

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 620.179.16(088.8)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ УПРУГИХ ВОЛН В ОБЛАСТИ МАГНИТНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ГОЛЬМИИ

Васильев А. Н., Гайдуков Ю. П., Погреб Р. М.

Перестройка спиновой подсистемы магнетика при магнитных фазовых переходах проявляется во многих, в частности в магнитоупругих взаимодействиях. Один из наиболее эффективных методов зондирования этих взаимодействий — исследование прямого преобразования электромагнитных и акустических волн в приповерхностном слое магнетика. Резкое возрастание амплитуды генерации продольных объемных упругих волн наблюдалось ранее в  $3d$ -магнетиках в области перехода из парамагнитного в ферромагнитное состояние [1], а также при возбуждении продольного и поперечного звука в  $4f$ -магнетиках при магнитных фазовых переходах различных типов [2]. В настоящей работе этот эффект обнаружен при возбуждении поверхностных упругих волн пространственно-периодическим квазистационарным электромагнитным полем.

Измерения проводились на плоскопараллельной поликристаллической пластине гольмия в температурном интервале  $4-300$  К в присутствии постоянного магнитного поля напряженностью до  $8$  Т. В указанном температурном интервале гольмий с понижением температуры испытывает превращения сначала из парамагнитной фазы в антиферромагнитную, а затем в ферромагнитную фазу. Температуры этих переходов смещаются навстречу друг другу при наложении внешнего магнитного поля.

Для бесконтактного возбуждения и приема рэлеевских волн были изготовлены два идентичных электромагнитно-акустических преобразователя, представляющие собой токовые линии типа «меандр» на фольгированном гетинаксе. Период преобразователей составлял  $0,1$  см, число периодов —  $12$ . Преобразователи устанавливались параллельно на расстоянии  $2,5$  см друг от друга и на расстоянии  $0,01$  см от поверхности металла. Постоянное магнитное поле  $H$  было ориентировано вдоль поверхности металла и совпадало по направлению с вектором переменного магнитного поля и направлением распространения поверхностной волны. На излучающий преобразователь через согласующее устройство и понижающий трансформатор подавался радиоимпульс с частотой заполнения  $\sim 2$  МГц. Амплитудное значение тока в линии достигало  $50$  А. Сигнал, наведенный в приемном преобразователе также через согласующее устройство, подавался на широкополосный усилитель и после детектирования регистрировался самописцем. Отношение амплитуды первого эхосигнала к амплитуде зондирующего импульса составляло  $70-80$  дБ.

Основной результат проведенных исследований заключается в обнаружении резкого возрастания эффективности электромагнитного возбуждения поверхностных волн в области магнитных переходов, индуцированных как температурой (рис. 1), так и магнитным полем (рис. 2).

Физические процессы, лежащие в основе обнаруженного явления интенсивной генерации поверхностных волн при магнитных фазовых переходах, те же, что и управляющие генерацией объемных упругих волн при этих переходах. Перестройка спиновой подсистемы проявляется в процессах электромагнитного возбуждения ультразвука главным образом через особенности магнитных характеристик метал-

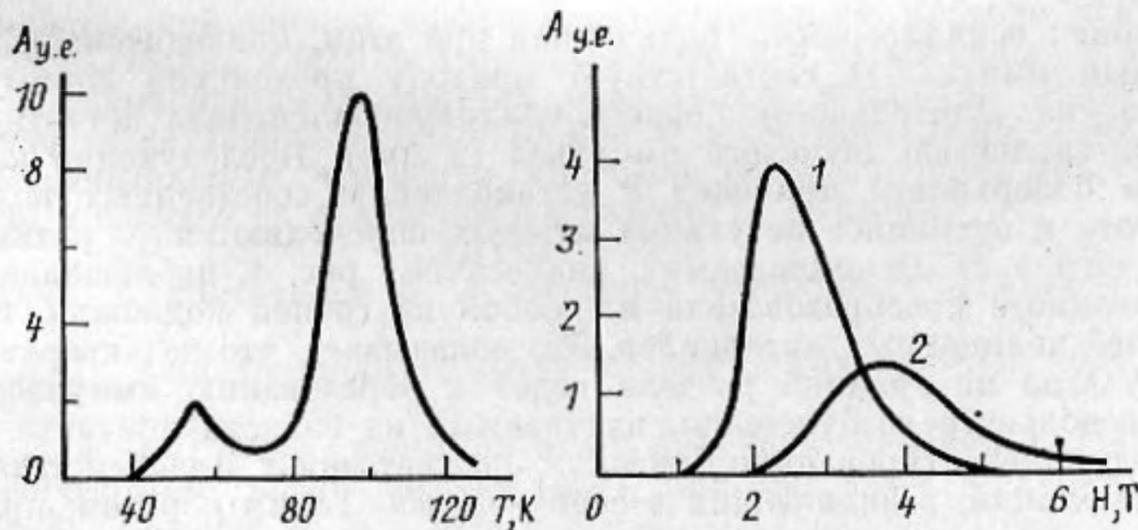


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 1. Температурная зависимость эффективности электромагнитного возбуждения рэлеевских волн в гольмии;  $H=3$ Т  
Рис. 2. Полевые зависимости при К: 1 —  $T_1=58$ , 2 —  $T_2=76$

ла. Пики возбуждения продольного ультразвука, как показано [3], при фазовых переходах связаны с резким увеличением магнитной восприимчивости в условиях, когда параметр магнитоупругого взаимодействия практически не изменяется. Эффективности преобразования в ферромагнитной фазе, характеризующейся гигантской магнитострикцией, и в парамагнитной фазе, где магнитострикция мала, сравнимы между собой и пренебрежимо малы по сравнению с эффективностью генерации в области магнитных фазовых переходов.

Эффективность электромагнитного возбуждения упругих волн различных типов определяется соответствующими компонентами тензора магнитоупругой связи. Бесконтактная генерация поверхностных волн в различных кристаллографических направлениях в магнетике, наряду с генерацией объемного звука, существенно расширяет возможности определения магнитоупругих коэффициентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буденков Г. А., Буденков Б. А., Пастернак В. Б., Глухов Н. А., Ярош И. В. Способ бесконтактного ввода и приема ультразвуковых колебаний в ферромагнитные металлы: А. с. 257118 СССР. Б. И. 1969. № 35.
2. Андрианов А. В., Бучельников В. Д., Васильев А. Н., Гайдуков Ю. П., Ильясов Р. С., Шавров В. Г. Электромагнитное возбуждение ультразвука в гадолинии // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. № 11. С. 277—288.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Поступило в редакцию  
12.I.1989

УДК 534.222

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗВУКА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Северин Ф. М., Солодов И. Ю.

Акустическая нелинейность твердого тела (материальная нелинейность) обуславливает преобразования частоты вверх (генерация высших гармоник [1]) и вниз (радиационное напряжение [2]) при распространении интенсивных акустических волн в твердых телах. На реальной плоской границе раздела сред специфика нелинейности проявляется, в частности, в несимметрии сжатия и растяжения контакта между ними (контактная нелинейность [3, 4]), что может приводить к появлению своеобразных эффектов детектирования при отражении звука.

Для экспериментального наблюдения радиационных нелинейных эффектов на границе раздела использовалось отражение сдвиговой волны вертикальной поляризации, падающей на поверхности стеклянной подложки под углом  $45^\circ$ . В область следа звукового пучка на поверхность подложки помещались образцы различных нелинейных материалов. Необходимый акустический контакт сред при этом достигался прижимом чистых оптически полированных поверхностей. Возбуждение волн основной частоты 19 МГц проводилось полуволновыми кварцевыми преобразователями, на которые подавались радиоимпульсы длительностью 1—3 мкс и амплитудой до 300 В. Аналогичные преобразователи соответствующих частот использовались для приема отраженной основной волны и второй гармоники (38 МГц); после резонансного усиления (полоса 5 МГц) отраженные импульсы наблюдались на экране осциллографа. Для регистрации детектированного сигнала к подложке приклеивался пьезокерамический преобразователь с резонансной частотой  $\approx 1$  МГц. При частоте повторения акустических импульсов  $\approx 10^2$  Гц для низкочастотных колебаний, возникающих в результате детектирования звука на границе, такой преобразователь является широкополосным и может использоваться для воспроизведения их формы.

Характерная осциллограмма, полученная при этом, приводится на рис. 1. Здесь отрицательный импульс 1 соответствует приходу продольной волны из области отражения звука. Длительность первого полупериода сигнала детектирования совпадает с длительностью звукового импульса (2 мкс). Последующие колебательные процессы на поверхности приводят к установлению собственных колебаний подложки, частота и временное затухание которых определяются ее размерами и добротностью (сигнал 2). Осциллограмма, аналогичная рис. 1, наблюдалась при расположении приемного преобразователя на любой из граней подложки, а также граничащих с ней нелинейных материалов. Это показывает, что детектирование акустических импульсов на границе раздела ведет к образованию импульсов квазисферического продольного возбуждения, излучаемых из области контакта. Отрицательная полярность детектированного сигнала, соответствует фазе сжатия приповерхностных деформаций, возникающих в обеих средах. Таким образом, при отражении звука имеет место радиационное уширение контакта граничащих тел, что, как нетрудно видеть, соответствует отмеченной выше модели контактной нелинейности. Преобладание контактного механизма детектирования подтверждается также тем, что величина эффекта при отражении волн SH-поляризации пренебрежимо мала, хотя другой нелинейный процесс — генерация второй гармоники — в этом случае эффективно развивается и на материальной нелинейности границы [5].