ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXXVII 1983 4

УДК 621.378.325

ФИЗИКА

П. С. Погосян, В. Г. Симонян, А. М. Хачатрян

Влияние тепловой самофокусировки на временные характеристики ОКУ

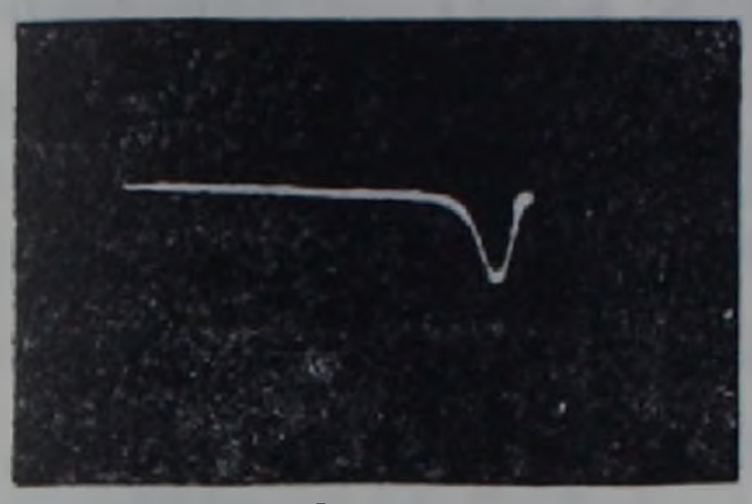
(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 1/III 1983)

1. Исследованию нестационарной самофокусировки посвящено большое количество работ ([1-3]). В работах ([4-6]) для анализа экспериментальных результатов по самофокусировке использован тепловой механизм. Имеется также ряд работ, посвященных влиянию самофокусировки на процесс усиления пикосекундных импульсов в неодимовом стекле ([7,8]), в которых установлено, что самофокусировка приводит как к уширению спектра усиливаемого импульса, так и к искажению его волнового фронта, в результате чего изменяется и его временная форма. Однако представляет интерес также исследование влияния самофокусировки на временные характеристики оптических квантовых усилителей (ОКУ) и генераторов, работающих в режимах свободной генерации и модуляции добротности. В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований временных характеристик мощных наносекундных импульсов при прохождении через рубиновые кристаллы.

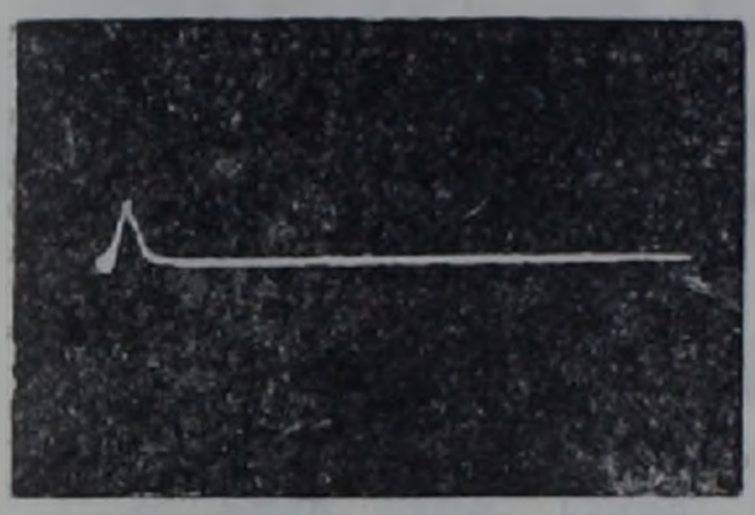
2. Экспериментальная установка аналогична приведенной в ([9]). Излучение рубинового лазера, энергию которого можно было менять нейтральными светофильтрами, фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 80 мм в исследуемый образец рубина. Лазер работал в моноимпульсном режиме. Селекция поперечных типов колебаний производилась диафрагмой диаметром 1—1,2 мм, которая помещалась между торцом рубина и выходным зеркалом. Контроль длительности и формы импульсов излучения производился системой, состоящей из коаксиального фотоэлемента типа ФЭК-09 и скоростного осциллографа С7—10А. Импульсы фотографировались с экрана осциллографа на фотопленку РФ-3. Длительность импульса на полувысоте интенсивности составляла 20 нс. Контроль энергии ОКГ осуществлялся стандартным измерителем мощности ИМО-2. Контроль за энергией, формой и длительностью импульса производился одновременно. Исследовались форма и длительность импульса ОКГ до и после прохождения рубиновых образцов. Осциллограммы соответствующих импульсов показаны на рис. 1.

3. Возможными механизмами сужения импульсов в нелинейной среде могут быть резонансное насыщение нелинейности, нелинейное поглощение и тепловая самофокусировка. Оценки, проведенные для

величины сужения импульса из-за механизмов насыщения резонансной нелинейности и нелинейного поглощения, показали, что эти механизмы не могут привести к столь значительному сужению, наблюдаемому в наших экспериментах. Кроме того нами был проведен контрольный эксперимент для выяснения роли нелинейного резонансного поглощения. Известно, что с рубиновыми кристаллами с перпен-



а



б

Рис. 1. Осциллограммы импульсов падающего и проходящего излучений: *а*—импульс падающего излучения с длительностью 20 нс; *б*—импульс проходящего излучения

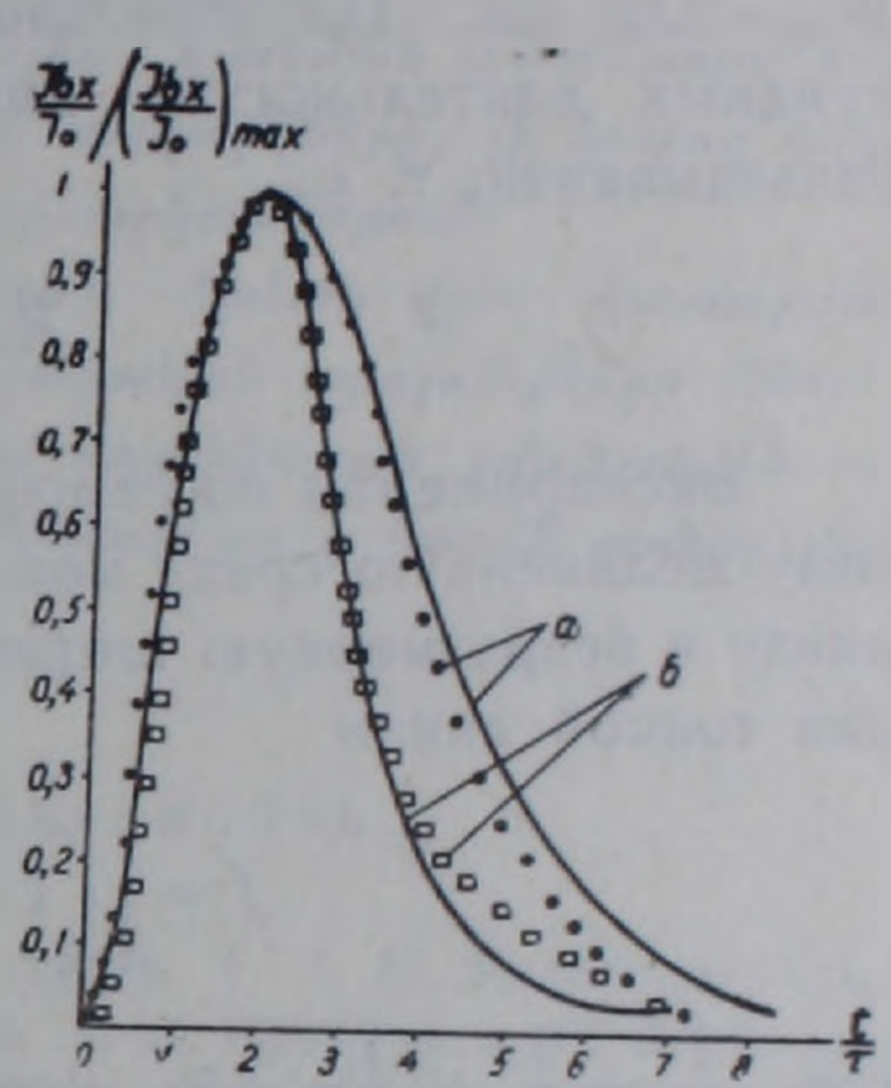


Рис. 2. Огибающие входного (*а*) и проходящего (*б*) импульсов: сплошные кривые—расчетные; точки—измеренные значения

дикулярной ориентацией оптической оси относительно геометрической резонансно взаимодействует только обыкновенная волна. Таким образом, пропуская излучения через такие рубиновые образцы в одном случае параллельно, в другом—перпендикулярно оптической оси, мы могли судить о роли просветления (резонансного поглощения). Такие исследования показали, что формы импульсов и их длительности в пределах точности измерений в обоих случаях совпадают.

Проведен также расчет изменения формы сходящегося лазерного пучка при прохождении через рубиновые образцы. В этом случае, как показано в работе ([10]), нелинейную среду можно представить как нестационарную тепловую линзу с фокусным расстоянием

$$R_{нл}\left(t-\frac{z}{v}\right)=\frac{R_g^2 W_{кр}}{l\,W_0\left(t-\frac{z}{v}\right)},$$

где $R_g=\frac{ka_0^2}{2}$ —дифракционная длина пучка (a_0—радиус пучка); l—длина образца; $W_0\left(t-\frac{z}{v}\right)=\int\limits_{-\infty}^{t-z/v}P_0(t')dt'$, где $P_0(t)$—мощность пучка

на входе в среду (огибающая импульса); $W_{кр}$—критическая энергия, равная в этом случае теплового механизма нелинейности

$$W_{кр} = \frac{\lambda^2 \rho c_p}{dn/dT n_0 \beta},$$

где λ, ρc_p, n_0, β—соответственно длина волны, теплоемкость, показатель преломления и коэффициент поглощения; dn/dT—температурный градиент показателя преломления. В условиях нашего эксперимента $W_{кр}$—0,01 дж. Для использованных образцов (длина 8 см) и наносекундных длительностей импульсов можно пренебречь эффектами запаздывания, т. е.

$$R_{нл} = \frac{R_g^2 W_{кр}}{l W_0(t)}.$$

Эксперименты по самофокусировке показали, что $R_{нл} \sim 2$ м, поэтому нелинейную среду можно рассматривать как тонкую нелинейную линзу и безразмерную ширину пучка рассчитывать по формуле ([10]) для тонкой линзы

$$f = \left[\left(1 - \frac{z}{R}\right)^2 + \frac{z^2}{R_g^2}\right]^{1/2},$$

где $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_л} + \frac{1}{R_{нл}}$ ($R_л$—фокусное расстояние линейной линзы (8 см)).

Интенсивность на оси пучка определяется формулой

$$I(t) = I_0(t)/f^2,$$

где $I_0(t)$—огибающая входного импульса, форму которой в нашем случае можно аппроксимировать следующей зависимостью:

$$I_0(t) = I_0(t/\tau)^2 e^{-t/\tau}.$$

На рис. 2 приведены расчетные и экспериментальные кривые входного и выходного импульсов. Сравнение импульсов показывает, что происходит сужение импульса в 1,5 раза, что хорошо согласуется с экспериментом. Кроме того происходит также изменение формы импульса. Передний фронт почти не изменяется, а задний становится более пологим. Это является косвенным доказательством теплового механизма самофокусировки, для которой критическим параметром является энергия пучка, а не мощность.

Таким образом, исследования показали, что в расчетах экспериментов с ОКУ, работающими в режимах свободной генерации и модулированной добротности, необходимо учитывать также влияние тепловой самофокусировки на изменение временной формы импульса.

Авторы признательны академику АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляну за ценные обсуждения.

Ереванский государственный университет

Պ. Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Վ. Գ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Ա. Մ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

Ջերմային ինքնաֆոկուսացման ազդեցությունը ՕՔՈՒ-երի ժամանակային բնութագրերի վրա

Աշխատանքում բերվում են հզոր նանովայրկյանային իմպուլսների էքսպերիմենտալ բնութագրերի արդյունքները սուտակի բյուրեղով անցնելիս։ Ինքնաֆոկուսացման հետ միասին դիտվում են իմպուլսի ժամանակային տեսքի փոփոխություն և նրա տևողության զգալի նեղացում։

Ռեզոնանսային ոչգծայնության և ոչ գծային կլանման պատճառով իմպուլսի նեղացումը, ինչպես ցույց են տալիս հաշվարկները, չի կարող այդքան զգալի լինել, որքան նկատված է մեր փորձարկումներում։

Ինքնաֆոկուսացման ջերմային մեխանիզմի հիման վրա կատարված հաշվարկները լավ համաձայնվում են փորձարարական արդյունքների հետ։

Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ օպտիկական քվանտային ուժեղացուցիչների աշխատանքը վերլուծելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել ջերմային ինքնաֆոկուսացման երևույթը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Y. R. Shen*, Prog. Quant. Electr., v. 4, p. 1 (1975). [2] *J. H. Marburger*, Prog. Quant. Electr., v. 4, p. 35 (1975). [3] *С. А. Ахманов, А. П. Сухоруков, Р. В. Хохлов*, Laser Handbook, 2, North Holland, p. 1151 (1972). [4] *Г. М. Зверев, Е. А. Левчук, Е. К. Малдутис*, ЖЭТФ, т. 58, с. 1487 (1970). [5] *Г. М. Зверев, Е. А. Левчук, Е. К. Малдутис* и др., Письма ЖЭТФ, т. 11, с. 177 (1970). [6] *Н. В. Карлов, Г. Р. Кузьмин, А. М. Прохоров*, Письма ЖЭТФ, т. 11, с. 177 (1970). [7] *R. R. Alfano, S. L. Shapiro*, Phys. Rev. Lett., 24, 1217 (1970). [8] *Н. Г. Бондаренко, И. В. Еремина, В. В. Таланов*, Письма ЖЭТФ, т. 12, с. 125 (1970). [9] *П. С. Погосян, В. Г. Симонян*, ДАН АрмССР, т. 65, №5, 284 (1977). [10] *В. И. Леденев, А. П. Сухоруков, А. М. Хачатрян*, Квантовая электроника, т. 2 (8), с. 90 (1972).