

В. И. КРАВЧЕНКО, А. А. СМИРНОВ, М. С. СОСКИН

ЛАЗЕР НА РАСТВОРЕ РОДАМИНА 6Ж С ПОВЫШЕННОЙ
СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТЬЮ И ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ ЧАСТОТОЙ

(Представлено академиком А. М. Прохоровым 26 XII 1969)

С помощью новой эффективной схемы продольной лазерной накачки в призмном дисперсионном резонаторе получено перестраиваемое вынужденное излучение раствора родамина 6ж с повышенной спектральной яркостью и близким к теоретическому коэффициентом преобразования. Показано, что в этих условиях генерация с минимальным порогом подавляет генерацию на других частотах в пределах всей полосы люминесценции.

1. Известно, что продольный вариант накачки предпочтительнее как с точки зрения эффективности преобразования, так и для управления спектром генерации с помощью дисперсионных резонаторов. До настоящего времени строго продольная накачка осуществлялась сквозь селективные зеркала резонатора или через ненапыленные прозрачные пластинки (1, 2). Оба способа приводят к большим потерям, связанным с разрушением зеркал или с разделением пучков накачки и генерации. Принципиальным отличием нашей схемы является введение накачки в кювету с жидкостью мимо выходного зеркала через дисперсионную призму так, что пучки накачки и генерации полностью совмещены в активной среде (рис. 1а)*.

Раствор родамина 6ж в изоамиловом спирте (концентрация 10^{16} см⁻³) накачивался излучением с частотой $\nu_H = 18\,900$ см⁻¹ и плотностью ~ 30 Мвт/см². Перестройка частоты генерации в пределах 16 400 — 17 850 см⁻¹ осуществлялась поворотом плоско-параллельной стеклянной пластинки, служившей выходным зеркалом резонатора. Излучение накачки и генерации падало на торцы кюветы и грани призмы под углами Брюстера, что обеспечивало минимальные потери. При работе на частоте $\nu_r \cong 17\,500$ см⁻¹ к.п.д. генерации составлял $\sim 70\%$, что является рекордным для перестраиваемых ОКГ на растворах органических красителей.

Как известно, в пренебрежении реабсорбцией к.п.д. лазера определяется выражением

$$k = \frac{E_r}{E_H} \cong \frac{\gamma_{II}}{\gamma_{II} + \gamma_{вр}} \frac{\nu_r}{\nu_H} \eta \left(1 - \frac{E_{пор}}{E_H}\right), \quad (1)$$

* Данная схема накачки представляется перспективной для параметрических перестраиваемых генераторов, лазеров на ВКР и т. п.

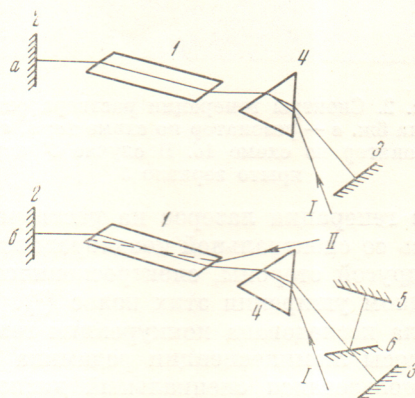


Рис. 1. а — схема дисперсионного резонатора со строго продольной лазерной накачкой; б — схема дисперсионного резонатора, одновременно настроенного на три частоты. I — кювета с активной жидкостью, 2, 3, 5, 6 — зеркала, 4 — дисперсионная призма. I и II — соответственно направление пучков при строго и нестрого продольной накачке

где E_{Γ} , E_{Π} и $E_{\text{пор}}$ — соответственно энергия генерации, накачки и пороговой накачки; γ_{Π} и $\gamma_{\text{вр}}$ — коэффициенты полезных и вредных потерь; η — квантовый выход люминесценции; ν_{Π} и ν_{Γ} — соответственно частоты накачки и генерации. Для родамина бж $\eta = 0,98$ и $\nu_{\Gamma}/\nu_{\Pi} \leq 0,91$. Поэтому предельно достижимый к.п.д. ($\gamma_{\Pi} \gg \gamma_{\text{вр}}$, $E_{\Pi} \gg E_{\text{пор}}$) должен составлять $\sim 90\%$. В наших экспериментах $E_{\Pi}/E_{\text{пор}} \leq 10$, т. е. в соответствии с (1) должно быть $k \leq 80\%$. Близость экспериментально наблюдаемого и расчетного коэффициентов преобразования свидетельствует об эффективности системы накачки и малости вредных потерь.

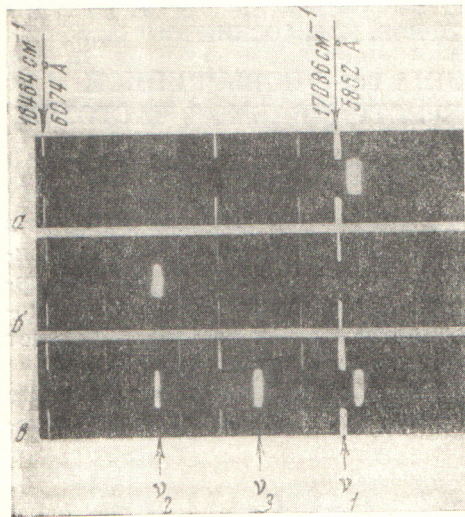


Рис. 2. Спектры генерации раствора родамина бж. а — резонатор по схеме 1а; б, в — резонатор по схеме 1б. В случае б' перекрыто зеркало 3

Ширина спектра генерации во всем диапазоне перестройки не превышала 10 \AA и определялась в основном угловой дисперсией призмы (3). При этом спектральная мощность лазера, являющаяся его важнейшей характеристикой, составляла $\sim 3 \text{ Мвт/см}^2 \cdot \text{ \AA}$, что на порядок выше, чем в случае ОКГ с неселективными резонаторами.

2. В ряде работ большая ширина и сложная структура спектров генерации лазеров на растворах органических красителей связывалась со спектральной неоднородностью рабочих полос люминесценции (4). С другой стороны, спектроскопические данные свидетельствуют об однородном уширении этих полос (5). Для разрешения этого противоречия была исследована конкуренция генерации на отдельных частотах внутри полосы люминесценции родамина бж при различных условиях накачки. Использовался специальный дисперсионный резонатор, который обеспечивал повышенную добротность для двух частот*, определяемых угловым положением зеркал 3 и 4 (рис. 1б). Пороги генерации на этих частотах можно было изменять, варьируя прозрачность зеркал или их наклон. Опыт состоял в том, что сначала поочередно закрывались зеркала 3 и 5 и фиксировалась отдельная генерация на частотах ν_1 и ν_2 (рис. 2 а, б), а затем открывались оба зеркала и исследовался спектр генерации в сложном резонаторе.

Оказалось, что при строго продольной накачке генерация на участке частот с более низким порогом (ν_1 на рис. 2) полностью подавляет генерацию на других частотах, где еще возможна отдельная генерация, в интервале порядка 1400 см^{-1} . Одновременно практически полностью подавляется широкополосное салатное излучение (3), которое происходит на частотах в области максимума кривой усиления. Аналогичный результат был получен при генерации раствора родамина бс.

При создании угла между пучками накачки и генерации эффект подавления ослабляется и генерация происходит на всех частотах настройки резонатора (рис. 2в). Чувствительность спектров генерации к нарушению строгой продольности накачки наиболее высока при хорошо выраженной нитевидной структуре пучка накачки.

* Более строгое рассмотрение такого резонатора показывает, что повышенной добротностью обладают не только частоты ν_1 и ν_2 , но и частота $\nu_3 = (\nu_1 + \nu_2) / 2$.

Полученные результаты позволяют утверждать, что полосы люминесценции органических красителей в согласии со спектроскопическими данными являются однородно уширенными с более быстрым временем поперечной релаксации по сравнению со скоростью генерационных процессов. Возникновение же многочастотной генерации определяется чисто лазерными механизмами и, в первую очередь пространственной неоднородностью поля накачки и генерации. Ее устранение позволит еще более повысить к.п.д. и спектральную яркость генерации.

Институт физики
Академии наук УССР
Киев

Поступило
26 XII 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. И. Степанов, Журн. прикл. спектроскопии, 9, в. 2 (1968). ² Н. А. Борисевич, В. В. Грузинский и др., Там же, 11, 173 (1969). ³ В. И. Кравченко, О. Н. Погорелый и др., Там же, 11, 796 (1969). ⁴ M. Bass, G. Steinfeld, IEEE J. Quant. Electr., 4, 53 (1968). ⁵ Б. И. Степанов, А. Н. Рубинов, УФН, 95, 45 (1968).