \theta)]$, α — коэффициент поглощения среды (по амплитуде), z — толщина образца, 2θ — угол

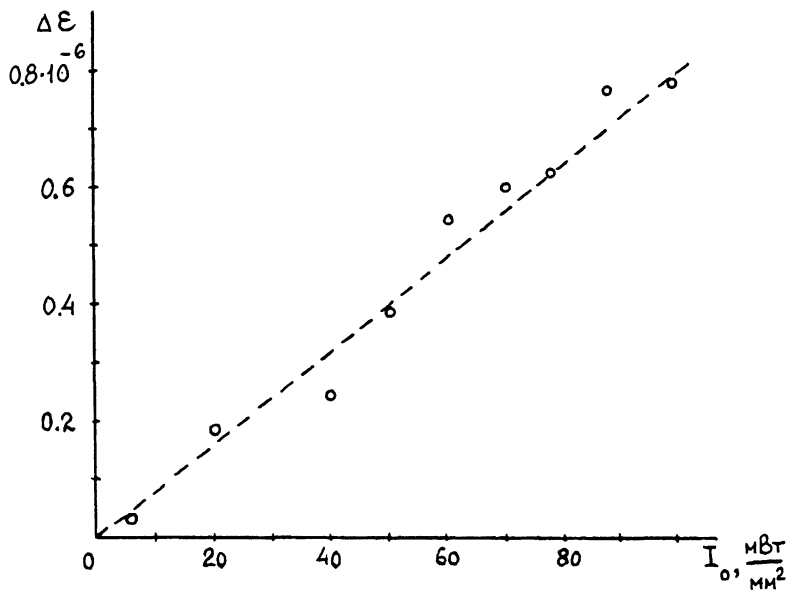


Рис. 2. Зависимость амплитуды фазовой решетки $\Delta \epsilon$ от интенсивности падающих пучков I_0 .

между пучками. В эксперименте обычно устанавливались следующие соотношения: $J_0(a)J_1(a) = 0.34$, $J_0(a)J_2(a) = 0.12$, $\cos \theta \approx 1$; $kT(z) \approx 5 \cdot 10^4$.

Как показали результаты экспериментального исследования фотохромного стекла ФХС-4, в установившемся режиме в разностном сигнале присутствует только первая, а в суммарном сигнале — только вторая гармоника модулирующей частоты F . Это означает, что в среде записывались фазовая $\Delta \epsilon$ и амплитудная $\Delta \alpha$ несмещенные решетки. Зависимость амплитуды фазовой решетки $\Delta \epsilon$ от интенсивности пучков I_0 , освещающих образец, показана на рис. 2. Линейный характер этой зависимости свидетельствует об отсутствии насыщения [10].

Нелинейный фотоотклик динамической среды можно характеризовать фоторефрактивным коэффициентом ξ , входящим в соотношение $\Delta \epsilon = \xi \tau I_0$, где τ — время релаксации фотоотклика. Для измерения τ применялся метод π -сдвига, заключающийся в ступенчатом смещении интерференционной картины пучков на половину пространственного периода решетки и измерении времени t_0 , в течение которого амплитуда первой гармоники выходного сигнала уменьшалась до нуля (с последующим увеличением до стационар-

ного значения). При этом $\tau = t_0/\ln 2$. Для исследованных образцов стекол экспериментально определенное таким образом время релаксации составило $\tau \sim (40 \pm 1)$ с. Тогда из зависимости $\Delta\epsilon(I_0)$ (рис. 2) имеем $\xi \sim 0.2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{мм}^2}{\text{мДж}}$.

Зависимость $\Delta\alpha(I_0)$ не коррелирована с $\Delta\epsilon(I_0)$ и при значительных интенсивностях I_0 имеет "спадающий" характер. Кроме того, при дополнительной подсветке образца излучением He-Cd лазера ($\lambda = 0.44$ мкм) амплитуда фазовой решетки не изменялась, в то время как решетка поглощения уменьшалась на порядок. Эти и другие обнаруженные закономерности поведения решеток в ФХС-4 требуют дальнейшего изучения.

Таким образом, в настоящей работе методом ФМ пучков впервые наблюдался локальный фоторефрактивный отклик в фотохромном стекле ФХС-4 и произведена оценка фоторефрактивной чувствительности этого стекла в отсутствие насыщения.

Список литературы

- [1] Gehrtz M., Pinsl J., Bräuchle Ch. // J. Appl. Phys. В. 1987. V. 43. P. 61-67.
- [2] Барменков Ю.О., Кожевников Н.М., Липовская М.Ю. // Оптика и спектроскопия. 1988. Т. 64. В. 1. С. 225-228.
- [3] Винецкий В.Л., Кухтарев Н.В., Одулов С.Г., Соскин М.С. // УФН. 1979. Т. 129. В. 1. С. 113-137.
- [4] Барменков Ю.О., Кожевников Н.М. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 1. С. 65-69.
- [5] Барменков Ю.О., Кожевников Н.М. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 7. С. 121-125.
- [6] Zaitsev S.Yu., Kozhevnikov N.M., Barmenkov Yu.O., Lipovskaya M.Yu. // Photochem. & Photobiol. 1992. V. 55. N 6. P. 851-856.
- [7] Набойкин Ю.В., Огурцова Л.А., Пышкин О.Н., Цехомский В.А. // Физика и химия стекла. 1981. Т. 7. В. 4. С. 451-456.
- [8] Глебов Л.Б., Никоноров Н.В., Петровский Г.Т. // ДАН СССР. 1985. Т. 280. В. 5. С. 1110-1114.
- [9] Kozhevnikov N.M. // Proc. SPIE. 1991. V. 1507. P. 509-516.
- [10] Барменков Ю.О., Кожевников Н.М. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 7. С. 116-121.

Санкт-петербургский
государственный технический
университет

Поступило в Редакцию
23 ноября 1993 г.