

Письма в ЖЭТФ, том 10 стр. 296 – 300

5 октября 1969 г.

ФОРМА ЛИНИИ ВЫНУЖДЕННОГО СМЕЩЕННОГО РЕЗОНАНСНОГО РАССЕЯНИЯ В НЕОНЕ

Н.М.Бетеров, Ю.А.Матюгин, В.П.Чеботаев

В настоящее время проявляется большой интерес к исследованию вынужденного смещенного (комбинационного) рассеяния. В квантовой теории излучения [1,2] рассеяние рассматривается как процесс, происходящий через определенные промежуточные состояния (виртуальные уровни). Наличие реальных уровней приводит к возрастанию сечения рас-

сеяния по аналогии с эффектом возрастания сечения классического рассеяния вблизи резонанса (резонансная флуоресценция) [1]. В газе низкого давления исследования интенсивности и формы линии вынужденного смещенного резонансного рассеяния могут дать важную информацию о процессах релаксации когерентности, обусловленных спонтанным затуханием, столкновениями, диффузией возбуждения при пленении резонансного излучения и т. д. В этой работе мы сообщаем о первом экспериментальном наблюдении формы линии вынужденного смещенного резонансного рассеяния в неоне для монохроматического излучения и прямом наблюдении диффузии возбуждения в пространстве скоростей при пленении резонансного излучения.

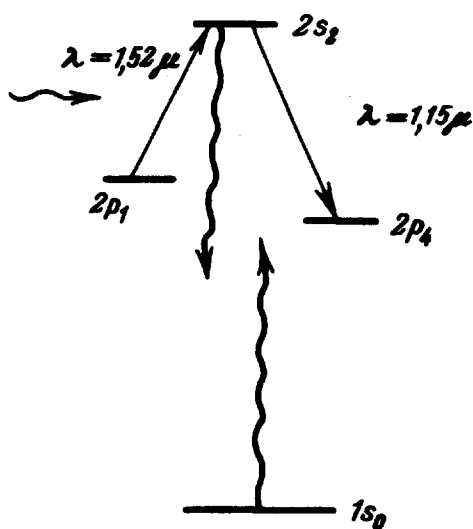


Рис. 1. Схема уровней

Схема переходов неона, в которой наблюдалось вынужденное смещенное резонансное рассеяние, приведена на рис. 1. Внешнее линейно-поляризованное излучение на длине волны $\lambda = 1,52 \mu$, резонансное переходу $2s_2 - 2p_1$ неона, создавалось He - Ne лазером, в котором была осуществлена селекция типов колебаний с помощью внутренней поглощающей ячейки [3]. Вынужденное смещенное резонансное рассеяние наблюдалось на длине волны $\lambda = 1,15 \mu$ ($2s_2 - 2p_4$) с помощью слабого монохроматического поля той же линейной поляризации, проходившего через разрядную трубку, наполненную неонам, по направлению распространения сильного поля (рассеяние вперед) или против распространения сильного поля (рассеяние назад). Частота слабого поля медленно сканировалась. Излучение мощного лазера на $\lambda = 1,52 \mu$ модулировалось механическим модулятором, синхронизованным с опорным напряжением фазового детектора. Светофильтр перед фотоприемником пропускал излучение только на $\lambda = 1,15 \mu$. Наблюдая переменную составляющую сиг-

нала на выходе фотоприемника, можно судить о форме линии усиления на $\lambda = 1,15 \text{ мк}$, обусловленную действием поля на $\lambda = 1,52 \text{ мк}$.

Наблюдаемая форма линии рассеяния представлена на рис. 2, а (рассеяние вперед) и рис. 2, б (рассеяние назад). Профиль линии имеет сложную форму. В обоих направлениях наблюдается узкий пик на фоне значительной "подкладки". Обработка этих кривых с учетом зависимости амплитуды слабого поля от частоты показала, что "подкладка" представляет гауссову кривую с доплеровской шириной.

Форма линии рассеяния в данном эксперименте обусловлена следующими факторами; а) распределением атомов по скоростям, которое возникает как результат взаимодействия монохроматического поля с неоднородно уширенной линией (распределение Беннетта [4]), б) диффузией возбуждения в пространстве скоростей при пленении резонансного излучения с уровня $2s_2$ (рис.1) [5], в) когерентными эффектами при рассеянии.

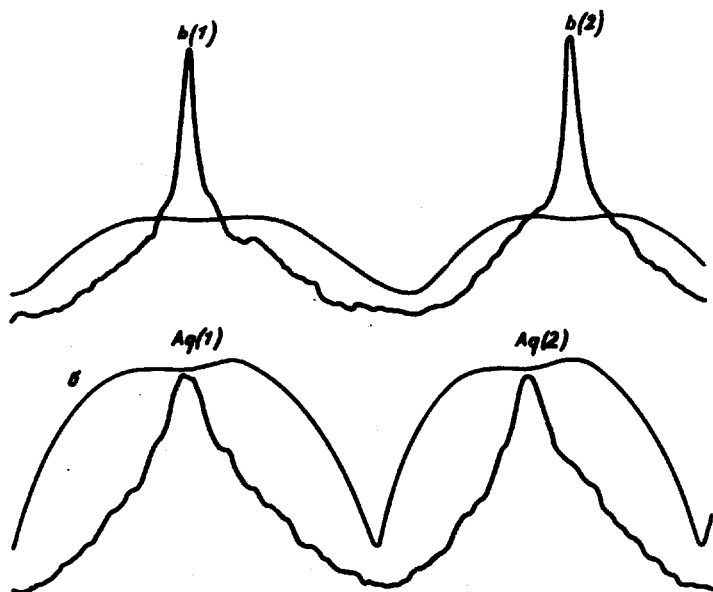


Рис. 2. Запись формы линии вынужденного смещенного резонансного рассеяния в неоне. а – рассеяние вперед $K_1 \cdot K_2 > 0$, $\lambda_1 = 1,15 \text{ мк}$, $\lambda_2 = 1,5 \text{ мк}$, $P_{Ne} = 0,9 \text{ тор}$, $I_{разр} = 10 \text{ ма}$; б – рассеяние назад $K_1 \cdot K_2 < 0$, $P_{Ne} = 0,9 \text{ тор}$, $I_{разр} = 10 \text{ ма}$.

Расстояние между порядками 1270 Мг

Первый фактор приводит к тому, что форма линии вынужденного излучения представляет узкий пик лоренцевой формы. Второй фактор обуславливает возникновение доплеровской "подкладки", поскольку спон-

танное излучение почти изотропно и за несколько актов переизлучения происходит полная потеря фазовой памяти. Последний из указанных факторов приводит к зависимости формы линии вынужденного рассеяния от направления наблюдения (нелинейные интерференционные эффекты [6]). Существование узкого пика (рис. 2) обусловлено теми атомами, которые сразу после поглощения фотона длины волны $1,5 \text{ мк}$ излучают фотон на длине волны $1,15 \text{ мк}$, причем рассеяние вперед может интерпретироваться как частично когерентное рассеяние (двухфотонный процесс), а рассеяние назад как полностью некогерентное рассеяние (ступенчатый процесс поглощения и последующего испускания).¹⁾

Ширины линий рассеяния вперед и назад для давления неона $\sim 0,3 \text{ тор}$ составили 50 ± 5 и $103 \pm 10 \text{ МГц}$ соответственно. В обоих случаях доплеровская "подкладка" вносит заметный вклад в линию усиления. Измеренные соотношения амплитуд пиков и "подкладки" находятся в согласии с теорией, рассмотренной в [5]. Исследования формы линии рассеяния в зависимости от давления неона показали, что столкновения с атомами неона заметно уменьшают долю когерентного рассеяния. При низких давлениях неона форма линии вынужденного смещенного рассеяния качественно согласуется с предсказаниями теории нелинейных интерференционных эффектов [6].

В заключение отметим, что сужение линии усиления и возрастание максимального коэффициента усиления вследствие эффекта вынужденного смещенного резонансного рассеяния может быть использовано для создания усилителей и генераторов света. Усиление на $\lambda = 1,15 \text{ мк}$, возникающее под действием поля на $\lambda = 1,5 \text{ мк}$, позволило нам осуществить генерацию в трехуровневом лазере, использующем пару переходов $2s_2 - 2p_1$ и $2s_2 - 2p_4$ неона [7].

Институт физики полупроводников

Академии наук СССР

Сибирское отделение

Поступила в редакцию

29 июля 1969 г.

Литература

- [1] В. Гайтлер. Квантовая теория излучения, Ил, 1956.
[2] В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Релятивистская квантовая теория, Наука, М., 1968.

¹⁾ Когерентность в излучении атомов может привести также к возникновению диаграммы направленности для интенсивности излучения при рассеянии.

- [3] V.P.Chebotayev, I.M.Beterov, V.N.Lisitsyn, YEEE Journ. of QE., QE-4, 788, 1968, И.М.Бетеров, В.Н.Лисицын, В.П.Чеботаев. Радиотехника и электроника, 14, 1127, 1969.
- [4] W.R.Bennett, Jr.; Phys. Rev. 126, 580, 1962.
- [5] И.М.Бетеров, Ю.А.Матюгин, С.Г.Раутиан, В.П.Чеботаев. Доклад на Всесоюзном Симпозиуме по физике газовых ОКГ. Новосибирск, июль. 1969, Оптика и спектроскопия (в печати)
- [6] Г.Е.Ноткин, С.Г.Раутиан, А.А.Феоктистов ЖЭТФ, 52, 1673, 1967. .
- [7] И.М.Бетеров, В.П.Чеботаев. Доклад на Всесоюзном Симпозиуме по физике газовых ОКГ, Новосибирск, июль, 1969.
-