

УДК 621.378.9:535.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГА ВОЗБУЖДЕНИЯ И ИНТЕНСИВНОСТИ ВКР В ПАРАХ РУБИДИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНЕ СПЕКТРА НАКАЧКИ

В. А. Михайлов, В. И. Одинцов

(кафедра оптики и спектроскопии)

Резонансное ВКР в парах металлов является одним из перспективных методов преобразования частоты лазерного излучения. В работе [1] было изучено влияние ширины линии накачки на пороговые характеристики ВКР вблизи резонансных переходов Rb при регистрации рассеянного излучения в направлении распространения возбуждающего пучка. В настоящей работе результаты [1] дополнены исследованием порога обратного рассеяния. Наряду с этим изучена интенсивность ВКР в зависимости от величины резонансной расстройки.

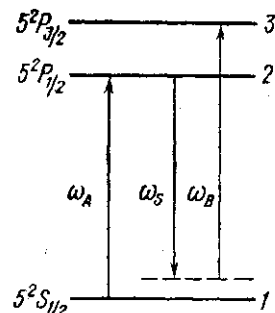


Рис. 1. Схема возбуждения ВКР

Для возбуждения ВКР в парах Rb использовались два лазера на органических красителях с перестраиваемой частотой. Частота одного из них (лазера А) ω_A настраивалась на резонансный период $1-2 \lambda=794,8$ нм (здесь и далее мы используем цифровые обозначения уровней, приведенные на рис. 1), что обеспечивало эффективное заселение уровня 2. Второй лазер В осуществлял возбуждение ВКР с этого уровня (частота ω_S) так, что роль промежуточного резонансного уровня играл основной уровень атома 1. Частота этого лазера перестраивалась в широких пределах в окрестности перехода $1-3$ ($\lambda=780,0$ нм).

Накачка обоих лазеров осуществлялась одним импульсом рубинового лазера. Световые пучки лазеров на красителях совмещались в пространстве и направлялись на кювету с парами Rb длиной 18 см. Диаметр светового пучка в кювете составлял 1,8 мм. Окна кюветы были не параллельны одно к другому и не перпендикулярны к оси пучка, что исключало влияние отражения ВКР от окон кюветы. Длительность синхронизованных импульсов лазеров на красителях была равна 25 нс, ширина линии генерации лазера А $\Delta\omega_A=0,2$ см⁻¹. Мощность излучения этого лазера оставалась постоянной и внутри кюветы составляла $P_A=200$ кВт. Ширина линии лазера В $\Delta\omega_B$ могла варьироваться от 0,2 до 20 см⁻¹. Температура паров Rb $t=220^\circ$ С (концентрация атомов $2 \cdot 10^{15}$ см⁻³).

Основные эксперименты проводились при длинноволновых расстройках $\Delta=\omega_B-\omega_{31}<0$ в условиях, когда самодефокусировка излучения накачки отсутствовала [1]. При коротковолновых расстройках возникала самофокусировка излучения лазера В.

На рис. 2 представлена частотная зависимость пороговой интенсивности возбуждающего лазера I_B в области длинноволновых расстройек. Порог возбуждения фиксировался по возникновению сигнала на стоксовой частоте ω_S с энергией $\sim 10^{-7}$ Дж. Каждая экспериментальная точка на пороговых кривых получена в результате усреднения по большому числу измерений. Видно, что при увеличении ширины линии накачки $\Delta\omega_B$ от 0,2 до 2 см⁻¹ порог обратного ВКР значительно возрастает.

тает. В непосредственной близости к резонансу наблюдается резкий рост порога, обусловленный, по-видимому, заселением конечного для ВКР уровня 3 вследствие поглощения излучения накачки. Так, при $|\Delta| < 1$ см⁻¹ и ширине линии накачки $\Delta\omega_B = 0,2$ см⁻¹ ВКР не удалось возбудить даже при максимальной мощности $P_B = 200$ кВт.

При ширине линии накачки $\Delta\omega_B = 10$ см⁻¹ обратное ВКР возбуждалось лишь в узкой области расстройек 5—15 см⁻¹ при мощностях накачки, близ-

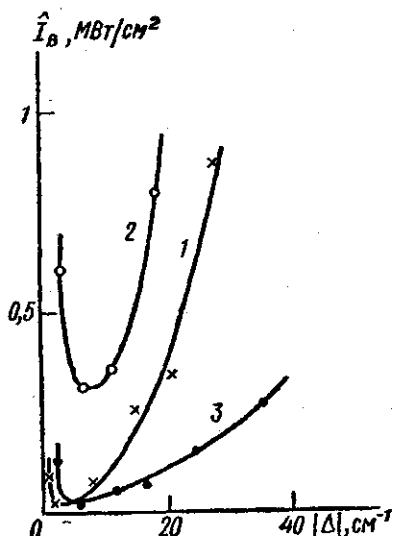


Рис. 2. Частотная зависимость порога ВКР: 1 — обратное рассеяние, $\Delta\omega_B = 0,2$ см⁻¹; 2 — обратное рассеяние, $\Delta\omega_B = 2$ см⁻¹; 3 — рассеяние вперед, $\Delta\omega_B = 0,2$ см⁻¹

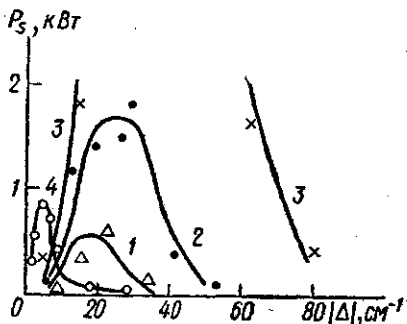


Рис. 3. Частотная зависимость мощности ВКР при $\Delta\omega_B = 0,2$ см⁻¹: 1, 2, 3 — рассеяние вперед, 4 — обратное рассеяние; $P_B = 10$ (1), 20 (2), 4), 100 (3) кВт

ких к предельным. При $\Delta\omega_B = 20$ см⁻¹ обратное ВКР не возбуждалось вплоть до мощности накачки $P_B = 200$ кВт.

Критическая интенсивность накачки [2] при обратном рассеянии I_B^{kr-} дается выражением

$$I_B^{kr-} = I_B^{kr+} + \frac{2\Delta\omega_B}{bc},$$

где I_B^{kr+} — критическая интенсивность для рассеяния вперед, приведенная в [1], b — удельный коэффициент усиления ВКР в поле монохроматической накачки, $b \sim 1/\Delta^2$. При интенсивностях накачки, меньших критической (некогерентный режим рассеяния), порог ВКР составляет $\hat{I}_B^{nek} = \frac{G}{bl} \frac{\Delta\omega}{\Delta\Omega}$, где G — пороговый коэффициент усиления на проход кюветы (в наших условиях $G \sim 18$), $\Delta\Omega$ — ширина линии комбинационного перехода среды, $\Delta\omega$ — ширина свертки линий накачки и комбинационного перехода. Ширина перехода $\Delta\Omega$ определяется уширением уровня 2 в поле мощного излучения лазера А [3]. В целях приближенной оценки можно положить, как и в [1], $\Delta\Omega \sim \Delta\omega_A = 0,2$ см⁻¹. Значения b , необходимые для расчета I_B^{kr-} и \hat{I}_B^{nek} , приведены в [1]. Экспериментальные величины \hat{I}_B для обратного рассеяния, за исключением области малых $|\Delta|$, удовлетворительно согласуются с теоретическими значениями \hat{I}_B^{nek} и оказываются существенно ниже расчетной величины I_B^{kr-} . Таким образом, возбуждение обратного ВКР осуществляется в некогерентном режиме рассеяния. Как видно из рис. 2, пороговая кривая для рассеяния вперед при $\Delta\omega_B = 0,2$ см⁻¹ идет ниже, чем соответствующая кривая для обратного рассеяния. Это хорошо согла-

суется с тем, что, в отличие от обратного рассеяния, рассеяние вперед происходит в когерентном режиме рассеяния, когда интенсивность накачки превышает $I_{B^{KР+}}$ [1].

Частотная зависимость мощности ВКР P_S в области длинноволновых расстройек представлена на рис. 3. В случае рассеяния вперед максимум интенсивности ВКР достигался при значительных расстройках, составляющих десятки см^{-1} . С увеличением мощности накачки P_B максимум P_S увеличивался и смещался в область больших расстройек. При $P_B=100$ кВт максимальное значение P_S достигало ~ 4 кВт. С приближением к резонансу мощность рассеяния вперед быстро уменьшается несмотря на то, что порог возбуждения ВКР еще продолжает снижаться.

Увеличение ширины линии накачки не приводило к значительному уменьшению интенсивности ВКР вперед.

Мощность обратного рассеяния при больших расстройках очень мала, что обусловлено, по-видимому, влиянием рассеяния вперед, имеющего при больших расстройках более низкий порог возбуждения. Однако при малых расстройках, когда мощность рассеяния вперед мала, мощность обратного рассеяния увеличивается и достигает максимума, сравнимого с максимумом рассеяния вперед при той же интенсивности накачки. При увеличении $\Delta\omega_B$ интенсивность обратного рассеяния резко уменьшается.

Уменьшение мощности ВКР при малых расстройках можно связать, по-видимому, с поглощением накачки и с влиянием четырехфотонных параметрических процессов, интенсивно возбуждающихся вблизи резонанса [1, 4].

Форма стоксовой линии ВКР вперед повторяла форму линии накачки, что характерно для рассеяния в когерентном режиме. Линия обратного ВКР была заметно уже линии накачки и сужалась при увеличении расстройки, что свидетельствует о некогерентном режиме рассеяния.

Аналогичные закономерности наблюдались при исследовании порогов возбуждения и интенсивности ВКР в условиях, когда частота ω_A настраивалась на переход 1—3, а частота ω_B варьировалась в окрестности перехода 1—2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Михайлов В. А., Одинцов В. И., Рогачева Л. Ф. Письма в ЖЭТФ, 1977, 25, с. 151. [2] Ахманов С. А. Изв. вузов. Сер. Радиофизика, 1974, 17, с. 541. [3] Апанасевич П. А., Ходовой В. А. Журн. прикл. спектроскопии, 1970, 12, с. 848. [4] Бутылкин В. С., Каплан А. Е. и др. Резонансные взаимодействия света с веществом. М.: Наука, 1977, с. 244—264.

Поступила в редакцию
24.09.81