

## НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЯДЕРНОГО СПИНОВОГО ЭХА

В.А.Игнатченко, В.К.Мальцев, А.Е.Рейнгардт,  
В.И.Цифринович

Теоретически предсказан и экспериментально обнаружен новый механизм формирования ядерного эха в магнетиках, связанный с изменением направления прецессии ядерных спинов.

Хорошо известно, что для некоторых ферромагнитных материалов время импульсного перемагничивания  $t_p$  достигает  $\sim 10^{-9}$  с, т.е. меньше периода прецессии ядерных спинов. В такой ситуации за время  $t_p$  ядерные спины практически не успевают сдвинуться с места. Это обстоятельство было использовано для создания инверсии в ядерной спиновой системе ферромагнитного кобальта<sup>1, 2</sup>.

В настоящей работе с помощью импульсного перемагничивания реализован новый механизм формирования ядерного эха, связанный с изменением направления прецессии ядерных изохромат при изменении ориентации электронной намагниченности.

Эксперименты проводились при комнатной температуре. В качестве образцов использовались поликристаллические пленки ферромагнитного кобальта, в которых поле наведенной анизотропии  $H_K \approx 30$  Э, коэрцитивная сила  $H_C \approx 10$  Э, частота ЯМР  $\omega_H / 2\pi = 218$  МГц и ширина спектра ЯМР  $\Delta\omega_H / 2\pi \approx 10$  МГц. Схема эксперимента изображена на рис.1.

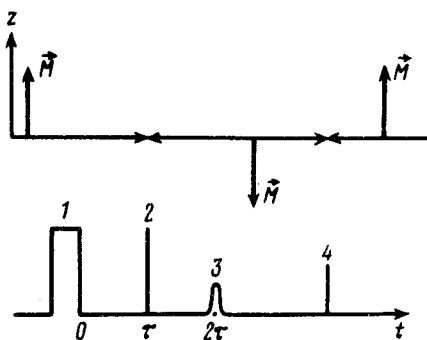


Рис.1. Временная диаграмма следования импульсов: 1 – высокочастотный импульс, 2 – импульс скоростного перемагничивания, 3 – сигнал эха, 4 – возвращающий импульс

Рис.2. Зависимость амплитуды эха (а) и относительной инверсии  $\rho$  (б) от скорости нарастания перемагничивающего поля

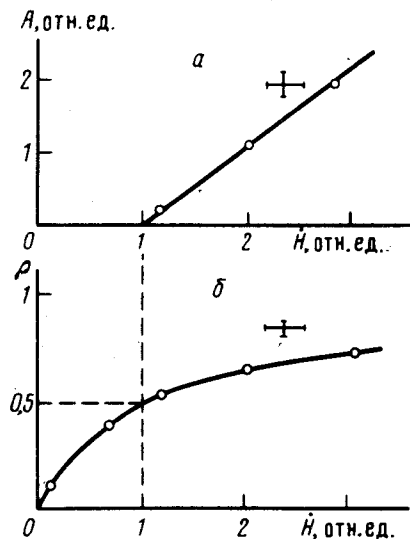


Рис.2.

Перед началом программы образец намагничен вдоль оси анизотропии, и ядерная система находится в равновесном состоянии (ядерная намагниченность  $\vec{\mu}$  в равновесном состоянии антипараллельна электронной намагниченности  $\vec{M}$ ). Высокочастотный импульс (1) отклоняет ядерную намагниченность от положения равновесия, затем, из-за неоднородности сверхтонких полей, ядерные изохроматы расфазировываются; за время  $\tau$   $i$ -ая изохромата с частотой прецессии  $\omega_i$  набирает фазу  $\Delta\phi_i = \omega_i\tau$  (ядерные спины прецессируют против часовой стрелки). При  $t = \tau$  образец перемагничивается за время  $t_p \sim 10^{-9}$  с. Период прецессии ядерных спинов  $T \approx 5 \cdot 10^{-9}$  с, поэтому в первом приближении можно считать, что ядерные спины в течение промежутка времени  $t_p$  остаются на своих местах. После перемагничивания направление сверхтонкого поля изменяется на противоположное; направление прецессии ядерных изохромат также изменяется, поэтому при  $t > \tau$  имеем  $\Delta\phi_i = \omega_i\tau - \omega_i(t - \tau)$ .

Таким образом при  $t = 2\tau$   $\Delta\phi_i = 0$  для всех изохромат одновременно и наблюдается сигнал эха, который назван нами инверсным.

После этого на образец действует перемагничивающий импульс (4), который возвращает электронную намагниченность в исходное состояние. Затем, за время порядка времени продольной релаксации  $T_1$ , ядерная система так же возвращается в исходное состояние; естественно, что период повторения программы эха должен существенно превышать  $T_1$ .

На рис.2, а изображена зависимость амплитуды инверсного эха  $A$  от скорости нарастания перемагничивающего поля  $\dot{H}$  (за единицу на оси абсцисс рис.2, а, б принято значение  $\dot{H}$ , при котором появляется сигнал инверсного эха). На рис.2, б для сравнения приведена зависимость относительной инверсии  $\rho$  от  $\dot{H}$  измеренная по схеме, описанной ранее в <sup>2</sup>. Видно, что инверсное эхо наблюдается при тех же скоростях  $\dot{H}$ , при которых достигается инверсия  $\rho > 0,5$  ядерной спиновой системы.

#### Литература

1. Игнатченко В.А., Куденко Ю.А. Изв. АН СССР, сер. физ., 1966, 30, 933.
2. Саланский Н.М., Ляпунов И.А., Мальцев В.К. Письма в ЖЭТФ, 1971, 13, 694.

Институт физики  
им. Л.В.Киренского  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
24 марта 1983 г.