

гетических уровней частиц компонентов смеси оказывается процессом весьма универсальным. Его эффективность определяется составом смеси и условиями опыта. Высокую эффективность можно ожидать при большой плотности плазмы на смесях с существенно различными потенциалами ионизации компонентов, например пары металла—газ.

Литература

- [1] L. A. Javan, W. R. Bennet, Jr., D. R. Harriott. Phys. Rev. Lett., 6, 106, 1961.
 [2] Б. М. Смирнов. ЖЭТФ, 59, 1225, 1970.

Поступило в Редакцию 28 ноября 1978 г.

УДК 539.184.24 : 546.35

ИЗМЕРЕНИЕ ШТАРКОВСКОГО СДВИГА ЛИНИИ $6^2P_{1/2}-5^2S_{1/2}$ РУБИДИЯ МАГНИТНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

Е. С. Ползик и М. П. Чайка

В работах [1, 2] описан метод магнитного сканирования в применении к измерению уширений и сдвигов спектральных линий давлением постороннего газа.

В настоящей работе этот метод применен для измерения штарковского сдвига линии рубидия $6^2P_{1/2}-5^2S_{1/2}$ и нахождения поляризуемости α уровня $6^2P_{1/2}$.

Основные черты экспериментальной установки, изображенной на рис. 1, такие же, как и в работах [1, 2]. В отличие от нее резонансная ячейка, служившая источником света с известным контуром спектральной линии в упомянутых выше работах, в нашей установке имела внутренние электроды. Сдвиг спектральной линии излучения резонансной ячейки, вызванный электрическим полем, являлся параметром задачи, а поглощающая ячейка в магнитном поле служила прибором-анализатором.

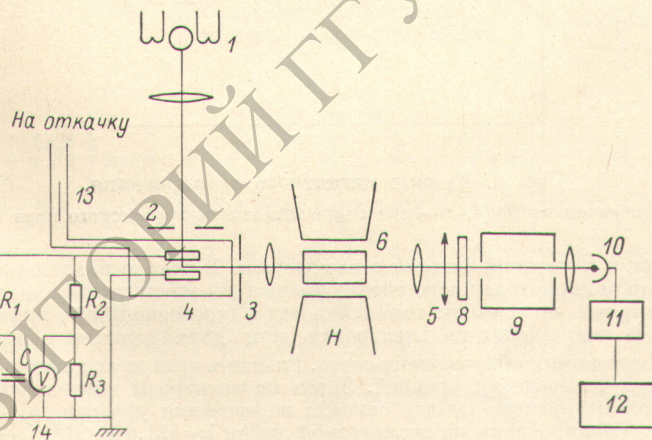


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки.

1 — лампа; 2, 3 — маски; 4 — кювета с электродами; 5 — поляризатор; 6 — поглощающая кювета; 8 — фильтр; 9 — монохроматор; 10 — ФЭУ; 11 — схема счета фотонов; 12 — частотомер; 13 — магнитный затвор; 14 — вольтметр ВК7-10А; R_1 — защитное сопротивление; R_2, R_3 — делитель.

Конструкция резонансной ячейки с внутренними электродами такая же, как в работе [3]. Диаметр ее составляет 40 мм, диаметр электродов-дисков из стекла 30 мм, расстояние между ними $d=7.3 \pm 0.1$ мм. Параллельность, т. е. угол между рабочими поверхностями, не больше $5 \cdot 10^{-3}$. Кювета наполнена изотопом рубидия 87. Примесь Rb^{85} , согласно паспорту, менее 3%. От вакуумной установки ячейка отделена магнитным затвором 13, что позволяло весь объем, занятый парами рубидия, кроме специального отростка, поддерживать при одной и той же (порядка 100°C) температуре. Отросток, содержащий металлический рубидий, поддерживался при температуре 60°C , стабилизированной с точностью лучше, чем 0.1 К. Такая конструкция исключала концентрацию металлического рубидия на стенках ячейки.

Для увеличения отношения сигнала к шуму, что имело особое значение в связи со сравнительно малой интенсивностью второго дублета, мы увеличили светосилу установки путем замены щелей монохроматора масками, представляющими собой ряд параллельных прямоугольных отверстий, как в работе [3]. Безэлектродная шариковая лампа, служившая для возбуждения флуоресценции, была наполнена смесью Rb^{87} и Kr . Оптимальный режим лампы выбирался по интенсивности флуоресценции. Напряжение U на электроды резонансной кюветы (до 20 кВ/см) подавалось через защитное сопротивление 6 МОм с прибора ВС 20-10, запитанного от стабилизатора напряжения. Параллельно выходу прибора был включен конденсатор ($C=0.25$ мкФ) и высоковольтный делитель ($R=150$ МОм). Все принятые меры позволили добиться стабилизации напряжения на электродах не хуже 0.3%. Высоковольтный делитель позволил определить напряжение на электродах прибором ВК7-10А. Класс точности этого прибора 0.1. Точность делителя 0.5%. Результирующая ошибка в определении напряженности поля $E=U/d$ составляла 2%, что приводило к ошибке α 4%.

Кроме того, распределение заряда по внутренней поверхности кюветы могло исказить поле между электродами. Поэтому сдвиг линии флуоресценции измерялся при таком значении поля, которое можно было проконтролировать отдельным экспериментом, а именно по эффекту пересечения уровней [3]. Согласно [4], эффект пересечения уровней в Rb^{87} на линии $\lambda=420.2$ нм имеет место в поле 14.3 кВ/см. Точность нахождения центра сигнала пересечения, а следовательно, и измерения электрического поля была около 1–2%.

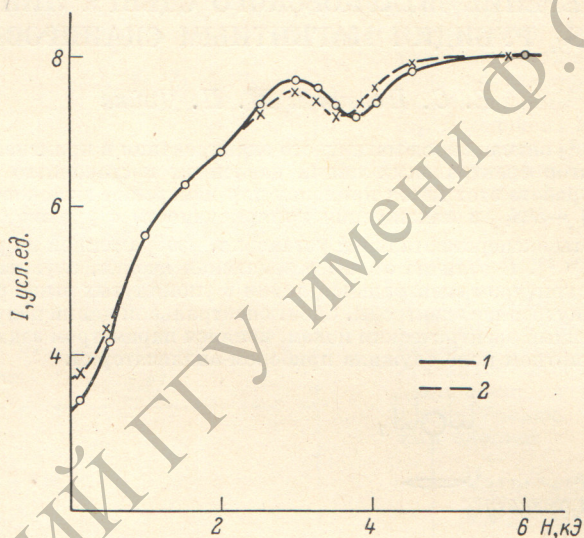


Рис. 2. Кривые магнитного сканирования.

1 — без электрического поля, 2 — при напряженности электрического поля 14.3 кВ/см.

Подный цикл измерений состоял в следующем. В начале находилось напряжение поля, при котором происходит пересечение уровней, соответствующее полю 14.3 кВ/см. Для этого снималась зависимость интенсивности флуоресценции на линии $\lambda=420.2$ нм ($6^2P_{3/2} - 5^2S_{1/2}$) от напряжения на электродах при двух взаимно перпендикулярных линейных поляризациях облучающего света. Разность этих двух кривых отчетливо показывала сигнал пересечения уровней. Затем на электроды подавалась разность потенциалов, соответствующая центру сигнала пересечения уровней, и снималась кривая магнитного сканирования на исследуемой линии $\lambda=421.6$ нм ($6^2P_{1/2} - 5^2S_{1/2}$) в поляризации, перпендикулярной магнитному полю (рис. 2). Затем снималась кривая магнитного сканирования для этой же линии без электрического поля. После вымораживания паров рубидия в кювете с электродами снималась кривая для рассеянного на кювете и электродах света резонансной лампы. Этот свет даст сигнал, близкий к сигналу резонансной флуоресценции, однако, он соответствует другому спектральному составу облучающего света и, кроме того, не зависит от электрического поля. Для уменьшения доли этой примеси в каналы наблюдения и возбуждения флуоресценции были введены маски, а для исключения связанной с оставшимся рассеянным светом систематической ошибки кривая магнитного сканирования при вымороженных парах рубидия вычиталась из основной.

Для оценки систематической ошибки, вносимой неточностью измерения магнитного поля, прибор с датчиком Холла был проверен с помощью ЯМР. Его погрешность в интервале от 1700 до 6700 Э оказалась не более 0.2%. Независимым образом эту погрешность можно оценить из кривых магнитного сканирования, снятых без электрического поля. Этот метод также дал систематическую ошибку в измерении магнитного поля менее 0.5%. Найденная величина погрешности приводила к ошибке в определении сдвига линии 10 МГц.

Полученные кривые магнитного сканирования обрабатывались на ЭВМ типа М 4030. Обработка велась методом наименьших квадратов с автоматическим поиском параметров. В результате получались значения параметров с погрешностями, определяемыми ошибкой эксперимента. Из кривой, снятой без электрического поля, находилось значение доплеровской ширины линии флуоресценции. Ширина линии поглощения определялась по температуре поглощающей кюветы. При построении модели, положенной в основу численных расчетов, было принято, что контур линии флуоресценции имеет фойхтовскую форму. Основанием служили оценки искажения линии самопоглощением, которые показали, что они не превосходят 3%. Постоянное от эксперимента к эксперименту согласие между шириной линии, найденной из сигнала магнитного сканирования и определенной по известным температуре и константе радиационного распада, говорят о хорошем соответствии модели эксперименту.

Затем при обработке кривых магнитного сканирования с наложенным электрическим полем доплеровские ширины линий считались известными. Находились параметры k (имеющие вспомогательное значение и меняющиеся при наложении электрического поля), оптическая длина k_0L и искомая константа Штарка α .

Величины α , полученные при обработке экспериментальных кривых, снятых в разные дни, несколько отличаются друг от друга. Мы относим это отличие к влиянию медленных дрейфов температур кювет 4, 6 (рис. 1). Этот разброс значений, так же как и описанные выше возможные систематические отклонения, отражены в приводимой ниже ошибке измерений.

Найденное таким образом значение константы $\alpha = (2.5 \pm 0.3)$ МГц/(кВ/см)². В нашей предыдущей работе [3], в которой описывается метод электрического сканирования, в качестве примера применения метода дана оценочная величина константы Штарка. Малая точность связана с большой ошибкой в определении ширины линии облучения. Повторный эксперимент с большей надежностью определения контура линии дал меньшую величину $\alpha = (2.6 \pm 0.3)$ МГц/(кВ/см)². Поэтому данные работы [3] в таблицу не включены. В литературе, кроме [3], имеется всего лишь одно экспериментально измеренное значение константы Штарка для 6P-уровней рубидия. Оно относится к уровню 6²P_{3/2}. Теоретические расчеты дают различные величины (см. таблицу).

α , МГц/(кВ/см) ² 6 ² P _{1/2}	α , МГц/(кВ/см) ² 6 ² P _{3/2}	Источник
	2.73	Эксперимент [5]
2.84		Теория [6]
3.34		Теория [4]
2.5 ± 0.3		Магнитное сканирование Электрическое сканирование } Настоящая работа
2.6 ± 0.3		

Литература

- [1] Н. И. Калитеевский, О. М. Риш, М. П. Чайка. Опт. и спектр., 41, 504, 1976.
- [2] С. А. Казанцев, Н. И. Калитеевский, О. М. Риш. Опт. и спектр., 44, 638, 1978.
- [3] В. Н. Белов, Е. С. Ползик, М. П. Чайка. Опт. и спектр., 45, 1030, 1978.
- [4] A. Khadjavi, A. Lurio, W. Harper. Phys. Rev., 197, 128, 1968.
- [5] T. Yaо. Z. Physic, 77, 307, 1932.
- [6] Н. Л. Манаков, В. Д. Овсянников, Л. П. Рапопорт. Опт. и спектр., 38, 424, 1975.

Поступило в Редакцию 28 декабря 1978 г.