

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° . 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 ≈ 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].

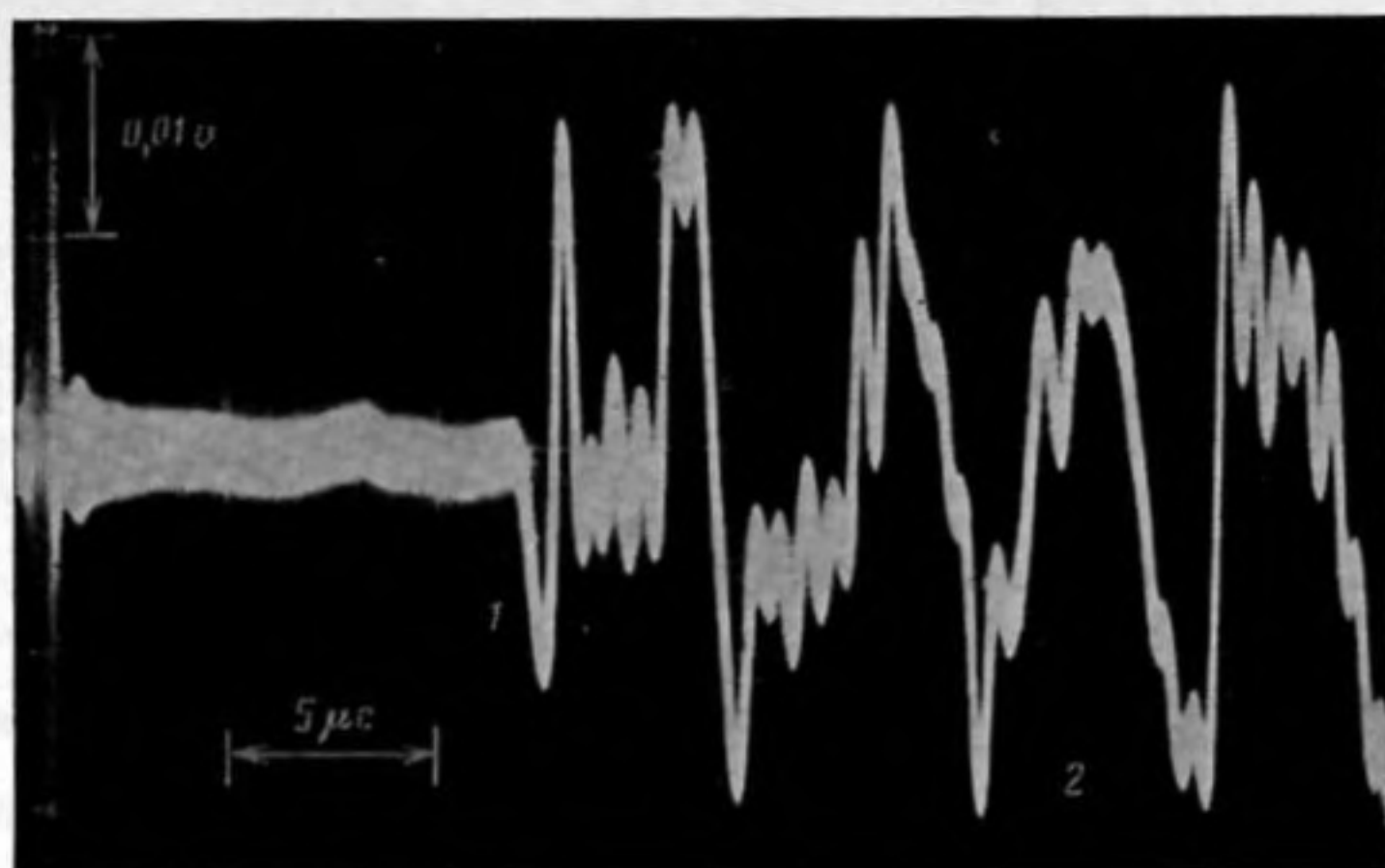


Рис. 1

Рис. 1. Осциллограмма акустического детектирования при отражении звука от границы CdS-стекло

Рис. 2. Зависимость амплитуд основной отраженной волны (1), второй гармоники (2) и сигнала детектирования (3) от давления

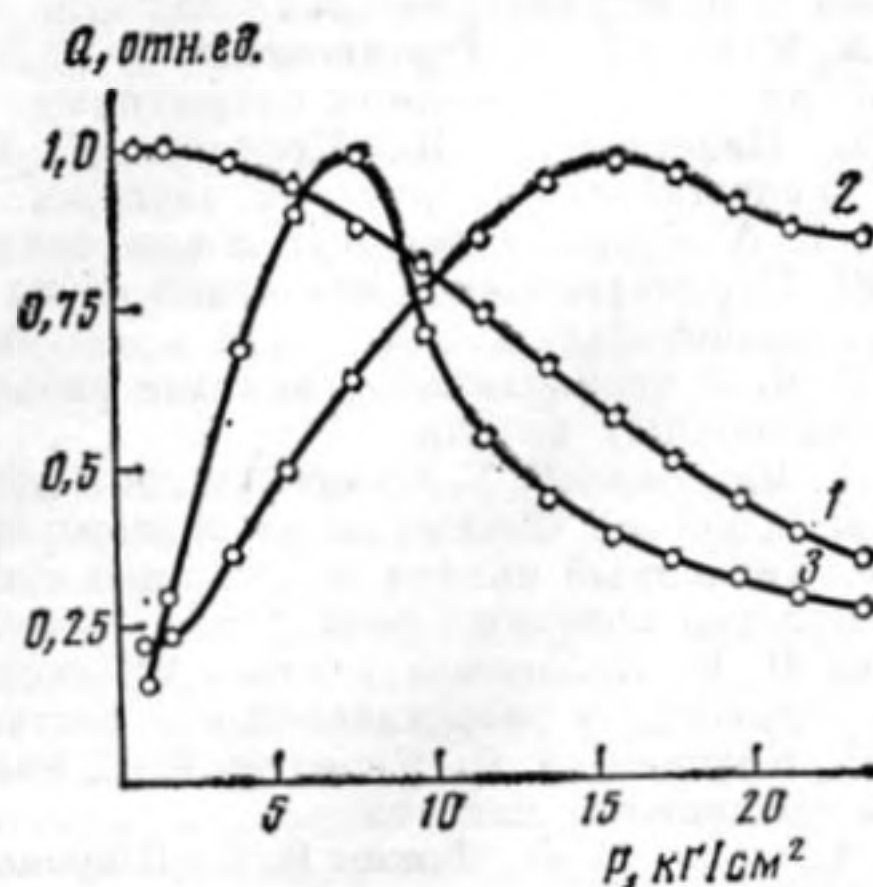


Рис. 2

Для определения оптимальных условий проявления контактной нелинейности исследовалась зависимость амплитуд сигнала детектирования, а также отраженной волны основной частоты и второй гармоники от давления P , с которым образцы прижимались к подложке (рис. 2). Уменьшение амплитуды отраженной волны основной частоты (кривая 1) иллюстрирует закрытие контакта между телами при увеличении давления. Это сопровождается возрастанием амплитуды второй гармоники (кривая 2), которая в области небольших давлений не зависит от нелинейности отражающей среды (CdS), величина которой изменялась освещением кристалла [4]. При дальнейшем увеличении давления амплитуда второй гармоники несколько уменьшается, характер ее зависимости от проводимости CdS обнаруживает влияние материальной нелинейности, которое при $P \geq 20$ кг/см² становится доминирующим. Эта область соответствует захлопыванию зазора между телами, что приводит к резкому уменьшению детектированного сигнала (кривая 3). Максимальное детектирование наблюдается при слегка поджатом контакте, когда согласно расчетам [3] контактная нелинейность проявляется наиболее значительно.

Для количественной оценки эффекта детектирования проводились измерения потерь на преобразование приемного преобразователя в нерезонансном режиме; при этом величина радиационного поджатия поверхности подложки составила ~ 2 Å. При интенсивности падающей волны ~ 10 Вт/см² детектированный сигнал оказывался настолько значительным, что его можно было регистрировать микрофоном (или даже слышать) в воздухе на некотором расстоянии от подложки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарембо Л. К., Красильников В. А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966.
2. Cantrell J. H. Jr. Acoustic-radiation stress in solids // Phys. Rev. B. 1984. V. 30. № 6. P. 3214–3227.
3. Richardson J. M. Harmonic generation at an unbonded interface. I. Planar interface between semi-infinite elastic media // Int. J. Eng. Sci. 1979. V. 17. № 1. P. 73–85.
4. Северин Ф. М., Солодов И. Ю., Шкуланов Ю. Н. Экспериментальное наблюдение нелинейности отражения звука от границы раздела твердых тел // Вестн. МГУ. Сер. Физика, астрономия. 1988. Т. 29. № 4. С. 94–96.
5. Северин Ф. М., Солодов И. Ю. Поляризационные эффекты при нелинейном отражении акустических SH-волн // Вестн. МГУ. Сер. Физика, астрономия. 1988. Т. 29. № 5. С. 84–86.