УДК 621.373 : 535 (206.2)

ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ $K(\lambda)$ В КРАСИТЕЛЯХ ПРИ ПИКОСЕКУНДНОЙ НАКАЧКЕ

В. В. Крюков

Предложена новая методика прямого измерения спектральной зависимости коэффициента усиления инверсной среды. Получен спектр усиления раствора родамина 6Ж в этаноле при пикосекундной накачке.

1. При экспериментальных исследованиях инверсных молекулярных систем коэффициент усиления $K(\lambda)$ обычно усредняется за время продолжительности импульса накачки (1÷500 нсек.) [1, 2]. Представляет интерес получить информацию о «мгновенных» значениях $K(\lambda)$, сократив продолжительность процесса измерений до промежутков времен, сопоставимых с временами молекулярной релаксации. Для этой цели необходимо использование ультракоротких импульсов (УКИ) при соответствующем выборе геометрии измерительной схемы. Очевидно, что использование поперечной схемы даже при пикосекундной длительности импульса сопряжено с усреднением коэффициента усиления за время прохода импульсов через кювету с исследуемой средой. Более точное представление о «мгновенном» состоянии среды можно получить, применяя продольную схему, при которой направление распространения импульса накачки и зондирующего импульса совпадают при некотором отставании последнего во времени. Поскольку созданная коротким импульсом накачки инверсная населенность изменяется во времени, результат измерения будет зависеть от задержки зондирующего импульса относительно импульса накачки. При фиксированной задержке зондирующий импульс, следуя за задающим, очевидно, опрашивает на всем пути своего следования активную среду в одной и той же стадии развития инверсной заселенности. Это обстоятельство выгодно отличает продольный вариант измерений от поперечного. Осуществление продольной схемы накладывает ряд требований на зондирующий и накачивающий импульсы. Импульсы должны быть пикосекундной длительности, причем зондирующий должен иметь широкий спектр частот, перекрывающий предполагаемую область усиления красителя.

Для такого рода измерений нами использованы в качестве накачки УКИ второй гармоники неодимового лазера. Зондирующим является широкое крыло (300 Å и более) тех же импульсов, возникающее в результате фазовой самомодуляции в прозрачной среде [3]. Время задержки зондирующего импульса относительно импульса накачки определяется скоростью образования крыльев и составляет, согласно работе Рентцеписа [4], $\sim 10^{-11}$ сек. Отметим, что в этой же работе было использовано крыло УКИ для исследования кинетики просветления раствора красителя.

2. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Установка состояла из неодимового лазера УКИ, двух усилителей, удвоителя частоты KDP и кюветы с окнами под углом Брюстера, заполненной раствором родамина 6Ж в этаноле. Спектр излучения, вышедшего из кюветы,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины

регистрировался спектрографом СТЭ-1. Цуг обычно состоял из 15 импульсов длительностью 5÷10 псек. (измеренной по двухфотонной методике), следующих с интервалом 13 нсек. Энергия второй гармоники цуга УКИ варьировалась в пределах 0.01÷0.1 дж. Спектр импульса, прошедшего через кювету с растворителем, имеет крылья общей шириной до 700 Å. Воздействие на раствор отдельных УКИ из цуга является практически независимым, поскольку собственное вынужденное испускание приводит к полному возврату возбужденных молекул в основное состояние за интервал времени между УКИ [5]. При наличии в кювете раствора красителя на длинноволновом крыле становится заметным усиление интенсивности отдельного участка. Участок же вблизи частоты накачки ослабевает. Это иллюстрируется данными рис. 2, на котором показаны определенные по микрофотограммам плотности почернения в крыле, полученные в чистом растворителе (кривая *а*) и в растворе родамина 6Ж концентрацией $0.7 \cdot 10^{-4}$ М/л при длине кюветы 1 см и энергии накачки 0.035 дж

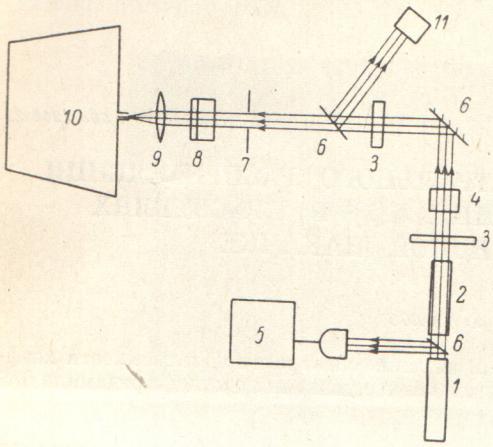

Рис. 1. Схема установки.

1 — неодимовый лазер УКИ; *2* — усилитель; *3* — фильтр; *4* — КДР; *5* — осциллограф И2-7 с фотоэлементом ФЭК-14; *6* — зеркало; *7* — диафрагма; *8* — кювета; *9* — линза; *10* — спектрограф СТЭ-1; *11* — измеритель энергии ИЭК-1.

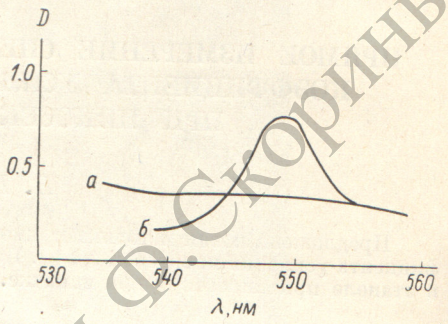

Рис. 2. Микрофотограммы плотности почернения в фотопленке.

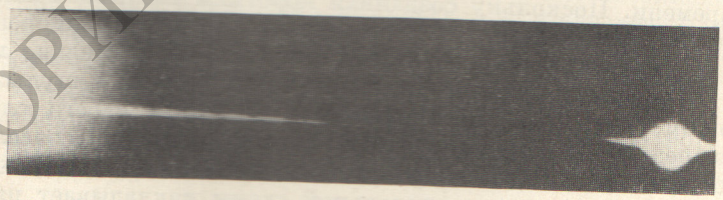

Рис. 3. Спектрограмма накачки, зондирующего крыла и суперлюминесценция.

(кривая *б*). Такое изменение распределения интенсивности в длинноволновом крыле мы связываем с усилением и поглощением излучения зондирующего импульса активным раствором. По мере увеличения концентрации красителя или уменьшения интенсивности накачки область усиления крыла сдвигается в красную сторону. Не следует отождествлять кривую *б* с суперлюминесценцией раствора, поскольку расходимость суперлюминесценции значительно больше расходимости излучения зондирующего импульса. Это видно из спектрограммы рис. 3, где суперлюминесценции соответствует высокая полоса относительно слабой засветки. В ряде случаев на спектрограмме в области усиления крыла наблюдалось появление характерной дискретной структуры (рис. 3). Отметим, что возможной причиной появления такой структуры может быть нелинейное усиление раствором красителя слабой структуры в спектре зондирующего

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины

импульса, возникающей вследствие фазовой самомодуляции УКИ в прозрачной среде [6].

3. Для определения спектрального распределения коэффициента усиления необходимо сравнить спектр крыла, прошедшего через чистый растворитель, со спектром излучения, прошедшего через усиливающий раствор, используя соотношение

$$K(\lambda) = \frac{1}{l} \ln \frac{I(\lambda)}{I_0(\lambda)},$$

где $K(\lambda)$ — коэффициент усиления, $I_0(\lambda)$ — интенсивность излучения на выходе кюветы с растворителем, $I(\lambda)$ — интенсивность при наличии в кювете усиливающей среды, l — длина кюветы. $I_0(\lambda)$ и $I(\lambda)$ определяются из двух вспышек лазера при равных энергетических условиях опыта. Так как плотность почернения фотопленки $D(\lambda) = \gamma_\gamma \lg I(\lambda)$ (γ_λ — коэффициент контрастности пленки), окончательно имеем $K(\lambda) = (1/l)(M/\gamma_\lambda)[D(\lambda) - D_0(\lambda)]$, где M — модуль перевода логарифмов. На рис. 4 приведена кривая усиления, полученная из данных рис. 2 при $\gamma_\lambda = 0.8$. Максимум контура усиления исследуемого красителя совпадает с максимумом его флуоресценции, а ширина контура значительно меньше ширины спектра флуоресценции.

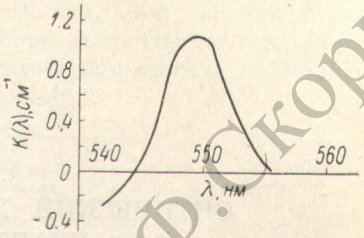

Рис. 4. Спектральное распределение коэффициента усиления.

В заключение автор благодарит Б. С. Непорента и В. Л. Богданова за полезное обсуждение.

Литература

[1] B. G. Huth. Appl. Phys. Lett., *16*, 185, 1970.
[2] C. V. Shank, A. Dienes, W. T. Silfvast. Appl. Phys. Lett., *17*, 307, 1970.
[3] R. R. Alfano, S. L. Shapiro. Phys. Rev. Lett., *24*, 592, 1970.
[4] G. E. Busch, R. P. Jones, P. M. Rentzepis. Chem. Phys., Lett., *18*, 178, 1973.
[5] Б. С. Непорент, В. В. Крюков, Г. В. Лукомский, В. Б. Шилов. Опт. и спектр., *35*, 531, 1973.
[6] В. В. Коробкин, А. А. Малютин, А. М. Прохоров. Письма в ЖЭТФ *12*, 216, 1970.

Поступило в Редакцию 23 мая 1974 г.

ЛОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорин