

- [1] Головашкин А. И., Иваненко О. М., Мпцен К. В., Хроменко Н. Е. // Препринт ФИАН, № 298. М., 1987.  
 [2] Пал Л., Тарноца Т. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1957. Т. 21. № 8. С. 1055—1063.

Физический институт  
 им. П. Н. Лебедева АН СССР  
 Москва

Поступило в Редакцию  
 3 августа 1988 г.

УДК 534.143 : 548.732

*Физика твердого тела*, том 31, в. 4, 1989  
*Solid State Physics*, vol. 31, № 4, 1989

## МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИЕ РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАССЕЯНИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

В. В. Квардаков, В. А. Соменков

Известно, что при взаимодействии излучения с совершенными кристаллами, в которых возбуждаются упругие колебания, могут возникать нетривиальные резонансные явления, такие как рентгеноакустический резонанс [1], когда длина звуковой волны совпадает с длиной экстинкции, или резонансные эффекты, связанные с возбуждением собственных колебаний кристалла и обусловленные локальным нарушением совершенства [2].

Известно, что тонкие кристаллы слабого ферромагнетика  $\text{FeVO}_3$  могут быть достаточно совершенными для наблюдения свойственных совершенным кристаллам динамических эффектов в рассеянии рентгеновских лучей [3] и нейтронов [4]. Такие кристаллы способны перемагничиваться с частотами до 1 ГГц в магнитных полях порядка нескольких А/см [5]. При этом в них возникают связанные магнитоупругие колебания [6], которые могут быть нелинейными, так как нелинейность, вносимая магнитной подсистемой в упругую, в этих кристаллах очень велика [7]. В связи с этим цель данной работы заключалась в том, чтобы выяснить, какое влияние оказывает высокочастотное перемагничивание на рассеяние рентгеновских лучей совершенным кристаллом  $\text{FeVO}_3$ .

Эксперименты проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН с использованием  $\text{CuK}_\alpha$  излучения. Исследуемый кристалл  $\text{FeVO}_3$  имел высокую степень совершенства (ранее в нем наблюдались динамические эффекты в ядерном и магнитном рассеянии нейтронов [4]) и представлял собою пластинку неправильной формы с поперечными размерами  $\sim 4 \times 7$  мм и толщиной  $\sim 70$  мкм. Плоскость пластинки совпадала с плоскостью легкого намагничивания (111).  $180^\circ$ -перемагничивание осуществляли в диапазоне частот 0.1—1 МГц с помощью гармонически меняющегося магнитного поля, создаваемого в медной катушке, в которую помещали образец. Напряженность магнитного поля регулировалась путем изменения силы тока, протекающего через катушку, и могла достигать 50 А/см.

В результате экспериментов установлено, что на зависимости интенсивности рассеяния рентгеновских лучей от частоты перемагничивания существуют резонансные пики специфической формы — скачкообразное уменьшение интенсивности при превышении частоты некоторого порогового значения (рис. 1). Одна из групп пиков расположена в районе частоты  $f_0 \sim 680$  кГц, а другие — в районе частот, меньших ее в целое число  $N$  раз. Величины наблюдаемых пиков различаются для разных рефлексов: для лауэвских отражений (200), (110) они составляют  $\sim 15\%$ , а для брэгговского (222) —  $1.5\%$ .

Была осуществлена амплитудная модуляция высокочастотного напряжения, питающего катушку, прямоугольными импульсами (рис. 2) и

исследованы электрические сигналы, возникающие в катушке в промежутках времени, когда питающее напряжение обращалось в нуль. В тех случаях, когда несущая частота соответствовала частоте появления рент-

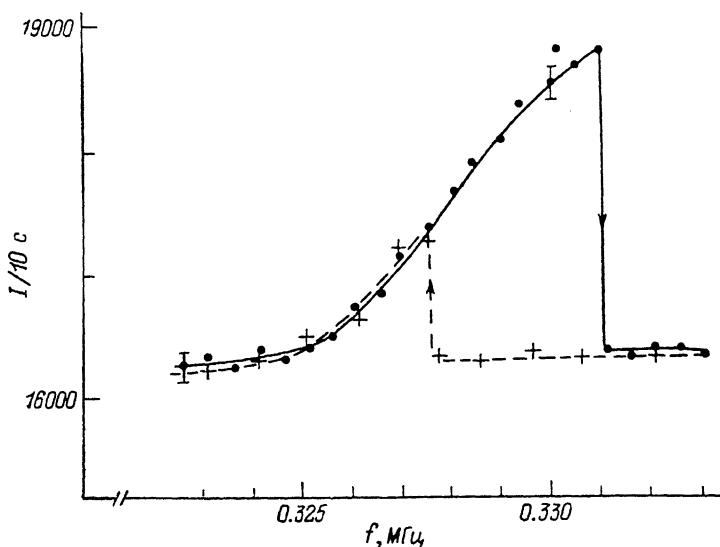


Рис. 1. Зависимость интенсивности (200) рассеяния рентгеновских лучей совершенным кристаллом  $\text{FeVO}_3$  от частоты перематнивающего поля и гистерезис.

геновского пика, в катушке регистрировались электромагнитные колебания, затухающие за времена порядка 400 мкс и имеющие частоту, в соответствующее для каждой группы пиков целое число  $N$  раз большую, чем частота перематнивающего поля (рис. 2).

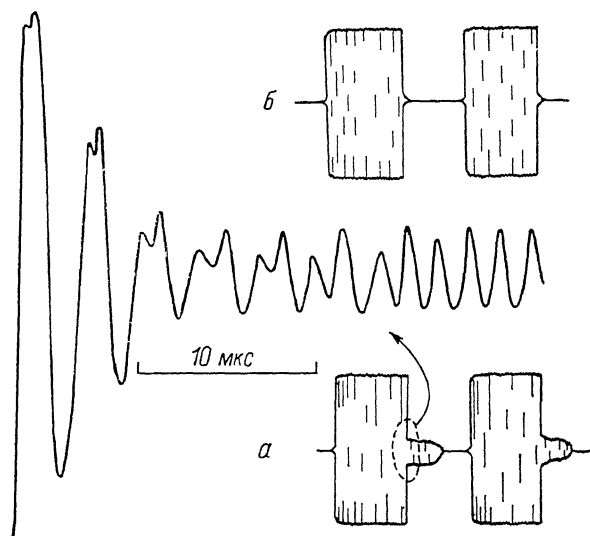


Рис. 2. Форма импульса тока, протекающего через катушку, при амплитудной модуляции питающего катушку высокочастотного напряжения резонансной (а) и нерезонансной (б) частоты.

При исследовании зависимости интенсивности рассеяния от напряженности магнитного поля резонансной частоты было установлено, что возникновение электромагнитных колебаний и появление рентгеновского резонанса происходят одновременно и скачкообразно в полях  $\sim 7$  А/см. Эти эффекты исчезали при нагреве кристалла до температур выше температуры Нееля  $T_N = 348$  К, а также при дополнительном намагничивании

образца постоянным полем, превышающим в несколько раз по напряженности переменное поле.

Совокупность перечисленных фактов дает основание считать, что причиной наблюдаемых явлений являются резонансно возбуждаемые магнитоупругие колебания. Собственная частота порядка  $f_0$  характерна для колебаний мембранного типа кристаллов  $\text{FeVO}_3$  с поперечными размерами  $\sim 5$  мм [8].

Форма резонансных пиков, гистерезис (рис. 1), а также пороговый характер возбуждения колебаний от величины магнитного поля указывают на нелинейность возникающих колебаний.

Аналогичные резонансы с амплитудой порядка 100 % наблюдались нами в ядерном и магнитном рассеянии нейтронов этим же кристаллом  $\text{FeVO}_3$ , их следует ожидать также и при использовании других видов излучения (мессбауэровского, синхротронного и т. д.).

Можно надеяться, что эксперименты по рентгеновской и нейтронной магнитоакустике, подобные описанным, позволят получить более детальную информацию по сравнению с существующими методами о колебаниях ядерной и спиновой подсистем кристалла и откроют новые возможности применения дифракционных методов.

Авторы благодарят Г. В. Смирнова, Ю. В. Швыдько, М. В. Зелепухина за предоставление кристалла, С. Ш. Шильштейна, И. Р. Энтина, В. Г. Кона за полезные обсуждения и ценные замечания, А. Б. Тюгина за помощь в проведении экспериментов.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Энтин И. Р. // Письма в ЖЭТФ. 1977. Т. 26. № 5. С. 392—395.
- [2] Parkinson T. F., Gurmen E., Loyalka S. K., Muhlestein L. D. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 5. P. 2021—2026.
- [3] Kotrobova M., Kadeckova S., Novak J., Bradler J., Smirnov G. V., Shvydko Yu. V. // J. Cryst. Growth. 1975. V. 71. N 3. P. 607—614.
- [4] Квардаков В. В., Зелепухин М. В., Соменков В. А., Шильштейн С. Ш. // ВАНТ, сер. общей и ядерной физ. 1988. В. 2 (42). С. 137.
- [5] Kolotov O. S., Pogochev V. A., Telesnin R. V., Smirnov G. V., Shvydko Yu. V., Kotrobova M., Kadeckova S., Novak J. // Phys. St. Sol. (a). 1982. V. 72. N 2. P. K197—K201.
- [6] Seavey M. H. // Sol. St. Comm. 1972. V. 10. N 2. P. 219—223.
- [7] Ожогин В. И., Преображенский В. Л. // ЖЭТФ. 1977. Т. 73. № 3 (9). С. 988—1000.
- [8] Колотов О. С., Погожев В. А., Смирнов Г. В., Швыдько Ю. В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 8. С. 2548—2549.

Институт атомной энергии  
им. И. В. Курчатова  
Москва

Поступило в Редакцию  
22 августа 1988 г.

УДК 534.23/24 : 537.226.86 : 548.232.5

Физика твердого тела, том 31, в. 4, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 4, 1989

## НАБЛЮДЕНИЕ НА МИКРОВОЛНАХ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО ЭХА В КЕРАМИКЕ КРЕМНЕЗЕМА

А. А. Антипин, Г. Р. Булка, И. А. Громов, С. Б. Орлинский,  
Р. М. Рахматуллин

В настоящее время в связи с разработками гелевых технологий синтеза веществ уделяется значительное внимание исследованиям структуры и свойств частиц размером  $10-10^3$  Å. С этой целью ведется поиск адекват-