

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.378.325

В. В. АНЦИФЕРОВ, А. М. ИСКОЛЬДСКИЙ, А. С. КУЧЬЯНОВ,  
В. Д. УГОЖАЕВ, К. Г. ФОЛИН  
(Новосибирск)

МОЩНЫЙ ОДНОЧАСТОТНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ РУБИНОВЫЙ ЛАЗЕР  
С ПЛАВНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

Для того чтобы в схеме сверхрегенеративного усиления [1] устранить воздействие гигантского импульса исполняющего лазера на задающий без применения развязывающего устройства между ними, в исполняющем лазере в данной работе был использован кольцевой резонатор. При этом получен не только «захват» генерации исполняющего лазера по частоте, но и «захват» по направлению, что позволяет существенно повысить выходную мощность излучения гигантского импульса.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Кольцевой резонатор образован четырьмя призмами, причем ввод и вывод излучения осуществлялся через грань призмы с нарушенным полным внутренним отражением, имевшей пропускание  $\approx 30\%$ . Модуляция добротности производилась электрооптическим затвором, пассивным фильтром или их сочетанием. В качестве активных элементов использовались серийные стержни рубина с сапфировыми наконечниками  $\varnothing 8 \times 120/180$  мм<sup>3</sup>. Длина резонатора составляла 2,5 м, а диаметр его апертуры — 4 мм. Спектр выходного излучения анализировался при помощи эталона Фабри — Перо с областью дисперсии 0,016 Å и коэффициентами отражения зеркал 0,90 (спектральное разрешение эталона  $6 \cdot 10^{-4}$  Å). Распределение интенсивности регистрировалось электронно-оптическим регистратором типа «Канал» с временным разрешением  $\sim 10^{-10}$  с, который запускался сигналом от коаксиального фотоэлемента ФЭК-14. Соотношение интенсивностей прямой и обратной волн регистрировалось на осциллографе И2-7 с помощью фотоэлементов ФК-2. Оба сигнала подавались на общий вход, и для взаимного смещения их во времени импульс от фотоэлемента, регистрирующего обратную волну, задерживался на 100 нс. В качестве «задающего» лазера использовался одномодовый квазинепрерывный рубиновый лазер с перестраиваемой частотой излучения [2].

Когда излучение от задающего лазера не поступало в резонатор исполняющего, последний генерировал одновременно две встречные волны приблизительно равной амплитуды (рис. 2, а). При введении внешнего сигнала генерация гигантского импульса «захватывалась» по направлению — обратная волна практически полностью отсутствовала (см. рис. 2, б). Следовательно, в кольцевом лазере с активной модуляцией добротности осуществлен режим бегущей волны без применения вентиляльных устройств. При этом одновременно происходил «захват» частоты излучения задающего лазера. Ширина спектра гигантского импульса в пределах всего диапазона перестройки ( $\sim 3$  Å) составила величину  $6 \cdot 10^{-4}$  Å, что соответствует пределу разрешения эталона Фабри — Перо (см. рис. 1). На рис. 3, а приведена интерферограмма спектра гигантского импульса, а на рис. 3, б — ее микрофотограмма.

Ширина спектра гигантского импульса без внешнего сигнала была равна 0,2 Å. При длительности импульса 50 нс и двукратном превышении над порогом мощность его составила 10 МВт. Ясно, что исследованная схема практически не имеет ограничений по мощности излучения.

Когда длительность вводимого сигнала была меньше времени прохода светом резонатора, кольцевой лазер генерировал серию однонаправленных коротких световых импульсов с периодом  $L/c$ . «Затравка» такой длительности вырезалась с помощью быстродействующего электрооптического затвора (время установления 0,4 нс), который помещался после задающего лазера. При этом в кольцевом лазере выделялись продольные моды и помещалась кювета с раствором криптоцианина в этиловом спирте, имеющая пропускание 40%. На рис. 4, а приведена развертка небольшого участка гигантского им-

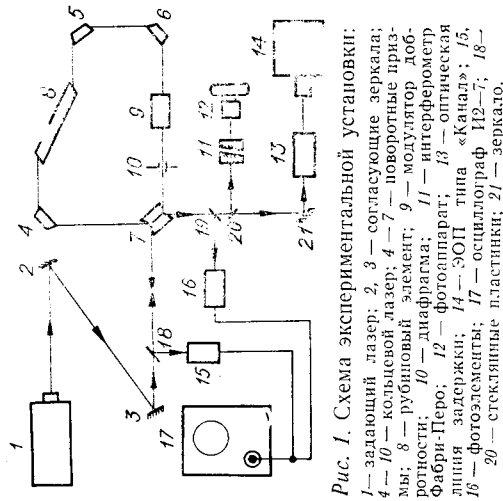


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:  
 1 — задающий лазер; 2, 3 — согласующие зеркала;  
 4 — 10 — кольцевой лазер; 4 — 7 — поворотные призмы; 8 — рубиновый элемент; 9 — модулятор добротности; 10 — дифрактама; 11 — интерферометр Фабри-Перо; 12 — фотоаппарат; 13 — оптическая линия задержки; 14 — ЭОП типа «Канал»; 15, 16 — фотоэлементы; 17 — осциллограф И2-7; 18 — 20 — стеклянные пластинки; 21 — зеркало.

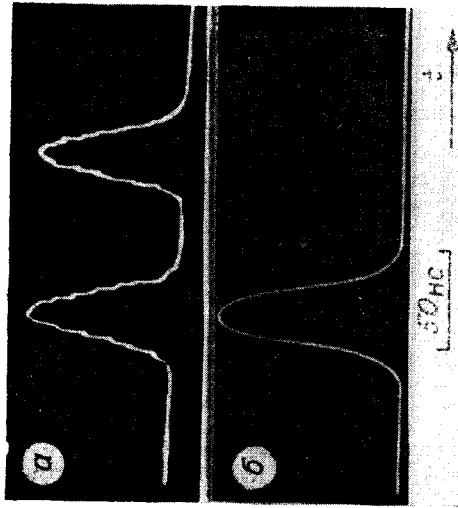


Рис. 2. Осциллограммы прямой и обратной волн кольцевого лазера без внешнего сигнала (а) и под действием внешнего сигнала (б).

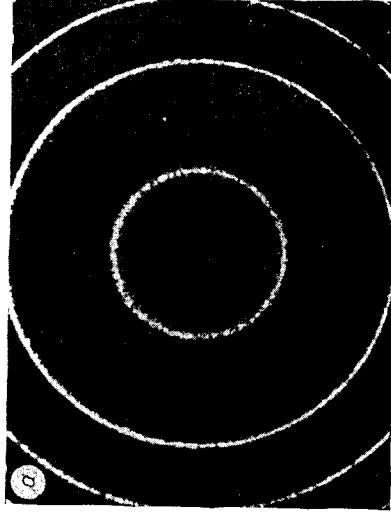


Рис. 3. Спектр генерации кольцевого лазера под действием внешнего сигнала (а) и его микрофотограмма (б). На (б) показаны два высших порядка интерферограммы (а).

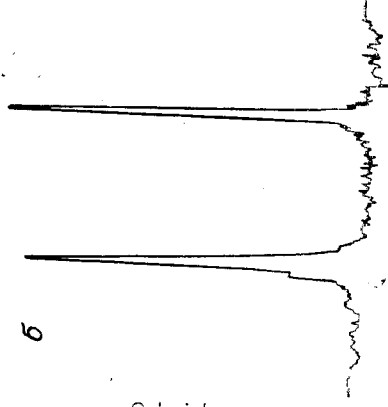
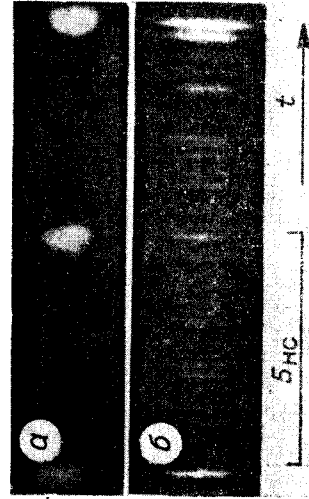


Рис. 4. Развертки излучения кольцевого лазера с пассивным модулятором добротности под действием внешнего сигнала  $\Delta t_3 \ll L/c$  (а) и без внешнего сигнала (б).



пульса, генерируемого от внешнего сигнала, которая была снята с помощью «Канала». Длительность каждого отдельного импульса  $\Delta t \approx 1$  нс. При ширине интегрального спектра  $\Delta \nu \approx 0,03$  Å соотношение  $\Delta \nu \cdot \Delta t \approx 1,8$ , что свидетельствует о высокой когерентности импульсов. Воспроизводимость такого режима генерации была 100%.

Когда модуляция добротности осуществлялась только пассивным фильтром и внешний сигнал не вводился, в 90% всплеск наблюдалось несколько импульсов на аксиальном периоде (см. рис. 4, б). В 10% всплеск генерировал один импульс на периоде с  $\Delta t \approx 0,3$  нс и  $\Delta \nu \cdot \Delta t \approx 4,5$ .

Таким образом, осуществление «захвата» генерации кольцевого лазера коротким ( $\Delta t_3 < L/c$ ) внешним сигналом открывает возможность экспериментального исследования влияния начальных условий на режим генерации сверхкоротких импульсов и получения в итоге воспроизводимых СКИ предельно малой длительности.

Авторы выражают благодарность Э. В. Яншину, К. В. Яншину за помощь в работе с «Каналом» и И. Ш. Штейнбергу за сделанные им расчеты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Анциферов, Н. М. Держи, В. С. Пивцов, В. Д. Угожаев, К. Г. Фоллин. Селекция и перестройка частоты рубинового лазера в режиме гигантского импульса.— Автометрия, 1972, № 5.
2. В. В. Анциферов, В. С. Пивцов, В. Д. Угожаев, К. Г. Фоллин. Беспиковая генерация рубинового ОКГ с селекцией и перестройкой частоты.— Оптика и спектроскопия, 1972, т. 32, с. 1159.

Поступило в редакцию 28 февраля 1974 г.

УДК 621.375.9 : 535

Ю. Г. ЗАХАРЕНКО, В. Е. ПРИВАЛОВ

(Ленинград)

## ОБ УСТРАНЕНИИ КОЛЕБАНИЙ В РАЗРЯДЕ He—Ne ЛАЗЕРА

С каждым годом газовые лазеры находят все более широкое применение в метрологии. Основную их часть составляют He—Ne лазеры, так как они обладают максимальной монохроматичностью, наиболее стабильными по сравнению с другими лазерами параметрами, наибольшим сроком службы, наименьшими габаритами, потребляют незначительную мощность. Частота многих применяемых в измерительной технике He—Ne лазеров стабилизирована. Нестабильности резонатора и разряда порождают как амплитудную, так и частотную модуляцию излучения лазера, что ухудшает стабильность параметров излучения. В разряде He—Ne лазера следует различать три основные группы колебаний: реактивные, страты и локальные [1].

Реактивные колебания возникают на падающем участке вольт-амперной характеристики разряда. Область этих колебаний в He—Ne лазере может простираться до 20 мА и более. Осуществление ряда элементарных мер, о которых будет сказано ниже, позволяет ограничить эту область токами в несколько миллиампер. В начальной стадии [2] реактивные колебания носят гармонический характер. По мере уменьшения тока разряда спектр их обогащается и колебания начинают носить релаксационный характер. Когда глубина модуляции тока разряда достигает 100%, их называют колебаниями II рода. Амплитуда колебаний падает с ростом тока разряда, частота — растет (в начальной стадии — линейно). Диапазон частот сотни Гц — сотни кГц. Реактивные колебания заметно модулируют излучение лазера (до 100%) и, как правило, определяют порог генерации с  $\lambda = 0,63$  мкм. При средних значениях тока 1—100 мкА эти колебания могут способствовать генерации [3].

Страты в He—Ne лазере возникают при больших токах и часто определяют максимум излучения. В области малых токов они перекрываются реактивными колебаниями. Страты в столбе имеют диапазон частот  $10^3$ — $10^6$  Гц (нередко носят регулярный характер), страты в электродных отростках имеют частоту на порядок ниже (как правило, носят характер шума). Частота страт падает с ростом тока разряда. Страты в столбе слабо модулируют ток разряда и излучение лазера (0,1—1%), в момент их возникновения генерация с  $\lambda = 0,63$  мкм может уменьшиться на 10—15% [1]. Страты в отростках имеют большую амплитуду; регулярные модулируют ток и генерацию до 20%; шумовые, незначительно модулируя ток, порождают переменную составляющую генерации