

Если учитывать ян-теллеровский механизм автолокализации экситона, предложенный выше, то не исключено, что первые два экситонные пика в спектре отражения в  $\text{SnBr}_2$  можно связать с переходами на различные листы поверхности адиабатического потенциала возбужденного состояния. Следует отметить, что энергетическая разность между пиками весьма близка к расщеплению  $A$ -полосы поглощения для примесных центров (так, в  $\text{SrCl}_2\text{-Sn}$   $\Delta E_A = 0.068$  эВ при  $T = 4.2$  К), где расщепление также связывается с переходами на различные листы поверхности адиабатического потенциала.

#### Литература

- [1] Г. Г. Лийдья, Г. Ф. Доброжанский, В. Г. Плеханов. Тр. ИФА АН ЭССР, 39, 64, 1972.
- [2] Г. Г. Лийдья, В. Г. Плеханов. Опт. и спектр., 32, 86, 1972.
- [3] V. Plekhanov. Phys. Stat. Sol. (b), 57, К 55, 1973.
- [4] V. Plekhanov. Phys. Stat. Sol. (b), 68, К 35, 1975.
- [5] A. J. H. Eijkelenkamp, K. Vos. Phys. Stat. Sol. (b), 76, 769, 1976.
- [6] И. Б. Берсукер. Электронное строение и свойства координационных соединений. «Химия», Л. 1976.

Поступило в Редакцию 20 июля 1981 г.

УДК 535.33+535.375.5:546.6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫНУЖДЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ И ВЫНУЖДЕННОГО РЕЗОНАНСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПАРАХ КАЛИЯ ПРИ НАЛИЧИИ БУФЕРНОГО ГАЗА

Б. А. Глушко, М. Е. Мовсеян и Т. О. Овакимян

Впервые вынужденное электронное комбинационное рассеяние (ВЭКР) наблюдалось в парах атомарного калия при возбуждении квазирезонансным излучением: первой стоксовой компонентой ВКР нитробензола, возбужденной рубиновым излучением [1, 2]. Отметим, что в этих и последующих работах в большинстве случаев использовались атомные пары без присутствия постороннего буферного газа. В этих условиях наблюдались и исследовались также процессы трехфотонного рассеяния, параметрического четырехфотонного рассеяния и т. д.

Добавление к парам металла буферного газа, особенно с давлением в несколько сот тор, может из-за столкновений существенно менять картину наблюдаемых процессов.

В последнее время появились интересные работы, посвященные столкновительно-индуцированным процессам и, в частности, резонансным взаимодействиям излучения с атомными системами при наличии столкновений [3, 4].

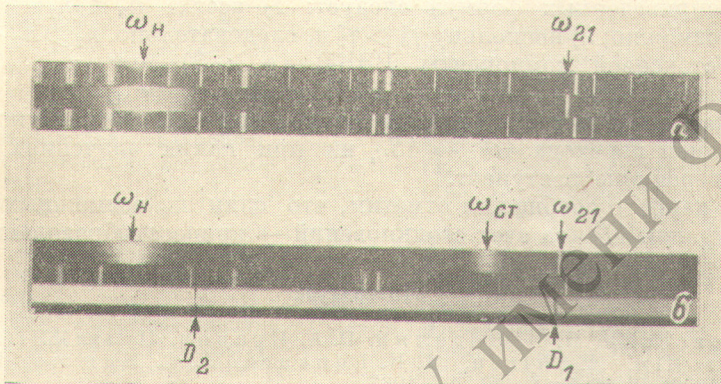
В настоящей работе сообщается о результатах исследования возбуждения атомов калия при наличии буферного газа. Получено интенсивное вынужденное резонансное излучение (ВРИ) на переходе  $4P_{1/2} \rightarrow 4S_{1/2} (D_1)$  при отсутствии резонансного вынужденного излучения на  $4P_{3/2} \rightarrow 4S_{1/2} (D_2)$  и вынужденное электронное комбинационное рассеяние с переходом атомов с уровня  $4P_{1/2}$  на  $4P_{3/2}$ .

Схема эксперимента такая же, как и в [1, 2]. Излучение рубинового лазера с модуляцией добротности возбуждало ВКР в нитробензоле, и его первая стоксовая компонента использовалась как возбуждающее квазирезонансное излучение для паров калия. Это возбуждающее излучение (частота  $13\,055$  см<sup>-1</sup>, ширина —  $3 \div 4$  см<sup>-1</sup>, плотностью мощности —  $20$  МВт/см<sup>3</sup>), параллельным пучком направлялось в кювету с парами металла. Использовалось также излучение перестраиваемого лазера на красителе (область перестройки  $12\,900 \div 13\,100$  см<sup>-1</sup>, спектральная ширина  $2 \div 3$  см<sup>-1</sup>, плотность мощности —  $1$  МВт/см<sup>2</sup>). Спектр

излучения паров исследовался с помощью спектрографа ДФС-8. Кювета паров калия длиной 30 см давала возможность менять давление буферного газа (гелий, аргон) от нескольких тор до 600 тор. Плотность паров калия менялась от ( $10^{-3}$  тор)  $10^{12}$  см $^{-3}$  до ( $10^{-1}$  тор)  $10^{15}$  см $^{-3}$ .

Начиная с давления паров калия  $10^{-3}$  тор и буферного газа 20 ÷ 30 тор в спектре появляется резонансная линия ВРИ, линия  $D_1$  атома калия (см. рисунок, а). Увеличение давления буферного газа сильно увеличивает интенсивность резонансной линии. Интенсивность этого излучения возрастает и при увеличении плотности паров калия. Максимальная интенсивность в условиях нашего эксперимента для ВРИ получена при давлении калия  $10^{-1}$  тор и гелия 500 ÷ 600 тор. Отметим, что ни для одного из значений давлений паров калия и буферного газа вынужденного излучения на линии  $D_2$  не было нами зарегистрировано.

При относительно высоких плотностях атомов калия и интенсивностях возбуждения наблюдается также ВЭКР, связанное с переходом атомов калия из



Примеры спектров излучения.

а — давление паров калия  $10^{-3}$  тор, давление гелия 400 тор; б — давление калия 0.1 тор, давление гелия 400 тор.  $\omega_n$ ,  $\omega_{ст}$ ,  $\omega_{21}$  — соответственно частоты возбуждающего излучения, стоксовой компоненты ВЭКР и спектральной линии ВРИ ( $D_1$ ). На спектре поглощения паров калия отмечены положения спектральных линий  $D_1$  и  $D_2$ . На рисунке приведены также спектры железа.

состояния  $4P_{1/2}$  на  $4P_{3/2}$  (стоксовая компонента) (см. рисунок, б), в отличие от работ [1, 2], где ВЭКР в парах калия были связаны с переходом  $4P_{3/2} \rightarrow 4P_{1/2}$  (антистоксовая компонента).

Измерение ширины спектральных линий показало, что линия ВЭКР повторяет ширину возбуждающего излучения ( $3 \div 4$  см $^{-1}$ ), а резонансная линия намного уже  $0.1 \div 0.2$  см $^{-1}$  и зависит от давления буферного газа. В контуре излучения резонансной линии наблюдается асимметрия: имеется относительно большее крыло в сторону длинных волн.

Важно отметить, что вынужденность для резонансного перехода  $4P_{1/2} \rightarrow 4S_{1/2}$  указывает на существование (по крайней мере в течение определенного промежутка времени) инверсной заселенности между возбужденным уровнем  $4P_{1/2}$  и основным уровнем  $4S_{1/2}$ . Наблюдаемый процесс ВЭКР между уровнями  $4P_{1/2}$  и  $4P_{3/2}$  подтверждает действительное заселение уровня  $4P_{1/2}$  и подчеркивает, что уровень  $4P_{3/2}$  остается менее заселенным, хотя возбуждающее излучение по частоте ближе к переходу  $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$  (расстройка  $12$  см $^{-1}$ ).

Исследование этих же процессов с помощью перестраиваемого лазера показало, что при перестройке частоты накачки в области  $D_2$  линии в интервале  $13\,025 \div 13\,090$  см $^{-1}$  наблюдается интенсивное излучение на линии  $D_1$ . Ее максимальная интенсивность при остальных равных условиях получается для настройки возбуждающего излучения в точный резонанс со спектральной линией  $D_2$ . Для других частот возбуждения вынужденное излучение паров на линии  $D_1$  отсутствовало.

Как показано в работе [5], столкновение атомов щелочного металла с буферным газом приводит к безызлучательным переходам между уровнями  $P_{1/2}$

и  $P_{3/2}$  дублета щелочного атома, причем сечение этих процессов довольно велико,  $\sigma P_{1/2} \rightleftharpoons P_{3/2} \sim 10^{-14} \div 10^{-15}$  см<sup>2</sup>. Теоретические расчеты, проведенные нами, показывают, что при давлениях буферного газа 50 тор и более в системе устанавливается термодинамическое равновесие за время действия импульса накачки. При этом отношения населенностей атомных уровней  $n_1$  ( $4S_{1/2}$ ),  $n_2$  ( $4P_{1/2}$ ),  $n_3$  ( $4P_{3/2}$ ) имеют следующий вид (частота накачки  $\omega_n$  близка к частоте перехода ( $\omega_{31}$ ),  $4P_{3/2} \rightarrow 4S_{1/2}$ ):

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\gamma_3^c}{\gamma_2^c} \frac{\alpha}{\alpha + 1}, \quad \frac{n_3}{n_1} = \frac{\alpha}{\alpha + 1},$$

где

$$\alpha = \frac{\gamma_3^c}{\gamma_2^c + \gamma_3^c} \left| \frac{d_{31} \mathcal{E}}{\hbar \Delta_{31}} \right|^2, \quad \Delta_{31} = \omega_n - \omega_{31},$$

$\mathcal{E}$  — напряженность поля накачки,  $d_{31}$  — дипольный матричный элемент перехода,  $\gamma_2^c$ ,  $\gamma_3^c$  — столкновительные ширины.

Из вышеприведенных формул следует: 1) всегда  $n_3 < n_1$  — ВРИ линии  $D_2$  ( $\omega_{31}$ ) невозможно; 2) поскольку  $\gamma_3^c > \gamma_2^c$  и, следовательно,  $n_2 > n_3$  — возможно излучение стоксовой компоненты ВЭКР ( $\omega_{ст}$ ); 3) при  $\alpha > [(\gamma_3^c/\gamma_2^c) - 1]^{-1}$ ,  $n_2 > n_1$  — появляется возможность ВРИ линии  $D_1$  ( $\omega_{21}$ ).

Как показывают расчеты, действительно, при частоте возбуждающего излучения вблизи перехода  $4P_{1/2} \rightarrow 4S_{1/2}$  ни при каких значениях параметров системы инверсия не наступает.

В конце данного сообщения отметим, что один из возможных механизмов заселения уровня  $4P_{1/2}$  за счет столкновений — процесс образования квази-молекулы [6, 7].

#### Литература

- [1] М. Е. Мовсесян, Н. Н. Бадалян, В. А. Ирадян. Письма ЖЭТФ, 6, 631, 1967.
- [2] P. P. Sorokin, N. Shiren, J. R. Lankard, E. C. Hammond, T. G. Kaziaika. Appl. Phys. Lett., 10, 44, 1967.
- [3] J. L. Carlsten, A. Szöke, M. G. Raymer. Phys. Rev., A15, 1029, 1977.
- [4] M. G. Raymer, G. L. Carlsten. Phys. Rev. Lett., 39, 29, 1326, 1977.
- [5] В. Niewińska, L. Krause. Canad. J. Phys., 51, 4, 1973.
- [6] W. E. Baylis. J. Chem. Phys., 51, 2665, 1969.
- [7] М. Е. Мовсесян, Т. О. Овакимян. Тез. докл. на VII Вавиловской конференции, Новосибирск, 1981.

Поступило в Редакцию 14 июля 1981 г.