

Письма в ЖЭТФ, том 16, вып. 10, стр. 555–557 20 ноября 1972 г.

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО ПОЛЯ НА СПЕКТР ДИСКРЕТНОГО НАСЫЩЕНИЯ В ЭПР

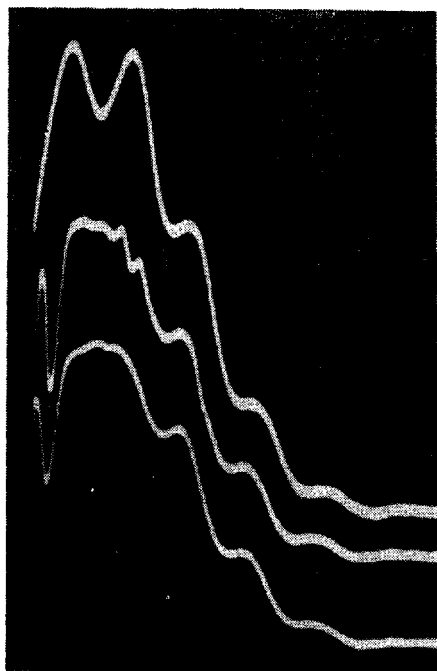
Т. А. Абрамовская, Б. Н. Берулава, Т. И. Санадзе

Обнаружено влияние радиочастотного (РЧ) поля на спектр дискретного насыщения (ДН) [1, 2], которое проявляется в резонансном ослаблении спектра ДН. Радиочастотное воздействие на спектр ДН имеет место в частотном интервале с шириной порядка ширины линии ЯМР.

В работе [3] обсуждались эффекты воздействия РЧ поля в условиях импульсного насыщения линии ЭПР. В отличие от результатов наших экспериментов в этой работе было предсказано появление спектра ин-

дуцированных дыр и избирательное усиление одной из подсистем провалов в спектре ДН¹⁾.

Исследования проводились на монокристаллах CaF_2 с примесью U^{3+} с концентрацией примеси 0,05 и 0,1%. Применялась методика ДН, описанная в [1], с дополнительной подачей на образец РЧ поля. Образец помещался в центре объемного резонатора, настроенного на волну типа H_{012} . РЧ поле от генератора ГЗ-41 подавалось непрерывно или импульсно к катушке, помещенной внутри резонатора, синхронно с СВЧ импульсом. Импульсная подача РЧ поля была необходима для предотвращения нагревания образца при больших уровнях генерации РЧ поля.



Осциллограмма линии ЭПР U^{3+} в CaF_2 . Концентрация примеси 0,1%. Ориентация магнитного поля $\mathbf{H} \parallel [100]$. На верхней кривой изображена невозмущенная форма линии ЭПР. На средней осциллограмме приведен спектр ДН (видна центральная дыра и две дыры справа от нее на расстояниях ϵ_- и ϵ_+), возникающий в результате насыщения линии ЭПР СВЧ импульсом. Воздействие нерезонансного РЧ поля ($\approx 15 \text{ МГц}$) в этом случае не проявляется. Ослабляющее действие резонансного РЧ поля ($14,74 \text{ МГц}$) на спектр ДН иллюстрируется нижней осциллограммой

В монокристаллах CaF_2 магнитная примесь U^{3+} окружена восемью ионами F^- в вершинах куба, и избыточный заряд компенсируется девятым ионом F^- , расположенным в центре соседнего куба ионов F^- вдоль одного из направлений $[001]$. Этот ион F^- снижает симметрию окружения парамагнитного центра с кубической до тетрагональной. В главных ориентациях магнитного поля \mathbf{H} (когда \mathbf{H} параллельно или перпендикулярно тетрагональной оси), спектр ДН обусловлен восемью ядрами ближайшего окружения F^- и состоит из двух подсистем дыр ϵ_- и ϵ_+ [1]. Расщепление уровней электронного спина ϵ_{\pm}^2 , обусловленное девятым ядром, дается формулой (1) работы [2], которая в данном

¹⁾ Появление дополнительных дыр в спектре ДН при воздействии РЧ поля предсказывалось в 1970 г. А.А.Маненковым, В.А.Миляевым и независимо Л.Л.Буишвили.

случае принимает следующий вид

$$\epsilon_{\pm}^{\circ} = \left| \hbar \gamma H \mp \frac{1}{2} A_{\parallel}^{\circ} \right| ,$$

где $\hbar \gamma H$ – зеемановская энергия ядер фтора, A_{\parallel}° – параметр сверхтонкого взаимодействия.

Если приложить РЧ поле на частотах ν_{\pm} , соответствующих ϵ_{\pm}° , то оно будет индуцировать переходы с переориентацией спина девятого ядра. Легко видеть, что при этом будет ослабляться то одна, то другая подсистема провалов в спектре ДН в зависимости от того, какая из частот ν_{+} или ν_{-} приложена, так как при этом меняется населенность уровней, насыщаемых СВЧ импульсом. Частоты этих переходов должны быть зеркальны относительно частоты ν_F , соответствующей зеемановской энергии ядер фтора.

Действительно, в ориентации магнитного поля $H \parallel [100]$ ($\nu_F = 14,14 \text{ МГц}$) было получено ослабление подсистемы дыр ϵ_{-} и ϵ_{+} на частотах $22,54 \pm 0,01 \text{ МГц}$ и $5,73 \text{ МГц}$ соответственно. В этой же ориентации магнитного поля наблюдалось ослабление подсистемы провалов ϵ_{-} на частоте $18,32 \text{ МГц}$, что соответствует частоте перехода между расщеплением в уровнях энергии ϵ_{+} восьми почти эквивалентных ядер ближайшего окружения U^{3+} .

Особенно сильный эффект проявляется на частотах в окрестности ν_F : $13,90$; $14,67$ и $14,74 \text{ МГц}$ для $H \parallel [100]$ ($\nu_F = 14,14 \text{ МГц}$); $6,65$; $6,96$; $8,00$ и $8,10 \text{ МГц}$ для $H \parallel [001]$ ($\nu_F = 7,54 \text{ МГц}$), что, по-видимому, обусловлено ядрами второй координационной сферы. Любопытно отметить, что при этом практически весь спектр ДН исчезал. Удовлетворительного объяснения этого факта пока не найдено.

Полученные результаты позволяют надеяться, что метод радиочастотного воздействия на спектр ДН (РВДН) может успешно применяться для исследования сверхтонкого взаимодействия магнитного центра с окружающими ядрами. При этом РВДН обладает простотой методики ДН, а точность измерений не уступает точности двойного электронно-ядерного резонанса.

Тбилисский
государственный университет

Поступила в редакцию
3 июля 1972 г.
После переработки
19 октября 1972 г.

Литература

- [1] П.И.Бекаури, Б.Ф.Берулава, Т.И.Санадзе, О.Г.Хаханашвили. ЖЭТФ, 53, 447, 1967.
- [2] П.И.Бекаури, Б.Ф.Берулава, Т.И.Санадзе, О.Г.Хаханашвили, Г.Р.Хуцишвили. ЖЭТФ, 59, 388, 1970.
- [3] В.Я.Зевин, А.Б.Брик. ФТТ, 13, 344, 1971.