

## ПОЛЕВОЕ УШИРЕНИЕ ВНУТРИДОПЛЕРОВСКИХ РЕЗОНАНСОВ СЕЛЕКТИВНОГО ОТРАЖЕНИЯ

А.М. Акульшин, В.А. Саутенков, Т.А. Вартамян,  
В.Л. Величанский, В.В. Никитин, С.И. Филимонов

*Зарегистрировано уширение внутридоплеровских резонансов селективного отражения на D<sub>2</sub>-линии цезия при высокой интенсивности падающего монохроматического излучения.*

Селективным зеркальным отражением (СЗО) называется резонансное увеличение коэффициента отражения от границы стекло-газ в спектральной окрестности линии поглощения газа.

Внутридоплеровская структура контура СЗО наблюдается при малом давлении газа, когда сумма радиационного  $\gamma_r$  и столкновительного  $\gamma_c$  уширений ( $\gamma = \gamma_r + \gamma_c$ ) меньше доплеровской ширины атомной линии  $\Delta\nu_D / 1-6/$ . Согласно /1/, возникновение внутридоплеровского резонанса СЗО на частоте атомного перехода  $\nu_0$  при  $\gamma < \Delta\nu_D$  объясняется деполяризующими столкновениями атомов газа с окном кюветы. Спектральная зависимость коэффициента отражения в области малых отстроек  $|\nu - \nu_0| = |\Delta\nu| \ll \Delta\nu_D$  и  $\gamma \ll \Delta\nu_D$  имеет асимптотическое приближение /1/:

$$R(\Delta\nu) \sim -\ln [(4\Delta\nu^2 + \gamma^2)/\Delta\nu_D^2]. \quad (1)$$

В /3/ замечено, что производная по частоте выражения (1) является дисперсионной лоренцевской кривой. Частотный интервал между экстремумами этой кривой  $\Gamma = \gamma$  назван "шириной внутридоплеровского резонанса СЗО". По ширине резонанса СЗО в /4/ определено ударное самоуширение D<sub>2</sub>-линии цезия  $\gamma_c = 1,15 \cdot 10^{-13} N$  МГц ( $N$  – концентрация атомов цезия,  $1 \text{ см}^{-3}$ ). Изучались также внутридоплеровские резонансы в спектральной зависимости магнитооптического вращения поляризации света, отраженного от газовой среды /5/.

Однако все перечисленные выше результаты относятся исключительно к линейному режиму СЗО, когда поглощающий газ в кювете остается ненасыщенным. Поведение спектральной зависимости коэффициента отражения при высокой интенсивности падающего на кювету излучения впервые проанализировано в работе /6/, где предсказано довольно неожиданное поведение нелинейного СЗО.

В настоящей работе представлены первые результаты исследования нелинейных эффектов в селективном отражении.

Согласно /6/, наиболее ярко нелинейные эффекты в СЗО должны проявляться при промежуточных значениях интенсивности падающего излучения, когда выполняются неравенства  $\gamma \ll 2\beta \ll \Delta\nu_D$ . Здесь  $\beta = Ed/h$  – скорость оптического возбуждения атома;  $d$  – дипольный момент перехода;  $E$  – электрическое поле падающей световой волны. В этом диапазоне интенсивностей должно наблюдаться как полевое уширение внутридоплеровского резонанса, так и насыщение максимального коэффициента СЗО:

$$R(\Delta\nu) \sim -\left[ \ln \left( \frac{4\Delta\nu^2 + 4\beta^2}{\Delta\nu_D^2} \right) + \frac{2\Delta\nu^2}{4\Delta\nu^2 + 3\beta^2} \right]. \quad (2)$$

В настоящей работе экспериментально изучалось насыщение отпаров  $^{133}\text{Cs}$  вблизи D<sub>2</sub>-линии ( $\lambda = 852,1 \text{ нм}$ ,  $\gamma_r = 5,3 \text{ МГц}$ ). Описание экспериментальной установки приведено в /2,3/. Источником перестраиваемого по частоте монохроматического излучения служил одночастотный инжекционный лазер с шириной линии излучения 20 МГц. Излучение инжекционного лазера направлялось на клиновидное окно ( $5 \cdot 10^{-2}$  рад) стеклянной кюветы с парами металлического цезия. Давление паров цезия определялось температурой кюветы /2/. Площадь светового пятна на окне кюветы варьировали в ходе эксперимента от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \text{ см}^2$  при постоянной мощности падающего излучения  $P = 5 \text{ мВт}$ . Расходимость пучка лазерного излучения и угол падения излучения на окно кюветы в сумме не превышали  $2 \cdot 10^{-2}$  рад. Коэффициент от-

ражения измеряли сравнением с неселективным отражением от передней грани кюветы  $R_0 = 4,5\%$ . Частотный масштаб контролировался по резонансам пропускания конфокального интерферометра с областью свободной дисперсии 234 МГц и резкостью 20.

Спектральная зависимость нелинейного отражения, полученная при интенсивности падающего излучения  $J_0 = 1,5$  Вт/см<sup>2</sup>, приведена на рис. 1б. Для сравнения там же (рис. 1а) дан линейный спектр отражения для  $J_0 = 5$  мВт. В обоих случаях  $N = 3 \cdot 10^{14}$  см<sup>-3</sup>. Зная численные значения  $\gamma = 40$  МГц и  $\Delta\nu_D = 450$  МГц, а также сечение поглощения  $\sigma_0 = \lambda^2(2F' + 1)/4(2F + 1) = 2,3 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup> (для самой сильной сверхтонкой компоненты  $F = 4 \rightarrow F' = 5$ ), легко показать, что рис. 1а соответствует  $2\beta \ll \gamma$ , рис. 1б —  $2\beta \approx 5\gamma \approx 200$  МГц, т.е. выполняется условие  $\gamma \ll 2\beta \ll \Delta\nu_D$  ( $\beta^2 \cong \sigma_0 \gamma J_0 / h\nu$ ) /7/.

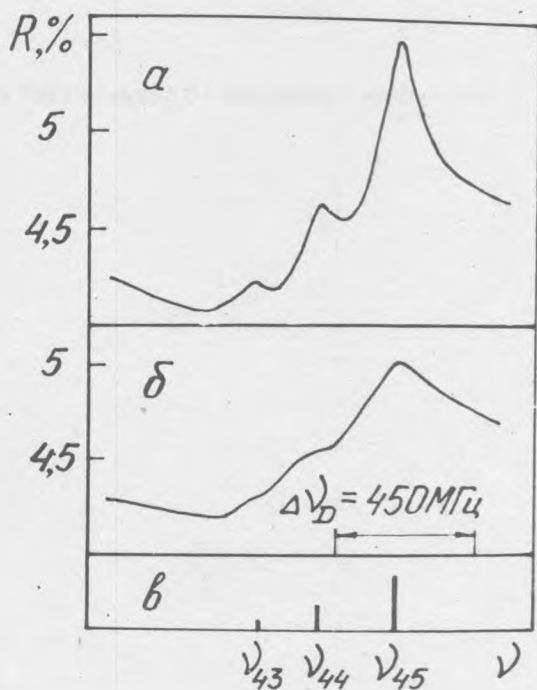


Рис. 1. Внутридоплеровские резонансы селективного отражения при низкой (а) и высокой (б) интенсивности падающего излучения (соответственно 5 мВт/см<sup>2</sup> и 1,5 Вт/см<sup>2</sup>) и относительные величины сечений поглощения (в) для переходов  $6S_{1/2}$  ( $F$ ) —  $6P_{3/2}$  ( $F'$ ) атома  $^{133}\text{Cs}$ .

Полученные экспериментальные результаты качественно подтверждают теоретические /6/: при возрастании  $J_0$  амплитуда внутридоплеровского резонанса СЗО уменьшается, а его ширина увеличивается. Увеличение ширины на полувысоте приблизительно в два раза согласуется с теоретическими оценками. Более детальное сопоставление теоретических /6/ и экспериментальных данных затруднено перекрытием сверхтонких компонент СЗО ( $\Delta\nu_s \sim 200$  МГц) при  $2\beta \gg \gamma$ . Изучались также нелинейные свойства СЗО при малом насыщении оптического перехода ( $2\beta \ll \gamma$ ). Наблюдалось полевое уширение внутридоплеровских резонансов отражения без существенного изменения их общего вида. В области  $2\beta \leq 0,6\gamma$  зарегистрирована зависимость  $\Gamma \approx (\Gamma_0 + 2\beta^2/\Gamma_0)$ .

Подчеркнем, что при использованных в эксперименте сравнительно низких интенсивностях излучения нелинейные искажения испытывает только узкий пик СЗО, в то время как широкчий доплеровский контур, служащий для него пьедесталом, насыщения практически не испытывает.

Таким образом, в данной работе впервые зафиксировано полевое уширение внутридоплеровских резонансов СЗО. Относительно низкое значение интенсивности излучения, при котором начинает проявляться нелинейность коэффициента отражения в спектральной окрестности  $|\Delta\nu| \ll \Delta\nu_D$ , делает весьма перспективным изучение различных эффектов самовоздействия света (самодифракция, ОВФ) на границе стекло — резонансный газ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Schuurmans M. F. H. *J. de Physique*, **21**, 463 (1980).
2. Саугенков В. А. и др. *Квантовая электроника*, **8**, 1867 (1981).
3. Саугенков В. А. и др. *Краткие сообщения по физике ФИАН*, № 2, 13 (1982).
4. Акульшин А. М. и др. *Письма в ЖЭТФ*, **36**, 247 (1982).
5. Саугенков В. А. и др. *Препринт ФИАН* № 150, М., 1983.
6. Варганян Т. А. *ЖЭТФ*, **88**, 1147 (1985).
7. Pappas P. G. et al. *Phys. Rev.*, **A21**, 1955 (1980).

Поступила в редакцию 10 февраля 1987 г.