

МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В FeVO_3

А.Р.БУЛАТОВ, А.В.ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ, Р.Н.ХИЗБУЛЛИН

Казанский государственный энергетический университет

В FeVO_3 обнаружена необычная зависимость интенсивности сигнала ядерной магнитной индукции J_n от величины постоянного магнитного поля (H). Предложена модель сглаживания осцилляций $J_n(H)$ при малых H , основанная на существовании наведенной магнитоупругой анизотропии в базисной плоскости кристалла FeVO_3 , которая обеспечивает необходимую неоднородность магнитной восприимчивости в образце.

В устройствах нового поколения функциональной электроники все более широко стали применяться различные магнитоупорядоченные среды и разнообразные магнитоэлектронные эффекты, что привело к развитию новых направлений функциональной магнитоэлектроники и магнитоакустики [1]. Одним из перспективных материалов в этом направлении является борат железа FeVO_3 , обладающий сильным магнитоупругим взаимодействием. Это взаимодействие может быть использовано для эффективного преобразования электромагнитных волн в акустические волны, их усиления и преобразования сигналов, особенно в резонансных условиях.

Для исследования тонких эффектов, связанных с микроскопической структурой и взаимодействиями в электронной, ядерной и упругой подсистемах, наиболее пригоден ядерный магнитный резонанс (ЯМР) [2,3]. Данная работа посвящена изучению с помощью ЯМР взаимодействий в борате железа, что необходимо для возможных применений этого материала в магнитоакустике и магнитоэлектронике.

Исследовался сигнал свободной индукции ядер ^{37}Fe после воздействия на образец FeVO_3 импульса переменного магнитного поля $h(t)$ резонансной частоты ν_n с длительностью $\tau_n = 2\mu\text{s}$. Максимальная мощность импульса составляла $5 \cdot 10^2 \text{ W}$ и ослаблялась внешним аттенуатором до 40 dB с шагом 1 dB. Измерения проводились на спектрометре ЯМР СХР-100 «Bruker» на частоте $\nu = 75,395 \text{ MHz}$ при $T = 4,2 \text{ K}$. В экспериментах H_1 и H находились в «легкой» плоскости намагничивания, при этом $H_1 \perp H$. Было обнаружено, что поведение сигнала свободной индукции и, соответственно, его спектра, сильно зависит от мощности импульса радиочастотного (РЧ) поля P_{rf} . При малых P_{rf} (ослабление $\Delta P \geq 25 \text{ dB}$) спектр сигнала свободной индукции представляет собой узкую линию с шириной $\delta\nu \approx 3 \text{ kHz}$, которая наблюдается только в полях $H \leq 0 \text{ Oe}$ [2]. При больших P_{rf} ($\Delta P < 25 \text{ dB}$) сигнал свободной индукции и его спектр обладают совершенно другими свойствами.

Одно из них связано с зависимостью интенсивности сигнала свободной индукции I от времени t . Если при малых P_{rf} функция $f(t)$ экспоненциально убывает с постоянной спада $T_2^* \approx 1/\delta\nu = 300 \mu\text{s}$ (кривая при $\Delta P = 30 \text{ dB}$, $H = 20 \text{ Oe}$ приведена на вставке к рис.1), то при больших P_{rf} на зависимости $I(t)$ появляются биения и кривая спада не аппроксимируется одной экспонентой.

© А.Р. Булатов, А.В. Голенищев-Кутузов, Р.Н. Хизбуллин
Проблемы энергетики, 2005, № 9-10

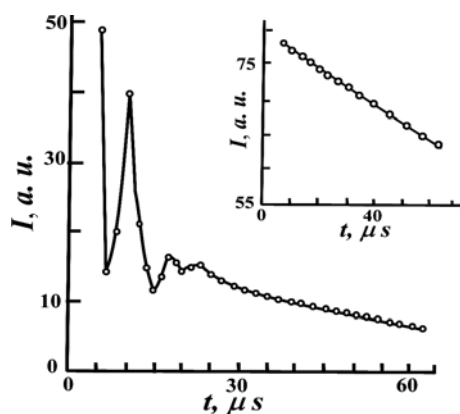


Рис. 1. Спад сигнала свободной индукции $I(t)$

На рис.2 приведены экспериментальные кривые $I(t)$, полученные при ослаблении $\Delta P = 2$ dB в поле $H = 500$ Ое. Биения $I(t)$ обусловлены стоячими акустическими волнами, механизм возбуждения которых обсуждался в работах [2,3]. Спад амплитуды этой части сигнала ($T_{2a}^* = 20$ μs) соответствует ширине линии акустического размерного резонанса $\delta\nu_a \cong 50$ kHz, а период биений определяется расщеплением в спектре стоячих акустических волн $\Delta\nu_a \cong 100$ kHz. Оставшаяся гладкая часть $I(t)$, которую мы будем обозначать как $I_n(t)$, связана с возбуждением ядерных спинов. Она описывается экспоненциальной кривой с постоянной спада $T_2^* \cong 80$ μs , что соответствует ширине линии ЯМР ^{57}Fe $\delta\nu \cong 13$ kHz.

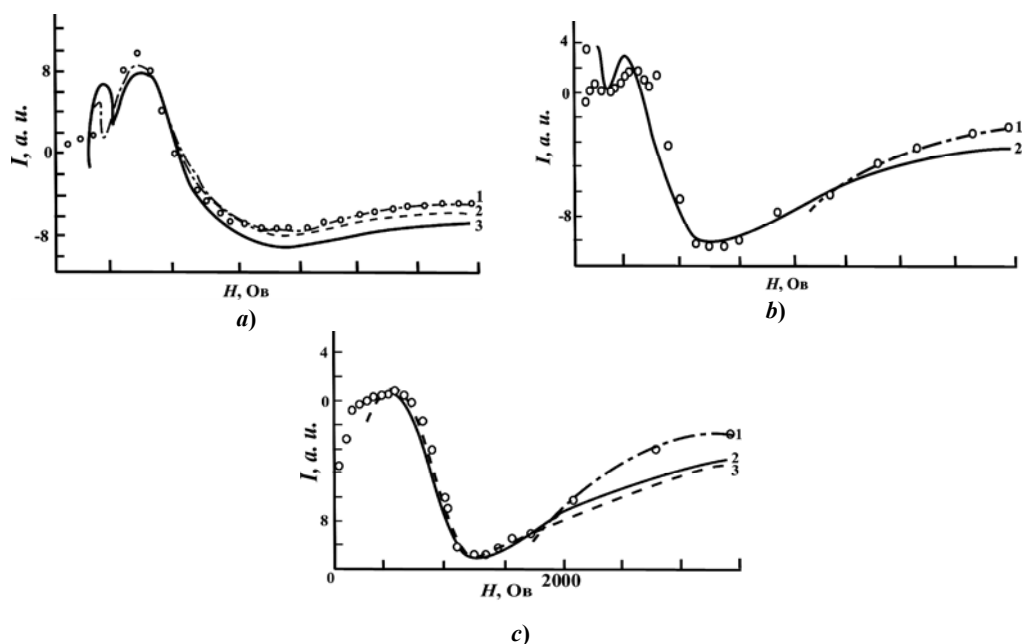


Рис. 2. Зависимость интенсивности ССИ от величины постоянного магнитного поля H при разных мощностях РЧ-импульса: $\Delta P = 0$ (a), 2 (b), 4 dB (c). Точки – эксперимент, линии 1-3 – теоретические кривые

© Проблемы энергетики, 2005, № 9-10

Summary

An unusual dependence of the intensity J_n of the nuclear magnetic induction signal on the static magnetic field H has been observed in FeBO_3 . To ensure the required nonuniformity of the magnetic susceptibility in the crystal it is proposed to smooth out the $J_n(H)$ oscillations at small H , by a model based on the existence of an induced magnetoelastic anisotropy in the basal plane of the FeBO_3 crystal.

Литература

1. Шука А.А. Функциональная электроника. -М.: МИРЭА, 1998.
2. Куркин М.И., Туров Е.А. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применения.- М.: Наука, 1990.- 248 с.
3. Ожогин В.И., Преображенский В.Л. Анггармонизм смешанных мод и гигантская акустическая нелинейность антиферромагнетиков // УФН.- 1988.- Т. 155.- № 4.- С. 593-621.

Поступила 01.09.2005