

ние между ионами Nd^{3+} в парном центре $\sim 3,8 \text{ \AA}$). Вероятность же безызлучательной передачи энергии от одиночных центров Nd^{3+} к другим центрам, находящимся на расстояниях $> 4 \text{ \AA}$ (в третьей и более далеких координационных сферах) мала, о чем свидетельствует слабая зависимость $\tau_{изл}$ центров L от концентрации Nd^{3+} .

Таким образом, концентрационное тушение люминесценции Nd^{3+} в кристаллах CaF_2 обусловлено ассоциацией ионов Nd^{3+} с образованием парных центров. По мере повышения концентрации Nd^{3+} концентрации пар резко возрастают и соответственно растет балластное, неактивное поглощение, снижающее η . Кроме того, из-за частичного перекрытия линий поглощения одиночных и парных центров снижается доля света, попадающая на люминесцирующие одиночные центры. Предварительные опыты показывают, что аналогичную природу тушение Nd^{3+} имеет и в других кристаллах.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
25 февраля 1967 г.

Литература

- [1] Ю. К. Воронько, А. А. Каминский, В. В. Осико. ЖЭТФ, 49, 724, 1965.
- [2] Ю. К. Воронько, А. А. Каминский, В. В. Осико. ЖЭТФ, 49, 420, 1965.
- [3] Н. Е. Каск, Л. С. Корниенко, М. Факир. ФТТ, 6, 549, 1964.

РЕЗОНАНС В ЭФФЕКТИВНОМ ПОЛЕ, ИНДУЦИРОВАННЫЙ МОДУЛИРОВАННЫМ СВЕТОМ

В. Г. Показаньев, Л. Н. Новиков

Известно, что одновременное воздействие на спин-систему постоянного магнитного поля $H_0 \parallel OZ$ и вращающегося с частотой ω в плоскости XOY радиочастотного магнитного поля $H_1(t)$ эквивалентно во вращающейся с частотой ω системе координат действию эффективного поля $H_e = [(H_0 - \omega/\gamma)^2 + H_1^2]^{1/2}$. В этой системе координат спины прецессируют вокруг поля H_e , но в отличие от лабораторной системы эта прецессия некогерентна, т.е. фазовая корреляция между движением отдельных спинов отсутствует. Установить определенные фазовые соотношения между движением спинов в поле H_e , т.е. внести когерентность во вращающуюся систему координат можно различными способами [1,2], сущность которых сводится к использованию второго радиочастотного поля, имеющего частоту $\omega_e = \gamma H_e$.

В данном сообщении рассматривается новая возможность создания радиочастотной когерентности в системе магнитных подуровней в эффективном поле H_e с помощью оптического возбуждения, интенсив-

ность которого промодулирована по закону $I_z(t) = I_{0z}(1 + \epsilon \cos \Omega t)$, а частота модуляции Ω равна частоте прецессии спинов в эффективном поле ω_e . Следует подчеркнуть, что переходы между подуровнями во вращающейся системе координат при этом индуцируются в отсутствие какого-либо радиочастотного поля на этой частоте.

Возникновение резонанса в эффективном поле при воздействии модулированного оптического возбуждения можно понять из следующего качественного рассмотрения. Пусть в лабораторной системе координат выполняется резонансное условие $\omega - \omega_0 = 0$, тогда во вращающейся системе координат $H_e = H_1$. Если интенсивность света $I_z = \text{const}$, то спины, прецессирующие в плоскости, перпендикулярной H_e , распределены изотропно, причем это распределение не изменяется со временем.

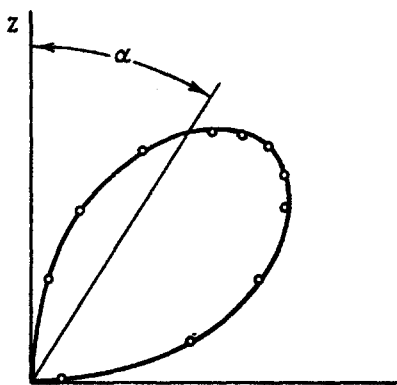


Рис.2. Зависимость величины сигнала резонанса Cs^{133} в эффективном поле от угла между вектором поляризации поперечного луча света и магнитным полем $H_0 \parallel OZ$. По радиусу-вектору отложена величина сигнала резонанса в относительных единицах

Если же интенсивность света I_z изменяется с частотой прецессии спинов вокруг H_e , то намагниченность, созданная светом в момент t_0 в направлении оси OZ уже не уравновешивается намагниченностью, созданной в момент $t_0 + \pi/\Omega$ и, следовательно, во вращающейся системе координат возникнет отличная от нуля макроскопическая намагниченность, прецессирующая вокруг H_e . Таким образом, модулированное оптическое возбуждение спин-системы приведет к появлению когерентной суперпозиции атомных состояний в эффективном поле, т.е. к ситуации, сходной в основных чертах с экспериментами Белла и Блюма в лабораторной системе координат [3].

Теоретический анализ, выполненный на основе квантовой теории оптической ориентации [4] для системы оптически ориентированных атомов в основном состоянии полностью подтвердил приведенное выше качественное рассмотрение. Подробное изложение полученных теоретических и экспериментальных результатов будет опубликовано позднее, здесь же мы ограничимся лишь изложением некоторых следствий теории и описанием подтверждающего их эксперимента.

Полученное нами выражение для изменения во времени недиагональных элементов матрицы плотности, описывающих когерентность в атомной системе, содержит члены, осциллирующие с частотой ω и промодулированные на частоте Ω , причем амплитуда модуляции имеет резонансный характер вблизи $\Omega = \omega_e$. В случае регистрации сигнала резонанса по поглощению поперечного луча линейно поляризованного света выражение для интенсивности прошедшего через ансамбль атомов света принимает вид (для двухуровневой системы):

$$S = c \epsilon \frac{\sin 2\alpha}{\Gamma_0^2 + (\omega_e - \Omega)^2} [\sin \nu (\Gamma_0 \sin \omega t - \Delta \omega_e \cos \omega t) \sin \Omega t - 1/2 \sin 2\theta (\Gamma_0 \cos \omega t + \Delta \omega_e \sin \omega t) \cos \Omega t], \quad (1)$$

где Γ_0 — константа затухания основного состояния, α — угол между вектором поляризации поперечного луча света и осью OZ, ν — угол между H_e и осью OZ, а c — коэффициент пропорциональности.

С целью проверки теоретических выводов был выполнен эксперимент на оптически ориентированных парах Cs 133 при температуре 25°C. Модулированный луч циркулярно поляризованного резонансного излучения распространялся вдоль H_0 , причем частота модуляции света могла плавно изменяться. Величина расстройки $\omega - \omega_0$ и амплитуда радиочастотного поля H_1 были выбраны таким образом, чтобы частота $\omega_e / 2\pi$ равнялась 2,5 кГц. Сигнал резонанса регистрировался по изменению модуляции поглощения линейно поляризованного поперечного луча света на частоте ω . После предварительного узкополосного усиления сигнала на несущей частоте ω детектировалась его огибающая с частотой Ω . Как показано на рис.1, был обнаружен резонанс на частоте $f = \Omega / 2\pi = 2,5$ кГц, положение которого в точности соответствует выводам теории. На рис.2 приведена зависимость величины сигнала резонанса при $\Omega = \omega_e$ от угла α . На зависимость $\sin 2\alpha$, представленную в полярных координатах сплошной кривой, точками нанесены экспериментально полученные значения. Совпадение результатов эксперимента с выводами теории хорошее. Выполненные измерения зависимости величины сигнала резонанса от глубины модуляции света ϵ полностью подтвердили ее линейный характер, как это следует из (1).

Как видно из рис.1, ширина обнаруженного резонанса составляет ~70 кГц и определяется исключительно процессами тепловой и оптической релаксации в ячейке.

Литература

- [1] A.Redfield. *Phys. Rev.*, **98**, 1787, 1955.
- [2] Л.Н.Новиков, В.Г.Показаньев. *Письма ЖЭТФ*, **4**, 393, 1966.
- [3] W.E.Bell. A.L.Bloom. *Phys. Rev. Lett.*, **6**, 280, 1961.
- [4] C.Cohen-Tannoudji. *Thésés, l'Université de Paris*, 1962.