

В соответствии с формулой (3) был проведен расчет отношения $m_{\text{ZnS}}/m_{\text{ZnSe}}$, которое оказалось равным 0.7. Для характеристики кристалла, используемого в качестве электрооптического модулирующего элемента, существенным параметром является не только коэффициент или глубина модуляции, но и прозрачность кристалла τ_λ для данной длины волны. Поэтому эффективность кристалла определялась величиной произведения $M_\omega \tau_\lambda$. Экспериментально пропускание измерялось на непросветленных образцах. Результаты расчета и эксперимента представлены в таблице. Из таблицы видно, что кубические кристаллы ZnS наряду с кристаллом селенида цинка могут эффективно использоваться во всей видимой и ближней ИК области спектра. Взаимный учет глубины модуляции и оптических потерь в исследованных кристаллах показывает, что с уменьшением длины волны света более эффективными становятся кристаллы ZnS.

λ , мкм		ZnS		ZnSe	
		расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
0.44	M_ω , %	29	31	—	—
	$M_\omega \tau_\lambda$, %	15	16	—	—
0.53	M_ω , %	26	28	39	40
	$M_\omega \tau_\lambda$, %	16	17	16	16
0.63	M_ω , %	23	22	33	30
	$M_\omega \tau_\lambda$, %	17	18	23	21
1.06	M_ω , %	11	10	20	17
	$M_\omega \tau_\lambda$, %	8	7.5	15	13

Литература

- [1] И. И. Адрианова, З. В. Нестерова, В. С. Русецкая. Квант. электрон., № 7, 81, 1972.
- [2] А. А. Штернберг. Исследование процессов кристаллизации в гидротермальных условиях. «Наука», М., 1970.
- [3] В. А. Кузнецов, А. Н. Лобачев. Тр. IV Всесоюз. совещ. по росту кристаллов, ч. II, 196. Ереван, 1972.
- [4] А. А. Бережной. ФТТ, 16, 599, 1974.
- [5] И. И. Адрианова, З. В. Нестерова. Опт. и спектр., 28, 566, 1970.

Поступило в Редакцию 2 июля 1979 г.

УДК 621.373 : 535+535.39

О ВЕЛИЧИНЕ УСИЛЕНИЯ СВЕТА ПРИ ВНУТРЕННЕМ ОТРАЖЕНИИ ОТ ИНВЕРТИРОВАННОЙ СРЕДЫ

С. А. Лебедев и Б. Я. Коган

Аномально большое усиление света при внутреннем отражении от среды с инверсией населенности было обнаружено в 1972 г. [1], однако до сих пор нет единой точки зрения на физический механизм этого явления [2-5]. В значительной степени это объясняется недостаточностью экспериментального материала. В настоящей работе представлены результаты экспериментов по исследованию влияния различных факторов на величину коэффициента отражения света от инвертированной среды.

Исследование проводилось в режиме генерации лазера внутреннего отражения [1] методом максимальных потерь [6], при котором в резонатор лазера вносятся калиброванные потери, приводящие к срыву генерации. Оптическая плотность K вносимых потерь связана с энергетическим коэффициентом отражения R на границе раздела между пассивной и активной средами следующим соотношением:

$$K = \lg R - K_0,$$

где K_0 — коэффициент постоянных потерь в резонаторе. Таким образом, величина K определяет с точностью до K_0 усиление света при отражении.

Оптическая схема эксперимента изображена на рис. 1. Резонатор образован плоскими диэлектрическими зеркалами с коэффициентами отражения $R_1=30\%$ и $R_2=100\%$. Во всех экспериментах, кроме специально оговоренного случая, угол юстировки резонатора φ составлял 2° .

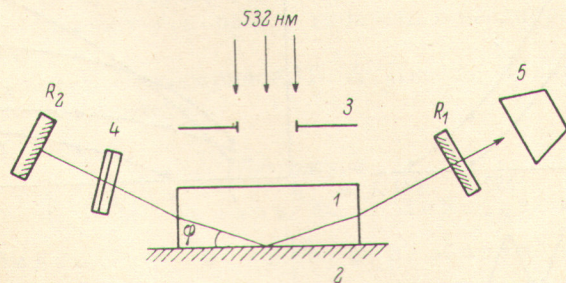


Рис. 1. Оптическая схема эксперимента.

1 — пассивная среда, 2 — активная среда, 3 — диафрагма, 4 — калиброванные потери, 5 — спектрограф СТЭ-1.

Активной средой служил раствор родамина 6Ж в смеси этилового и бензилового спиртов. Соотношение компонентов растворителя подбиралось таким образом, чтобы показатель преломления смеси был приблизительно равен показателю преломления пассивной среды (плавленый кварц). Более точная регулировка показателя преломления активной среды осуществлялась путем изменения температуры раствора. Раствор родамина 6Ж возбуждался второй гармоникой неодимового лазера с модулированной добротностью через прямоугольную диафрагму, ширина которой могла варьироваться. В качестве вносимых в резонатор потерь использовались калиброванные стеклянные нейтральные светофильтры. Точность измерения оптической плотности вносимых потерь составляла ± 0.05 .

На рис. 2, а представлена спектральная зависимость величины вносимых потерь K при плотностях мощности накачки 1.5 МВт/см^2 (кривая 1) и 0.2 МВт/см^2 (кривая 2). Измерения проводились при концентрации красителя $7 \cdot 10^{-4}$ моль/л и ширине диафрагмы 10 мм. Положение максимумов кривых соответствует длине волны $573 \pm 3 \text{ нм}$ и в этих пределах практически не зависит от мощности накачки и концентрации красителя. Поэтому в дальнейшем все измерения проводились на длине волны 570 нм. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с известной спектральной зависимостью коэффициента усиления возбужденного раствора родамина 6Ж [7].

На рис. 2, б показана зависимость величины усиления от ширины диафрагмы (т. е. от размера возбуждаемой области раствора) при различных концентрациях красителя: 1 — $3.5 \cdot 10^{-4}$, 2 — $3.4 \cdot 10^{-3}$, 3 — $7.5 \cdot 10^{-3}$ и 4 — $1.5 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Плотность мощности накачки составляла 0.4 МВт/см^2 . Из рис. 2 видно, что увеличение размера возбуждаемой области приводит к росту усиления. При ширине диафрагмы меньше 1 мм вообще не удалось получить генерацию излучения. Результаты этих экспериментов дают основание предположить, что свет при отражении

заходит в активную среду и там усиливается, проходя путь, определяемый размерами возбуждаемой области раствора. Обращает на себя внимание немонотонный характер зависимости усиления от концентрации красителя при фиксированной ширине диафрагмы. Пример такой зависимости дан на рис. 2, в (здесь и далее ширина диафрагмы составляла 10 мм). Обе кривые, соответствующие накачке 10 МВт/см² [1] и 0.4 МВт/см² [2], имеют максимум, положение которого зависит от величины накачки. Уменьшение усиления при больших уровнях накачки и концентрациях красителя наблюдалось также и при измерении зависимости величины K от плотности мощности накачки. Для растворов с концентрацией красителя менее 10⁻³ моль/л усиление монотонно возрастает с увеличением накачки

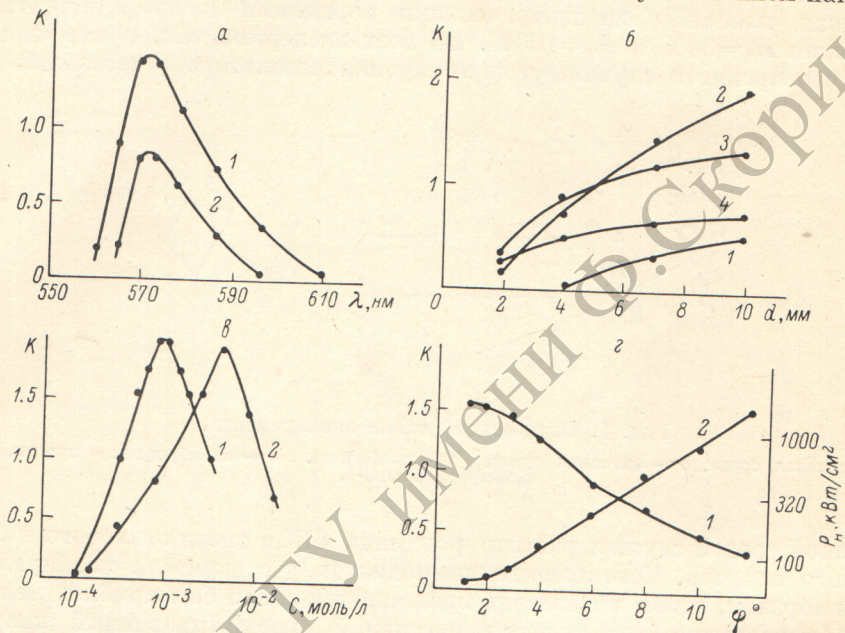


Рис. 2. Зависимость величины усиления от длины волны излучения (а), ширины диафрагмы (б), концентрации красителя (в), угла юстировки резонатора (1— K ; 2— P_n) (2).

(накачка менялась в диапазоне 0.01 ÷ 10 МВт/см²). При концентрациях красителя более 10⁻³ моль/л наблюдается падение усиления для накачек, превышающих 1 МВт/см². Можно предположить, что спад усиления связан с явлением нелинейного рассеяния света на агрегатах молекул красителя [8]. Однако это предположение требует дополнительной экспериментальной проверки.

В экспериментах была обнаружена сильная зависимость величины усиления от соотношения между показателями преломления активной и пассивной сред. Для измерения этой зависимости необходимо было менять угол юстировки резонатора φ , так как согласно [1], генерация на заданной длине волны возможна лишь в случае выполнения условия $\varphi \approx \arcsin \cos n$, где n — показатель преломления активной среды относительно пассивной. Результаты измерений при концентрации красителя 5 · 10⁻⁴ моль/л и накачке 10 МВт/см² представлены на рис. 2, в. Видно, что с увеличением угла юстировки (т. е. с уменьшением n) усиление падает. Одновременно с уменьшением усиления наблюдается рост пороговой мощности накачки P_n .

Чтобы оценить максимальную величину коэффициента отражения, необходимо определить коэффициент постоянных потерь K_0 . Специально величина K_0 не измерялась, а оценки дают значение $K_0 = 0.6 \div 1.0$. Учитывая, что усиление достигает величины $K = 2$ (рис. 2, в), получаем $R = 400 \div 1000$. Это значение согласуется с результатом измерения коэффициента отражения другим методом [2].

Для объяснения аномально большого отражения света от среды с инверсией населенности ранее [2] нами было высказано предположение о том, что это явление обусловлено наличием неоднородности показателя преломления раствора красителя, связанной с неоднородностью инверсии населенности и тепловыделения под действием излучения накачки. Расчетным путем можно показать, что коэффициент отражения (а следовательно, и усиление) в этом случае будет тем больше, чем больше изменение показателя преломления в возбужденной области раствора и чем ближе показатель преломления активной среды к показателю преломления пассивной. В экспериментах увеличение концентрации красителя и плотности мощности накачки приводит к увеличению оптической неоднородности раствора и, следовательно, к росту усиления. В свою очередь уменьшение относительного показателя преломления активной среды и связанное с этим увеличение угла юстировки резонатора вызывает падение усиления (рис. 2, з). Таким образом, изложенные экспериментальные результаты укладываются в рамки гипотезы о неоднородности инвертированной среды.

Авторы выражают благодарность В. А. Кизелю за внимание к данной работе и полезные дискуссии.

Литература

- [1] Б. Я. Коган, В. М. Волков, С. А. Лебедев. Письма ЖЭТФ, 16, 144, 1972.
- [2] С. А. Лебедев, В. М. Волков, Б. Я. Коган. Опт. и спектр., 35, 976, 1973.
- [3] Б. Б. Бойко, Н. С. Петров, И. З. Джилавдари. В сб.: Квантовая электроника и лазерная спектроскопия, 449. «Наука и техника», Минск, 1974.
- [4] А. А. Колоколов. Опт. и спектр., 38, 809, 1975.
- [5] R. F. Czubulsky, Jr., C. K. Carniglia. J. Opt. Soc. Am., 67, 1620, 1977.
- [6] Г. Хирд. Измерение лазерных параметров. «Мир», М., 1970.
- [7] T. Urisu, K. Kajiyama. J. Appl. Phys., 47, 3559, 1976.
- [8] Б. Я. Коган, В. Л. Чуркин. Опт. и спектр., 27, 530, 1969.

Поступило в Редакцию 2 июля 1979 г.

УДК 535.33 : 546.291

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ДВУХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ ГЕЛИЯ-3 И ГЕЛИЯ-4 В ОБЛАСТИ 465 нм

Г. Н. Герасимов и Л. В. Егорова

Настоящее сообщение посвящено экспериментальному наблюдению эмиссионных спектров двухатомных молекул гелия-3 и гелия-4 с помощью светосильного интерференционного спектрометра СП-140Б [1], работающего в режиме регистрации производной от исследуемого спектра [2]. Основные параметры прибора: фокусное расстояние коллимирующей оптики 100 мм, диаметр параллельного пучка 30 мм. Дифракционные решетки с частотой штрихов 1200 мм^{-1} работали в первом порядке. Теоретическая разрешающая способность прибора 80 000, величина геометрического фактора $8 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2 \cdot \text{ср}$. Скорость сканирования по спектру составляла 0.32 \AA/мин . В качестве фотоприемника использовался неохлаждаемый фотоумножитель ФЭУ-79, постоянная времени системы регистрации 10 с, частота колебаний модулирующего зеркала 3 кГц.

Гелий возбуждался в импульсном электрическом разряде. Давление газа в разрядной трубке варьировалось от 4 до 12 тор. Длительность возбуждающего импульса составляла 50 мкс, а его амплитуда — при