

мой ионизации. В таблице приведены значения коэффициентов Франка—Кондона, полученные из спектров люминесценции $N\frac{1}{2}$ для перехода $\tilde{B}^2\Sigma_u^+ \rightarrow \tilde{X}^2\Sigma_g^+$, и величины интенсивности фотоэлектронных линий при ионизации азота излучением с длинами волн 723.3 и 691 Å. В последней колонке приведены коэффициенты Франка—Кондона для автоионизационного перехода $HR [\tilde{B}^2\Sigma_u^+]_{m=3, n'=0} \rightarrow \tilde{X}^2\Sigma_g^+$. Как видно, совпадение между коэффициентами для оптического и автоионизационного перехода (даже, если не учитывать вклад прямой ионизации) очень хорошее. Этот факт показывает, что в данном случае при автоионизации принцип Франка—Кондона выполняется достаточно строго.

Установка и методика эксперимента описаны ранее в работе [3].

Литература

- [1] P. H. Doolittle, R. I. Schoen. Phys. Rev. Lett., 14, 348, 1965.
- [2] W. C. Price, J. Mol. Spectr. 4, 221, 1968.
- [3] Ф. И. Вилесов, В. И. Клейменов, Ю. В. Чижов. Успехи фотоники, вып. 2, 1971.
- [4] J. Berkowitz, W. A. Chupka. J. Chem. Phys., 51, 2336, 1969.
- [5] J. L. Bahr, A. J. Blake, J. H. Carver. J. Quant. Spectr. Rad. Transf., 11, 1839, 1971.
- [6] D. L. Judge, G. L. Weissler. J. Chem. Phys., 48, 4590, 1968.

Поступило в Редакцию 21 июля 1972 г.

УДК 535.33+621.373+535

ПИЧКОВАЯ СТРУКТУРА ИМПУЛЬСОВ ВЫНУЖДЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПАРАХ РУБИДИЯ

Ф. А. Королев, В. И. Апрощенко, С. А. Бахрамов
и В. И. Одинцов

При облучении паров рубидия излучением лазеров на красителях было получено интенсивное вынужденное излучение на длинах волн, близких к атомным переходам $5^2S_{1/2} - 6^2P_{3/2}$ (4202 Å) и $5^2S_{1/2} - 6^2P_{1/2}$ (4215 Å) [1-3] (рис. 1). Хотя в настоящее время ясно, какие процессы могут играть роль в возникновении этого излучения, так же как и вынужденного излучения, наблюдавшегося в парах калия [4-7], детальный механизм этого интересного явления остается пока не установленным. Для его выяснения необходимо более полное изучение свойств вынужденного излучения. В этом отношении представляет интерес исследование временных характеристик этого излучения, которое ранее не проводилось.

В настоящей работе сообщается о наблюдении пичковой структуры импульсов вынужденного излучения в парах рубидия. Для получения вынужденного излучения применялись экспериментальные установки с одним и с двумя лазерами на красителях, аналогичные описанным в [1, 2]. Использовались красители 3,3'-диэтил-11-изопропилокситрикарбоданин иодид и 3,3'-диэтилтрикарбоданин иодид, возбуждавшиеся излучением рубинового лазера с модулированной добротностью. Плавная перестройка длины волны осуществлялась с помощью дифракционной решетки. Длительность импульсов лазеров на красителях составляла ~50 нсек. Спектральная ширина излучения для первого красителя равнялась 6 см⁻¹, а для второго 15—20 см⁻¹.

Телескопическая система уменьшала сечение возбуждающего пучка до 2 мм. Длина кюветы с парами рубидия равнялась 15 см. Давление паров изменялось от 0.02 до 0.5 мм рт. ст. Исследование формы импульсов возбуждающего и вынужденного фиолетового излучения производилось с помощью коаксиальных фотоэлементов ФЭК-09 и ФЭК-12, сигналы с которых подавались непосредственно на пластины осциллографа С1-11. Разделение линий 4202 и 4215 Å не производилось. Поскольку линия 4202 Å была по крайней мере на порядок интенсивнее, чем линия 4215 Å, то можно считать, что полученные осциллограммы характеризуют форму импульса линии 4202 Å.

При накачке паров рубидия излучением одного лазера на красители его длина волны варьировалась в окрестности резонансной длины волны для двухфотонного перехода $5^2S_{1/2} - 5^2D_{3/2, 5/2}$, равной 7778 Å. Диапазон перестройки охватывал область 25 Å. В этих условиях на импульсах фиолетового излучения наблюдалась пиковая структура с расстоянием между пиками 12—20 нсек. Передний фронт импульсов фиолетового излучения был значительно круче, чем у импульсов возбуждающего излучения. Наиболее ярко выраженная пиковая структура наблюдалась при больших давлениях паров (0.5 мм рт. ст.) и больших мощностях возбуждающего излучения (~300 квт). Типичные осциллограммы, полученные в этом случае, приведены на рис. 2. Длина волны возбуждающего излучения уменьшается от *a* к *e*, проходя при *e* через двухфотонный резонанс. Расстояние между пиками составляет ~20 нсек. При удалении от двухфотонного резонанса резкость пиков возрастает, между ними видны горизонтальные участки (рис. 2, *e*). При двухфотонном резонансе огибающая импульса фиолетового излучения почти повторяет форму возбуждающего импульса.

При возбуждении паров рубидия излучением двух лазеров на красителях длина волны первого лазера настраивалась на резонансный переход $5^2S_{1/2} - 5^2P_{3/2}$ (7800 Å), а длина волны второго изменялась в окрестности перехода $5^2P_{3/2} - 5^2D_{3/2, 5/2}$ (7758 Å) в спектральной области шириной 20 Å. В этом случае также наблюдалась пиковая структура импульсов вынужденного излучения на длине волны 4202 Å, причем наиболее резкая структура возникала при настройке второго лазера на частоту перехода $5^2P_{3/2} - 5^2D_{3/2, 5/2}$.

Ниже рассматривается возможное объяснение сложной формы импульсов фиолетового излучения. В ряде работ [2, 3, 5, 7] указывалось на важную роль четырехфотонных параметрических процессов в возникновении фиолетового излучения в парах калия и рубидия. В условиях описанного эксперимента основную роль играют, по-видимому, два следующих четырехфотонных процесса. Первый процесс возможен при наличии заселения уровня рубидия $5^2P_{3/2}$. Наряду с излучением накачки в этом процессе участвует инфракрасное излучение, возникающее при вынужденном комбинационном рассеянии, связанном с переходом атома с уровня $5^2P_{3/2}$ на уровень $6^2P_{3/2}$. Влияние этого процесса на излучение линии 4202 Å было установлено в [2]. Второй процесс возможен при заселении уровней $5^2D_{3/2, 5/2}$, которое может происходить вследствие двухфотонных переходов с уровня $5^2S_{1/2}$ и однофотонного перехода с уровня $5^2P_{3/2}$. В этом процессе вместе с излучением накачки участвует вынужденное инфракрасное излучение на переходе $6^2P_{3/2} - 5^2D_{3/2, 5/2}$. В обоих случаях интенсивность инфракрасного излучения, участвующего в четырехфотонном процессе, зависит от населенностей начального и конечного уровней, т. е. уровней $5^2P_{3/2}$ и $6^2P_{3/2}$ в первом случае и $5^2D_{3/2, 5/2}$ и $6^2P_{3/2}$ во втором. Населенность этих уровней в свою очередь зависит от населенностей уровней $6^2S_{1/2}$, $4^2D_{3/2, 5/2}$, $5^2P_{1/2}$ и $5^2S_{1/2}$, поскольку все эти уровни связаны между собой путем вынужденных и спонтанных переходов. С другой стороны, вероятность резонансных четырехфотонных процессов непосредственно зависит от разности населенностей соответствующих уровней [8]. Скорость изменения населенностей уровней определяется различными процессами как вынужденных (однофотонных и многофотонных), так и спонтанных переходов и связана с интенсивностью спектральных компонент излучения в данный момент времени. Что касается самих населенностей, то они могут зависеть от времени сложным образом. Можно предположить, что изменение населенностей уровней как раз и приводит, совместно с изменением мощности накачки, к появлению сложной структуры импульсов фиолетовой линии.

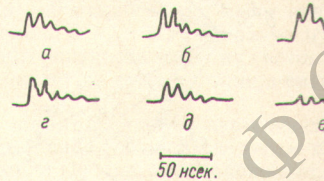


Рис. 2. Осциллограммы импульсов линии 4202 Å (Объяснения в тексте).

Литература

- [1] Ф. А. Королев, С. А. Бахрамов, В. И. Одинцов. Письма в ЖЭТФ, 12, 131, 1970.
- [2] Ф. А. Королев, С. А. Бахрамов, В. И. Одинцов. Опт. и спектр., 30, 788, 1971.
- [3] А. М. Бонч-Бруевич, В. А. Ходовой, В. В. Хромов. Письма в ЖЭТФ, 14, 487, 1971.
- [4] М. Е. Мовсеян, Н. Н. Бадалян, В. А. Ирадян. Письма в ЖЭТФ, 6, 631, 1967.
- [5] O. J. Lumpkin. IEEE J. Quant. Electr., QE-4, 226, 1968.
- [6] S. Barak, M. Rokni, S. Yatsiv. IEEE J. Quant. Electr., QE-5, 448, 1969.
- [7] В. А. Голубев, Ю. М. Кирич, Д. П. Ковалев, С. Г. Раутиан, Б. М. Черноброд. ЖЭТФ, 59, 661, 1970.
- [8] Б. П. Кирсанов, А. С. Селиваненко. Опт. и спектр., 26, 986, 1969.

Поступило в Редакцию 21 июля 1972 г.