

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.373 : 535 (206.3)

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ГИСТЕРЕЗИС В He—Xe ЛАЗЕРЕ
НА ПЕРЕХОДЕ КСЕНОНА $5d[{}^3/2]_1 - 6p[{}^3/2]_1$
В СЛАБОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕГ. В. Кривошеков, П. Ф. Курбатов, В. С. Смирнов
и А. М. Тумайкин

Специфическое поведение газовых лазеров в слабом магнитном поле с сильносвязанными переходами $A > 1$ [формула (3)] обусловлено когерентными явлениями, приводящими к взаимодействию σ_+ - и σ_- -компонент на общих зеемановских подуровнях. Внешнее магнитное поле расщепляет зеемановские подуровни и приводит к ослаблению когерентной связи между σ_+ - и σ_- -компонентами. При полях, в которых зеемановское расщепление становится порядка ширины уровня, конкурирующие факторы сравниваются между собой и становится возможной смена поляризационных режимов генерации.

Принципиальные возможности существования различных поляризационных режимов, в том числе поляризационного гистерезиса, можно понять, исходя из обычных ламбовских уравнений для круговых амплитуд поля [1, 2]

$$E_\alpha (\alpha = \pm 1), \quad \frac{dE_\alpha}{dt} = E_\alpha [\xi_\alpha - \beta_\alpha |E_\alpha|^2 - \theta_\alpha |E_{-\alpha}|^2]. \quad (1)$$

Устойчивость режимов генерации с заданной поляризацией определяется знаком насыщенного коэффициента усиления слабой компоненты поляризации

$$K_\alpha = \xi_\alpha - \theta_\alpha |E_{-\alpha}|^2. \quad (2)$$

Если $K_- < 0$, $K_+ > 0$, устойчива только σ_+ -поляризация. При $K_- < 0$, $K_+ < 0$ в зависимости от предыстории возможна генерация на σ_+ - и σ_- -поляризации. Режим генерации с σ_- -поляризацией возможен, если $K_+ < 0$, $K_- > 0$ и $K_+ < 0$, $K_- < 0$. Переход из области $K_- < 0$, $K_+ > 0$ в область $K_+ < 0$, $K_- > 0$ будет сопровождаться скачкообразной сменой поляризации между σ_+ и σ_- . Пусть имеется какой-либо X параметр (магнитное поле, частота и т. д.), изменением которого можно сменить знак K , т. е. в некоторых точках $K_-(X_-) = 0$ или $K_+(X_+) = 0$. Если точки X_+ и X_- не совпадают, причем между ними $K_+ < 0$ и $K_- < 0$, то смена поляризации будет носить гистерезисный характер. Ширина области гистерезиса определяется разностью корней $K_\alpha(X_\alpha) = 0$. Количество действительных корней уравнений определит возможное число областей гистерезиса.

Случай $K_\alpha(X_\alpha) \geq 0$ соответствует эллиптически поляризованному излучению. Рассмотренные скачкообразные смены поляризации могут наблюдаться для лазеров на переходах $J \rightarrow J$ ($J > 1$) и $J=1 \leftrightarrow J=0$, $J=1 \leftrightarrow J=1$; в последних сильная когерентная связь обусловлена деполаризующими столкновениями.

В [4] гистерезис и скачки наблюдались в линейно поляризованном излучении He—Ne лазера, $\lambda = 0.63$ мкм ($A < 1$) и объяснялись фазовой анизотропией резонатора.

В рассматриваемом далее случае перехода $J=1 \rightarrow J=1$ Хе коэффициент когерентной связи σ_+ и σ_- -компонент имеет следующий вид (при $H=0$):

$$A = \frac{\theta}{\beta} = 1 + \frac{\frac{3}{4} \left(\frac{1}{\Gamma_a^2} - \frac{1}{\Gamma_a^1} \right)}{\left(\frac{1}{\gamma_a} + \frac{3}{8\Gamma_a^1} + \frac{1}{8\Gamma_a^2} \right)}, \quad (3)$$

$$\Gamma_a^k = \gamma_a + \gamma_a^k, \quad k=1, 2,$$

γ_a — ширина верхнего уровня, а γ_a^1 , γ_a^2 — столкновительные добавки, учитывающие различие во временах релаксации ориентации и выстраивания [3]. Детальное рассмотрение показывает, что такие поляризацион-

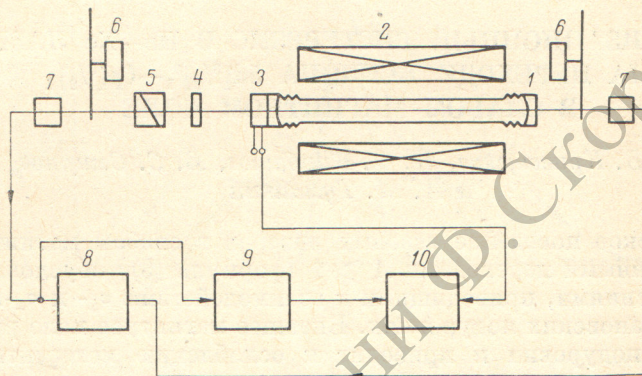


Рис. 1. Схема эксперимента по наблюдению поляризационного гистерезиса.

1 — одночастотный лазер с внутренними зеркалами, 2 — соленоид, 3 — пьезокорректор, 4 — $\lambda/4$ -пластинка, 5 — призма Глана, 6 — механический прерыватель, 7 — фотосопротивление, 8 — двухлучевой осциллограф, 9 — селективный усилитель УЭ-8, 10 — самописец endm 620.01.

ные переходы могут иметь место в узкой области значений магнитных полей $H_1 < H \leq H_2$, определяемых из выражений

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= \frac{\hbar \Gamma_a^1}{16\mu_0 g} \left\{ \sqrt{1 + 256 \left(\frac{\Gamma_a^2}{\Gamma_a^1} \right)^2 \left(\frac{\Gamma_a^1}{\Gamma_a^2} - 1 \right)} - 1 \right\}, \\ H_2 &= \frac{\hbar \Gamma_a^2}{2\mu_0 g} \sqrt{\frac{\Gamma_a^1}{\Gamma_a^2} - 1}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Экспериментально данная ситуация наблюдалась лишь для He-Ne лазера с $\lambda=1.52$ мкм и He-Xe-лазера с $\lambda=2.65$ мкм [5, 6].

Нами впервые на переходе $5d [3/2]_1 - 6p [3/2]_1$ ксенона с $\lambda=2.026$ мкм были изучены поляризационные особенности в слабых магнитных полях. Один из вариантов экспериментальной установки, используемой в работе, показан на рис. 1. He-Xe лазер с внутренними зеркалами 1 присоединялся к вакуумной системе откачки и напуска газа. Из-за сильного катафореза ксенона в разрезе постоянного тока использовался дополнительный обводной канал. Диаметр основного рабочего канала был равен 4 мм. После предварительного размагничивания двухслойного пермаллового экрана, в который помещалась разрядная трубка лазера, остаточное поле было не более 0.01 Гс. Аксиальное магнитное поле создавалось соленоидом 2. Базовое расстояние между зеркалами с радиусом кривизны 1000 мм и пропусканием $T=0.2\%$ равнялось 300 мм, что соответствовало межмодовому интервалу в 500 МГц. Длина активного промежутка была равна 150 мм. Использовался Хе естественного изотопического состава. Конструкция лазера позволяла с помощью сильфонных узлов и пьезокорректора 3 производить точную юстировку и сканирование одночастотного лазера.

Анализ степени круговой поляризации излучения производился фазосдвигающей пластической $\lambda/4$ и призмой Глана 5 в схеме анализатор — поляризатор с выходом на фотосопротивление 7. Механический прерыватель 6 обеспечивал работу в соответствующем режиме системы регистрации излучения и ее сигнал подавался на двухлучевой осциллограф

С1-55 8 (для отладки и контроля), а параллельный канал через селективный усилитель У2-8 9 на самописец endim 620.01. 10.

В эксперименте обнаружены гистерезисные явления, которые проявляются в том, что при сканировании частоты лазера из высокочастотной области в низкочастотную, и наоборот, перескок σ_+ (или σ_-) происходит при расстройках вблизи центра линии усиления. Ширина области пере-

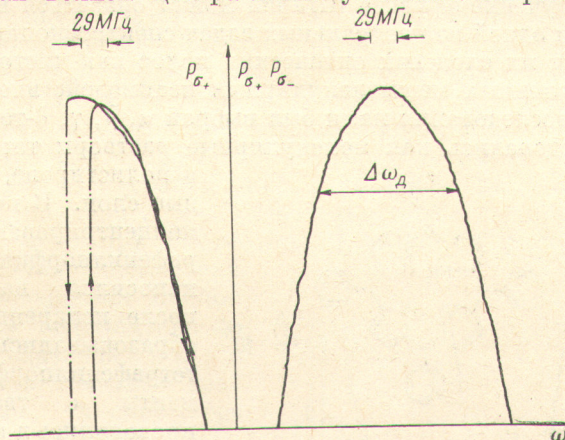


Рис. 2. Зависимость полной интенсивности $P_{\sigma_+} + P_{\sigma_-}$ и интенсивности P_{σ_+} левой круговой компоненты от расстройки частоты лазера.

Стрелкой указано направление сканирования частоты.

скака была менее 1 МГц и определялась разрешением аппаратуры записи сигнала. На рис. 2 представлена запись поляризационного гистерезиса на уровне выходного сигнала 30 мкВт (разрядный ток $I=8$ мА). Критические поля при таком уровне выходного излучения имели значения: $H_1 = (0.66 \pm 0.3)$ Гс и $H_2 = (2.6 \pm 0.3)$ Гс. Погрешность в определении критических полей определялась неконтролируемым дрейфом частоты лазера при сканировании и механическим гистерезисом в пьезокорректоре. Отличительной особенностью кривых является отсутствие лэмбовского провала из-за малого доплеровского уширения $\Delta\omega_d$.

В заключение отметим, что предварительные результаты эксперимента качественно согласуются с рассмотренными выше теоретическими представлениями.

Литература

- [1] М. И. Дьяконов, С. А. Фридрихов. Усп. физ. наук, 90, 565, 1966.
- [2] В. С. Смирнов, А. М. Тумайкин. Опт. и спектр., 39, 349, 1975.
- [3] М. И. Дьяконов, В. И. Перель. ЖЭТФ, 50, 448, 1966.
- [4] Е. Ю. Андреева, Д. К. Терехин, С. А. Фридрихов. Опт. и спектр., 27, 809, 1969.
- [5] W. Culshaw, J. Kanneland. Phys. Rev., 156, 308, 1967.
- [6] W. Tomlinson, R. Fork. Phys. Rev., 164, 466, 1967.

Поступило в Редакцию 4 июля 1979 г.

УДК 537.228.5 : 539.1

ЭФФЕКТ ШТАРКА МОЛЕКУЛЯРНЫХ РАСТВОРОВ И ТВЕРДЫХ СЛОЕВ ТЕТРАФЕНИЛПОРФИНА (ВИДИМАЯ ОБЛАСТЬ)

Н. В. Дубинин и А. Т. Вартамян

Статические дипольные моменты (μ) и поляризуемости (α) являются важными характеристиками поглощающих центров. В настоящее время эти параметры для большого числа молекул определены не только в основном, но и в возбужденном состоянии [1]. В литературе, однако, отсут-