

ОРИЕНТАЦИЯ ЯДЕР Cd^{111} РЕЗОНАНСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ 3261 \AA

Е.Б. Александров, А.П. Соколов

Нами получена существенная ориентация ядер Cd^{111} в парах при плотности порядка 10^{14} см^{-3} с помощью циркулярно поляризованного света 3261 \AA . Метод ориентации в основных чертах аналогичен примененному группой Кастлера-Бросселя к нечетным изотопам ртути [1].

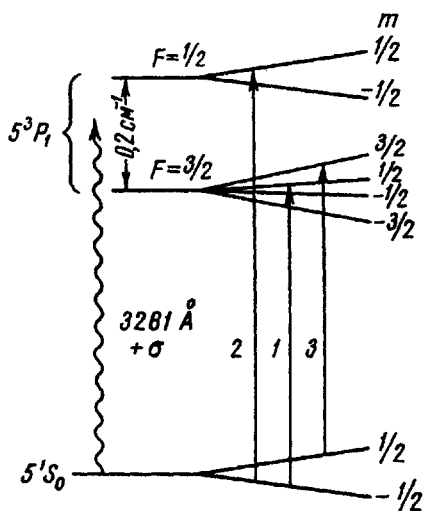


Рис. I

На рис. I приведена структура основного 5^1S_0 и первого триплетного возбужденного 5^3P_1 состояния атома Cd^{111} в магнитном поле. При возбуждении атомов вдоль магнитного поля светом с круговой поляризацией осуществляются оптические переходы с изменением

углового момента m на единицу — угловой момент излучения передается электронной оболочке и связанному с ней сверхтонким взаимодействием ядру. При спонтанном излучении приобретенный атомом момент в среднем сохраняется, а так как оболочка в основном состоянии не обладает моментом, происходит ориентация ядер невозбужденных атомов. Процесс приводит к существенной ориентации ансамбля, если интенсивность ориентирующего света достаточна, чтобы преодолеть тепловую релаксацию ядер. Возникающая ориентация может регистрироваться, например, по степени поглощения рабочего излучения [2], так как вероятности возбуждения атомов с различной ориентацией ядерного момента различны (относительные вероятности переходов указаны на рис. 1).

Эффективность описанного процесса тем больше, чем больше сверхтонкое расщепление превышает естественную ширину линии [3]. В этом отношении выбранная линия $3261 \overset{\circ}{\text{A}}$ весьма благоприятна. Тем не менее, такой проект ориентации ядер кадмия даже не обсуждался в литературе, несмотря на успешную ориентацию аналогичного объекта — ртути — аналогичной линией $2537 \overset{\circ}{\text{A}}$ (ср. [3]). Это, по-видимому, связано с тем, что сила рассматриваемого перехода в кадмии еще в 20 раз меньше, чем в случае ртути, для которой с большим трудом удалось превзойти темп ориентации над релаксационными процессами. Это обстоятельство, казалось бы исключает успех подобного приема в применении к кадмию. Однако, несмотря на слабость перехода $5^1 \overset{\circ}{S}_0 - 5^3 \overset{\circ}{P}_1$ (сила осциллятора $2 \cdot 10^{-3}$), линия $3261 \overset{\circ}{\text{A}}$ по ряду причин в газовом разряде обладает исключительной мощностью [4]. Оценки эффективности процесса ориентации показали, что существующие источники резонансного излучения позволяют рассчитывать на полную ориентацию по ядрам паров кадмия с оптической плотностью порядка 1, если считать, что релаксационные процессы для Cd^{111} не отличаются существенно от случая Hg^{199} .

Ориентация кадмия осуществлена в расположении рис. 2. Свет высокочастотной кадмиевой лампы 1 пропускался через круговой поляризатор 2 и попадал в кивету 3 с парами Cd^{111} , насыщенными при 240°C . Пршедший свет пропускался через газовый фильтр 4 с парами

Cd^{114} . Фильтр избирательно поглощал сверхтонкую компоненту $F = 3/2$ резонансной линии 3261 \AA , что в несколько раз увеличивало зависимость яркости проходящего света от состояния ориентации ядер (см. вероятности переходов на рис. 1). Проходящий свет регистрировался фотоприемником 5.

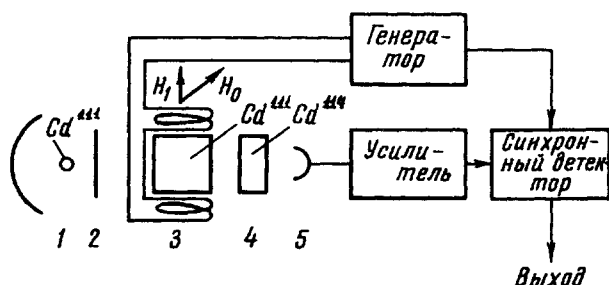


Рис. 2

Факт ориентации устанавливался по сигналу ядерного резонанса. Для этого на кивету налагалось переменное магнитное поле (4,8 кГц), перпендикулярное лучу света. Постоянное поле варьированной напряженности было направлено под углом 45° к оси пучка света. При таком расположении магнитный резонанс сопровождается появлением модуляции в проходящем свете с частотой переменного поля, что и служит сигналом резонанса [5].

В описанных условиях был обнаружен четкий сигнал резонанса с полушириной в несколько герц в поле 5,2 э, что приблизительно соответствует литературному значению ядерного момента Cd^{111} . Сигнал на два порядка превышал уровень шума при полосе приемного устройства около 1 гц.

В дальнейшем предполагается исследовать характер релаксационных процессов в системе и добиться более полной ориентации ансамбля. Тем же способом может быть ориентирован Cd^{113} . Кадмий является третьим элементом (кроме ртути и гелия), для которого оптическим образом получена ориентация ядер.

Авторы глубоко признательны М.П.Чайке за помощь в работе, а также А.М.Бонч-Бруевичу за поддержку и интерес к проводимым исследованиям.

Поступило в редакцию

II марта 1966 г.

Литература

- [1] B.Cagnac, J. Brossel. Compt.rend. Acad.Sci., 249, 77, 253, 1959.
- [2] H.G.Dehmelt. Phys.Rev., 105, 1487, 1957.
- [3] J.-C.Lehmann, J.Brossel. Compt.rend. Acad. Sci., 258, 869, 1964.
- [4] B.Budick, R.Novick, A.Lurio. Appl. Optics, 4, 229, 1965,
- [5] H.G.Dehmelt. Phys.Rev., 105, 1924, 1957.