

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 621.378.33

**ВЛИЯНИЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В РАЗРЯДЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОЛНОВОДНЫХ CO₂-ЛАЗЕРОВ**

С. Т. Корнилоов, Е. Д. Проценко, С. Н. Чириков

Собственные колебания в газовых разрядах являются одним из источников флуктуаций мощности излучения газоразрядных лазеров и, в частности, лазеров на двуокиси углерода. Результаты исследования свойств плазмы CO₂-лазеров низкого давления приведены в работах [1-3]. Подобная информация о волноводных CO₂-лазерах практически отсутствует. Имеется лишь сообщение о наблюдении релаксационной стадии реактивных колебаний разряда волноводного CO₂-лазера [4].

Характерный режим генерации волноводных лазеров (высокое давление рабочей смеси, повышенная плотность разрядного тока) и перспективы их практического применения определяют интерес к экспериментальным исследованиям собственных колебаний в разряде волноводных лазеров. Изучение таких колебаний и их воздействия на характеристики волноводных CO₂-лазеров являлось целью данной работы.

Исследовались собственные колебания в разряде непроточных волноводных CO₂-лазеров с различной величиной поперечного сечения волновода. Конструкция лазеров представлена в [5]. Волноводы изготавливались путем склеивания четырех полированных пластин из окиси бериллия. Величина поперечного сечения волновода одного из лазеров равнялась 1,5 × 1,5 мм² — S₁, а второго — 1,5 × 1,0 мм² — S₂. Длина каждого из разрядных промежутков, составляющих активный элемент лазера, равнялась 61 мм. Наполнение лазеров проводилось многокомпонентной смесью Хе : N₂ : CO₂ : Не с соотношением CO₂ : N₂ : Хе = 4 : 2 : 1. Доля Не в смеси во время эксперимента варьировалась.

Измерения проводились по следующей схеме. В анодную цепь источника питания включалось измерительное сопротивление, сигнал с которого подавался на анализатор спектра. Регистрация флуктуаций выходной мощности осуществлялась методом прямого детектирования при настройке частоты излучения лазера на центр линии усиления рабочего перехода. Для регистрации высокочастотных составляющих спектра выходной мощности использовался широкополосный фотодиод.

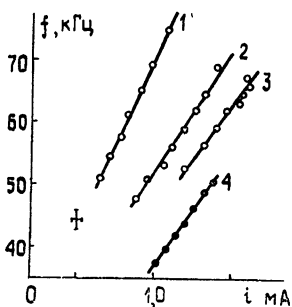


Рис. 1.

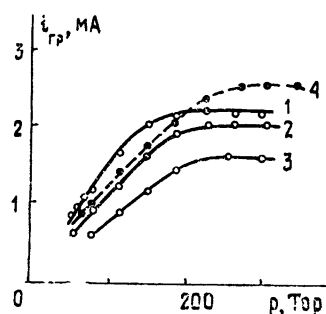


Рис. 2.

Рис. 1. Зависимость частоты колебаний от тока разряда: 1 — $p = 75 \text{ Torr}$; 2, 4 — $p = 112,5 \text{ Torr}$; 3 — $p = 150 \text{ Torr}$; светлые кружки — сечение волновода S₂, темные кружки — сечение волновода S₁.

Рис. 2. Зависимость граничного тока возникновения колебаний от давления смеси: 1, 4 — CO₂ : He = 1 : 3; 2 — CO₂ : He = 1 : 5; 3 — CO₂ : He = 1 : 8; светлые кружки — сечение волновода S₂, темные кружки — сечение волновода S₁.

Экспериментальные исследования показали, что в разряде волноводных CO_2 -лазеров при определенных условиях возникают регулярные колебания с характерными частотами 30—80 кГц. Интенсивность и частота этих колебаний зависит от различных параметров лазера. На рис. 1 представлена зависимость частоты колебаний от величины разрядного тока для различных давлений рабочей смеси при соотношении компонент $\text{CO}_2 : \text{He} = 1 : 3$. Анализ зависимостей показал, что частота колебаний f подчиняется соотношению

$$f \sim ip^{-3/4}, \quad (1)$$

где i — ток разряда, p — общее давление смеси

Регулярные колебания в разрядах имеют место при значениях тока меньших некоторого граничного — $i_{\text{гр}}$. Зависимость $i_{\text{гр}}$ от давления рабочей смеси представлена на рис. 2. Как видно из графиков в диапазоне давлений, характерных для волноводных CO_2 -лазеров, увеличение доли гелия в смеси приводит к уменьшению величины $i_{\text{гр}}$. Подобная тенденция обнаружена и для лазера с сечением волновода S_1 .

При изменении параметров разряда, приводящем к возникновению колебаний, отмечалось резкое изменение их амплитуды от нуля до некоторого конечного значения, т. е. имел место жесткий режим возникновения колебаний в разряде. При этом наблюдался гистерезис по току. Изменение величины балластного сопротивления от 1 до 3 МОм не влияло на параметры колебаний.

Зависимость глубины модуляции разрядного тока собственными колебаниями от величины разрядного тока представлены на рис. 3а. Видно, что глубина модуляции возрастает как при увеличении давления смеси при фиксированном токе разряда, так и при уменьшении тока разряда для данного давления. С увеличением доли гелия в смеси глубина модуляции разрядного тока уменьшалась.

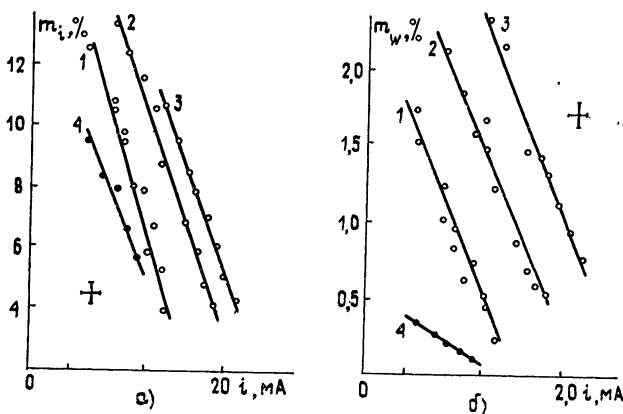


Рис. 3. Зависимость глубины модуляции выходной мощности (б) и тока разряда (а) бегущими стратами от величины разрядного тока для лазера с сечением волновода S_2 . 1 — $p = 112,5 \text{ Тор}$, 2, 4 — $p = 150 \text{ Тор}$, 3 — $p = 187,5 \text{ Тор}$; светлые кружки — $\text{CO}_2 : \text{He} = 1 : 3$, темные кружки — $\text{CO}_2 : \text{He} = 1 : 5$.

Исследования показали, что колебания могут эффективно взаимодействовать как между собой, так и с внешним возмущающим сигналом. В лазере с сечением волновода S_1 при давлении смеси $\text{CO}_2 : \text{He} = 1 : 3$ 150 Тор в диапазоне изменения тока 1,7—1,8 мА наблюдались «нулевые» биения колебаний в полосе частот 0—1,5 кГц, аналогичные наблюдаемым в разряде He-Ne-лазеров [6]. Подавая в цепь разряда внешний возмущающий сигнал от звукового генератора, оказалось возможным синхронизировать колебания и тем самым сузить их спектр от типичной ширины $\Delta f \sim 1,5 \text{ кГц}$ до 90 Гц. При амплитуде внешнего сигнала, превышающего амплитуду колебаний в разряде, реализовывался вариант синхронизации с гашением.

Контроль бокового свечения разряда в волноводе с поперечным сечением S_2 , в котором одна из пластин из окиси бериллия была заменена кварцевой пластиной, показал, что наблюдаемые колебания являются бегущими стратами. Полученный результат согласуется с данными работы [1], в которой отмечалось, что для частоты возникающих в разряде CO_2 , N_2 , He бегущих страт выполняется соотношение (1).

Рассмотрим влияние колебаний в разряде на уровень выходной мощности волноводных CO_2 -лазеров. При этом надо обратить внимание на следующее. Учитывать влияние колебаний разряда на характеристики лазерного излучения следует в том случае, когда условия существования колебаний совпадают с рабочими диапазонами изменения давления рабочей смеси и величины разрядного тока. Рабочие давления волно-

водных CO_2 -лазеров составляют 100—250 Тор. Максимальные значения диапазонов перестройки частоты излучения и выходной мощности волноводных CO_2 -лазеров достигаются при токах разряда i , удовлетворяющих условию $i < S \cdot 100 \text{ мА}$ [5]. Рассмотренные зависимости рис. 2 показывают, что для лазера с сечением S_2 характерно совпадение условий существования колебаний и рабочих значений давления смеси и разрядного тока.

На рис. 3б приведена зависимость глубины модуляции выходной мощности лазера с сечением S_2 колебаниями разряда от величины разрядного тока. Видно, что глубина модуляции может достигать заметного ($\geq 1\%$) уровня. Этот факт позволяет рассматривать бегущие страты в разряде как один из основных источников флуктуаций выходной мощности в лазерах данного типа.

В работе также исследовалось воздействие бегущих страт на частотные флуктуации волноводных CO_2 -лазеров. В пределах чувствительности аппаратуры, позволяющей регистрировать спектральные компоненты; дающие вклад в ширину линии излучения лазера $\geq 50 \text{ кГц}$, влияния бегущих страт на частотные флуктуации не обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shofner F. M. — IEEE J. Quant. Electr., 1971, 7, № 6, p. 245.
2. Тучин В. В.—Сер. Квантовая электроника.— М.: ЦНИИ Электроника, 1976, вып. 5 (424).
3. Смирнов Е. А.—Изв. Ленинградского электротехнического ин-та, 1978, № 237, с. 75.
4. Zimmerman J., Caddy O. — IEEE J. Quant. Electr., 1974, 10, № 1, p. 92.
5. Гончуков С. А., Корнилов С. Т., Проценко Е. Д.—ЖТФ, 1978, 48, с. 556.
6. Гуськов Л. Н., Сологуб В. П., Трошин Б. И.—Оптика и спектроскопия, 1976, 40, с. 170.

Московский инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
25 декабря 1980 г.

УДК 621.373.8

УШИРЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ AsH_3 ДАВЛЕНИЕМ ГАЗА

В. П. Казаков, А. Ф. Крупнов, А. А. Мельников

Столкновительное уширение спектральных линий дает информацию о межмолекулярных взаимодействиях и активно исследуется в последнее время [1]. Знание величины уширения линий необходимо также для точного расчета интенсивности вращательных спектральных линий поглощения молекул (в частности, при определении концентрации исследуемого вещества при химическом анализе [2]). В настоящей работе описывается экспериментальное исследование уширения при комнатной температуре вращательных линий давлением газа для основного и возбужденных состояний. $v_2 = 1$, $v_4 = 1$ молекулы AsH_3^* . Молекула арсина представляет собой легкий симметричный волчок, вращательный спектр которого расположен в субмиллиметровом диапазоне длин волн. При исследовании уширения и сдвига вращательных линий арсина использовался субмиллиметровый спектрометр РАД [4]. Дипольный момент молекулы арсина мал ($\mu = 0,22 \text{ Деб}$ [5]), что ведет к малой интенсивности линий и, как правило, к малым значениям сдвига и уширения линий, повышающим требования к точности проводимых измерений. Исследования затрудняются также наличием протяженной сверхтонкой структуры каждого вращательного перехода $J + 1 \leftarrow J$, обусловленной большим квадрупольным моментом ядра As. С целью повышения чувствительности (особенно необходимой при исследовании относительно слабых линий возбужденных состояний $v_2 = 1$, $v_4 = 1$ молекулы при комнатной температуре, когда γ_{max} на несколько порядков меньше, чем в основном состоянии) использовалась ячейка поглощения в виде большого ненастраиваемого резонатора [6]. При этом, разумеется, контролировалось выполнение условия малости оптической толщи газа ($\gamma_{\text{max}} l_{\text{эфф}} \ll 1$, где γ_{max} — коэффициент поглощения газа, $l_{\text{эфф}}$ — эффективная длина пути взаимодействия), необходимое для неискаженной передачи формы линии. Эффективная длина резонатора определялась из выигрыша в чувствительности, а коэффициент поглощения линий рассчитывался обычным образом [7] с учетом уточненного в три раза экспериментального параметра уширения по сравнению с принятым в [8]. Наличие сверхтонкой структуры вынуждало проводить исследования по отдельным хорошо разрешенным квадруполь-

* Исследование сдвига компонент перехода $J = 1 \leftarrow 0$ молекулы AsH_3 проводилось нами ранее [3].