

ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ СЛАБЫХ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ НАСЫЩЕНИЯ

В. А. Ходовой и В. В. Хромов

В [1] обсуждалась возможность использования спектроскопии насыщения для обнаружения полос слабого поглощения, скрытых неоднородно уширенными полосами сильного поглощения. Идея метода основана на большом различии мощностей насыщения поглощения в слабых и сильных полосах и может быть пояснена на основе модели возбуждения мощным излучением ансамбля двухуровневых систем с различными собственными частотами переходов ω_0 (модель неоднородного уширения) [2]. При воздействии поля излучения $E = E_0 \cos \omega t$ стационарное значение заселенности возбужденного состояния дается выражением

$$f(\omega_0) = \frac{1}{2} \frac{\frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2} \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}{\gamma_2^2 + (\omega - \omega_0)^2 + \frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2} \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}, \quad (1)$$

а полное число возбужденных молекул ансамбля получается интегрированием (1) по ω_0 и равно

$$F = \frac{\pi}{2} \rho(\omega) \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1} \frac{\frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2}}{\frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2} + \gamma_2^2 \gamma_1}} \quad (2)$$

Здесь d — дипольный матричный элемент перехода, γ_1 и γ_2 — скорости продольной и поперечной релаксации соответственно, $\rho(\omega)$ — спектральная плотность распределения молекул по частотам ω_0 на частоте ω . В предельном случае сильного возбуждения $\frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2} > \gamma_2 \gamma_1$ полное число возбужденных молекул ансамбля

$$F = \frac{\pi}{2} \rho(\omega) \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1} \frac{dE_0}{\hbar}} \quad (3)$$

возрастает пропорционально E_0 . Такая зависимость соответствует уменьшению коэффициента поглощения, обратно пропорциональному корню квадратному из интенсивности падающего излучения I_0 . Критическая мощность насыщения поглощения соответствует условию $\frac{d^2 E_0^2}{\hbar^2} = \gamma_2 \gamma_1$. Интенсивным полосам поглощения с большим дипольным моментом перехода d и временем жизни $\tau = 1/\gamma_1$ соответствуют меньшие мощности насыщения поглощения.

При наложении слабой и сильной полос поглощения с увеличением интенсивности падающего излучения поглощение в интенсивной полосе может быть уменьшено до величины, значительно меньшей, чем поглощение в слабой полосе, тогда как последнее останется еще практически неизменным. В этих условиях наблюдаемый спектр насыщенного поглощения будет совпадать со спектром слабой полосы поглощения.

В настоящей статье мы сообщаем результаты экспериментальной проверки рассмотренного метода спектроскопии насыщения.

В качестве объекта исследования были выбраны насыщенные пары цезия (длина кюветы 20 см), а в качестве источника мощного излучения — перестраиваемый лазер на растворе органического красителя с длительностью импульса $\sim 2 \cdot 10^{-8}$ с и шириной спектральной линии $\sim 5 \text{ \AA}$. Линейный ИК спектр поглощения насыщенных паров цезия, измеренный обычной нелазерной методикой [1, 3], состоит из двух интенсивных полос поглощения молекул Cs_2 , соответствующих переходам между связанными состояниями $^1\Sigma_g^+ \rightarrow ^1\Pi_u^+$ и $^1\Sigma_g^+ \rightarrow ^1\Sigma_u^+$, между которыми расположены линии главного дублета атомов цезия 852 и 895 нм. На рис. 1, а представлена часть этого спектра, измеренная при несколько большей температуре паров цезия и малой мощности лазерного луча. Было проверено, что этот спектр не изменяется при уменьшении или увеличении мощности луча на порядок и совпадает со спектром линейного поглощения, измеренным обычной методикой без использования лазера. С увеличением интенсивности лазерного луча I_0 на каждой из длин волн исследуемого диапазона наблюдалось уменьшение коэффициента поглощения с выходом на «плато», где коэффициент поглощения не зависел от изменения I_0 в диапазоне 1—2 порядков (рис. 2).¹ Наблюдаемое уменьшение поглощения соответствует зависимости $K(\lambda) \propto I_0^{-1/2}$, предсказываемой на основании формулы (3). Спектр насыщенного поглощения представлен на рис. 1, б, он оста-

¹ Вне исследованной области 800—840 нм максимальная достижимая интенсивность излучения лазера $I_0 \approx 10^9$ Вт/см² была недостаточна для выхода в область насыщенного поглощения, не зависящего от I_0 .

ется неизменным при изменении I_0 на 1—2 порядка. Последнее означает, что спектр насыщенного поглощения не связан с многофотонным поглощением или поглощением из возбужденных лазерным излучением молекулярных или атомных состояний.

Из результатов этих экспериментов можно сделать вывод, что насыщающаяся часть спектра поглощения (т. е. разность между линейным и насыщенным поглощением) соответствует поглощению стабильными молекулами Cs_2 с их возбуждением в связанные

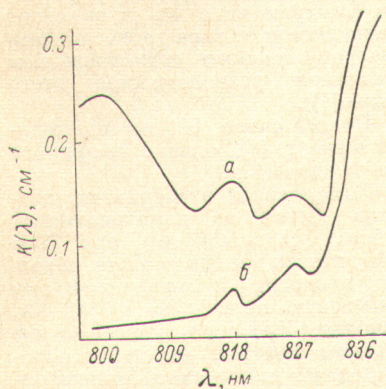


Рис. 1. Спектр поглощения лазерного излучения парама цезия. $T=360^\circ C$: а — $I_0=10^2$ Вт/см², б — $I_0=10^8$ Вт/см².

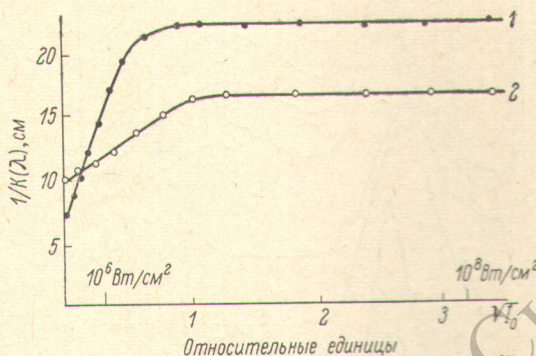


Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения от интенсивности падающего лазерного излучения ($T=370^\circ C$). λ , нм: 1 — 818, 2 — 827.

состояния $^1\Pi_u^+$ и $^1\Sigma_u^+$, тогда как спектр насыщенного поглощения соответствует поглощению сталкивающимися атомами цезия (далекое коротковолновое крыло линии 852 нм [4]). Пики поглощения на длинах волн 818 и 827 нм соответствуют, очевидно, образованию возбужденных поляризационных молекул Cs_2 [5].

Резюмируя, можно сделать вывод, что измерение спектров насыщенного поглощения является новым эффективным методом обнаружения и исследования слабо поглощающих состояний, скрытых полосами сильного поглощения. В частности, таким методом могут быть исследованы далекие крылья атомных линий и поглощение в отталкивающие молекулярные состояния, скрытые в обычных линейных спектрах поглощения слабого излучения сильными полосами поглощения в связанные молекулярные состояния.

Литература

- [1] А. М. Бонч-Бруевич, Н. Н. Костин, В. А. Ходовой, В. В. Хромов, Н. А. Чигирь. Нелинейные процессы в оптике. Матер. III Вавиловской конференции по нелинейной оптике, июнь 1973 г., гл. ред. член-кор. АН СССР Р. И. Солоухин. Изд. Сиб. отд. АН СССР, Новосибирск, 1973.
- [2] Н. Н. Костин, М. П. Соколова, В. А. Ходовой, В. В. Хромов. ЖЭТФ, 62, 475, 1972.
- [3] Н. Н. Костин, В. А. Ходовой. Изв. АН СССР, 37, 2093, 1973.
- [4] И. И. Собельман. Введение в теорию атомных спектров. Физматгиз, М., 1963.
- [5] В. В. Елисейев, Г. В. Шолин. Опт. и спектр., 30, 402, 1971.

Поступило в Редакцию 12 ноября 1975 г.

УДК 535.34+539.122

СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ, НАВЕДЕННОГО γ -ЛУЧАМИ В КРИСТАЛЛАХ BaF_2-TRF_3

Ш. А. Вахидов, Б. Каипов, Г. А. Тавшунский
и Н. Гаппаров

Изучались спектры поглощения (200÷800 нм) при температуре жидкого азота кристаллов BaF_2-TRF_3 , γ -облученных при 77 К. В кристаллах BaF_2 с Се, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb наводятся две основные универсальные полосы около 360 и 540 нм (см. рисунок).

После отжига первого пика термовысвечивания в области ~100 К УФ-полоса смещается в область 345 нм, а после отжига до 300 К в спектре поглощения проявляется лишь слабая полоса около 610 нм. Отметим, что в кристаллах с этими активаторами