

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ЯМР ГЕКСАГОНАЛЬНОГО КОБАЛЬТА

A. H. Погорелый, B. B. Комов

Сверхтонкое взаимодействие в ферромагнетиках приводит к возникновению на ядрах эффективного переменного поля ( $H$ ), связанного с приложенными полем ( $h$ ) соотношением [1]:

$$H = \eta h, \quad (1)$$

где  $\eta$  – коэффициент усиления радиочастотного поля на ядре. Величина  $\eta$  определяется характером намагничивания ферромагнетика. В общем случае нужно говорить о двух коэффициентах усиления, один из которых относится к ядрам расположенным в доменных границах и может быть выражен через восприимчивость смещения  $X_{\text{см}}$

$$\eta_{\text{см}} = - A_0 X_{\text{см}}, \quad (2)$$

где  $A_0$  – коэффициент, зависящий от константы сверхтонкого взаимодействия, другой – относится к ядрам, расположенным в доменах и зависит от процессов вращения векторов намагниченности внутри доменов:

$$\eta_{\text{вр}} = - A_0 X_{\text{вр}}, \quad (3)$$

где  $X_{\text{вр}}$  – восприимчивость вращения. Участие в резонансе той или иной группы ядер зависит от соотношения коэффициентов усиления для ядер внутри доменных стенок и ядер в доменах.

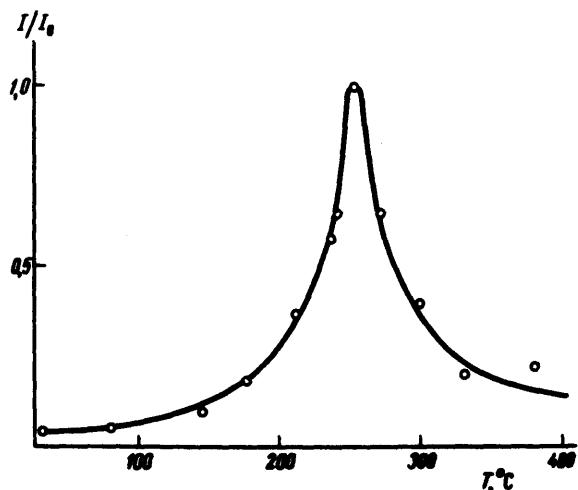
Хорошей иллюстрацией к вышесказанному может быть ЯМР в гексагональном кобальте. Известно [2], что одноосная магнитокристаллическая анизотропия гексагонального кобальта уменьшается с увеличением температуры и меняет знак проходя через нуль в районе температур 200–250 °C. С другой стороны соотношение (3) может быть записано (в отсутствие внешнего постоянного магнитного поля):

$$\eta_{\text{вр}} = H_{\text{лок}} / H_A; \quad H_A = 2K_1 / M, \quad (4)$$

где  $H_{\text{лок}}$  – продольная составляющая локального поля на ядрах,  $H_A$  – эффективное поле анизотропии,  $K_1$  – константа магнитокристаллической анизотропии,  $M$  – намагниченность.

Следовательно, если при комнатной температуре мы наблюдаем резонанс от ядер в доменных стенах (так как анизотропия велика и  $\eta_{\text{см}} >> \eta_{\text{вр}}$ ), то при температуре около 250 °C в резонансе должны участвовать практически все ядра, так как  $\eta_{\text{вр}}$  при этой температуре достигает очень больших значений. Предсказываемый эффект может быть обнаружен по резкому нарастанию интенсивности ЯМР в указанном

районе температур, поскольку величина сигнала ЯМР (в методе спинового эха) пропорциональна коэффициенту усиления и количеству участвующих в резонансе ядер. Увеличение интенсивности ЯМР в этой точке будет ограничено главным образом некоторой неопределенностью температуры обращения в нуль анизотропии (из-за возможно существующего температурного градиента по образцу и разброса значений  $H_A$  в отдельных его участках), а также насыщением ЯМР.



Нами была исследована температурная зависимость ЯМР в гексагональном порошковом многодоменном кобальте методом спинового эха. На рисунке представлен график изменения интегральной интенсивности ЯМР от температуры. Как видно из рисунка, на температурной зависимости действительно наблюдается острый максимум в районе температуры 250 °С. Таким образом, наблюдаемое в эксперименте "аномальное" возрастание величины сигнала ЯМР при температуре 250 ° С обусловлено увеличением значения коэффициента усиления радиочастотного поля ( $\eta_{\text{вр}}$ ), а также увеличением количества работающих ядер (в резонансе участвуют практически все ядра, а не только находящиеся в доменных стенках, как это имеет место при комнатной температуре). Следует отметить, что точка обращения в нуль константы анизотропии гексагонального кобальта действительно является в некотором роде "особой" точкой: кроме описываемого явления в ней также наблюдается минимум ширины линии ФМР на температурной зависимости [3], максимум затухания ультразвука [4] и пр.

Обнаруженный эффект может оказаться полезным при исследованиях природы локальных полей и их отличий в доменной границе и в домене, а также при разработке ряда технических устройств. Авторы выражают благодарность А.Г.Леснику и В.Ф.Таборову за полезную дискуссию при обсуждении экспериментальных данных.

## **Литература**

- [ 1 ] Е.А.Туров, М.Н.Петров. Ядерный магнитный резонанс в ферромагнетиках. Изд. Наука, 1969.
  - [ 2 ] Р.Бозорт. Ферромагнетизм ИИЛ, 1956.
  - [ 3 ] G.Asch. Compt. Rend., 248, 781, 1959.
  - [ 4 ] V.F.Taborov, V.F.Tarasov. IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, SU - 14, 1, 1967.
-