Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 21, вып. 2, 101—103 (1986)

УДК 535.23

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ ВОЗБУЖДЕННЫХ УРОВНЕЙ $3P_{1/2,\ 3/2}$ В ПЛОТНЫХ ПАРАХ АТОМАРНОГО *Na* ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. М. АРУТЮНЯН, А. Р. АРАМЯН, С. П. ИШХАНЯН, А. А. ЛАЛАЯН, Т. А. ПАПАЗЯН

НИИ физики конденсированных сред ЕГУ

(Поступила в редакцию 9 апреля 1984 г.)

Исследована зависимость эффективных времен девозбуждения $3P_{1/2,\ 3/2}$-уровней *Na* от плотности среды. В интервале плотностей $2{,}85 \cdot 10^{14} - 1 \cdot 10^{15}$ см$^{-3}$ обнаружено уменьшение указанных времен при увеличении плотности паров *Na*.

Экспериментальное исследование времен релаксации среды имеет важное значение при интерпретации разнообразных эффектов взаимодействия резонансного излучения с веществом. При распространении резонансного излучения в оптически плотной среде существенен эффект пленения излучения [1, 2], который приводит к увеличению среднего времени жизни резонансных уровней.

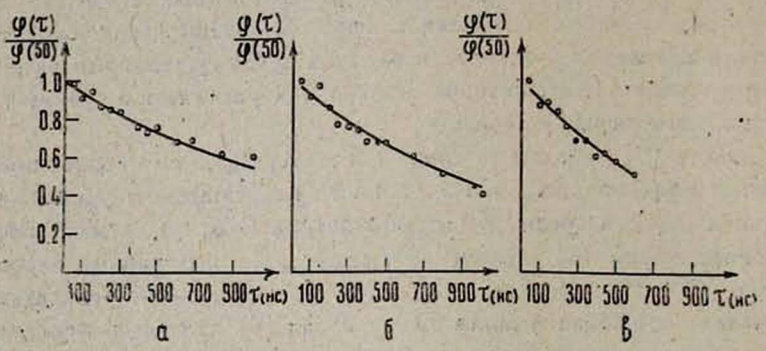
В работе [3] методом резонансной флуоресценции были проведены измерения эффективных времен жизни возбужденных уровней *Na* как функций плотности среды. Было зарегистрировано уменьшение эффективных времен жизни при увеличении температуры насыщенных паров *Na* (в пределах 320—355° С). Стоит отметить, что хотя такой результат экспериментально наблюдался более 50 лет назад [4] для резонансного излучения ртути, в случае атомного резонанса этот факт в дальнейшем, насколько нам известно, нашел подтверждение лишь в вышеупомянутой работе [3]. По всей видимости это связано с малой чувствительностью традиционных методов регистрации эффективных времен релаксации резонансных уровней и техническими трудностями проведения эксперимента.

Нами было проведено экспериментальное исследование релаксационных времен $3P_{1/2,\ 3/2}$-состояний *Na* при температуре среды в пределах 300—340° С поляриметрическим методом, который на 2—3 порядка [5] более чувствителен, чем известные методы спектроскопии. Сущность этого метода заключается в том, что при прохождении эллиптически-поляризованного излучения через двухуровневую резонансную среду происходит самовращение эллипса поляризации [6]. При этом угол поворота прямо пропорционален разности начальных заселенностей уровней ($\alpha \sim \Delta N$), и если заселенность верхнего уровня этой двухуровневой среды очень мала, т. е. ею можно пренебречь, то изменение величины угла поворота при фиксированных значениях интенсивности проходящего эллиптического излучения и расстройки резонанса будет полностью определяться изменением

заселенности нижнего уровня. Следовательно, исследуя самовращение в двухуровневой среде, где нижний уровень, в свою очередь, является возбужденным уровнем, мы имеем возможность на основе измерения временного поведения угла поворота определить временной ход изменения заселенности этого уровня.

В эксперименте с целью определения изменения во времени концентрации возбужденных атомов в состоянии $3P_{1/2}$ или $3P_{3/2}$ навстречу линейно-поляризованному интенсивному импульсу, резонансному переходам $3S_{1/2} - 3P_{1/2}$ или $3S_{1/2} - 3P_{3/2}$ и заселяющему соответствующий 3P-уровень, через среду пропускалось эллиптически-поляризованное лазерное излучение (параметр Стокса для круговой поляризации составлял $\sim 2 \cdot 10^{-2}$) с временной задержкой τ. Это излучение, находящееся в резонансе с переходом $3P_{1/2} - 4D_{3/2,\,5/2}$ или $3P_{3/2} - 4D_{3/2,\,5/2}$, после выхода из среды отражалось полупрозрачным зеркалом и попадало в анализирующую поляризацию систему. Измеряя отношение регистрируемых интенсивностей перпендикулярной и параллельной компонент этого излучения в зависимости от времени задержки τ между импульсами, из закона Малюса мы определяли временной ход величины поворота.

На рисунке приведена зависимость угла поворота α резонансного (переход $3P_{3/2} - 4D_{3/2,\,5/2}$) самовращения эллипса поляризации от времени



Зависимость относительного угла поворота плоскости поляризации при разных температурах среды: *а*) $T = 300$; *б*) $T = 320$; *в*) $T = 340°$ С.

задержки τ при различных температурах насыщенных паров *Na*. Следует отметить, что параметры используемых в эксперименте перестраиваемых по частоте лазеров на красителе были следующими: длительность импульсов составляла примерно 15 нс, спектральные ширины $\sim 0{,}015$ нм, мощность линейно-поляризованного излучения — не более 80 кВт, а эллиптически-поляризованного излучения — не более 20 кВт, диаметры лазерных пучков ~ 3 мм, угол расходимости $\sim 4 \cdot 10^{-3}$ рад. Длина цилиндрической кюветы с парами натрия составляла 20 см, а диаметр — 2,3 см.

Как видно из графиков *а, б, в* на рисунке, в эксперименте наблюдается экспоненциальный спад заселенности $3P_{3/2}$-уровня по мере увеличения времен задержки τ. При этом в зависимости от температуры среды наблюдается изменение эффективного времени спада τ_0. С увеличением температуры, а следовательно, и плотности среды $N\tau_0$ уменьшается и составляет (см. рисунок): *а*) $\tau_0 = 1650 \pm 180$ нс при $N \simeq 2{,}85 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$ (300°С)

б) $\tau_0 = 1285 \pm 150$ нс при $N \simeq 5{,}25 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$ (320°C) и *в*) $\tau_0 = 900 \pm 60$ нс при $N \simeq 10^{15}$ см$^{-3}$ (340°C). Как следует из приведенных результатов, τ_0 уменьшается линейно с $\ln N$. Аналогичные результаты получены для уровня $3P_{1/2}$.

Таким образом, экспериментально найдено, что эффективное время жизни уровней $3P_{1/2,\,3/2}$ *Na* в интервале плотностей среды $N \simeq 2{,}5 \cdot 10^{14}$—$10^{15}$ см$^{-3}$ намного превышает спонтанное время распада (16 нс). Очевидно, что данное увеличение эффективного времени жизни первого возбужденного уровня *Na* связано с эффектом пленения резонансного излучения. Об этом также свидетельствует тот факт, что небольшое перпендикулярное смещение кюветы с парами натрия относительно траектории лазерных лучей приводит к заметному изменению значения τ_0. По всей видимости в исследуемой области температур понижение значения τ_0 с ростом температуры связано с повышением вероятности столкновений, в которых участвуют возбужденные атомы, что и ведет к уменьшению эффективных времен жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Holstein T.* Phys. Rev., 72, 1220 (1947).
2. *Биберман А. М.* ЖЭТФ, 17, 416 (1947).
3. *Kopystynska A., Kowalczyk P.* Opt. Commun., 25, 351 (1978).
4. *Zemansky M. W.* Phys. Rev., 29, 513 (1927).
5. *Wieman C., Hansch T. W.* Phys. Rev. Lett., 36, 1170 (1976).
6. *Арутюнян В. М. и др.* ЖЭТФ, 68, 44 (1975).

ՊՈԼՅԱՐԻՄԵՏՐԻԿ ՄԵԹՈԴՈՎ $3P_{1/2,\,3/2}$ ԳՐԳՌՎԱԾ ՄԱԿԱՐԴԱԿՆԵՐԻ ՌԵԼԱՔՍԱՑԻԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՏՈՄԱԿԱՆ *Na*-Ի ԽԻՏ ԳՈԼՈՐՇԻՆԵՐՈՒՄ

Վ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ա. Ռ. ԱՐԱՄՅԱՆ, Ս. Պ. ԻՇԽԱՆՅԱՆ,
Ա. Ա. ԼԱԼԱՅԱՆ, Թ. Ա. ՓԱՓԱԶՅԱՆ

Հետազոտված է Na-*ի* $3P_{1/2,\,3/2}$ *մակարդակների ապադրգռման էֆեկտիվ ժամանակի կախումը միջավայրի խտությունից: Խտությունների* $2{,}85 \cdot 10^{14}$—$1 \cdot 10^{15}$ *սմ*$^{-3}$ *ինտերվալում դիտվում է նշված ժամանակների կարճացում* Na-*ի խտության մեծացմանը զուգընթաց:*

POLARIMETRICAL INVESTIGATION OF RELAXATION TIMES OF $3P_{1/2,\,3/2}$ EXCITED LEVELS IN DENSE VAPORS OF ATOMIC SODIUM

V. M. ARUTYUNYAN, A. R. ARAMYAN, S. P. ISHKHANYAN,
A. A. LALAYAN, T. A. PAPAZYAN

The dependence of effective decay times of $3P_{1/2,\,3/2}$ levels of *Na* on the density of medium was investigated. The decrease in these times with the increase of sodium vapour density was detected in the $2.85 \cdot 10^{14}$—$1 \cdot 10^{15}$ cm^{-3} density range.