

О ФОРМЕ ЛИНИИ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА  
ОПТИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ АТОМОВ Hg<sup>201</sup>

О. А. Бартенев, С. Л. Вотяков и Л. Н. Новиков

Экспериментально исследована форма линии ядерного магнитного резонанса атомов Hg<sup>201</sup> при оптическом выстраивании этих атомов излучением линии 2537 Å в присутствии неоднородного радиочастотного поля.

В работах [1, 2] сообщалось об экспериментальном обнаружении сложной формы линии ядерного магнитного резонанса атомов Hg<sup>201</sup>, возбуждаемых излучением линии 1850 Å. В условиях выстраивания неполяризованным светом сигнал резонанса представлял собой суперпозицию двух линий с существенно разными ширинами. Авторами работ [1, 2] было сделано предположение о том, что широкая линия обусловлена резонансом атомов Hg<sup>201</sup>, находящихся в метастабильном состоянии 6<sup>3</sup>P<sub>0</sub>, время жизни которого равно по порядку величины времени пролета атомов между стенками ячейки, тогда как резонансу атомов Hg<sup>201</sup> в основном состоянии 6<sup>1</sup>S<sub>0</sub> соответствует узкая линия. Однако последующие исследования [3] показали, что гиромагнитное отношение атомов Hg<sup>201</sup> в состояниях 6<sup>1</sup>S<sub>0</sub> и 6<sup>3</sup>P<sub>0</sub> существенно различны и центры линий магнитного резонанса Hg<sup>201</sup> совпадать не могут.

Данные, приведенные в работах [4, 5], дали основание считать, что возникновение суперпозиции широкой и узкой линий резонанса связано с влиянием неоднородности радиочастотного поля в пределах резонансной ячейки. Ниже приводятся результаты экспериментального исследования формы линии ядерного магнитного резонанса атомов Hg<sup>201</sup> при оптическом выстраивании последних излучением линии 2537 Å в присутствии неоднородного радиочастотного поля.

Схема эксперимента аналогична описанной в [1, 2], за исключением того, что для выстраивания атомов Hg<sup>201</sup> использовался неполяризованный свет линии 2537 Å от лампы с изотопом от Hg<sup>198</sup>. Резонансная ячейка с сухим паром Hg<sup>201</sup> помещалась в постоянное магнитное поле и в перпендикулярное ему неоднородное радиочастотное поле, созданное встречно включенными кольцами Гельмгольца. Регистрировалась полная интенсивность света флуоресценции, испущенного под прямым углом к магнитному полю, пропорциональная параметру выстраивания  $\left[ \langle I_z^2 \rangle - \frac{1}{3} I(I+1) \right]$ .

На рис. 1 приведена запись сигнала ядерного резонанса Hg<sup>201</sup> в однородном (кривая *a*) и в неоднородном (кривая *b*) радиочастотных полях. Обнаружено, что форма линии, представляющая собой суперпозицию узкой (ширина менее 100 гц) и широкой (ширина ~5.2 кгц) линий резонанса, наблюдается лишь в неоднородном радиочастотном поле. Следует еще раз подчеркнуть, что выстраивание атомов Hg<sup>201</sup> осуществлялось в данном случае линией 2537 Å, в связи с чем утверждение, сделанное в работах [1, 2] о том, что подобная форма линии существует лишь при возбуждении светом с длиной волны 1850 Å, является неверным. Кроме того, аналогичная форма линии магнитного резонанса наблюдалась как при выстраивании ядер Hg<sup>201</sup> неполяризованным светом, так и при их

ориентации циркулярно поляризованным светом, если только радиочастотное поле оставалось неоднородным. Таким образом, можно считать, что возникновение линии резонанса однозначно связано с наличием неоднородности радиочастотного поля.

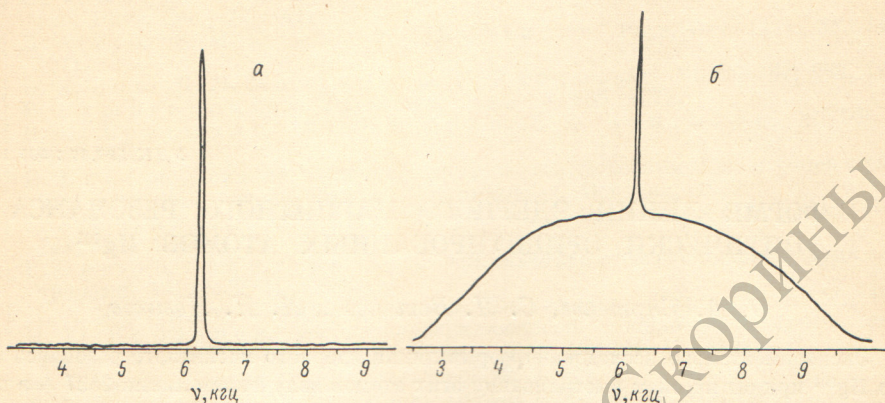


Рис. 1. Запись сигнала линии ядерного магнитного резонанса оптически ориентированных атомов  $\text{Hg}^{201}$ .

*a* — в однородном радиочастотном поле, *б* — в неоднородном радиочастотном поле.

Согласно расчетам, выполненным в [4, 5], ширина широкой линии определяется средним значением обратного времени пролета атома между стенками ячейки и не зависит от других параметров эксперимента. Однако, как видно из рис. 2, на котором приведено семейство кривых резонанса, полученных при разных значениях средней по объему ячейки амплитуды радиочастотного поля, существует зависимость ширины линии от этого параметра. На рис. 3 приведен график зависимости ширины широкой линии резонанса от квадрата амплитуды  $\langle H_1 \rangle^2$  радиочастотного поля.

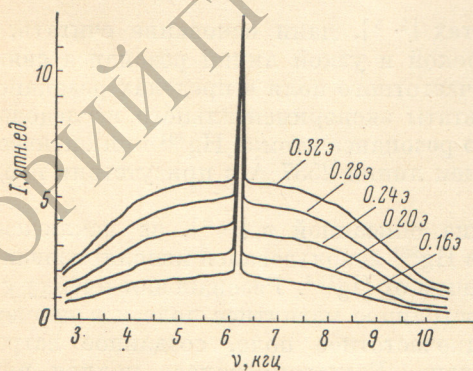


Рис. 2. Семейство линий ядерного магнитного резонанса атомов  $\text{Hg}^{201}$  при различных амплитудах неоднородного радиочастотного поля.

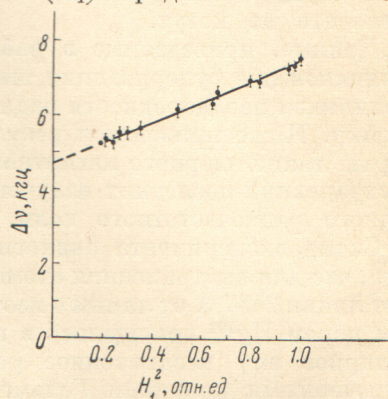


Рис. 3. Зависимость ширины широкой линии резонанса  $\text{Hg}^{201}$  от квадрата средней амплитуды радиочастотного поля.

Экстраполяция к  $\langle H_1 \rangle^2 = 0$  позволяет определить предельную ширину линии, равную 4.8 кГц. Это значение по порядку величины действительно соответствует обратному времени пролета атомов  $\text{Hg}^{201}$  между стенками ячейки при температуре 235° С. Кроме того, установлено, что ширина линии зависит также и от температуры ячейки. Эти результаты позволяют считать, что ширина широкой линии резонанса определяется кинетическими характеристиками атомов  $\text{Hg}^{201}$ . Для вычисления точной функциональной зависимости этих величин может быть использована модель локального радиочастотного поля, амплитуда которого модули-

рована тепловым движением атомов в неоднородном поле. Результаты теоретического анализа и сравнение их с экспериментом будут опубликованы позже.

#### Литература

- [1] I. M. Popescu, L. N. Novikov. *Compt. rend.*, 259, 1321, 1964.
- [2] Л. Н. Новиков, И. М. Попеску. *Опт. и спектр.*, 19, 668, 1965.
- [3] B. Lahaye. *Compt. rend.*, 271, B537, 1970.
- [4] K. Kleppner, H. M. Goldenberg, N. F. Ramsey. *Phys. Rev.*, 126, 603, 1962.
- [5] А. Н. Оравский. Молекулярные генераторы. 243. Изд. «Наука», М., 1964.

Поступило в Редакцию 23 августа 1972 г.

ЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорини