

Физика оптических квантовых генераторов

УДК 621.381.41

В. В. АНЦИФЕРОВ, Н. М. ДЕРЖИ, В. С. ПИВЦОВ,  
В. Д. УГОЖАЕВ, К. Г. ФОЛИН  
(Новосибирск)

СЕЛЕКЦИЯ  
И ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ РУБИНОВОГО ЛАЗЕРА  
В РЕЖИМЕ ГИГАНТСКОГО ИМПУЛЬСА

Для ряда применений требуются рубиновые лазеры в режиме активной модуляции добротности с узким и по возможности плавно перестраиваемым спектром излучения. В режиме пассивной модуляции добротности перестройка частоты достигнута с помощью резонансного отражателя (РО) при изменении его длины [1] либо температуры [2]. Максимальная перестройка на  $1,1 \text{ \AA}$  при воспроизводимости спектра в  $0,1 \text{ \AA}$  получена авторами [1]. Дальнейшее увеличение диапазона перестройки при сохранении высокой воспроизводимости спектра излучения с использованием РО принципиально ограничено необходимостью увеличивать область дисперсии РО; при этом резко падают его селективные свойства. Очевидно, что применение этого метода в случае активной модуляции добротности будет еще менее эффективно.

В предлагаемой работе для получения одночастотной, плавно перестраиваемой генерации ОКГ с активной модуляцией добротности использован метод сверхрегенеративного усиления (СУ), предложенный и экспериментально осуществленный авторами [3]. В качестве задающего использовался одночастотный, плавно перестраиваемый, беспычковый рубиновый ОКГ, описанный в [4].

Ниже приводятся результаты исследования трехзеркального и четырехзеркального вариантов СУ. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1, а, б. В задающем ОКГ (ОКГ<sub>1</sub>) использовался серийный кристалл рубина с сапфировыми наконечниками длиной 12 (18) см и диаметром 7 мм. Внутри резонатора, оптическая длина которого составляла 160 см, помещались диафрагмы диаметром 1,4 мм. Селекция в сочетании с методом компенсируемой фазовой модуляции [5] позволили получить квазинепрерывный режим генерации с шириной спектра  $3 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$  и плавной перестройкой частоты в пределах  $4,9 \text{ \AA}$ . Селектором служил эталон Фабри — Перо с областью дисперсии  $8 \text{ \AA}$  и коэффициентами отражения зеркал 88%.

Активным элементом ОКГ<sub>2</sub> служил кристалл рубина в сапфировой оболочке длиной 12 см и диаметром 7 (9) мм. Модуляция добротности осуществлялась ячейкой Поккельса. Оптическая длина резонатора ОКГ<sub>2</sub> составляла 60 см.

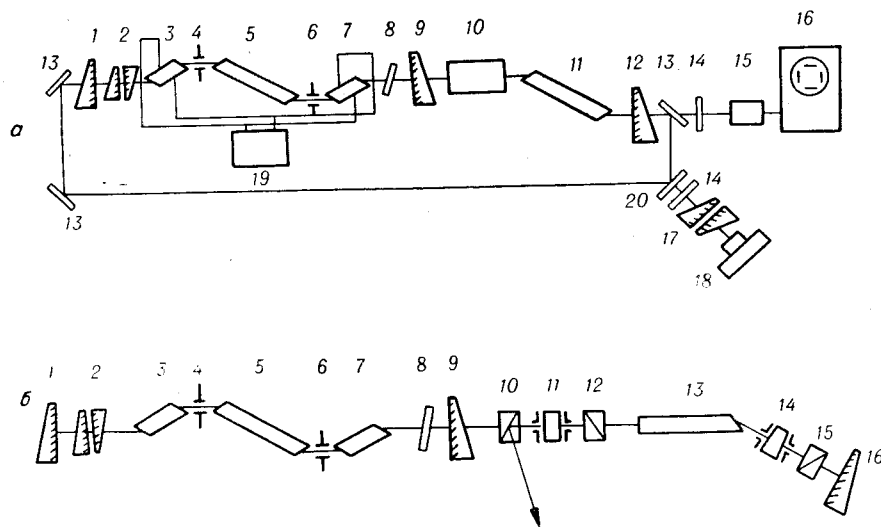


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

*a* — трехзеркальный вариант: 1, 9, 12 — зеркала ОКГ<sub>1</sub> и ОКГ<sub>2</sub> с коэффициентами отражения:  $R_1=92\%$ ,  $R_9=98\%$ ,  $R_{12}=30\%$ ; 2 — селектор; 3, 7 — фазовые модуляторы; 4, 6 — диафрагмы диаметром 1,4 мм; 5, 11 — кристаллы рубина; 8 — фильтр КС-14; 10 — электрооптический затвор; 13 — стеклянные пластинки; 14 — фильтры; 15 — фотоэлемент ФЭК-15; 16 — осциллограф И2-7; 17 — регистрируемый эталон Фабри — Перо; 18 — фотоаппарат; 19 — генератор модулирующего напряжения; 20 — матовая пластинка;

*б* — четырехзеркальный вариант: 1, 9 — зеркала задающего лазера ОКГ<sub>1</sub>; 5, 13 — активные стержни; 10, 12, 15 — призмы Глана; 11, 14 — ячейки Поккельса; 16 — плотное зеркало ОКГ<sub>2</sub>.

Принцип действия схемы состоит в том, что поступающее в резонатор ОКГ<sub>2</sub> после включения его добротности излучение ОКГ<sub>1</sub> инициирует генерацию гигантского импульса на своей частоте.

Регистрация излучения осуществлялась с помощью фотоэлемента ФЭК-15, осциллографа И2-7 и эталона Фабри — Перо с предельным разрешением  $2 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$ .

На рис. 2 приведены осциллограмма гигантского импульса (*a*) и интерферограмма спектров излучения совместно ОКГ<sub>1</sub> и ОКГ<sub>2</sub> (*б*) для трехзеркальной схемы, когда имел место захват частоты. На рис. 3, *a*, *б* приведены аналогичные снимки для случая, когда на краю области перестройки захвата частоты не происходило. Видно, что при захвате частоты ОКГ<sub>2</sub> генерирует раздвоенный импульс, что, по-видимому, объясняется следующим. В процессе нелинейного развития гигантского импульса в ОКГ<sub>2</sub> происходит накопление энергии в резонаторе ОКГ<sub>1</sub>;

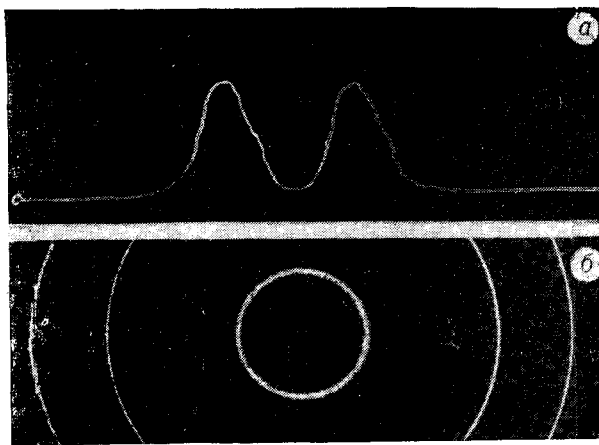


Рис. 2. Осциллограмма гигантского импульса ОКГ<sub>2</sub> (*a*) и интерферограмма спектров излучения совместно ОКГ<sub>1</sub> и ОКГ<sub>2</sub> (область дисперсии эталона Фабри — Перо 4  $\text{\AA}$ ) в случае захвата частоты (*б*).

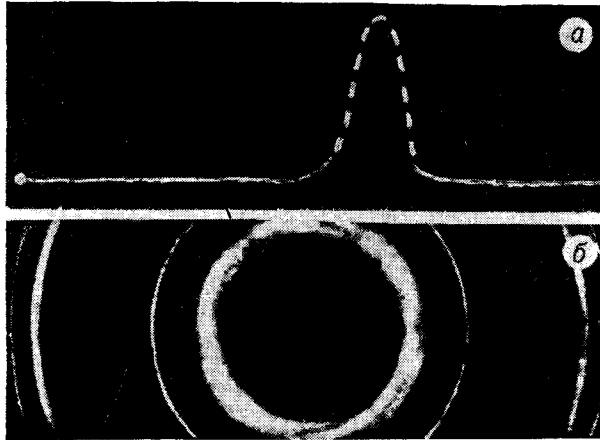


Рис. 3. Осциллограмма гигантского импульса ОКГ<sub>2</sub> (а) и интерферограмма спектров излучения совместно ОКГ<sub>1</sub> и ОКГ<sub>2</sub> (область дисперсии эталона Фабри — Перо 4 Å) без захвата частоты (б).

при этом коэффициент отражения одного из зеркал ОКГ<sub>2</sub>, которым фактически является регенерированный резонатор ОКГ<sub>1</sub>, уменьшается. Это приводит к затягиванию длительности гигантского импульса и к его раздвоению. Последнее, видимо, обусловлено тем, что в ОКГ<sub>2</sub> из-за такого увеличения потерь в какой-то момент перестают выполняться пороговые условия, в то время как запасенная инверсия еще не полностью снята.

На рис. 4, а показана интерферограмма спектра гигантского импульса, снятая на эталоне Фабри — Перо с областью дисперсии 0,08 Å. Ширина спектра равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Å (инструментальная ширина измерительного эталона), его воспроизводимость определяется воспроизводимостью задающего ОКГ<sub>1</sub>, которая составляла величину такого же порядка. Рис. 4, б иллюстрирует диапазон перестройки частоты. Приведенные для различных углов наклона селектора (см. 2 на рис. 1) интерферограммы получены с помощью эталона Фабри — Перо с областью дисперсии 2,5 Å. Величина перестройки в трехзеркальном варианте составляла 1,8 Å и ограничивалась достигавшимся в экспери-

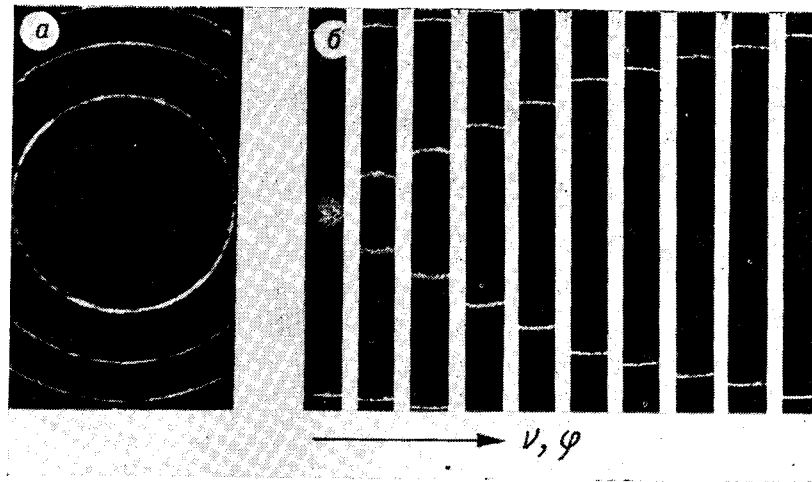


Рис. 4. Интерферограмма спектра излучения ОКГ<sub>2</sub> в случае захвата частоты (объектив МТО-1000) (а); интерферограммы спектра излучения ОКГ<sub>2</sub> в случае захвата частоты при различных углах наклона селектора 2 (б).

менте уровнем превышения пороговой накачки (до полуторакратного). Мощность гигантского импульса при этом составляла приблизительно 1 МВт. Дальнейшее ее увеличение приводило к разрушению зеркал задающего ОКГ под действием гигантского импульса (поскольку  $R_1 \approx R_2 > 90\%$ , резонатор задающего лазера имеет высокую добротность, и в процессе развития гигантского импульса в нем возбуждается волна большой мощности).

Можно отметить, что возникающая в этом случае возможность регулировки длительности гигантского импульса путем изменения параметров резонатора задающего лазера может оказаться полезной для некоторых применений.

Для получения больших выходных мощностей и увеличения диапазона перестройки, который, очевидно, зависит от величины превышения порога второго лазера, была использована четырехзеркальная схема СУ с электрооптической развязкой (см. рис. 1, б). Излучение во второй лазер вводилось через выходное (для гигантского импульса) зеркало, в качестве которого использовался торец активного стержня. Развязывающий электрооптический затвор (10 и 12 — призмы Глана; 11 — ячейка Погкельса) включался на пропускание до включения модулятора добротности (элементы 14 и 15) и закрывался через 50 нс после его включения (50 нс — минимальное время линейного развития гигантского импульса). В такой схеме диапазон плавной перестройки частоты гигантского импульса (вывод последнего осуществлялся через боковую поверхность призмы Глана; см. 10 на рис. 1, б) достигал величины 2,5 Å при мощности 10 МВт. Воспроизводимость и ширина линии аналогичны таковым для трехзеркального варианта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Рубинов, В. И. Николаев. Стабилизация и управление спектром моноимпульсного излучения рубинового лазера.— Докл. АН БССР, 1970, т. 14.
2. R. M. Schotland. A Mode Controlled Q-switched Tuneable Ruby Laser.— Appl. Opt., 1970, v. 9, № 5.
3. А. Н. Бондаренко, К. Г. Фолин, В. С. Смирнов, В. В. Анциферов. Генерация ОКГ на рубине с моделируемой добротностью под действием внешнего сигнала.— ЖЭТФ, Письма, 1967, т. 6, № 6.
4. В. В. Анциферов, В. С. Пивцов, В. Д. Угожаев, К. Г. Фолин. Беспичковая генерация рубинового лазера с селекцией и перестройкой частоты.— Оптика и спектроскопия, 1972, т. 32, № 6.
5. В. В. Анциферов, Г. В. Кривошеков, К. Г. Фолин. Об одном методе сужения спектра излучения ОКГ на рубине.— ИВУЗ, Радиофизика, 1967, т. 10, № 6.

Поступила в редакцию  
9 марта 1972 г.