

MEASUREMENT OF ZONE CHARACTERISTIC OF ELECTRON-OPTICAL PHOTOCHRONOGRAPH TAKING INTO ACCOUNT THE RANGE OF TRANSFER FUNCTION LINEARITY

G. A. BAGDASARYAN, B. H. KARAPETYAN, A. V. YASKORSKIJ

A method for measuring the zone characteristic of an electron-optical photochronograph, recording ultrashort pulses of light is described. The characteristics are measured with due regard for the range of transfer function linearity. The method is realized as a program package for digital processing of photochronograms.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 23, вып. 4, 225—230 (1988)

УДК 535.375.5

РЕЗОНАНСНОЕ ВЫНУЖДЕННОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ И «НЕРЕЗОНАНСНОЕ» ТРЕХФОТОННОЕ РАССЕЯНИЕ В ПАРАХ КАЛИЯ

М. Е. МОВСЕСЯН, Р. Е. МОВСЕСЯН, А. М. ХАНБЕКЯН

Институт физических исследований АН АрмССР

(Поступила в редакцию 5 октября 1987 г.)

Приводятся результаты экспериментальных исследований штарковского сдвига и поляризационных характеристик линий ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния при возбуждении вблизи перехода $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{1/2}$ калия. Изучены также нелинейные оптические процессы при возбуждении атомов калия в области перехода $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$.

1. Резонансное ВЭКР и трехфотонное рассеяние в парах щелочных металлов экспериментально и теоретически исследованы в ряде работ. Вышеуказанные эффекты подробно изучены при возбуждении вблизи D_2 -линии атомов [1—4]. Сравнительно меньше они исследованы при возбуждении вблизи D_1 -линии [5—7]. Рассмотренные в указанных работах процессы трехфотонного рассеяния в большинстве случаев связаны с переходами атомов с основного уровня на уровень, вблизи которого происходит возбуждение. Возможен другой процесс трехфотонного рассеяния, когда при возбуждении вблизи одного перехода $1 \rightarrow 2$ (или $1 \rightarrow 3$) происходит также переход на другой уровень 3 (или соответственно 2). Для удобства дальнейшего изложения такое трехфотонное рассеяние условно назовем «нерезонансным». О наблюдении «нерезонансного» трехфотонного рассеяния при возбуждении в области D_1 -линии паров K и Na сообщалось в работах [5—7].

В настоящей работе излагаются результаты экспериментальных исследований нелинейных оптических процессов при возбуждении атомов K в области главного дублета. Впервые приводятся результаты исследований штарковского сдвига и поляризационных характеристик линии ВЭКР и линии «нерезонансного» трехфотонного рассеяния при возбуждении вбли-

зи D_1 -линии атомов K . Процессы трехфотонного рассеяния и ВЭКР при возбуждении вблизи D_1 -линии схематически изображены на рис. 1.

2. Для возбуждения атомов K линейно-поляризованное излучение перестраиваемого по частоте лазера на красителе с плотностью мощности ~ 100 кВт/см², длительностью импульса ~ 25 нс, спектральной шириной ~ 1 см⁻¹ фокусировалось в кювету с парами металла. Частота излучения лазера перестраивалась в области от 12800 см⁻¹ до 13150 см⁻¹. Пары атомарного калия находились в стеклянной кювете с отрогком, давление паров изменялось от $7 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-1}$ мм рт. ст. Температура рабочей

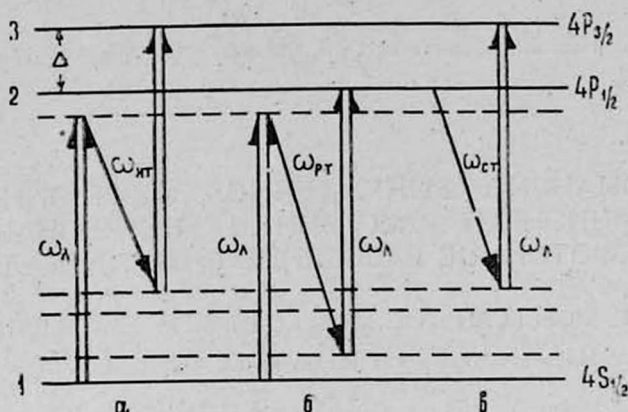


Рис. 1. Процессы «нерезонансного» трехфотонного рассеяния (а), «резонансного» трехфотонного рассеяния (б) и ВЭКР (в) вблизи D_1 -линии атома K .

части кюветы поддерживалась постоянной при $t = 310^\circ\text{C}$. Спектральные исследования проводились на дифракционном спектрографе PGS-2. Для поляризационных исследований использовались два взаимно перпендикулярных поляроида, установленных перед щелью спектрографа.

3. Диапазон частот перестройки возбуждающего излучения условно разделен на три области.

а) Возбуждение в области частот от 12800 см⁻¹ до 13015 см⁻¹.

При перестройке частоты возбуждающего излучения в этой области, начиная от 12950 см⁻¹ до 13010 см⁻¹, в спектре рассеянного излучения наблюдалась линия стоксовой компоненты ВЭКР, связанной с переходами атомов $4P_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$. В этой же области, в более узком интервале частот возбуждения от 12970 см⁻¹ до 13000 см⁻¹, наблюдалось также «нерезонансное» трехфотонное рассеяние ($4S_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$). В области частот возбуждения от 13010 см⁻¹ до 13015 см⁻¹ в спектре рассеянного излучения линий ВЭКР и линий трехфотонного рассеяния не наблюдалось.

Результаты исследования зависимости частот стоксовой компоненты ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния от частоты возбуждающего излучения приведены на рис. 2. Как видим при приближении частоты возбуждающего излучения к частоте резонансного перехода (как со стороны больших, так и со стороны меньших частот) наблюдается отклонение частот рассеянного излучения от линейной зависимости. Отме-

тим, что в точном резонансе частоты «нерезонансного» трехфотонного рассеяния и стоксовой компоненты ВЭКР совпадают и отклонение от линейности отсутствует.

Интенсивности линий стоксовой компоненты ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния увеличиваются с уменьшением расстройки, максимумы достигаются при резонансе с переходом $4S_{1/2} - 4P_{1/2}$.

При относительно низких давлениях паров ($7 \cdot 10^{-3} - 10^{-2}$ мм рт. ст.) стоксова компонента ВЭКР имеет поляризацию, параллельную поляризации возбуждающего излучения во всей данной области перестройки. По-

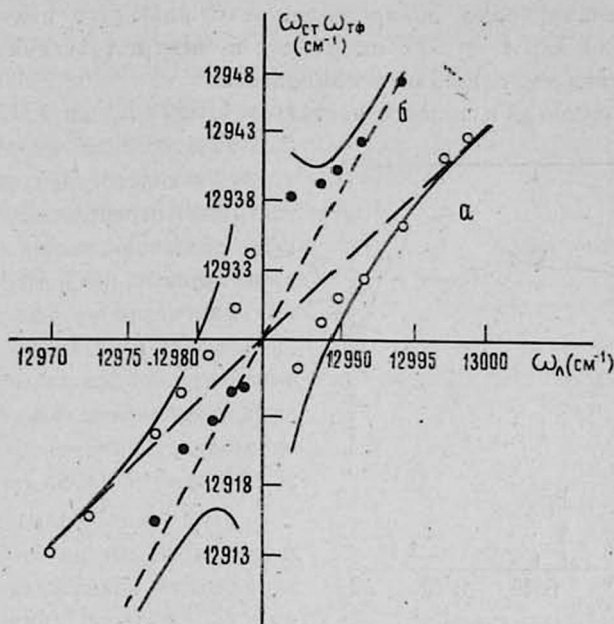


Рис. 2. Зависимости частот стоксовой компоненты ВЭКР (а) и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния (б) от частоты возбуждающего излучения. Сплошные линии соответствуют теоретическим зависимостям.

ляризация линии «нерезонансного» трехфотонного рассеяния существенно зависит от расстройки резонанса. При частотах возбуждающего излучения, меньших резонансной частоты, линия «нерезонансного» трехфотонного рассеяния поляризована параллельно поляризации возбуждающего излучения. При частотах, больших резонансной частоты, она поляризована перпендикулярно. Начиная с давлений паров $\sim 10^{-2}$ мм рт. ст., в спектре стоксова излучения ВЭКР появляется также перпендикулярная компонента, а в спектре «нерезонансного» трехфотонного рассеяния при частотах возбуждающего излучения, меньших резонансной, появляется также перпендикулярная компонента, а при частотах, больших резонансной, появляется параллельная компонента.

б) Возбуждение в области частот от 13015 см^{-1} до 13060 см^{-1} .

В этой области частот возбуждения наблюдалась линия антистоксовой компоненты ВЭКР, соответствующая переходу $4P_{3/2} \rightarrow 4P_{1/2}$. Интенсивность линии антистоксовой компоненты ВЭКР также, как и в пре-

дыдущем случае, увеличивается с уменьшением расстройки частоты возбуждающего излучения от резонанса, максимум достигается при резонансе с переходом $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$. Экспериментально полученная зависимость интенсивности линии антистоксовой компоненты ВЭКР от давления паров, а также поляризация рассеянного излучения аналогичны с результатами, полученными в работах [4, 8, 9]. Интенсивность антистоксовой компоненты ВЭКР имеет порог по давлению паров, в дальнейшем с увеличением давления интенсивность линии растет и переходит в насыщение. При относительно низких давлениях линия антистоксовой компоненты поляризована перпендикулярно поляризации возбуждающего излучения. Начиная с давлений паров $\sim 10^{-2}$ мм рт. ст., в спектре рассеянного излучения появляется также параллельная компонента.

в) *Возбуждение в области частот от 13050 см^{-1} до 13125 см^{-1} .*

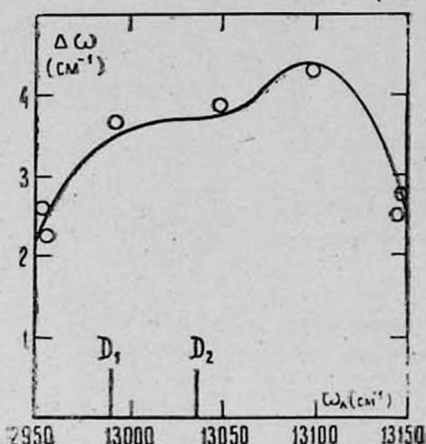


Рис. 3. Зависимость уширения линии прошедшего через пары K возбуждающего излучения от частоты.

В этой области частот перестройки возбуждающего излучения, которая частично перекрывается с предыдущей областью частот, наблюдалась практически неперестраиваемая линия излучения на частоте $\omega = 12990 \text{ см}^{-1}$, которая смещена от частоты резонансной линии на $\sim 4 \text{ см}^{-1}$. Максимальная интенсивность этой линии наблюдалась при возбуждении вблизи частоты $\sim 13085 \text{ см}^{-1}$.

При малых давлениях поляризация этой линии совпадает с поляризацией возбуждающего излучения. С ростом давления паров в спектре рассеянного излучения появляется также перпендикулярная компонента.

Во всех трех областях перестройки спектр возбуждающего излучения после прохождения через пары калия уширялся. Величина уширения зависит от частоты возбуждающего излучения (рис. 3).

Начиная с давлений паров $\sim 10^{-1}$ мм рт. ст., в прошедшем излучении наблюдается также компонента с перпендикулярной поляризацией.

4. В случае регистрации рассеянного излучения паров K по направлению распространения возбуждающего излучения процесс «резонансного» трехфотонного рассеяния подавляется четырехфотонным параметрическим рассеянием [10]. Результаты настоящей работы показывают, что «нерезонансное» трехфотонное рассеяние аналогичными четырехфотонными параметрическими процессами не подавляется.

Следует отметить, что «нерезонансное» трехфотонное рассеяние при возбуждении атомов K вблизи D_2 -линии не наблюдалось. Выяснение причины отсутствия такого излучения требует дополнительного исследования. При возбуждении вблизи уровня $4P_{1/2}$ за счет трехфотонного рассеяния и однофотонного поглощения на крыле уширенной линии возбуждения происходит заселение уровня $4P_{1/2}$. При этом за счет «нерезонансного»

трехфотонного рассеяния происходит также заселение уровня $4P_{3/2}$. Появление стоксовой компоненты показывает, что уровень $4P_{1/2}$ заселяется больше, чем уровень $4P_{3/2}$. Действительно, основными параметрами, определяющими вероятность ВЭКР и трехфотонного рассеяния, являются параметры интенсивности

$$\alpha_2 = \frac{4|d_{12}E_{\lambda}|^2}{\hbar^2(\omega_{21} - \omega_{\lambda})^2}, \quad \alpha_3 = \frac{4|d_{13}E_{\lambda}|^2}{\hbar^2(\omega_{31} - \omega_{\lambda})^2},$$

где ω_{λ} — частота лазерного излучения, E_{λ} — напряженность электрического поля лазерного излучения, d_{12} , d_{13} — матричные элементы переходов $1 \rightarrow 2$, $1 \rightarrow 3$, ω_{21} , ω_{31} — частоты переходов $1 \rightarrow 2$, $1 \rightarrow 3$.

При $\alpha_2, \alpha_3 < 1$ вероятность „резонансного“ трехфотонного рассеяния пропорциональна α_2^2 , а вероятность „нерезонансного“ трехфотонного рассеяния пропорциональна произведению $\alpha_2 \alpha_3$ [11]. В области возбуждения вблизи D_1 -линии $\alpha_2 > \alpha_3$, поэтому в этой области вероятность „нерезонансного“ трехфотонного рассеяния будет меньше вероятности „резонансного“ трехфотонного рассеяния.

Наблюдаемое отклонение от линейной зависимости частот стоксовой компоненты ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния от частоты возбуждающего излучения можно объяснить штарковским сдвигом уровней. С учетом штарковского сдвига частоты стоксовой компоненты ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния в линейном по интенсивности приближении равны:

$$\omega_{\sigma} = \omega_{\lambda} = -\Delta + \frac{(\omega_{21} - \omega_{\lambda})\alpha_2^2}{4}, \quad (1)$$

$$\omega_{\pi} = 2\omega_{\lambda} - \omega_{31} - \frac{(\omega_{21} - \omega_{\lambda})\alpha_2^2}{4}, \quad (2)$$

где Δ — расщепление уровней $4P_{1/2}$, $4P_{3/2}$.

Теоретическая зависимость частоты стоксовой компоненты ВЭКР и «нерезонансного» трехфотонного рассеяния от частоты возбуждающего излучения с учетом штарковского сдвига приведена на рис. 2. Как видим, теоретическая кривая хорошо согласуется с экспериментальными результатами.

Расчеты показывают, что в области частот возбуждения $13010 - 13015 \text{ см}^{-1}$ с учетом расстройки резонанса и величины дипольных моментов вероятности процессов трехфотонных рассеяний, приводящих к заселению уровней $4P_{1/2}$, $4P_{3/2}$, равны ($\alpha_2 = \alpha_3$). Поэтому в этой области частот возбуждение линий ВЭКР не наблюдалось.

При линейной поляризации возбуждающего излучения связываются магнитные подуровни, для которых $\Delta m = 0$, и стоксово рассеяние происходит между этими подуровнями, так как коэффициент усиления в этом случае в 2 раза больше коэффициента усиления для переходов с $\Delta m = \pm 1$. Поэтому стоксова компонента ВЭКР будет иметь преимущественную поляризацию, параллельную поляризации возбуждающего излучения, что и наблюдается на эксперименте. Поляризация «нерезонансного» трехфотонного рассеяния при частотах возбуждающего излучения ниже резонансного перехода объясняется аналогичным образом. При частотах выше

резонансного перехода экспериментально полученная перпендикулярная компонента поляризации указывает на то, что в этом случае происходят переходы преимущественно между подуровнями с $\Delta m = \pm 1$.

Увеличение давления паров K увеличивает самовращение эллипса поляризации прошедшего через пары возбуждающего излучения, что приводит к появлению его перпендикулярной компоненты. Это, в свою очередь, приводит к появлению обратных компонент поляризации в рассеянном излучении.

Причиной уширения возбуждающей линии может быть четырехфотонное параметрическое рассеяние или фазовая модуляция волны. Из результатов теоретической работы [12] следует, что уширение, обусловленное четырехфотонным параметрическим рассеянием, не должно зависеть от частоты возбуждающего излучения. Так что наблюдаемое в настоящей работе, зависящее от частоты уширения спектра возбуждающего излучения, надо связать с фазовой модуляцией волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Н. Н., Ирадян В. А., Мовсесян М. Е. Письма в ЖЭТФ, 8, 518 (1967).
2. Тер-Микаелян М. А., Меликян А. О. ЖЭТФ, 58, 281 (1970).
3. Арутюнян В. М. и др. ЖЭТФ, 60, 62 (1971).
4. Арутюнян В. М. и др. ЖЭТФ, 66, 509 (1974).
5. Аникин Б. И., Крючков С. В., Оглуздин В. Е. Квантовая электроника, 1, 1923 (1974).
6. Бондарева М. П. и др. Оптика и спектроскопия, 38, 219 (1975).
7. Shevy J., Rosenbluh M., Friedmann H. Opt. Lett., 11, 85 (1986).
8. Сб. «Современные проблемы спектроскопии комбинационного рассеяния света. Под ред. М. М. Сушинского, Изд. Наука, М., 1978.
9. Дрампян Р. Х., Мовсесян М. Е., ЖЭТФ, 74, 1208 (1978).
10. Арутюнян В. М., Канесян Э. Г., Чалтыкян В. О. ЖЭТФ, 59, 195 (1970).
11. Мовсесян Р. Е., Чалтыкян В. О. ДАН АрмССР, 11, 33 (1971).
12. Арутюнян В. М., Канесян Э. Г., Чалтыкян В. О. ЖЭТФ, 62, 908 (1972).

ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՍՏԻՊՈՂԱԿԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԿՈՄԲԻՆԱՅԻՆ ՑՐՈՒՄԸ ԵՎ «ՈՉ ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ» ԵՌԱՅՈՏՈՆ ՑՐՈՒՄԸ ԿԱԼԻՈՒՄԻ ԳՈՒՐՇԻՆԵՐՈՒՄ

Մ. Ե. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Ռ. Ե. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Ա. Մ. ԽԱՆԲԵԿՅԱՆ

Աշխատանքում շարադրված են կալիումի ատոմները գլխավոր դուպլետի տիրույթում զրգռելիս ոչ գծային օպտիկական երևույթների փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները: Հետազոտված են կալիումը $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{1/2}$ անցման շրջակայքում զրգռելիս ստիպողական էլեկտրոնային կոմբինացիոն ցրման և «ոչ ռեզոնանսային» եռաֆոտոն ցրման Շտարկյան շեղումը, ինչպես նաև ցրման բևեռացման բնութագրերը:

STIMULATED EXCITED-STATE RAMAN SCATTERING (SEARS) AND „NONRESONANT“ THREE-PHOTON SCATTERING IN POTASSIUM

M. E. MOVSESYAN, R. E. MOVSESYAN, A. M. KHANBEKYAN

Results of experimental investigations of nonlinear optical processes for the excitation of potassium atoms near the D lines are given. The Stark displacement and polarization characteristics of SERS and „nonresonant“ three-photon scattering lines near the $4S_{1/2} \rightarrow 4P_{1/2}$ transition are investigated.