

Из рисунка видно, что для малого угла расходимости источника ( $2\alpha_n$ ) влияние турбулентности на временное расширение импульса велико; это объясняется большим размытием освещенного пятна на отражающей поверхности.

#### Литература

- [1] С. Г. Зубкович. Статистические характеристики радиосигналов, отраженных от земной поверхности. «Советское радио», М., 1968.
- [2] Ф. Н. Хайтун, Д. А. Кадзов. Опт.-мех. промышл., № 8, 72, 1972.
- [3] Ю. А. Кравцов, З. И. Фейзулин. Изв. вузов, радиофизика, 12, 886, 1969.
- [4] М. С. Беленький, В. Л. Миронов. Квантовая электроника, № 5 (11), 38, 1972.
- [5] М. Л. Белов, В. М. Орлов. В сб.: I Всес. совещ. по атмосферной оптике, Томск. Изд. ИОА СО АН СССР, 1976.
- [6] В. И. Татарский. Распространение волн в турбулентной атмосфере. «Наука», М., 1967.
- [7] В. И. Татарский, Ю. А. Кравцов. Статистические явления при дифракции волн. Рязань. Изд. Рязанского радиотехнического института, 1975.
- [8] А. И. Кон, В. И. Татарский. Изв. вузов, радиофизика, 15, 1547, 1972.

Поступило в Редакцию 21 января 1977 г.

УДК 539.184 : 546.661.54-128

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПЕРЕХОДОВ В ПЕРВОМ ИОНЕ ЕВРОПИЯ

В. М. Климкин, В. Е. Прокопьев и Л. В. Фадин

Для ИК линий ионов редкоземельных элементов в настоящее время нет данных о вероятностях переходов А.

В настоящей работе измерены вероятности ИК переходов с резонансных  $6p\ 7,9P$ -состояний на метастабильные  $5d\ 7,9D$ -уровни первого иона европия. Интерес к ним обусловлен тем, что на этих типичных самоограниченных лазерных переходах впервые наблюдался квазинепрерывный режим генерации при возбуждении паров европия с гелием в положительном столбе разряда [1]. Механизм релаксации метастабильных состояний  $\text{Eu}^+$ , обеспечивающий скорости девозбуждения, превышающие  $10^{19}\ \text{см}^{-3}\ \text{с}^{-1}$ , и относительно высокие энергетические параметры гелий-европиевого лазера [2], не установлен. Одной из причин такого положения является отсутствие данных по вероятностям переходов.

Независимые абсолютные измерения вероятностей оптических переходов — сложная экспериментальная задача. Для получения абсолютных вероятностей ИК переходов  $\text{Eu}^+$  мы измерили их относительные значения, которые затем привели к шкале абсолютных значений А Корлиса и Бозмана [3] для линий видимого диапазона. Согласно [4], значения А в [3] определены с точностью до множителя 2. Относительные значения А определялись методом излучения и поглощения с общих уровней. На рис. 1 представлена диаграмма уровней иона европия [5]. Переходы в этом «простом» спектре редкоземельного элемента дают группы ярких линий в фиолетовой, красной и ближней ИК областях спектра. Значения А и  $f$ , приведенные на рис. 1, взяты из [3] и иллюстрируют интенсивность линий.

Возбуждение паров европия осуществлялось в положительном столбе газового разряда, создаваемого импульсом тока, формируемом искусственной линией через трубку и тиратрон. Трубка разогревалась до  $600^\circ\text{C}$  ( $p_{\text{Eu}} \sim 10^{-2}$  тор) печью сопротивления.

При импульсном возбуждении на переходах с резонансных на метастабильные уровни в различные моменты времени реализуется либо практически полная прозрачность плазмы, либо глубокое поглощение. Типичные осциллограммы (рис. 2) тока через трубку (кривая 1), спонтанной интенсивности линий (кривая 2) и логарифма интенсивности, прошедшего через плазму разряда излучения  $\text{He-Eu}$  лазера с  $\lambda = 1.361\ \text{мкм}$  (кривая 3), иллюстрируют этот факт. В течение времени  $\Delta t = 200\text{--}300\ \text{нс}$  плазма прозрачна, что позволило измерить не искаженные реабсорбцией спонтанные интенсивности линий, а к моменту окончания импульса и в послесвечении проводились измерения относительных значений А по поглощению.

В качестве приемников излучения с  $\lambda > 1\ \text{мкм}$  использовался германиевый фотодиод ФД-99Ш, а более коротковолновое излучение регистрировалось ФЭУ-62. Последний был отобран по максимальной чувствительности в ИК диапазоне. Спектральные характеристики приемников совместно с оптическим трактом (монохроматор МДР-3)

были откалиброваны по тепловому источнику, моделирующему черное тело с  $T = 1300$  К. Из-за низкой температуры источника рабочий участок спектра был ограничен ( $\lambda > 0.6$  мкм).

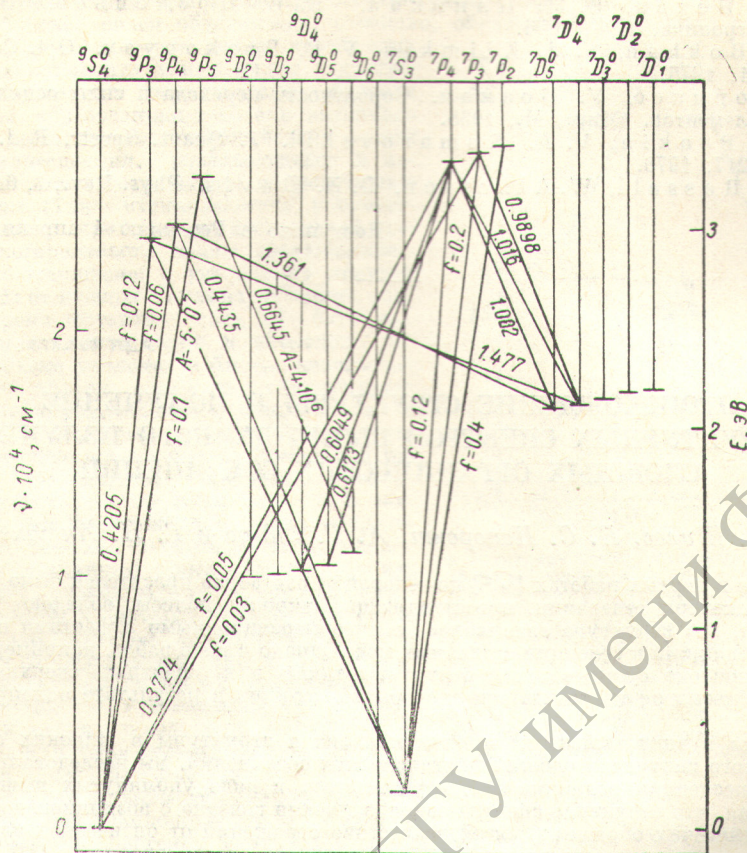


Рис. 1. Диаграмма уровней первого иона европия.

Результаты измерений приведены в таблице. По нашим оценкам, точность определения относительных значений  $A$  не превышает 50%. Для линий  $\lambda = 1.0019$  и  $1.361$  мкм

Переход	Длина волны, мкм	$A, 10^6 \text{с}^{-1}$
$7P_4 - 9D_3^0$	0.6049	0.8
$7P_4 - 9D_4^0$	0.6173	0.6
$7P_2 - 7D_3^0$	0.9883	0.6
$7P_3 - 7D_4^0$	0.9898	1.7
$7P_2 - 7D_3^0$	0.9988	0.8
$7P_4 - 7D_5^0$	1.0019	1.6
$7P_3 - 7D_3^0$	1.0034	0.8
$7P_3 - 7D_3^0$	1.0142	0.6
$7P_4 - 7D_4^0$	1.0166	1.2
$9P_4 - 7D_5^0$	1.3610	0.6

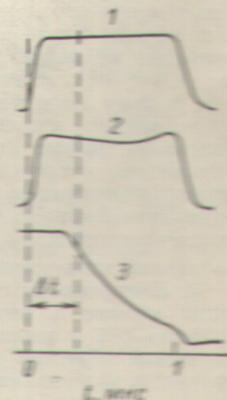


Рис. 2. Осциллограммы тока (1), интенсивности спонтанных линий (2) и мощности прошедшего плавку экранирующего излучения (3).

относительные значения  $A$  найдены как по излучению, так и по поглощению, и найденные значения выйдут в согласие. Для остальных линий  $A$  найдены по относительным интенсивностям линий. Первые две линии — калибровочные, для них  $A$  взяты из [3]. Для  $\lambda = 1.477$  мкм, представленной на рис. 1,  $A$  не определялось, однако на этой линии наблюдалась генерация в квазинепрерывном режиме, так же как на  $\lambda = 1.361$  мкм. Поэтому можно предположить, что значения  $A$  для них близки. Другие интеркомбинационные переходы не наблюдались ни в лазерном, ни в спонтанном излучении. Оценки по чувствительности приемников дают для них значения  $A \leq 10^4 \text{с}^{-1}$ .

## Литература

- [1] П. А. Бохан, В. М. Климкин, В. Е. Прокопьев. Квантовая электроника, 1, 6, 1974.
- [2] P. A. Bokhan, V. M. Klimkin, V. E. Prokoryev. Opt. Commun., 18, 1, 1976.
- [3] Ч. Корлисс, У. Бозман. Вероятности перехода и силы осцилляторов 70 элементов. «Мир», М., 1968.
- [4] Н. Р. Ренкин, В. А. Комаровский. J. Quant. Spectr. Rad. Trans., 16, 217, 1976.
- [5] H. N. Russell, W. Albetson, D. N. Davis. Phys. Rev., 1, 644, 1944.

Поступило в Редакцию 4 апреля 1977 г.

УДК 621.373 : 535 (206.2)

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ПОЛУЧЕНИЕ БЕССТРУКТУРНЫХ СПЕКТРОВ ВЫНУЖДЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*В. Б. Шилов, Б. С. Непорент, А. Г. Спиро и Г. Н. Антонец*

1. Уже в первых работах [1, 2] по генерации растворов красителей было установлено, что спектры генерации, представляющие широкие полосы, обладают сложной структурой. Эта структура связывалась с интерференционными эффектами в резонаторе, приводящими к селекции отдельных мод. Однако в ряде работ, например в [3-5], было установлено существование структуры также и в спектрах сверхизлучения растворов, несмотря на то что эти спектры образуются в результате однопроходной генерации.

2. Имея в виду выяснение причин появления структуры в широких спектрах вынужденного излучения сложных органических соединений, мы исследовали полосы сверхлюминесценции родамина 6Ж, изучавшегося в ряде упомянутых выше работ. Предполагая, что структура спектра сверхизлучения связана с возникновением паразитных оптических обратных связей вследствие отражений от оптических элементов, входящих в измерительную схему (аналогично системе, рассмотренной в [6]), мы приняли все меры для исключения возможности образования оптической обратной связи в измерительных каналах.

Исследуемые растворы помещались в кюветы различной длины ( $l=0.8$  см, 4 см) с клиновыми окнами, обеспечивающими прохождение света под углами Брюстера на всех четырех поверхностях раздела. Все оптические детали установки, в том числе окна измерителей энергии и фотоэлементов, конденсоры и даже коллимационная линза спектрографа были ориентированы так, что нормали к их поверхностям составляли различные небольшие углы с направлением сверхлюминесценции раствора. В результате с высокой достоверностью исключалась возможность попадания отраженного света в зону излучающего раствора. Возбуждение растворов по поперечной схеме осуществлялось излучением удвоенной частоты моноимпульсного лазера на активированном необходимом алюмо-иттриевом гранате с двухкаскадным двухпроходным телеоптическим усилителем на неодимовом стекле.<sup>1</sup> Система возбуждения отличалась высоким качеством поля излучения. С помощью цилиндрических линз возбуждающее излучение собиралось в растворе в узкую вытянутую зону, вдоль которой развивалась сверхлюминесценция. Для регистрации спектров использовался спектрограф ДФС-8 с обратной дисперсией 6.2 Å/мм.

3. Измерения показали, что независимо от мощности возбуждающих импульсов, длины кюветы и концентрации раствора сплошная полоса сверхлюминесценции родамина 6Ж в этаноле полностью лишена структуры, если обеспечено отсутствие оптической обратной связи. Такая обратная связь может создаваться в результате отражения поверхностями оптических деталей части излучения любого из двух пространяющихся навстречу друг другу пучков сверхлюминесценции. На рисунке, а приведена микрофотограмма спектра сверхлюминесценции, полученного в отсутствие оптической обратной связи.

Установление самой незначительной оптической обратной связи приводит к появлению структуры в спектре сверхлюминесценции. Так, если между кюветой и входной щелью спектрографа (или с другой стороны кюветы) установить стеклянный клин (аналогично тому, как это сделано в [6] при исследованиях фотообесцвечивания растворов красителей), то при отражении сверхизлучения раствора одной из поверхностей стеклянного клина обратно в кювету в спектре появляется четко выраженная струк-

<sup>1</sup> Авторы признательны Р. Б. Андрееву за содействие в настройке усилителя.