

- [1] Е. Н. Котликов. Вестн. ЛГУ, 1976.  
 [2] L. Lis. Acta Phys. Pol., 444, 173, 1973.  
 [3] M. Barrat, J.-P. Barrat. Compt. Rend. Acad. Sci., 257, 1463, 1973.  
 [4] B. Decomps, M. Dumont. J. de Phys., 29, 181, 1968.  
 [5] M. Klein, D. Maydan. Appl. Phys. Lett., 16, 509, 1970.  
 [6] A. R. Schaefer. J. Quant. Spectr. and Rad. Transfer, 11, 197, 1971.  
 [7] J. Hamel, J. Margerie, J.-P. Barrat. Opt. Comm., 12, 409, 1974.  
 [8] А. Митчелл, М. Земанский. Резонансное излучение и возбужденные атомы. ОНТИ, 1937.  
 [9] A. Dienes, T. P. Sosnowski. Appl. Phys. Lett., 16, 512, 1970.

Поступило в Редакцию 18 ноября 1975 г.

УДК 539.184

## ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МНОЖИТЕЛЯ ЛАНДЕ ПО СВОБОДНЫМ БИЕНИЯМ В ИЗЛУЧЕНИИ

С. А. Багаев, В. Б. Смирнов и М. П. Чайка

Явление интерференции невырожденных состояний атомов было теоретически предсказано и обнаружено экспериментально сравнительно давно [1]. Как известно, изменение во времени интенсивности излучения ансамбля когерентно возбужденных атомов (при импульсном возбуждении) в данном телесном угле с поляризацией  $\lambda$  описывается во времени следующим образом:

$$I_{\lambda}(t) = [A + B \sin(\omega t + \varphi_0)] e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

где  $\tau$  — время жизни исследуемого уровня, коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $\varphi_0$  определяются условиями возбуждения когерентного ансамбля, структурой дипольного перехода и условиями наблюдения его излучения.

Регистрация данного сигнала и развертка его во времени позволяют определить частоту интерференционных биений  $\omega$ , что дает знание энергетического зазора  $\Delta W$  между интерферирующими уровнями. В простейшем случае интерференции магнитных подуровней, когда их расщепление линейно по полю, период биений равен

$$T = \frac{h}{\Delta W} = \frac{h}{2g\mu_0 H}.$$

Зная величину магнитного поля и определив период интерференционных биений, можно найти множитель Ланде  $g$ . Таким образом, исследование биений невырожденных состояний можно рассматривать как метод получения этой важной атомной характеристики. Однако довольно долгое время после открытия квантовых биений из-за ряда экспериментальных трудностей данный метод не получал практического применения. Основная трудность связана с регистрацией сигнала и разверткой его во времени. Например, экспериментальная установка в работе [1] позволяла в основном лишь качественно изучить явление. В последние годы появился мощный экспериментальный метод исследования кинетики распада возбужденных состояний — метод многоканального временного анализа. Он обеспечивает высокоточную развертку во времени спада интенсивности излучения ансамбля возбужденных атомов, позволяя наблюдать тонкие детали процесса распада. Например, в работе [2] этим методом был изучен процесс переноса энергии возбуждения в гелии. Видоизменение метода позволило Сириусу с сотрудниками [3] измерить константы сверхтонкой структуры, наблюдая квантовые биения во флуоресценции натрия.

В данной работе для изучения свободных биений была модифицирована установка многоканального временного анализа. На исследуемый объем газа накладывалось однородное магнитное поле, задаваемое током в катушке Гельмгольца. Направление поля, ось электронного пучка и направление наблюдения были ориентированы взаимно перпендикулярно. Поляризатор в канале наблюдения выделял определенное направление поляризации.

Изучались сигналы интерференционных биений на линиях с уровнем He I 4,

5, 6  $^1D_2$ . На рис. 1 представлена типичная кривая биений на переходе  $\lambda 492.2$  нм ( $2^1P_1 - 4^1D_2$ ) при давлении  $p = 1.1 \cdot 10^{-2}$  тор, энергии электронов  $E_{эл.} = 30$  эВ, длительности возбуждающего импульса  $\tau_{имп.} = 10$  нс,  $H = 14.9$  Э. Сигналы интерференционных биений последовали при разной длительности возбуждающего импульса. Характерно уменьшение глубины биений из-за ухудшения когерентности ансамбля атомов при возрастании  $\tau_{имп.}$ . При возбуждении очень коротким импульсом ( $\tau_{имп.} \ll T_{биений}$ ) глубина модуляции экспоненциального сигнала дает возможность определить степень поляризации излучения атомов, участвующих в создании коллективных биений, непосредственно из кривой. Если же  $\tau_{имп.}$  сравнимо с периодом биений, то для нахождения степени поляризации необходимо учитывать величину и форму импульса

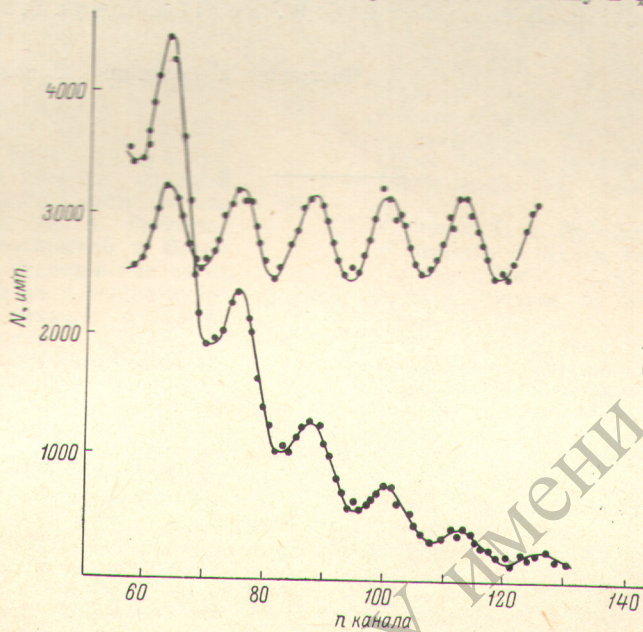


Рис. 1.

возбуждения. Такой расчет был выполнен для перехода с  $\lambda 492.2$  нм. Экспериментальное значение степени поляризации оказалось равным  $(38 \pm 5)\%$ .

При такой степени поляризации кривые биений получаются очень четкими (рис. 1), что позволяет с большой точностью определять период биений. Согласно формуле (1), для выделения синусоиды интерференционных биений кривую сигнала достаточно умножить на экспоненту с положительным показателем степени. На рис. 1 приведена такая синусоида, по которой вычислен период биений для перехода с  $\lambda 492.2$  нм. На рис. 2 приведен график зависимости частоты биений  $f = 1/T$  для различных значений тока через катушку (поддерживаемого с точностью не хуже  $10^{-3}$ ). Видно, что зависимость линейная. Наклон прямой при соответствующей статистической обработке может быть определен с точностью не хуже  $10^{-4}$ . Для вычисления множителя Ланде необходимо знать реальную величину магнитного поля  $H$  в исследуемом объеме газа (внутри адатронной пушки). Здесь возможны следующие пути расчета поля по параметрам катушки, измерение поля в зоне расположения пушки с помощью магнитометра и вычисление  $H$  по известному значению множителя Ланде. Последний способ предпочтительнее, так как определяется истинное магнитное поле в реальных условиях эксперимента. В качестве «станционного» значения множителя Ланде удобно использовать, например, его значение для уровней серии  $n^1D_2$  гелия, известное с точностью не хуже  $10^{-4}$ .

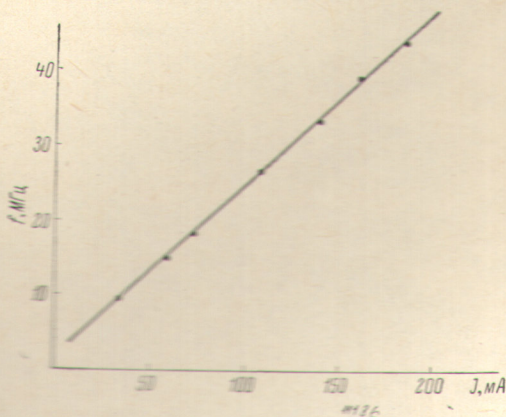


Рис. 2.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что временной анализ интенсивности излучения ансамбля атомов, помещенного в магнитное поле, позволяет измерять множитель Ланде с точностью до четвертой значащей цифры, а также степень поляризации излучения с точностью несколько процентов.

#### Литература

- [1] Е. Б. Александров. Усп. физ. наук, 107, 595, 1972.
- [2] Г. С. Кватер, О. В. Огинец, В. Б. Смирнов, Ю. А. Толмачев, С. А. Багаев. Опт. и спектр., 38, 820, 1975.
- [3] J. S. Deech, P. Hannaford, G. W. Series. J. Phys. B, 7, 1131, 1974.

Поступило в Редакцию 18 ноября 1975 г.

---