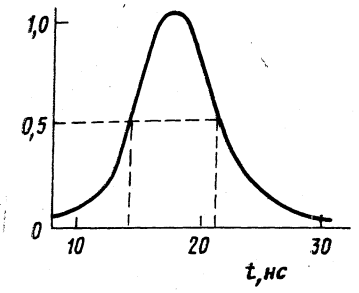

Рис. 3. Типичный импульс генерации в режиме модуляции добротности при длине резонатора 9 см

пульса, как и следует из [5], линейно растет с увеличением оптической длины резонатора. При длине резонатора 9 см она составила 8 нс. Расходимость пучка в плоском резонаторе близка к дифракционной (2,5 мрад) и генерация развивается в основной моде TEM_{00}.

Таким образом, для компактного лазера на основе ГСГГ:Cr^{3+}, Nd^{3+} с фототропными центрами и оптимизированной системой накачки можно ожидать получения импульсов лазерного излучения с длительностью в несколько наносекунд и энергией около 10 мДж, при близкой к дифракционной расходимости излучения. Наиболее простой реализацией этого может быть нанесение диэлектрических зеркальных покрытий на излучающие торцы активного элемента. Тогда для элемента длиной 2 см длительность импульса генерации будет, вероятно, порядка 2 нс.

1. Е. В. Жариков и др. Препринт ИОФАН. М., 1986, № 199.
2. В. Н. Григорьев, Г. Н. Егоров, Е. В. Жариков и др. Препринт ИОФАН, М., 1986, № 52.
3. Е. В. Жариков, А. М. Забазнов, В. В. Осико и др. Препринт ИОФАН, М., 1985, № 238.
4. Б. М. Денкер, Н. Н. Ильичев, Г. В. Максимова и др. *Квантовая электроника*, 8, 1598 (1981).
5. А. Л. Микаэлян, М. Л. Тер-Микаэлян, Ю. Г. Турков. Оптические квантовые генераторы на твердом теле. — М.: Сов. радио, 1967.

Институт общей физики АН СССР, Москва

Поступила в редакцию 14 августа 1986 г.

A. A. Danilov, V. L. Evstigneev, N. N. Il'ichev, A. A. Malyutin, M. Yu. Nikol'skii, A. F. Umyskov, I. A. Shcherbakov.

A Compact Passively Q-Switched GSGG:Cr^{3+}, Nd^{3+} Laser.

A compact solid-state laser utilizing a GSGG:Cr^{3+},Nd^{3+} crystal with phototropic centers has been studied experimentally when the active element acts as a passive Q-switch. Feasibility is shown of these lasers with the single-pulse energy up to 5 mJ, the duration being in the order of several nanoseconds.

«Квантовая электроника», 14, № 5 (1987) УДК 621.373.826.038.824

А. Н. Рубинов, Б. А. Бушук, А. Л. Берестов

ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УКИ СВЕТА, ГЕНЕРИРУЕМЫХ РОС-ЛАЗЕРАМИ НА КРАСИТЕЛЯХ

Исследованы временные характеристики РОС-лазера на красителях при накачке одиночным импульсом пикосекундного АИГ: Nd^{3+}-лазера. Установлено, что длительность импульса и временная задержка РОС-генерации зависят от энергии накачки и длины волны генерации. Показано, что при 3—4 -кратном превышении энергии накачки над порогом в пределах небольшой (10—15 нм) отстройки длины волны генерации от центра линии усиления стабильность временных характеристик РОС-генерации составляет 15—20 %.

Использование источников света, генерирующих УКИ с плавной перестройкой частоты излучения по спектру, существенно расширяет возможности методов пикосекундной спектроскопии. Как показано в [1, 2], перспективными источниками такого рода являются пикосекундные РОС-лазеры на красителях.

В настоящей работе исследовались временные характеристики излучения РОС-лазеров на красителях, возбуждаемых одиночным УКИ твердотельного лазера. Схема эксперимента приведена на рис. 1. Для накачки РОС-лазера использовался пикосекундный лазер на АИГ:Nd^{3+}, основу которого составляли задающий генератор *I*, работающий в режиме пассивной синхронизации мод, система выделения одиночного импульса *II* и два каскада усиления *III*. Импульс излучения второй гармоники (ВГ; преобразование осуществлялось с помощью кристалла KDP) длительностью $\tau_и$=30 пс обладал энергией E=5 мДж. Часть излучения ВГ, служащей опорным сигналом, ответвлялась стеклянной пластинкой *1* и, пройдя линию задержки *2*, поступала на входную щель электронно-оптической камеры (ЭОК) «Агат-СФ» *14*. Перед входной щелью устанавливался кварцевый блок *11*, разделявший пучок

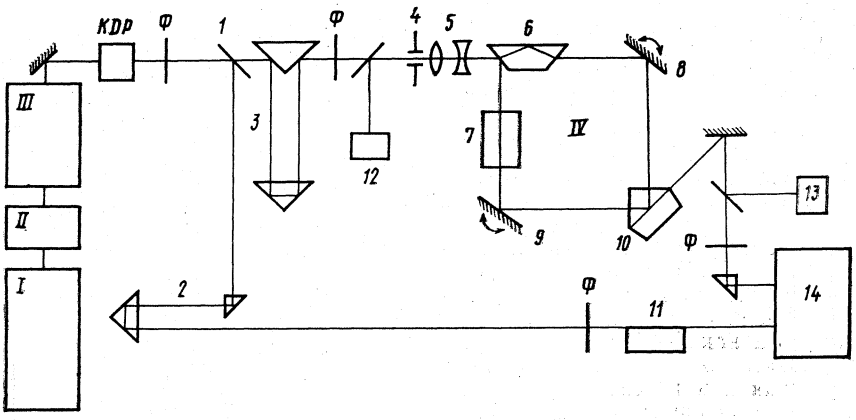

Рис. 1. Схема эксперимента

на две части. Это позволяло получить на экране ЭОК два сигнала, смещенных относительно друг друга на 76 пс, что использовалось для корректировки коэффициента временной развертки. Основная часть импульса ВГ после линии задержки *3* и ослабления фильтром *Ф* направлялась в РОС-лазер «Гном-2» (*IV*). Излучение накачки, сформированное цилиндрическим телескопом *5*, разделялось с помощью призмы *6* на два пучка равной интенсивности, которые зеркалами *8*, *9* направлялись на катетные грани прямоугольной призмы *10* и интерферировали в кювете с раствором красителя. Диафрагма *4* служила для задания необходимой длины резонансной структуры, а кварцевый блок *7* — для выравнивания оптических длин путей. Излучение РОС-лазера с помощью системы зеркал направлялось на *14*. С помощью фотодиодов ФД24К *12*, *13*, калиброванных по калориметру RJ 7200, регистрировались абсолютные значения энергий ВГ и излучения лазера на красителе.

В качестве активных сред РОС-лазера использовались растворы родамина 6Ж и оксазина 17 в этаноле. Концентрация растворов составляла 1 ммоль/л, а длина зоны возбуждения ~1,4 мм. Большинство методик пикосекундной спектроскопии основано на измерениях по схеме «возбуждение — проба», в связи с чем важное значение приобретает временная стабильность УКИ света относительно некоторого опорного сигнала. Поэтому основное внимание было уделено исследованию длительности излучения РОС-лазера $\tau_и$ и задержке его относительно опорного сигнала $\Delta t_з$ в зависимости от энергии накачки $E_н$ и длины волны генерации $\lambda_г$. Прежде всего следует отметить, что в исследуемом ва-

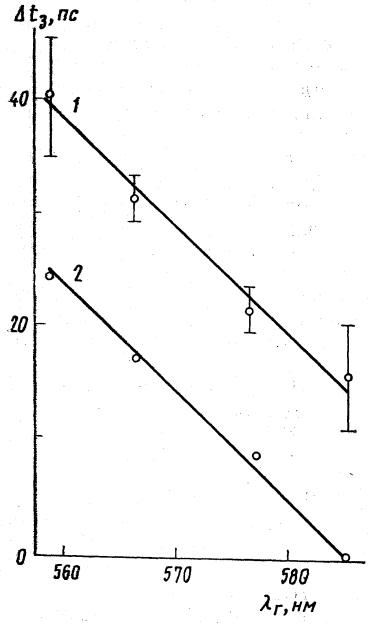

Рис. 2. Зависимость задержки РОС-генерации (*1*) и положения нулевого отсчета времени (*2*) от длины волны генерации (родамин 6Ж в этаноле; $E_н=4E_п$)

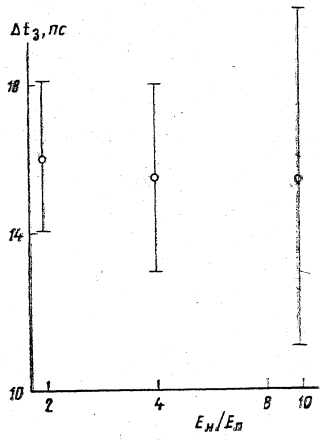

Рис. 3. Зависимость задержки РОС-генерации от превышения энергии накачки над порогом (родамин 6Ж в этаноле; $\lambda_г=566$ нм)

рианте РОС-лазера перестройка длины волны генерируемого излучения определяется изменением угла между двумя интерферирующими пучками, что приводит к изменению длины пути для каждого из импульсов накачки, и в свою очередь, способствует появлению систематического сдвига импульса излучения относительно некоторого опорного момента времени. Для выявления этой закономерности вместо активного раствора вводилась рассеивающая жидкость и в эксперименте регистрировался временной сдвиг между максимумами опорного сигнала и рассеянного импульса накачки. На рис. 2 представлена такого рода зависимость (кривая *2*), полученная при изменении угла между интерферирующими пучками, соответствующего перестройке $\lambda_г$ раствора родамина 6Ж в диапазоне 560—585 нм. Другим существенным вкладом в $\Delta t_з$ является обнаруженная нами задержка в развитии импульса РОС-лазера относительно импульса накачки. Максимум излучения лазера на красителе достигается на спаде возбуждающего импульса и соответствует моменту достижения максимального усиления. Очевидно, что этот вклад в $\Delta t_з$ будет в значительной степени определяться энергией накачки и $\lambda_г$.

На рис. 3 представлены результаты измерения $\Delta t_з$ между максимумами импульсов накачки и генерации в зависимости от превышения порога. Результаты этого и последующих экспериментов усреднены по 50 вспышкам. Отчетливо видно, что уже десятикратное превышение над $E_п$ приводит к появлению значительной флуктуации в $\Delta t_з$. Увеличение энергии накачки влияет и на длительность генерируемых импульсов. Так, при двух- и четырехкратном превышении над порогом длительность составляла 19±2,5 пс по полуширине, а при $E_н=10\ E_п$ она достигала 24±5 пс. В [3] было показано, что с увеличением энергии возбуждения растет уровень суперлюминесценций активной среды. Приведенные результаты позволяют заключить, что конкуренция шумовой радиации с генерируемым излучением приводит к ухудшению временных характеристик УКИ света РОС-лазера и ограничивает энергию накачки.

Представляет интерес исследовать, как изменяются $\tau_и$ и $\Delta t_з$ при перестройке длины волны генерируемого излучения, так как и в этом случае сдвиг $\lambda_г$ в обе стороны от максимума контура усиления активной среды приводит к росту фона суперлюминесценции. Для родамина 6Ж в этаноле при трехкратном превышении над порогом диапазон перестройки составил 557—592 нм. На рис. 2 и 4 представлены результаты измерений длительности импульсов генерации и $\Delta t_з$ (кривая *1*) при изменении длины волны генерации. Анализ результатов показывает, что на длинноволновом и коротковолновом краях диапазона перестройки характеристики импульсов генерации заметно ухудшаются. Более чем в два раза возрастает разброс в длительности импульсов и возрастает

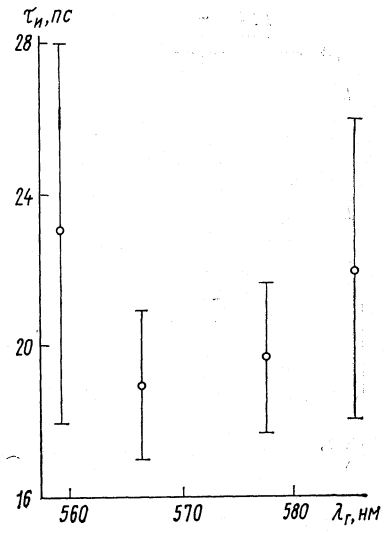

Рис. 4. Зависимость длительности РОС-генерации от длины волны генерации (родамин 6Ж в этаноле; $E_н=4\ E_п$)

среднее значение. Кроме того, на краях диапазона заметно растет нестабильность задержки максимума импульса генерации относительно максимума возбуждающего импульса. Реальный диапазон перестройки составляет 562—580 нм. Спектральная ширина линии РОС-генерации не превышала 0,2 нм. Перестройка длины волны генерации изменением угла ψ между двумя пучками накачки может приводить к ухудшению качества интерференционной картины в результате разъюстировки и, как следствие, к увеличению фона суперлюминесценции. Перестройку $\lambda_г$ по контуру усиления можно осуществить, меняя показатель преломления активной среды при фиксированном ψ. В работе были исследованы $\tau_и$ и $\Delta t_з$ в зависимости от энергии накачки и длины волны генерации для родамина 6Ж в смесях с этанолом и бензиловым спиртом. Основные закономерности, описанные выше, были получены и для этого случая.

Проведенные исследования позволили установить оптимальные условия генерации, при которых стабильность временных характеристик РОС-генерации составляет 15—20 %. При длине периодической структуры 1,4 мм средняя длительность РОС-генерации равнялась 20 пс.

1. А. Н. Рубинов, Т. Ш. Эфендиев. *Квантовая электроника*, **9**, 2359 (1982).
2. А. Н. Рубинов, Ю. Ю. Славенас, Й. Й. Чеснулявичюс, Т. Ш. Эфендиев. *ЖПС*, **43**, 496 (1985).
3. J. A. McJutyre, M. H. Dunn. *Optics Comms*, **50**, 169 (1984).

Институт физики АН БССР, Минск

Поступило в редакцию 19 сентября 1986 г.

A. N. Rubinov, B. A. Bushuk, A. L. Berestov. **Temporal Characteristics of Ultrashort Light Pulses Emitted by DFB Dye Lasers.**

Temporal characteristics have been studied of a DFB dye laser pumped by a single pulse of a picosecond YAG:Nd^{3+} laser. It has been found that the pulse duration and time delay of the DFB laser action depend on the pump energy and emission wavelength. When the pump energy exceeds the threshold by 3—4 times within the limits of slight (10—15 nm) mismatch of the emission wavelength from the gain line center the stability of the temporal characteristics of the DFB laser action is shown to amount to 15—20 percent.

«Квантовая электроника», 14, № 5 (1987) УДК 621.373.826

А. Н. Колеров, И. А. Щербаков

КОРРЕЛЯЦИЯ КОНДЕНСАЦИИ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ С ВРЕМЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ИМПУЛЬСА ЛАЗЕРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Показана возможность использования плазменной среды для управления характеристиками излучения лазера на ГСГГ: Cr^{3+}. При этом спектральная мощность излучения и длительность импульса меняются на несколько порядков.

Кристалл ГСГГ:Cr^{3+} позволяет получить перестраиваемую в области 765—830 нм генерацию на электронно-колебательных переходах хрома при комнатной температуре с ламповой накачкой [1]. Спектрально-люминесцентные свойства этого кристалла дают возможность реализовать удовлетворительные параметры генерации и говорить о практической применимости лазера на ГСГГ:Cr^{3+}, например, во внутрирезонаторной лазерной спектроскопии и спектральном анализе веществ [2].

В [2] было показано, что наличие в резонаторе лазера на ГСГГ:Cr^{3+} плазмы с ионизированным церием приводит к возникновению резкого сужения (конденсации) спектра излучения в области линий поглощения возбужденных переходов церия. Исследования [2] выявили корреляцию между конденсацией спектра излучения и временными характеристиками импульса генерации. Установлено, что конденсация спектра сопровождается значительным (на несколько порядков) уменьшением длительности импульса генерации. Без плазмы в резонаторе лазера на ГСГГ:Cr^{3+} в режиме свободной генерации энергия излучения $E \approx 0{,}05$ Дж ($R_{вых} \sim 99{,}3$ %) при длительности импульса $\tau \sim 100$ мкс (рис. 1, *а*) и ширине спектра излучения $\delta\lambda \sim 15$ нм (рис. 2, *а*).

Конденсация спектра и ее взаимосвязь с кинетикой генерации заключается в следующем. Появление в лазерном резонаторе плазмы, содержащей ионизированный церий, приводит к сужению спектра излучения до $\delta\lambda \sim 10^{-4}$ нм (рис. 2, *б*), т. е. на пять порядков, которое сопровождалось уменьшением τ до 10 нс (рис. 1, *б*), т. е. на четыре порядка. Спектральная ширина линий конденсации определялась фотоэлектрическим способом по методике [3]. Конденсация спектра излучения наблю-

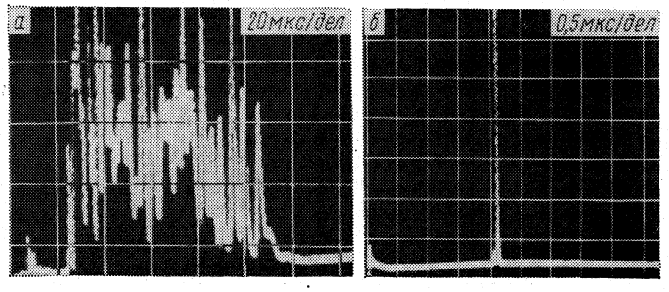

Рис. 1. Кинетика импульса в режиме свободной генерации (*а*) и конденсации спектра излучения (*б*)