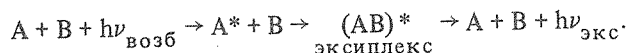


ПИКОСЕКУНДНЫЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ЭКСИПЛЕКСНЫЙ ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЕ БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА

В.А. Бабенко, А.А. Сычев

Получена перестраиваемая по длинам волн генерация в диапазоне $1,41 \pm 1,65$ мкм на концентрированном растворе ИК красителя № 4652-у, образующем при мощной оптической накачке возбужденные молекулярные комплексы – эксиплексы.

Основным механизмом создания инверсии в лазерах на красителях является оптическое возбуждение молекул красителя в растворе. Вместе с тем, при мощном возбуждении возможно образование комплексов молекул, существующих только в возбужденном состоянии – эксиплексов. Процесс образования эксиплексов в растворе, содержащем разные молекулы, например, А и В, может быть описан схемой:



Образование таких бимолекулярных комплексов наиболее вероятно в сильноконцентрированных растворах, где расстояние между молекулами сравнимо с их собственными размерами.

Обнаруженное в работе [1] возникновение полос эксиплексной флуоресценции является специфической особенностью красителей ИК диапазона, образующих при растворении различные сольватные формы молекул. Инфракрасный сдвиг полосы эксиплексной флуоресценции, намного ($\sim 1500 \text{ см}^{-1}$) отстоящей от полосы собственного поглощения красителя, и высокий коэффициент усиления позволили создать перестраиваемый эксиплексный лазер на красителе № 4652-у в спектральном диапазоне генерации $\lambda = 1,41 \pm 1,65$ мкм.

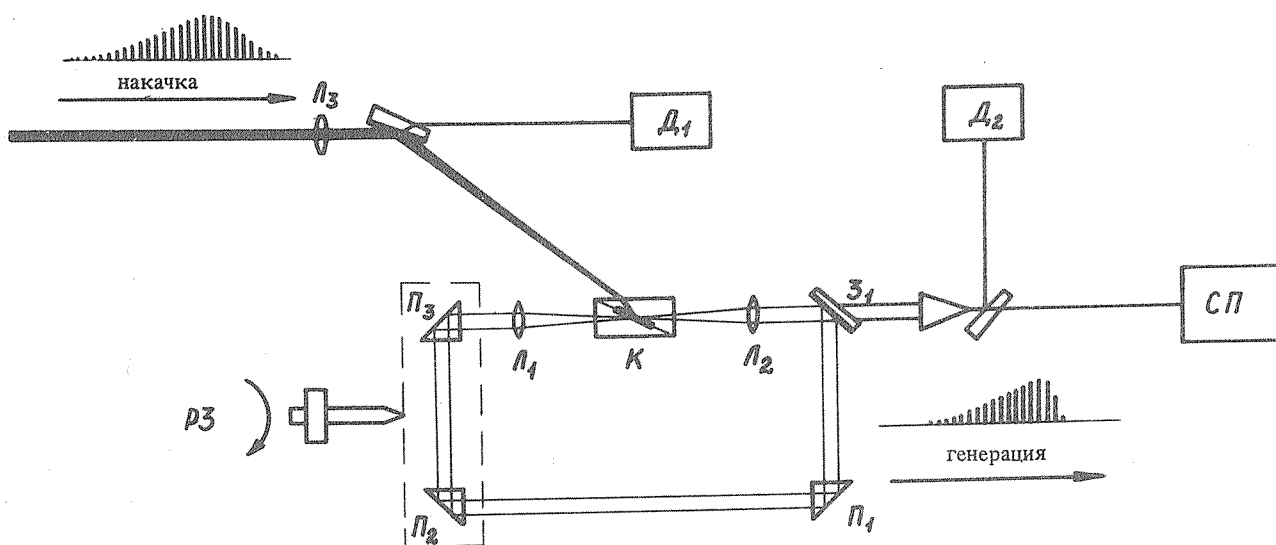


Рис. 1. Схема ИК лазера на красителе, синхронно накачиваемого излучением цуга пикосекундных импульсов со средней длительностью $3 \cdot 10^{-12}$ с от лазера на неодимовом стекле: $P_1 - P_3$ – призмы полного внутреннего отражения; Z_1 – выходное зеркало лазера на красителе; $L_1 - L_3$ – линзы; К – кювета с раствором красителя; D_1, D_2 – скоростные фотоприемники; СП – монохроматор ДМР-4; РЗ – регулируемая задержка.

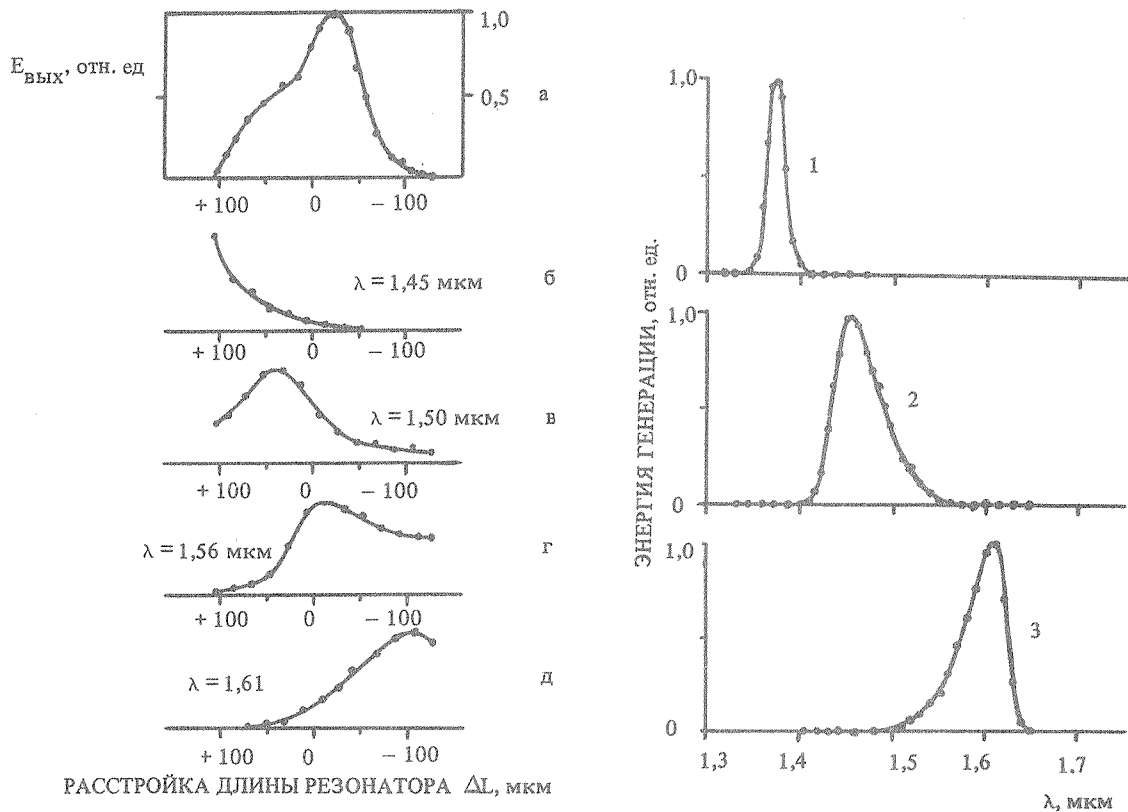


Рис. 2. Зависимость полной выходной энергии ИК лазера на растворе красителя № 4652-у в нитробензоле ($C = 5 \cdot 10^{-3}$ М) от расстройки длины резонатора (а); зависимости (в отн. единицах) спектральной плотности выходной энергии лазера на красителе от расстройки длины резонатора на длине волны $\lambda = 1,45$ мкм (б); $1,50$ мкм (в); $1,56$ мкм (г); $1,61$ мкм (д).

Рис. 3. Спектр излучения ИК лазера на растворах красителя № 4652-у в нитробензоле с различной концентрацией: 1 — концентрация раствора $C = 5 \cdot 10^{-4}$ М; настройка длины резонатора соответствует максимальному значению выходной энергии; 2, 3 — концентрация раствора $C = 5 \cdot 10^{-3}$ М; спектры соответствуют двум крайним значениям расстройки длины резонатора.

Время жизни эксиплексов в растворе, оцененное по затуханию усиления в полосе их флуоресценции, оказалось достаточно малым — $3,8 \pm 0,6$ пс. Поэтому эффективной лазерной системой, реализующей усиление в полосе эксиплексной флуоресценции, является генератор (рис. 1), синхронно накачиваемый излучением пуга пикосекундных импульсов со средней длительностью $3 \cdot 10^{-12}$ с от лазера на неодимовом стекле ($\lambda = 1,055$ мкм). Отличительной особенностью такой схемы является необходимость точного согласования длин резонатора лазера на красителе и лазера накачки. Выбором фокусных расстояний линз $L_1 - L_3$ достигалось согласование каустики пучка накачки и объема поля излучения в телескопическом резонаторе. Резонатор был образован тремя призмами полного внутреннего отражения и выходным диэлектрическим зеркалом Z_1 с коэффициентом отражения $R = 80\%$. Концентрированный раствор красителя № 4652-у в нитробензоле ($C = 5 \cdot 10^{-3}$ М) заполнял кювету K толщиной 100 мкм. Энергия и спектральный состав излучения эксиплексного лазера регистрировались с помощью скоростных фотодиодов и монохроматора ДМР-4.

Регистрируемое на экране скоростного осциллографа излучение генерации представляло собой пуг ультракоротких импульсов с длительностью, ограниченной временным разрешением фотоприемника и осциллографической электронной системы $\approx 1,5$ нс.

Зависимость выходной энергии генерации лазера на красителе от расстройки длины резонатора показана на рис. 2. Лазер может генерировать излучение с различным спектральным составом в зависимости от

расстройки длины резонатора. Кривые б,д на рис. 2 получены по результатам обработки сигнала с выхода монохроматора, устанавливаемого на определенную длину волны, в зависимости от расстройки длины резонатора. Максимальное значение для входной энергии достигается при генерации на длине волны $\lambda = 1,56$ мкм для раствора с выбранной концентрацией. КПД (отношение выходной энергии эксиплексного лазера к энергии лазерной накачки) специально не оптимизировался и в описанной схеме составлял $\sim 0,1\%$.

Образование молекулярного комплекса при возбуждении концентрированного раствора красителя № 4652-у и существование усиления в полосе его флуоресценции, сдвинутой в ИК область относительно основной полосы флуоресценции красителя, позволяет существенно расширить перестраиваемый диапазон генерации лазера на одном растворе красителя за счет вариации его концентрации. На рис. 3 кривая 1 описывает характерный спектр излучения лазера на растворах красителя № 4652-у в нитробензоле с концентрацией, меньшей $C_{кр} \cong (1 \div 2) \cdot 10^{-3}$ М, при которой происходит образование возбужденных молекулярных комплексов /1/. При концентрации $C = 5 \cdot 10^{-3}$ М $> C_{кр}$ (спектры 2,3 на рис. 3) спектральный состав излучения и диапазон перестройки лазера на красителе определяются возникающей полосой усиления эксиплекса.

Таким образом, наряду с созданием новых красителей /2,3/, расширение класса органических соединений, способных образовывать в концентрированных растворах возбужденные молекулярные комплексы с новыми ИК полосами флуоресценции, позволяет расширить спектральный диапазон генерации пикосекундных лазеров на красителях в инфракрасную область.

Авторы благодарны Ю.Я. Веревкину за помощь в проведении эксперимента, А.И.Толмачеву и Ю.Л. Сломинскому за предоставление синтезированного красителя № 4652-у.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б а б е н к о В. А. и др. Квантовая электроника, 13, 575 (1986).
2. С л о м и н с к и й Ю. Л. и др. Украинский хим. журнал, 43, 838 (1978).
3. Б а б е н к о В. А. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 12, 60 (1982).

Поступила в редакцию 21 июля 1986 г.