

УДК 621.373.826

ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВЫРОЖДЕННОМ ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В КРИСТАЛЛЕ ИСГГ:Cr⁴⁺

Г. А. Буфетова, И. В. Климов, Д. А. Николаев, В. Б. Цветков, И. А. Щербаков

Экспериментально реализовано обращение волнового фронта при четырехволновом взаимодействии в кристалле ИСГГ:Cr⁴⁺. Коэффициент отражения ОВФ-зеркала составлял ~ 0,15% при качестве обращения не менее 0,9.

В последнее время большое число публикаций посвящено исследованию генерационных характеристик различных твердотельных сред активированных ионами четырехвалентного хрома Cr⁴⁺ и возможностям их использования в качестве пассивных лазерных модуляторов добротности. Вместе с тем, широкие полосы резонансного поглощения и относительно малая величина интенсивности насыщения поглощения, присущие Cr⁴⁺, обуславливают перспективу использования данных типов нелинейных сред для целей ОВФ излучения импульсных лазеров средней и малой мощности ближнего ИК диапазона. В работе [1] сообщалось о реализации ОВФ при вырожденном четырехволновом взаимодействии (ЧВВ) в кристалле ГСГГ:Cr⁴⁺ с максимальным коэффициентом отражения $\simeq 0,6\%$. В настоящей работе приводятся результаты исследований параметров ОВФ-ЧВВ в кристалле ИСГГ:Cr⁴⁺, помещенном в резонаторе лазера, когда опорные волны являются внутрирезонаторными, а сигнальная – выходящей из лазера [2].

Принципиальная схема эксперимента приведена на рис. 1. ЧВВ – активная среда 1 (кристалл ИСГГ:Cr⁴⁺ $\varnothing 6,8 \times 28$ мм) устанавливалась в резонатор одномодового лазера и одновременно служила пассивным модулятором добротности. Начальное пропускание среды составляло 29% ($\alpha_0 \simeq 0,44$ см⁻¹) и увеличивалось до 70% ($\alpha \simeq 0,13$ см⁻¹) при плотности энергии лазерного излучения $\simeq 0,7$ Дж/см². Импульсы генерации имели длительность 35 нс по уровню 0,5. Плотность энергии насыщения поглощения составляла 0,08 Дж/см². Резонатор лазера длиной 60 см был образован глухим зеркалом 6

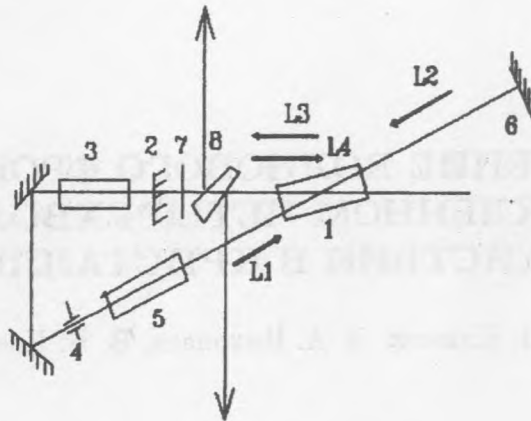


Рис. 1. Оптическая схема экспериментальной установки. 1 – нелинейная среда ИСГГ: Cr^{4+} ; 2, 6 – зеркала резонатора; 3 – активный элемент; 4 – диафрагма; 5 – вспомогательный модулятор добротности; 7 – сменные нейтральные светофильтры; 8 – светоделительная пластинка.

и выходным зеркалом 2. В ходе работ использовались выходные зеркала с коэффициентами отражения 18%, 35%, 55% или 68%. В качестве активного элемента лазера 3 использовался кристалл $YAlO_3:Nd$. Ориентация активного элемента была такова, что лазерное излучение имело поляризацию, ортогональную плоскости рис. 1. Для селекции одночастотного режима генерации моды TEM_{00} в резонатор лазера устанавливались дополнительные диафрагма 4 с отверстием диаметром 1,5 мм и пассивный модулятор добротности ИСГГ: Cr^{4+} 5. Начальное пропускание дополнительного модулятора составляло 57% ($\alpha_0 \sim 0,15 \text{ см}^{-1}$) и возрастало до $\simeq 90\%$ ($\alpha \sim 0,03 \text{ см}^{-1}$) при плотности энергии излучения $0,7 \text{ Дж/см}^2$. Все отражающие грани внутрирезонаторных оптических элементов имели просветляющие покрытия. Работа велась при частоте повторения импульсов генерации 5 и 10 Гц.

Одномодовые опорные пучки четырехволнового взаимодействия L1 и L2 являлись внутрирезонаторными, что обеспечивало высокую степень их фазовой сопряженности. Выходящий из резонатора лазера пучок L4 служил сигнальным. Использование выходных резонаторных зеркал с различными коэффициентами отражения и сменных нейтральных светофильтров 7 позволяло варьировать в широких пределах соотношение интенсивностей сигнальной и опорных волн. Угол между направлениями распростра-

нения сигнальной и опорной (L1) волн составлял $\sim 4^\circ$.

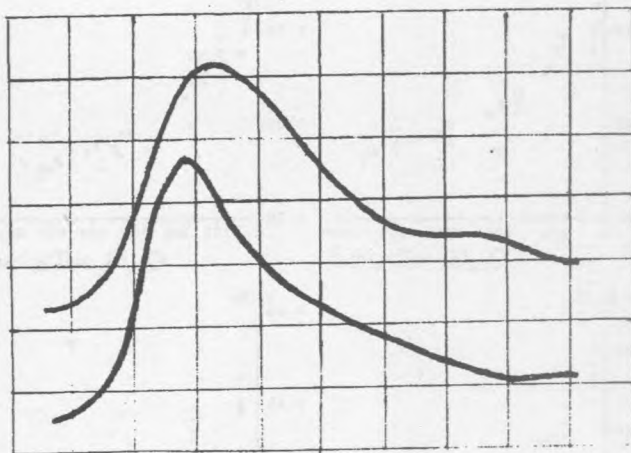


Рис. 2. Оциллограммы импульсов лазерного (верхний сигнал) и отраженного (нижний сигнал) излучения. Цена деления осциллографа 10 нс.

В направлении, обратном по отношению к направлению распространения сигнальной волны, наблюдался пучок L3 с поперечным распределением интенсивности, близким к одномодовому. Оциллограммы импульсов приведены на рис. 2. Временное разрешение регистрирующих систем составляло ~ 1 нс.

Экспериментально исследовалась зависимость коэффициента отражения ОВФ-зеркала R (отношение энергий волн L3 и L4) от плотности энергии сигнальной волны при различных значениях коэффициентов отражения выходного резонаторного зеркала. Результаты этих исследований представлены на рис. 3. Плотности энергии опорных волн L1 при этом составляли $0,5 \text{ Дж/см}^2$ (а), $0,7 \text{ Дж/см}^2$ (б), $0,9 \text{ Дж/см}^2$ (в) и $1,4 \text{ Дж/см}^2$ (г). Максимально достигнутая величина коэффициента отражения ОВФ-зеркала оказалась равной $\simeq 0,15\%$. К сожалению, чувствительность регистрирующих фотодиодов (ФД-24К) не позволяла работать в области меньших энергий сигнальной волны, где наблюдался рост коэффициента отражения. В случае использования в качестве ЧВВ-нелинейной среды кристалла ИСГГ:Cr⁴⁺ с большим начальным пропусканием 57% (в этом случае оба кристалла (1 и 5 на рис. 1) менялись местами) максимально достигнутый коэффициент отражения ОВФ-зеркала был примерно в два раза меньше

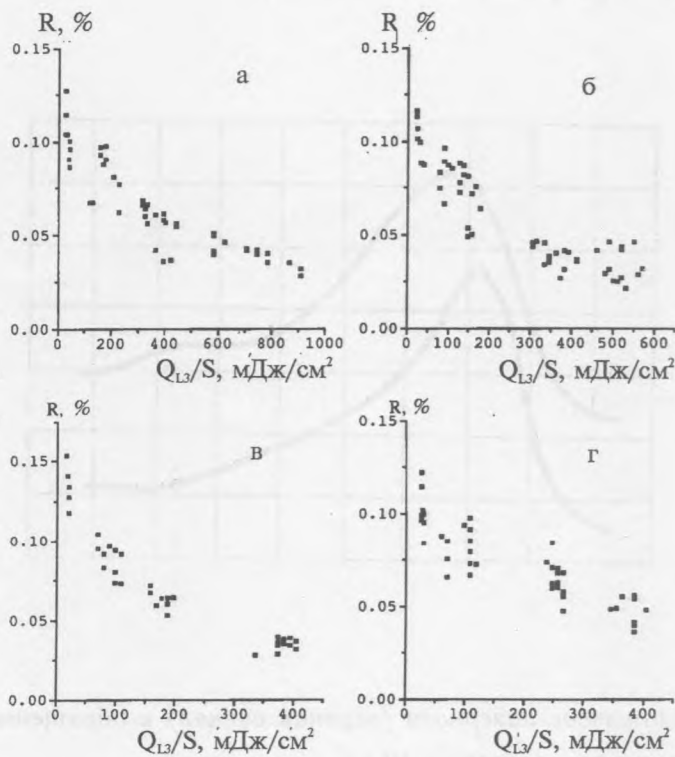


Рис. 3. Зависимости коэффициента отражения ОВФ-зеркала от плотности энергии Q/S сигнальной волны при различных значениях коэффициента отражения выходного резонаторного зеркала: (а) 18%; (б) 35%; (в) 55%; (г) 68%.

и составлял $\approx 0,07\%$. Этот факт свидетельствует о наличии концентрационной зависимости коэффициента отражения в данном диапазоне и возможности его дальнейшего увеличения за счет увеличения концентрации ионов Cr^{4+} в кристалле.

Экспериментально исследовалось качество обращения. С этой целью между стеклянной светоделительной пластиной (8 на рис. 1) и ЧВВ-активной средой устанавливалась стеклянная травленая фазовая пластинка, увеличивающая расходимость сигнального пучка в 1,6 раза на один проход. Угловая структура обращенного пучка L3 исследовалась после обратного прохода фазовой пластинки путем измерения поперечного распределения интенсивности в фокальной плоскости линзы $f = 80$ см. Расходимость пучка L3 составила $0,75$ мрад, что соответствовало расходимости одномодового сигнального пучка L4. Сопоставление угловых распределений интенсивности в обоих пучках

показало, что качество обращения составляло не менее 0,9.

Работа выполнена при поддержке фонда Фольксваген, Германия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Brignon A., Huignard J.-P. Optics Communications, **110**, 717 (1994).
- [2] Басиев Т.Т., Зверев П.Г., Мирон С.Б., Пал С. Материалы II Всесоюзной конференции "Обращение волнового фронта лазерного излучения в нелинейных средах", Минск, ИФ АН БССР, 1990, с. 21.

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 17 февраля 1995 г.