

УЗКИЕ РЕЗОНАНСЫ ПРИ НАСЫЩЕНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ SF_6
ИЗЛУЧЕНИЕМ CO_2 -ЛАЗЕРА

*Н.Г.Басов, И.Н.Компанец, О.Н.Компанец,
В.С.Летохов, В.В.Никитин*

В работах [1 – 3] было предложено использовать эффект насыщения поглощения вращательно-колебательных переходов молекулярного газа низкого давления в когерентном световом поле для получения узких резонансов внутри доплеровской линии и стабилизировать по этим резонансам частоту колебаний лазера. Были предложены схемы сверхвысокой стабилизации частоты с помощью нелинейно-поглощающей ячейки внутри [1 – 3] и вне резонатора [4, 5] по пику мощности [2, 4, 5] и за счет эффекта автостабилизации [1, 3, 5]. Об эффективности предложенного метода свидетельствует достижение стабильности и воспроизводимости частоты порядка 10^{-11} в He – Ne лазере на $\lambda = 3,39 \text{ мк}$ при насыщении поглощения CH_4 ¹⁾ внутри резонатора [6]. Цель настоящей работы – сообщить о наблюдении узких провалов внутри доплеровской линии двух вращательно-колебательных переходов полосы ν_3 молекулы SF_6 ²⁾ методом нелинейного поглощения квазибегущей волны CO_2 -лазера во внешней SF_6 -ячейке низкого давления. Это открывает возможность детального изучения сверхтонкой структуры вращательно-колебательных переходов молекулы SF_6 и получения сверхвысокой стабильности частоты CO_2 -лазера.

Схема проведения эксперимента была следующей. Излучение $CO_2 - N_2 - He$ лазера с призмой из NaCl внутри резонатора пропусклось через внешнюю ячейку (длина 80 см), заполненную газообразным SF_6 при давлении $10^{-3} + 10^{-1} \text{ тор}$. Небольшая часть ($\approx 3\%$) пропущенного ячейкой излучения отражалась в обратном направлении и после вторичного прохождения ячейки регистрировалось Ge : Au-фотоприемником. Мощность излучения подбиралась из условия насыщения поглощения прямой волны и линейного поглощения слабой обратной волны.

1) Насыщение поглощения молекулы CH_4 для стабилизации частоты He – Ne лазера на $\lambda = 3,39 \text{ мк}$ было предложено в работах [1 – 3].

2) Согласно [7] молекула SF_6 обладает сильным нелинейным поглощением на частотах $10,6 \text{ мк}$ перехода CO_2 -лазера.

Частота излучения CO_2 -лазера перестраивалась в пределах доплеровской линии путем сканирования положения зеркала резонатора, укрепленного на пьезокерамике.

Когда частота излучения ν точно совпадает с центром линии поглощения ν_0 , обратная слабая волна взаимодействует с молекулами, поглощение которых насыщено сильной прямой волной. В этом случае поглощение волны значительно меньше, чем при расстройке частоты излучения относительно центра доплеровской линии SF_6 . Поэтому зависимость коэффициента поглощения такой квазибегущей волны от ее частоты должна иметь узкий резонанс на частоте $\nu = \nu_0$ с шириной, определяемой при низком давлении газа временем пролета молекул через луч и степенью насыщения [5].

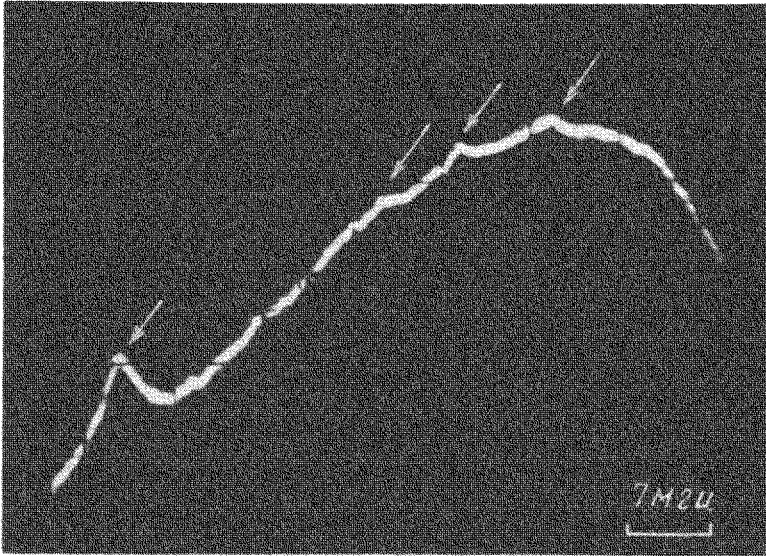


Рис. 1. Оциллограмма мощности квазибегущей волны, прошедшей через ячейку SF_6 , в зависимости от частоты, для одной из наиболее интенсивных вращательно-колебательных линий CO_2 -лазера. Давление газа в ячейке $p = 2 \cdot 10^{-2}$ тор, длина ячейки 80 см. Стрелками указаны наблюдаемые резонансы

Экспериментально измеренная зависимость мощности квазибегущей волны, прошедшей через ячейку при давлении SF_6 $p = 2 \cdot 10^{-2}$ тор, от ее частоты для одной из наиболее интенсивных вращательно-колебательных линий CO_2 -лазера показана на рис. 1. В пределах части доплеровской линии обнаружено несколько узких резонансов, говорящих о наличии структуры внутри доплеровской линии. Ширина наиболее узкого резонанса, показанного на рис. 2 составляла $1,2 \pm 0,2$ мкч при давлении SF_6 , равном $5 \cdot 10^{-2}$ тор. Остальные резонансы имеют ширину

$1,6 \pm 3,0$ мк. Разрешающая способность в эксперименте составляла $0,5 \pm 0,25$ мк. Эта величина складывается из уширения, обусловленного конечным временем пролета молекул через луч ($0,1$ мк), уширения

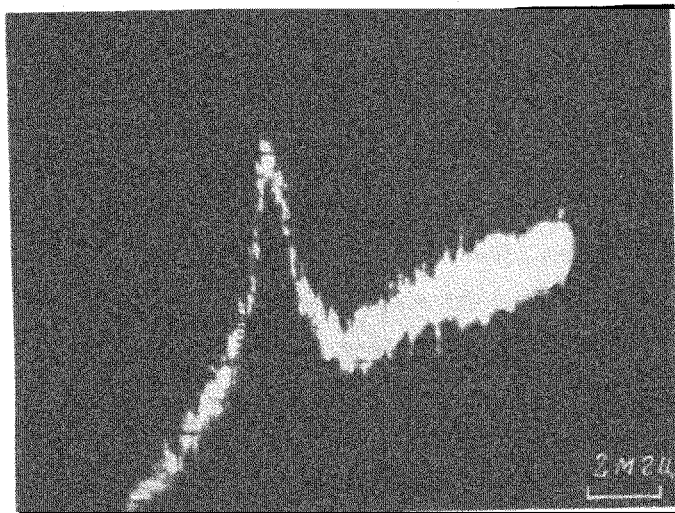


Рис. 2. Оциллограмма одного из узких резонансов, обнаруженных в пределах части доплеровской линии. Ширина на половине высоты $1,2 \pm 0,2$ мк

из-за насыщения ($0,1 \pm 0,05$ мк) и уширения из-за столкновений ($0,3 \pm 0,2$ мк). Отличие наблюдаемой минимальной ширины от предельного разрешения и различные ширины резонансов, по-видимому, объясняется наличием неразрешенной структуры в пределах каждого резонанса.

Резонансы наблюдались в области давлений в ячейке $2 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-3}$ тор, когда линейное поглощение ячейки на проход меняется в пределах от 1000 до 30%. При давлении $p = 5 \cdot 10^{-2}$ тор амплитуда некоторых резонансов была близка к 100%. При малых давлениях амплитуда резонанса уменьшается из-за ослабления поглощения, а при больших давлениях — из-за возрастания мощности, необходимой для насыщения поглощения.

В настоящее время работа по выяснению природы уширения резонансов продолжается.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
3 апреля 1969 г.

Литература

- [1] В.С.Летохов. Письма в ЖЭТФ, 6, 597, 1967.
- [2] В.Н.Лисицын, В.П.Чеботаев. ЖЭТФ, 54, 419, 1968.

- [3] В.С.Летохов. Препринт ФИАН № 135, 1967; ЖЭТФ, 54, 1244, 1968.
- [4] В.Н.Лисицын, В.П.Чеботаев. Доклад на V Международной конференции по квантовой электронике, США, Майами, 1968.
- [5] В.С.Летохов, В.П.Чеботаев. Письма в ЖЭТФ, 9, 364, 1969.
- [6] R.L.Barger, I.L.Hall. Phys. Rev. Lett., 22, 4, 1969.
- [7] O.R.Wood, S.E.Schwartz. Appl. Phys. Lett., 11, 88, 1967.
-