

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.222.2

© 1990 г.

*А. П. Брысев, Ф. В. Букин, Д. В. Власов, Л. М. Крутянский,
В. Л. Преображенский, Ю. В. Пыльнов, А. Д. Стаховский,
Н. А. Экономов*

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ОБРАЩЕНИИ
ФРОНТА В ФЕРРИТЕ

Интерес к экспериментам по обращению волнового фронта (ОВФ) звука связан с возможностью использования этого эффекта в задачах ультразвуковой диагностики, дефектоскопии, акустоскопии и других приложениях.

Применение эффекта параметрического эха, реализованного с помощью твердотельных активных сред, дает возможность реализации ОВФ с усилением [1]. В работах [2—4] была показана перспективность использования в качестве активной среды, наряду с пьезоэлектриками [5], диэлектриков с ярко выраженным магнитоупругим взаимодействием.

В [3, 4] был реализован режим гигантского эхо-отклика при регенеративном параметрическом ОВФ в феррите для ультразвуковых пучков с узким пространственным спектром.

В настоящей работе сообщается о результатах экспериментов по визуализации звуковых полей с широким пространственным спектром при регенеративном ОВФ в феррите.

Требуемое распределение поля исходной волны с достаточно широким пространственным спектром создавалось вблизи фокуса цилиндрического акустического зеркала.

В качестве среды распространения использовался образец из плавленого кварца толщиной 15 мм (рис. 1). Часть его боковой поверхности имела цилиндрическую форму ($R = 26$ мм). К плоским граням приклеивались ультразвуковой преобразователь и образец поликристаллического феррита на основе NiFe_2O_4 с размерами $3,5 \times 7 \times 30$ мм. Феррит помещался в постоянное магнитное поле с напряженностью $H = 200$ Э и переменное высокочастотное магнитное поле накачки с амплитудой $h = 40$ Э, которое создавалось катушкой. Длина индукционной обмотки составляла 5 мм. Преобразователь возбуждал в звукопроводе импульсы продольных ультразвуковых волн на частоте 25 МГц. Достигнув цилиндрической поверхности, волны отражались и фокусировались. После прохождения области фокуса расходящийся пучок попадал на образец феррита. Звук, частично отражаясь от границы звукопровода, входил в образец и достигал области параметрического взаимодействия внутри катушки. В этот момент на катушку подавался импульс накачки с частотой заполнения 50 МГц.

Усиленная обратная волна [4] входила в кварцевый звукопровод, отражалась от цилиндрической поверхности и попадала на исходный преобразователь. Момент прихода фиксировался по осциллографу. Максимальный коэффициент усиления обратной волны составлял 40 дБ по электрическому сигналу, что, с учетом потерь на электроакустическое преобразование, составляло около 76 дБ.

Визуализация звукового поля осуществлялась по методу фотоупругости [6]. Свет от лазерного источника с длиной волны 0,53 мкм проходил через линейный поляризатор и расширялся телескопической системой в параллельный пучок с диаметром несколько большим, чем размер звукопровода. После прохождения звукопровода нормально к плоскости распространения звука, световой пучок попадал на выходной поляризатор, за которым помещался экран. Эксперименты проводились в импульсном режиме. Световые импульсы с длительностью около 20 нс подавались с задержкой относительно импульсов напряжения на пьезопреобразователе. Меняя эту задержку можно было наблюдать на экране различные стадии распространения звуковых импульсов по звукопроводу.

На рис. 2 показаны стадии прохождения звукового импульса через акустический фокус. Задержка светового импульса относительно звукового для каждой последующей стадии увеличивалась. Стрелкой отмечено направление распространения волны.

На рис. 2, а, б, в показан ход прямой (исходной) волны после ее отражения от цилиндрической поверхности. На рис. 2, г, д, е показан ход обратной волны. После

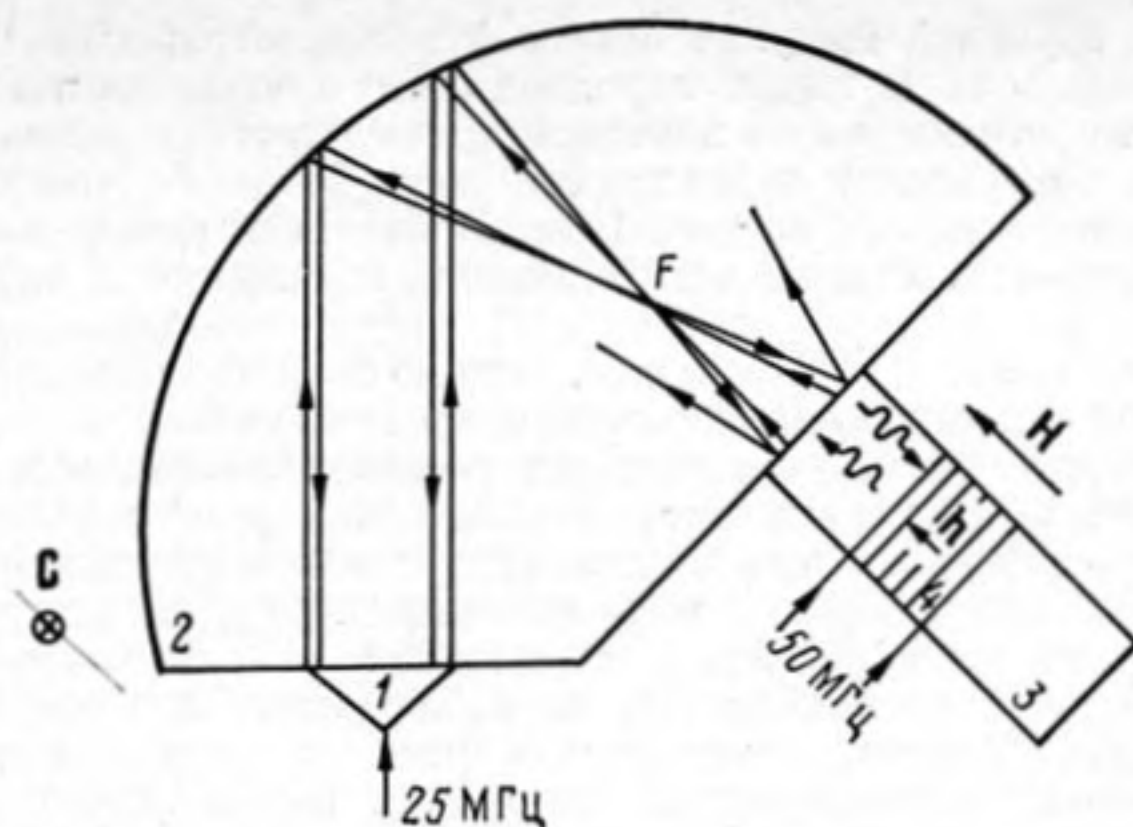


Рис. 1. Схема эксперимента. 1 — ультразвуковой пьезопреобразователь, 2 — звукопровод из плавленного кварца, 3 — образец феррита, 4 — катушка электромагнитной накачки, F — фокус цилиндрического акустического зеркала, c — направление светового луча

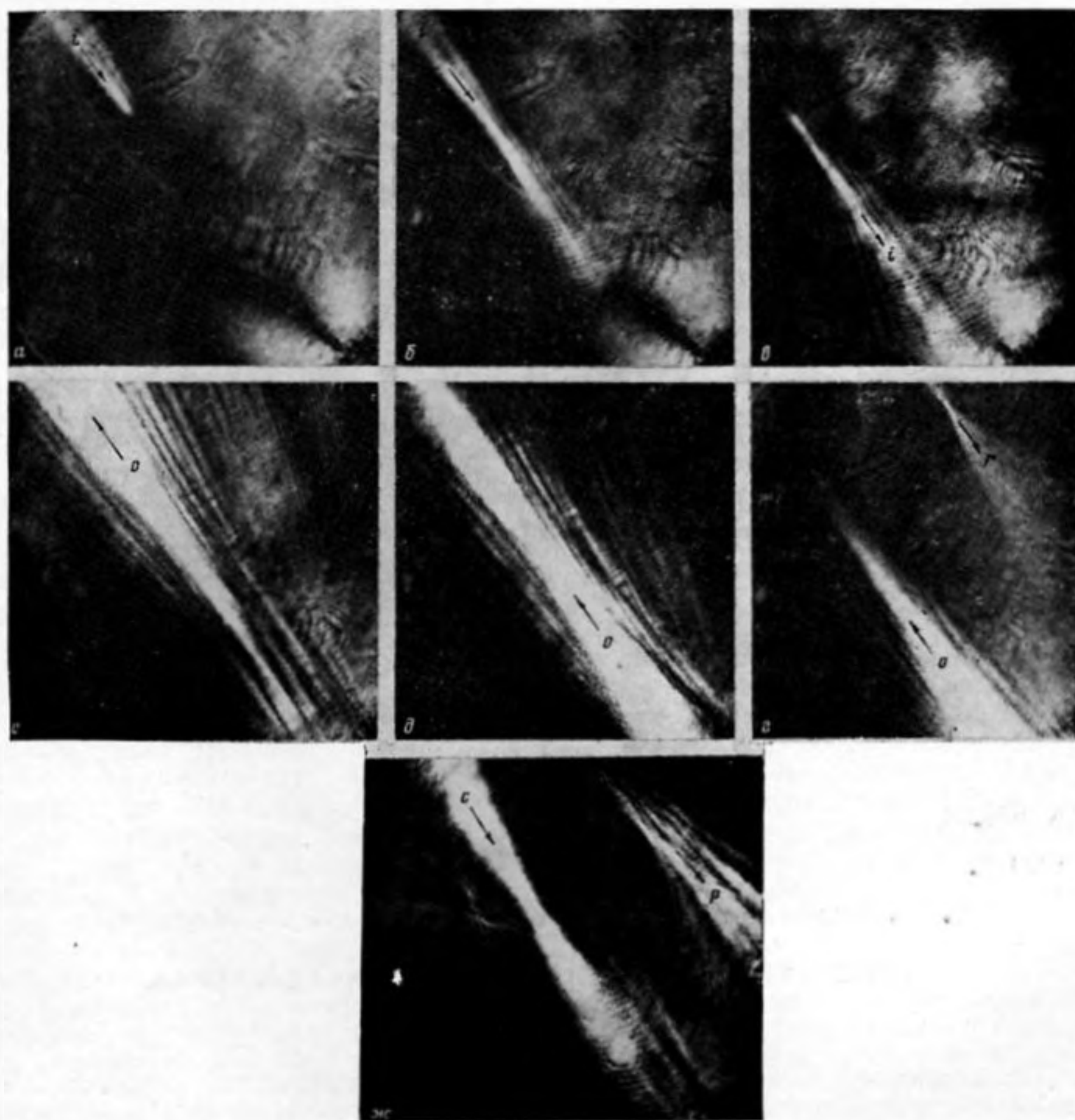


Рис. 2. Изображения распределений поля ультразвуковых импульсов в различных стадиях прохождения через акустический фокус. a, g — схождение в область фокуса, б, д — прохождение через область фокуса, e, e — выход из области фокуса. i — исходная волна, r — отражения исходного импульса в звукопроводе, o — обратная волна, p — отражение необращенных компонент обратной волны, c — «очищенная» обратная волна

выхода из фокуса звуковой импульс обратной волны отражался от цилиндрической поверхности звукопровода и падал параллельным пучком на исходную грань нормально к ней. После отражения от исходной грани обратная волна снова отражалась от цилиндрической поверхности и проходила через фокус F . Момент вторичного прохождения через фокус показан на рис. 2, ж. Побочное звуковое поле r , наблюдаемое на рис. 2, з, является следствием многократного отражения в звукопроводе прямой волны.

Сравнение рис. 2, а и е, б и д, в и з, соответственно, показывает, что обратная волна повторяет все стадии распространения прямой волны, и, в частности: сходящемуся пучку в прямой волне соответствует расходящийся пучок в обратной волне, и, наоборот: область фокусировки прямой волны совпадает с областью фокусировки обратной волны (что видно по относительному расположению изображений звукового поля и неподвижных пятен световой интерференции).

Отметим, что обратная волна, выходящая в звукопровод из образца (рис. 2, з, д, е) содержит составляющие, не наблюдавшиеся у падающей волны и не сходящиеся в фокус. Происхождение этих компонент поля может объясняться попаданием в звукопровод прямой волны, усиленной параметрической накачкой и отразившейся от торца в образце феррита. Эти составляющие в дальнейшем отражались в звукопроводе и видны на рис. 2, ж как боковой расходящийся пучок p . Второе прохождение обратного сигнала через фокус давало «очищенное» распределение поля с практически совпадающее с полем падающего звука (сравни рис. 2, б и ж), но существенно большей интенсивности.

Таким образом прямые наблюдения показывают, что регенеративный режим формирования гигантского эхо-отклика в феррите является режимом обращения волнового фронта ультразвуковых пучков с широким спектром волновых векторов.

Авторы выражают благодарность Власову Е. Д. и Рыжову Н. Н. за помощь в проведении экспериментов и Андреевой И. Н. за предоставленные образцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брысев А. П., Бункин Ф. В., Власов Д. В., Кравцов Ю. А. ПОФУЗ — параметрический обращающий фазу усилитель звука. Исследования по гидрофизике // Тр. ФИАН. Т. 156. М.: Наука, 1984, С. 19—30.
2. Красильников В. А., Маматова Т. А., Прокошев В. Г. Параметрическое усиление при обращении волнового фронта магнитоупругой волны в гематите // ФТТ. 1986. Т. 28. В. 2. С. 615—617.
3. Брысев А. П., Бункин Ф. В., Власов Д. В., Крутянский Л. М., Преображенский В. Л., Стаховский А. Д. Регенеративный режим усиления звуковых волн с обращением волнового фронта в феррите // Акуст. журн. 1988. Т. 34. № 6. С. 986—990.
4. Брысев А. П., Бункин Ф. В., Власов Д. В., Крутянский Л. М., Преображенский В. Л., Стаховский А. Д. Параметрическое обращение фронта ультразвуковой волны в феррите // Акуст. журн. 1988. Т. 34. № 6. С. 1120—1122.
5. Thompson R. B., Quate S. F. Nonlinear interaction of microwave electric fields and sound in LiNbO₃ // J. Appl. Phys. 1971. V. 42. P. 907—919.
6. Грегуси П. Звуковидение. М.: Мир, 1982.

Институт общей физики
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
08.06.89

Московский институт радиотехники,
электроники и автоматики

УДК 534.28

© 1990 г.

Р. П. Варданетян, А. А. Дургарян, А. С. Мелконян

АКУСТИЧЕСКОЕ ПРОСВЕТЛЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ CdS В ПОЛЕ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

Дислокационное поглощение ультразвука (ДПУ) в кристаллах определяется взаимодействием колеблющихся дислокаций с центрами закрепления [1]. Освещением кристаллов светом подходящей длины волны можно изменить электронное состояние дефекта, что в свою очередь может сказаться на ДПУ. Влияние освещения видимым светом на ДПУ широко исследовано в щелочно-галогенидных кристаллах [2—5], в которых облучением рентгеновскими лучами создавались центры окрашивания. При этом наблюдалось как уменьшение ДПУ при освещении (закрепление дислокаций), так и увеличение (открепление дислокаций).

Исследование влияния освещения на поглощение ультразвука в кристалле CdS показало [6, 7], что в одних образцах (образцы А) освещение приводило к сравнитель-