

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ РЕЗОНАНСНОГО УРОВНЯ 3P_1 НЕОНА ПО ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМ ЯВЛЕНИЯМ

С. Казанцев и М. Чайка

При использовании явления скрытого выстраивания оценено время жизни резонансного уровня 3P_1 неона, оказавшееся равным (18 ± 1) нсек.

В работе [1] наблюден сигнал типа выстраивания на линии 607.4 нм. Исходным состоянием атома, излучающего линию 607.4 нм, является сферически симметричное состояние с $J=0$. В [2, 3] рассматривается модель, приводящая к сигналу такого вида. Согласно этой модели, зависимость интенсивности от приложенного внешнего магнитного поля имеет вид

$$I(H) = I(0) \left\{ 4 + \frac{1}{1 + 4 \frac{Q^2}{\gamma_2^2}} + \frac{1}{1 + \frac{Q^2}{\gamma_2^2}} \right\}. \quad (1)$$

Эксперимент ставился так же, как в [1]: на участок трубки, в которой поддерживался разряд постоянного тока в неоне, с помощью катушек Гельмгольца накладывались постоянное и переменное с частотой 30 гц магнитные поля. Переменное поле служило для модуляции постоянного. Наблюдалась переменная с частотой 30 гц составляющая интенсивности линии 607.4 нм, выделяемой с помощью монохроматора, как функция величины постоянного магнитного поля. Таким образом, регистрируемый сигнал при глубине модуляции магнитного поля, стремящейся к нулю, представляет собой производную $dI(H)/dH$.

Однако в эксперименте использовалась довольно большая глубина модуляции, чтобы отношение сигнала к шуму было возможно большим. Согласно [4, 5], при регистрации сигналов лорентцовского типа наибольшее отношение сигнала к шуму достигается при амплитуде модуляции, примерно равной 1.5γ . В работе [4] приводятся таблицы, связывающие различные параметры, получаемые при записи кривых, с глубиной модуляции и шириной исходной лорентцовой кривой.

Согласно принятой в [2, 3] модели, зависимость интенсивности от магнитного поля имеет не лорентцовскую, а более сложную форму. Непосредственно из записи сигнала этого не видно, но параметры записанных кривых соотношениям, приводимым в [4], не удовлетворяют (в частности, кривые, полученные при разных глубинах модуляции, показывают, согласно этим таблицам, разные величины для времени жизни), что говорит в пользу той модели, которая принята для объяснения образования сигнала.

Из зарегистрированных кривых можно извлечь информацию о величине γ_2 — обратном времени когерентности — двумя путями: вычислить форму сигнала при различной глубине модуляции, когда зависимость интенсивности от поля описывается (1), и сравнить вычисленные кривые с экспериментальными; экстраполировать параметры кривой, например

расстояние между экстремумами $2\Delta H$, к нулевой амплитуде модуляции. Так как мы не претендовали на высокую точность определения времени жизни, мы воспользовались вторым путем, считая диапазон изменения амплитуды модуляции от 0.9 до 4 э достаточным для этой цели. Типичная кривая экстраполяции приведена на рис. 1.

Связь между H и γ_2 при регистрации производной (т. е. при глубине модуляции, стремящейся к нулю) от сигнала вида (1) была найдена графически

$$\gamma_2 = 2.94\Delta\Omega = 25.8 \cdot 10^6 g_J \Delta H \text{ рад} \cdot \text{сек}^{-1}.$$

ΔH измеряется в эрстедах, величина $g_J = (1.464 \pm 0.024)$ взята из работы [6].

Таким путем были получены обратные времена когерентности резонансного уровня 3P_1 при различных давлениях неона в разрядной трубке. Экстраполяцией этих значений к нулевому давлению (представлена на рис. 2) получено радиационное время жизни этого состояния

$$\tau(^3P_1) = (18 \pm 1) \text{ нсек}.$$

Приведенная ошибка — это воспроизводимость результатов. Источником систематических ошибок может служить сигнал другого вида, связанный не со скрытым выстраиванием, а с макроскопическим выстраиванием состояния $2p^53s^3P_1$ (макроскопическое выстраивание группы уровней $2p^53p$ неона исследовано в [1]). Легко показать, что изменение поглощения, а следовательно, и интенсивности линии 607.4 нм, связан-

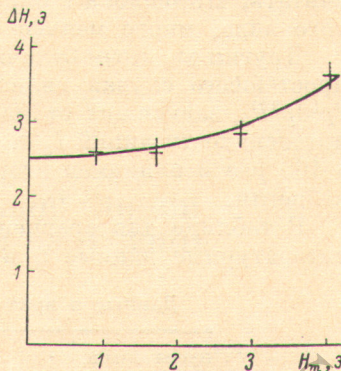


Рис. 1. Пример зависимости ΔH от величины амплитуды переменного поля H_m (давление неона 1.2 тор, ток 10 ма, аксиальное направление магнитного поля).

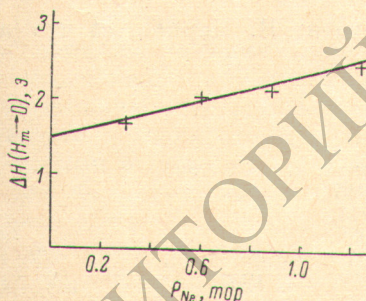


Рис. 2. Экстраполяция $\Delta H (H_m \rightarrow 0)$ к нулевому значению давления неона в разрядной трубке.

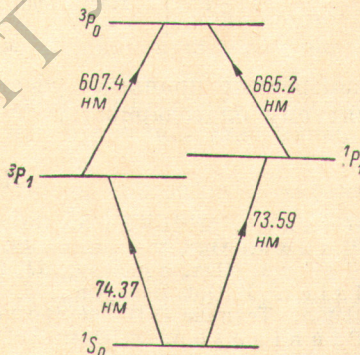


Рис. 3. Схема уровней и переходов неона.

ное с разрушением макроскопического выстраивания внешним магнитным полем, направленным по одной из осей симметрии выстроенного состояния, имеет вид

$$I(H) = I(0) \left\{ A + \frac{1}{1 + 4 \frac{\Omega^2}{\gamma_2^2}} \right\}.$$

Отсюда следует, что расстояние между экстремумами производной от этого сигнала связано с γ_2

$$\gamma_2 = 3.46\Delta\Omega = 30.5 \cdot 10^6 g_J \Delta H \text{ рад} \cdot \text{сек}^{-1}.$$

По-видимому, при сильном пленении излучения, что безусловно имеет место на резонансном переходе $^1S_0 - ^3P_1$ при давлениях газа 0.2 ÷ 1 тор,

примесь сигнала такого рода очень мала. Однако количественно она не оценена ни расчетом, ни экспериментом. Но даже если весь сигнал был бы обусловлен только макроскопическим выстраиванием, мы бы получили величину для времени радиационного распада $\tau=15$ нсек. Поэтому можно считать, что ошибка в определении τ , связанная с добавкой сигнала другого вида, много меньше 3 нсек.

Другим видимым отличием реального случая от рассмотренного в [2, 3] простейшего случая является наличие двух каналов заселения уровня $2p^53p^3P_0$, зависящих от магнитного поля (рис. 3). По грубым оценкам интенсивности линий I_2 и I'_2 в наших условиях различаются более чем в 100 раз и влиянием второго канала на измеряемую величину мы пренебрегли.

В таблице для сравнения с результатами данной работы приведены литературные данные о времени жизни состояния $2p^53s^3P_1$.

Данные о времени жизни резонансного уровня неона

Время жизни, нсек.	Автор	Примечание
16 ± 8	N. Shütz. Ann. Phys., 18, 705, 1933.	Эксперимент
20	A. Phelps. Phys. Rev., 100, 1230, 1955.	Эксперимент
27.4	A. Gold, R. Knox. Phys. Rev., 113, 834, 1959.	Расчет двумя способами
20.7		
14		
	H. Statz, C. Tang, G. Koster. J. Appl. Phys., 34, 2625, 1963.	Расчет
20	E. Lewis. Proc. Phys. Soc. (London), 92, 817, 1967.	Эксперимент
31.7 ± 1.6	G. Lawrence, H. Liszt. Phys. Rev., 178, 122, 1969.	Эксперимент
18 ± 1	Настоящая работа.	Эксперимент

В измерениях принимал участие студент В. Марков, за что авторы приносят ему благодарность.

Литература

- [1] X. Каллас, М. Чайка. Опт. и спектр., 27, 694, 1969.
- [2] М. Чайка. Опт. и спектр., 30, 822, 1971.
- [3] М. Чайка. Опт. и спектр., 31, 513, 1971.
- [4] R. Isler. J. Opt. Soc. Am., 59, 727, 1969.
- [5] Ч. Пул. Техника ЭПР-спектроскопии. Изд. «Мир», 1970.
- [6] E. Pinnington. J. Opt. Soc. Am., 57, 271, 1967.
- [7] R. Mehkorn. J. Opt. Soc. Am., 59, 1458, 1969.

Поступило в Редакцию 8 января 1971 г.