

ВНУТРИДОПЛЕРОВСКИЕ РЕЗОНАНСЫ СЕЛЕКТИВНОГО ОТРАЖЕНИЯ ОТ ПАРОВ ЦЕЗИЯ ПРИ МАЛОМ ДАВЛЕНИИ

В. А. Саутенков, В. Л. Величанский, А. С. Зиоров,
В. В. Никитин, Н. В. Сенков, Д. А. Тюрников

УДК 535.338.334

В селективном зеркальном отражении с помощью инжекционного лазера разрешена внутридоплеровская структура линии D_2 цезия.

Предлагается использовать селективное отражение для изучения столкновительного уширения.

Вблизи линии поглощения газа спектральная зависимость коэффициента отражения от границы стекло-газ имеет резонансную структуру. Это явление известно как селективное зеркальное отражение.

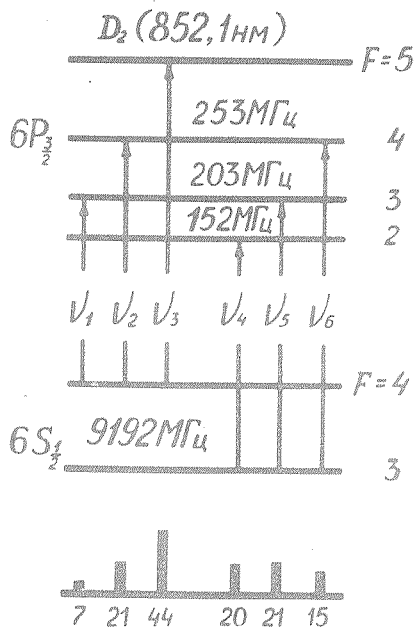
В большинстве ранее опубликованных работ селективное отражение изучалось при сравнительно высоком давлении газа, когда сумма радиационного γ_r и столкновительного γ_c уширения ($\gamma = \gamma_r + \gamma_c$) линии поглощения больше доплеровского уширения δ . В частности, при таком давлении была получена генерация инжекционного лазера с селективным зеркалом на парах цезия /1/.

При малом давлении паров ртути ($\gamma < \delta$) обнаружено сужение контура селективного отражения по сравнению с доплеровским /2/. В работе /3/ показано, что для объяснения формирования внутридоплеровских резонансов отражения при $\gamma < \delta$ нужно учитывать столкновения атомов газа с окном киветы. Экспериментально полученная форма контура отражения от паров натрия /4/ и цезия /5/ при $\gamma < \delta$ хорошо согласуется с теоретической /3/. В работе /5/ измерены сдвиги резонансов отражения в зависимости от давления. Эти эксперименты были выполнены для области давлений, где $\gamma_r \ll \gamma_c \ll \delta$ и концентрация атомов газа N удо-

влетворяя соотношению $N(\lambda/2\pi)^3 \geq 1$.

В настоящей работе зарегистрирована спектральная зависимость коэффициента отражения от паров цезия в области линии D_2 ($\lambda = 852,1$ нм) при $N(\lambda/2\pi)^3 \leq 1$, включая область $\gamma_c < \gamma_r$, с помощью полупроводникового инжекционного лазера.

Схема атомных уровней, соответствующих линии D_2 цезия, приведена на рис. 1 (ν_i - частоты атомных переходов). Линия D_2 цезия характеризуется следующими параметрами: $\gamma_r = 5,3$ МГц, $\gamma_c = 1,2 \cdot 10^{-15} N$ МГц/6/, $\delta = 21,8\sqrt{T}$ МГц. Например, концентрации $N = 1,2 \cdot 10^{13}$ см $^{-3}$ ($T \approx 370$ К) соответствует $\delta = 420$ МГц и $\gamma_c = 1,4$ МГц.



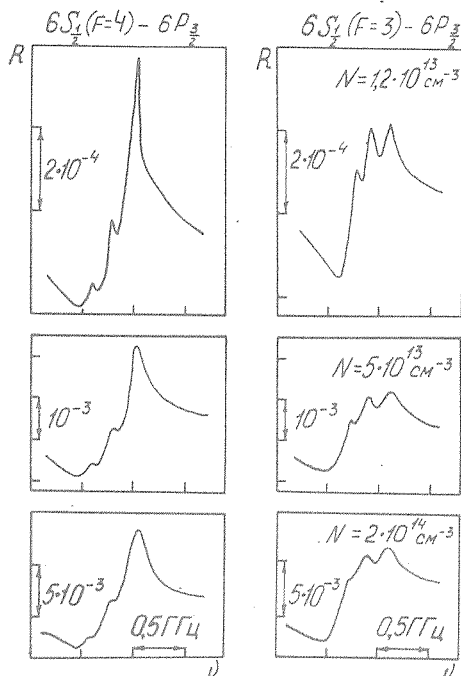
Р и с. 1. Схема уровней D_2 -линии ^{133}Cs и относительные вероятности соответствующих атомных переходов

В эксперименте в качестве источника перестраиваемого по частоте излучения ν использовался инжекционный лазер. Лазер работал в непрерывном одночастотном режиме при температуре жидкого азота. Частота генерации "привязывалась" к вершине резонанса пропускания сканирующего конфокального интерферометра с базой 12 см и резкостью 15 с помощью электронной системы автоподстройки /7/.

Ширина линии генерации ≈ 20 МГц контролировалась конфокальным интерферометром с базой 32 см и резкостью 21. Излучение лазера ($P \approx 10$ МВт), сфокусированное в параллельный пучок $\phi 1$ см, направлялось на окно кюветы с парами цезия. Угол между падающим и отраженным лучами не превышал 5° . Сигнал селективного отражения регистрировался фотодиодом ФД-24К, расположенным в 1,2 м от кюветы, и подавался на самописец. Коэффициент селективного отражения измеряли сравнением с нерезонансным отражением от окна кюветы $R_0 = 0,045$.

Полученные спектральные зависимости коэффициента отражения для различных давлений приведены на рис. 2. При $n = 1,2 \cdot 10^{13}$ см $^{-3}$ ($\nu_c < \nu_r$) уверенно разрешаются внутридоплеровские резонансы отражения, соответствующие сверхтонкой структуре линии D_2 . В поглощении эта структура не проявляется из-за доплеровского уширения. С ростом давления амплитуда и ширина резонансов отражения увеличиваются. Форма контура отражения не зависела от интенсивности лазерного излучения. Сдвиги максимумов отражения относительно невозмущенных частот ν_1 атомных переходов значительно меньше $\nu_c/5$. Резонансы отражения вблизи максимумов (отстройка $|\Delta\nu| = |\nu_1 - \nu| \ll \delta$) хорошо согласуются с теоретической зависимостью $R(\nu) \sim \ln [(4\Delta\nu)^2 + \gamma^2]/8\delta^2/5$. Легко показать, что точка перегиба теоретического контура $R(\nu) = 0$ соответствует отстройке от максимума $|\Delta\nu| = \gamma/2$. Следовательно, измеряя интервал между точками перегиба экспериментальной зависимости $R(\nu)$, можно точнее проверить согласие теоретической модели селективного отражения /3/ с экспериментом и определить столкновительное уширение. В настоящей работе получено $\nu_c = (1,4 \pm 0,3) \cdot 10^{-13}$ н МГц, что не противоречит теоретическому /6/ и экспериментальному /8/ значениям ν_c . Для более надежного и точного измерения интервала между точками

перегиба нужно регистрировать производную контура селективно-го отражений.



Р и с. 2. Экспериментально полученные спектральные контуры селективного отражения при различных концентрациях атомов цезия и

В эксперименте сигнал селективного отражения наблюдался до $N = 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$. При $N < 10^{13} \text{ см}^{-3}$ сигнал становился сравнимым с сигналом резонансной флуоресценции, и внутридоплеровские резонансы отражения наблюдались на фоне доплеровского контура флуоресценции.

В заключение отметим, что наблюдение контура селективного отражения при малых давлениях, когда $N(\lambda/2\pi)^3 < 1$, проведено впервые. Показано, что селективное отражение можно использовать

для внутридоплеровской спектроскопии. Предлагается возможный метод исследования резонансного столкновительного уширения для центральной части линии поглощения по форме внутридоплеровских резонансов отражения. Обычно резонансное столкновительное уширение определяют по форме крыльев линии поглощения /8/. Столкновительное уширение в центре и на крыльях линии поглощения различается по механизму возникновения и величине /6/, поэтому предлагаемый метод может найти соответствующее применение в физике атомных столкновений.

Представляет также интерес дальнейшее исследование особенностей селективного отражения при $n(\lambda/2\pi)^3 < 1$, поскольку при таком давлении в отражении должны проявляться эффекты, обусловленные пространственными флуктуациями плотности газа размером $\sim \lambda^3$.

Авторы благодарны А. М. Дыхне и А. П. Казанцеву за полезные обсуждения и С. Д. Якубовичу за предоставление лазеров.

Поступила в редакцию
7 сентября 1981 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. Л. Величанский и др., Квантовая электроника, 5, 1465 (1978).
2. J. L. Cojan, Ann. Phys. (Paris), 9, 385 (1954).
3. M. F. N. Schuurmans, J. Physique, 37, 469 (1976).
4. A. L. Burgmans, J. P. Woerdman, J. Physique, 37, 677 (1976).
5. В. А. Саутенков и др., Квантовая электроника, 8, 1867 (1981).
6. Л. А. Вайнштейн, И. И. Собельман, Е. А. Юков. Возбуждение атомов и уширение атомных линий, М., "Наука", 1979 г.
7. М. И. Вольнов, Д. А. Туриков, Препринт ФИАН № 58, М., 1980 г.
8. A. L. Chen, A. V. Phelps, Phys. Rev., 173, 62 (1968).