

05.1;05.2;08;09

©1993

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФАЗОВЫЙ СИНХРОНИЗМ УПРУГИХ И МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН В СТРУКТУРАХ ЖИГ-ГГГ

Ф. Ю. Огрин, Ю. Ф. Огрин

В [1,2] сообщалось, что в твердотельной структуре пленка железо-иттриевого граната — пластина (подложка) гадолиний-галлиевого граната (ЖИГ-ГГГ) на частотах 2–4 ГГц возможно эффективное возбуждение магнитостатическими волнами (МСВ) упругих мод Лэмба в пластине ГГГ. В тех же публикациях приведены результаты первых наблюдений возбуждения на этих частотах импульсов упругих волн в немагнитной подложке из ГГГ. Отмечено, что импульс МСВ при распространении в пленке ЖИГ за счет эффекта магнитострикции возбуждает импульс упругой волны, распространяющийся в глубь подложки под углом $\theta \approx q/k_s$ к поверхности пленки (q, k_s — волновые числа МСВ и упругой волны в ГГГ соответственно). После отражения от нижней границы подложки импульс упругой волны возвращается к верхней границе, где за счет магнитоупругого взаимодействия в пленке ЖИГ возбуждает импульс МСВ. Затем весь процесс повторяется. В результате на экране осциллографа можно наблюдать серию слабозатухающих СВЧ импульсов с задержкой между соседними на величину, равную времени распространения звука от верхней поверхности подложки к нижней и обратно $\Delta\tau = 2d/v_s$ (d — толщина подложки, v_s — скорость звука в ГГГ; $v_s = 3.57 \cdot 10^5$ см/с). Отмечено также, что в случае неплоскопараллельности подложки (клиновидности) затухание задержанных импульсов возрастает. Увеличение затухания объясняется влиянием клиновидности подложки на фазовый синхронизм упругих и магнитостатических волн в структуре. Увеличение клиновидности приводит к отклонению продольной составляющей волнового числа упругой волны от величины q и соответственно к уменьшению эффективности возбуждения импульса МСВ. Таким образом, изменением клиновидности можно регулировать уровень возбуждения задержанных СВЧ импульсов.

В данной работе экспериментально исследуется влияние на фазовый синхронизм упругих и магнито-статических волн (и, следовательно, на их взаимодействие) импульсов внешнего магнитного поля. Как и в [1,2], в структурах ЖИГ-ГГГ наблюдалась серия задержанных упругих импульсов. Изучалось влияние на амплитуду задержанных импульсов импульса магнитного поля. Импульс магнитного поля ΔH создавался пропусканием импульса тока по медному полюску шириной ≈ 3 мм, расположенному под исследуемой структурой. Величина ΔH достигала значения ≈ 10 Э. Наименьшая длительность входного СВЧ импульса составляла ≈ 50 нс.

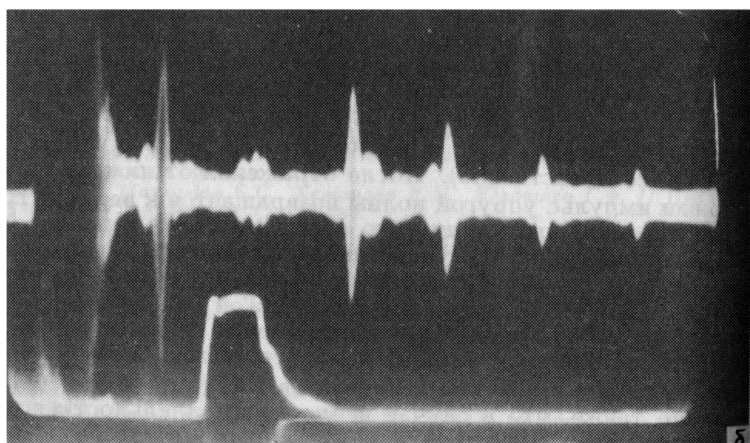
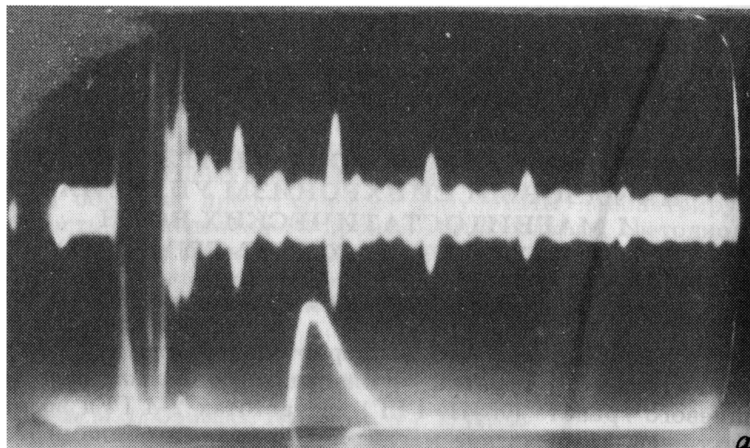


Рис. 1. Влияние импульса магнитного поля на фазовый синхронизм упругой волны и МСВ. *а* — эффект восстановления фазового синхронизма, *б* — эффект подавления фазового синхронизма. Верхний луч — СВЧ импульсы от МСВ, возбуждаемых упругими импульсами в ГГГ. Интервал между импульсами 0.35 мкс. Нижний луч — импульс магнитного поля. На всех рисунках значение частоты 3.5 ГГц. Толщина пленки ЖИГ 0.3 мкм, толщина подложки 0.5 мм.

Исследовались структуры, в которых толщина пленок ЖИГ составляла 0.5–4 мкм, а толщина подложек ГГГ изменялась в пределах 0.2–3 мм. Ширина структур при этом равна или меньше ширины медного полоска. В качестве преобразователей МСВ применялись отрезки микрополосков из меди шириной ≈ 50 мкм и длиной ≈ 4 мм, расположенные на поликоровой пластине. Расстояние между преобразователями составляло 0.5–1 мм. В исследуемых структурах подложки, как правило, были клиновидные с разбросом угла клиновидности в пределах $0-10^{-3}$ рад. Характер влияния импульса ΔH на величину задержанного импульса существенно зависит как от величины клиновидности подложки, так и от направления клиновидности относительно вектора q и добавочного поля ΔH . Если величина клиновидности такова, что наблюдается серия задержанных импульсов (хотя и значительно затухающих), то включение импульса ΔH может привести к полной или частичной

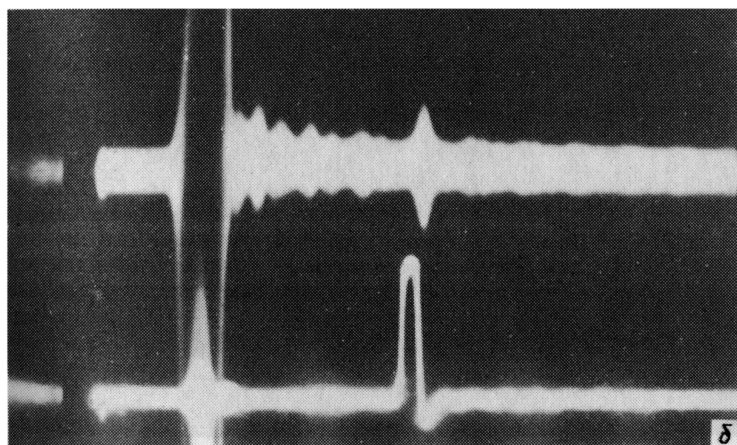
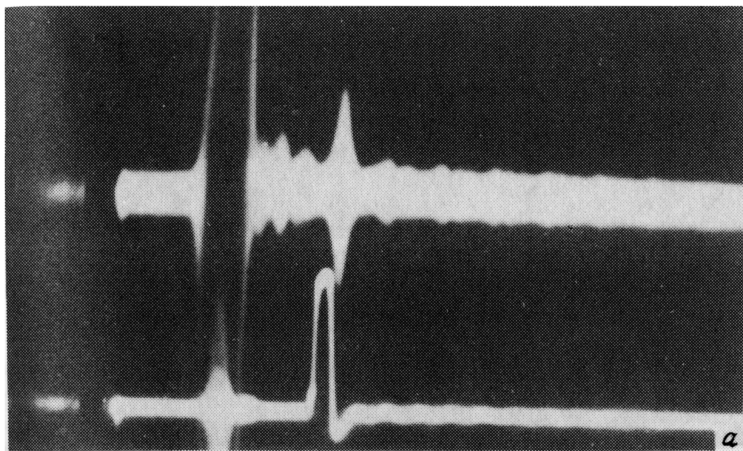


Рис. 2. Демонстрация работы линии задержки на основе эффекта восстановления фазового синхронизма. а — время задержки 0.7 мкс, б — время задержки 1.4 мкс.

компенсации фазового рассогласования упругих волн и МСВ, вызванного клиновидностью. В этом случае импульс ΔH приводит к увеличению амплитуды задержанного импульса (рис. 1,а). Изменение направления импульса ΔH или направления клиновидности на обратное, наоборот приводит к усилению фазового рассогласования между взаимодействующими волнами и, соответственно, к дополнительному подавлению величины задержанного импульса (рис. 1,б). Представляет интерес случай, когда величина клиновидности подложки такова, что из-за фазового рассогласования упругие импульсы почти полностью не возбуждают МСВ и задержанные СВЧ импульсы не наблюдаются. В этом случае включение импульса ΔH с заданной задержкой “восстанавливает” задержанный СВЧ импульс, что можно использовать для создания управляемой линии задержки СВЧ сигнала (рис. 2).

При использовании структур с плоскопараллельными подложками или с малой величиной клиновидности ($< 10^{-2}$ рад) влияние включения дополнительного поля ΔH всегда сводится к фазовому рассогласованию упругих и магнитостатических волн, что

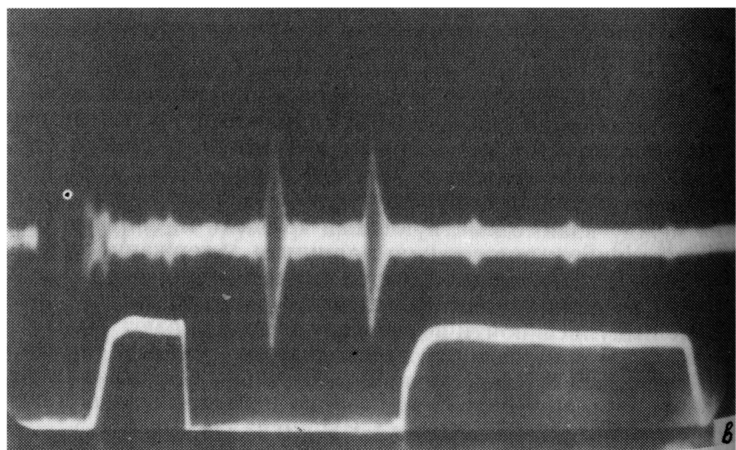
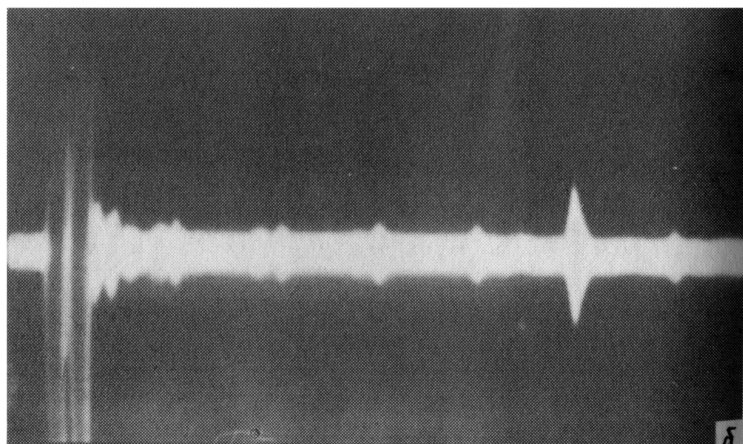
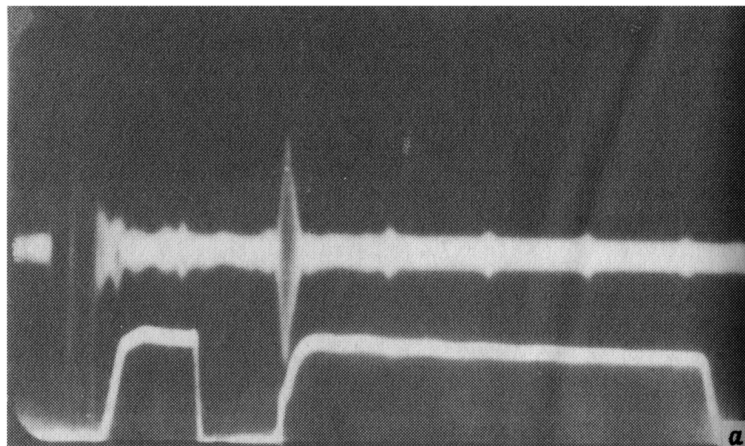


Рис. 3. Демонстрация работы линии задержки на основе эффекта подавления фазового синхронизма. а — время задержки 0.7 мкс, б — время задержки 1.75 мкс (нижний луч не показан), в — демонстрация двух задержанных импульсов с временами задержки 0.7 и 1.05 мкс соответственно.

приводит к подавлению задержанных импульсов, наблюдаемых на экране осциллографа. Меняя длительность импульса ΔH и его временную задержку относительно входного СВЧ импульса, можно осуществлять подавление любой группы задержанных импульсов. Используя импульс ΔH в виде двойного с регулируемыми длительностями импульсов и задержкой второго импульса относительно первого, возможно реализовать управляемую линию задержки (рис. 3,а,б). Применяя более сложный вид управляющего импульса ΔH , несложно осуществить эффект подавления задержанных импульсов любого наперед заданного сочетания (рис. 3,в), что дает возможность создания кодирующих СВЧ устройств.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о возможности использования эффекта влияния импульсного поля на фазовый синхронизм упругих и магнитостатических волн для создания управляемых бездисперсионных СВЧ линий задержек с временами до 10 нс. При этом уровень подавления задержанного сигнала относительно входного не превышает 10 дБ.

Список литературы

- [1] Андреев А.С., Зильберман П.Е., Кравченко В.Б., Огрин Ю.Ф., Темирязов А.Г., Филимонова Л.М. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. Вып. 2. С. 90-94.
- [2] Андреев А.С., Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Кравченко В.Б., Огрин Ю.Ф., Темирязов А.Г., Филимонова Л.М. // Радиотехника и электроника. 1985. Т. 30. Вып. 10. С. 1992-1998.

Институт радиотехники и электроники РАН
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию
30 апреля 1993 г.