

- [3] Ш е с т о п а л о в В.П., Ш е р б а к В.В. — Изв. вузов, Радиофизика, 1968, т. 11, № 2, с. 296–305.
- [4] Л а н с Дж.Н. Численные методы для быстродействующих вычислительных машин, М.: ИЛ, 1962. с. 208.
- [5] Ш т е й н ш л е г е р В.В. Явления взаимодействия волн в электромагнитных резонаторах, М.: Гос. изд. обор. пром., 1955. с. 144.

Институт радиофизики
и электроники АН УССР,
Харьков

Поступило в Редакцию
26 января 1988 г.
В окончательной редакции
29 апреля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 14

26 июля 1988 г.

ВОЛНОВЫЕ ПУЧКИ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

А.В. В а ш к о в с к и й, А.В. С т а л ь м а х о в,
В.А. Т ю л ю к и н

Неоднородные поля подмагничивания привлекают внимание исследователей магнитостатических волн (МСВ) с точки зрения богатых возможностей управления свойствами МСВ. Однако практически все имеющиеся экспериментальные работы (см., например, [1–3]) посвящены исследованию только амплитудно-частотных характеристик и задержки МСВ-сигнала, прошедшего через ферритовую пленку с неоднородным подмагничиванием, причем магнитное поле плавно изменялось либо поперек, либо вдоль направления распространения волны.

В настоящем сообщении представлены первые экспериментальные результаты исследования распространения ограниченного волнового пучка поверхностной МСВ, сформированного планарным излучателем с конечной апертурой, когда в плоскости ферритовой пленки имеются локальные неоднородности постоянного магнитного поля.

В экспериментах использовались пленки железиттриевого граната (ЖИГ) в форме полудисков диаметром 76 мм. Пленка намагничивалась до насыщения касательно поверхности однородным магнитным полем H_0 электромагнита. Возбуждение поверхностной МСВ осуществлялось микрополосковым излучателем с апертурой 1 мм, расположенным на поверхности пленки ЖИГ вдоль направления H_0 (ось z). Неоднородности постоянного магнитного поля создавались путем помещения на пленку металлического стержня диаметром 350 мкм и длиной l , расположенного параллельно излучателю МСВ и на расстоянии $l = 5$ мм от него. Измерения напряженности внешнего магнитного поля вблизи поверхности пленки ЖИГ, в том числе в области стержня, помещенного в однородное поле H_0 , про-

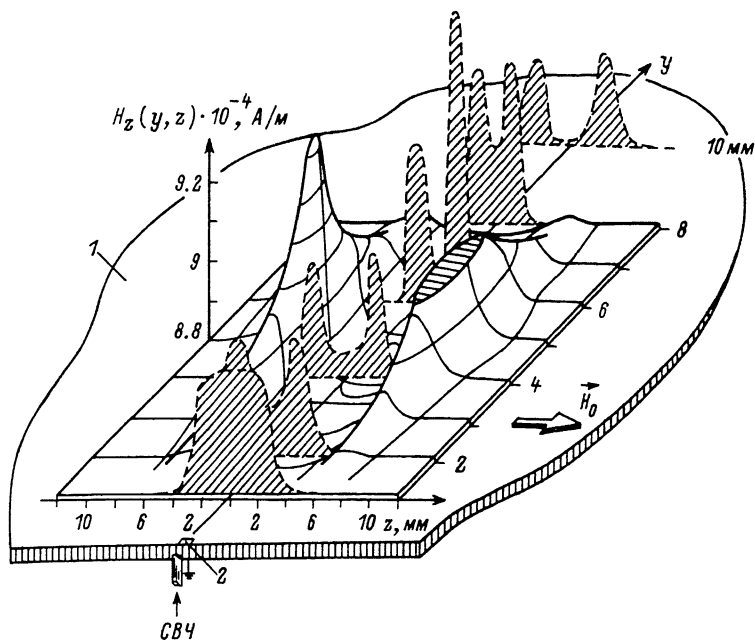


Рис. 1. Измеренная зависимость величины неоднородности магнитного поля вблизи поверхности ферритовой пленки (сплошные кривые). Профили волнового пучка поверхностной МСВ на различных расстояниях из излучающего преобразователя (штриховые кривые). 1 — ферритовая пленка, 2 — излучающий преобразователь.

водились миниатюрным датчиком Холла (размером $1 \times 0.2 \text{ мм}^2$), ориентированным для регистрации составляющей поля вдоль оси z , который мог перемещаться по поверхности пленки микровинтами. Сигнал с датчика после обработки цифровым теслометром подавался на двухкоординатный самописец, что позволяло получать графическое изображение двумерной поверхности $H_z(y, z)$. Для длины стержня $L = 9.5 \text{ мм}$ и величины $H_0 = 8.8 \cdot 10^4 \text{ А/м}$ измеренная зависимость $H_z(y, z)$ показана на рис. 1 сплошными линиями. Видно, что наличие металлического стержня приводит к появлению двух одинаковых неоднородностей постоянного магнитного поля в плоскости ферритовой пленки, которые локализованы вблизи торцов стержня. Максимальная величина неоднородности магнитного поля $\delta H = H_z(y, z) - H_0$ составляла в нашем случае, как видно из рис. 1, около $4.7 \cdot 10^3 \text{ А/м}$. Максимальное значение δH и степень локализации неоднородностей зависят от геометрических размеров металлического стержня. Экспериментальные исследования распространения волнового пучка поверхностной МСВ проводились с помощью подвижного индукционного микронзонда, что позволяло получать про-

фили пучка (зависимость интенсивности МСВ от координаты z) на различных расстояниях от излучающего преобразователя, причем как до локальных неоднородностей постоянного магнитного поля, так и за ними.

Как было показано ранее [4], поведение волновых пучков поверхностных МСВ даже в однородном поле резко отличается от поведения волн в изотропных средах, что связано с анизотропно-волновыми свойствами ферритовых структур. В частности, для частот в нижней области частотного диапазона поверхностной МСВ по мере распространения волнового пучка может происходить его разделение на две части, симметричные относительно нормали к центру излучающего преобразователя. Это связано с существованием в пучке двух преимущественных направлений распространения энергии. Именно этой ситуации соответствуют измеренные поперечные сечения профили волнового пучка поверхностной МСВ, приведенные на рис. 1 штриховыми линиями. Продольное сечение волнового пучка для этого случая показано на левой части рис. 2, а (продольное сечение построено по уровню -40 дБ от подаваемой на преобразователь мощности). Видно, что вблизи излучающего преобразователя в области однородного магнитного поля происходит раздвоение волнового пучка. Далее, приближаясь к локальным неоднородностям магнитного поля, пучок поверхностной МСВ начинает огибать участки пленки с неоднородным магнитным полем, при этом общая ширина волнового пучка уменьшается, исчезает его раздвоение и, как следствие, увеличивается интенсивность поверхностной МСВ, что хорошо видно на правой части рис. 2, а, где приведен измеренный профиль пучка для $y = 7$ мм. На расстоянии 7 мм от излучающего преобразователя была получена ширина пучка, практически равная апертуре излучателя. При дальнейшем распространении волны опять в области однородного поля волновой пучок вновь раздваивается. Для сравнения на рис. 2 штриховыми линиями показаны продольные и поперечные сечения пучка в однородном магнитном поле. Интересно, что левая и правая части раздвоенного волнового пучка до локальных неоднородностей переходят в правую и левую части пучка за точкой фокусировки (как показано на рис. 2, а стрелками). Этот факт проверялся путем подавления одной части исходного раздвоенного пучка до магнитных неоднородностей с помощью поглотителя. Подавление поглотителем правой части исходного пучка приводило к исчезновению левой части пучка за магнитными неоднородностями и наоборот.

На этой же частоте МСВ исследовалась система из четырех локальных неоднородностей магнитного поля, создаваемых двумя металлическими стержнями с $l_1 = 9.5$ мм и $l_2 = 6.25$ мм, расположенных соответственно на расстоянии 5 мм и 10 мм от излучающего преобразователя. Вторая пара неоднородностей магнитного поля еще раз фокусировала падающий на нее раздвоенный пучок, что позволило получить на расстоянии 12 мм пучок с шириной, равной около двум апертурам излучателя, что в 8 раз меньше, чем при распро-

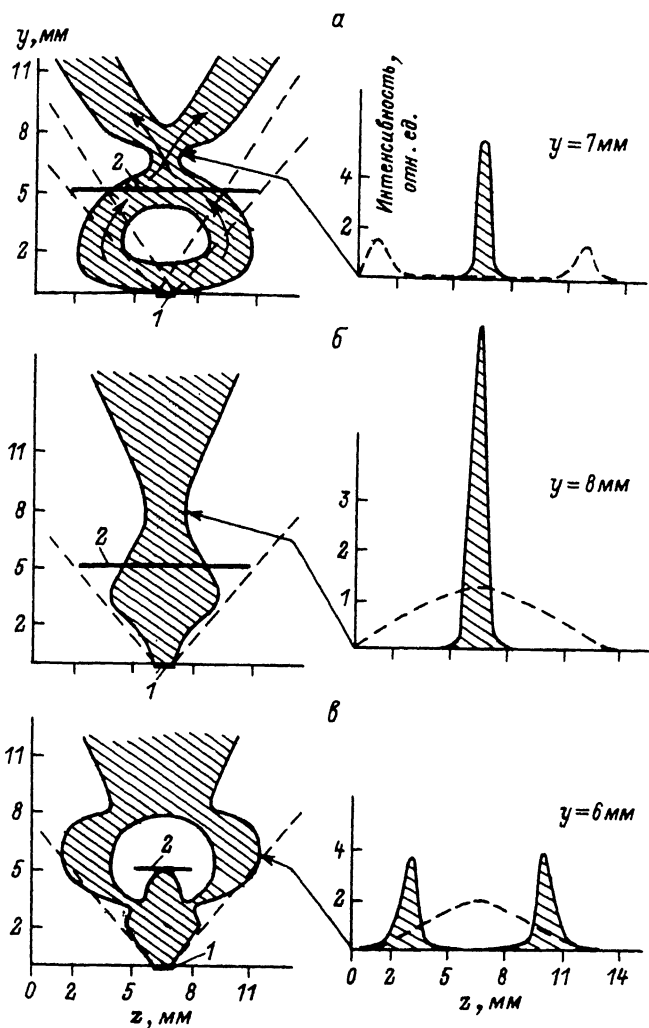


Рис. 2. Продольные и поперечные сечения волнового пучка поверхностной МСВ при наличии локальных неоднородностей постоянного магнитного поля.

а) $L = 9.5$ мм, частота $f = 5.04$ ГГц; б) $L = 9.5$ мм, $f = 5.2$ ГГц; в) $L = 3.25$ мм, $f = 5.2$ ГГц. 1 - излучающий преобразователь, 2 - местоположение металлического стержня, создающего неоднородности магнитного поля. Штриховыми линиями показаны продольные и поперечные сечения пучков в однородном магнитном поле.

странении (при прочих равных условиях) поверхностной волны в однородном магнитном поле.

На следующем рисунке (рис. 2, б) показаны результаты эксперимента в ситуации, когда частота в диапазоне существования поверхностной МСВ была выбрана такой, что преобразователь формировал нераздвоенный волновой пучок, ширина которого при однородном магнитном поле монотонно увеличивалась при удалении от излучателя (штриховые линии). Видно, что волновой пучок по-прежнему фокусируется неоднородностями магнитного поля и его интенсивность увеличивается. Возрастание интенсивности говорит о том, что волновой пучок „обтекает“ магнитные неоднородности, а не рассеивается на них. Экспериментально наблюдалось сужение пучка при $U = 8$ мм в ~ 6 раз по сравнению с пучком в однородном магнитном поле.

На рис. 2, в показано поведение пучка, когда излучающий преобразователь (так же как в случае рис. 2, б) формировал нераздвоенный волновой пучок, но расстояние между неоднородностями магнитного поля было существенно меньше ($L = 3,25$ мм), чем ширина пучка на этом же расстоянии от преобразователя в однородном поле подмагничивания. В этом случае, как видно из рис. 2, в, волновой пучок огибает магнитные неоднородности с внешних сторон, сливаясь затем снова в один.

Таким образом, проведенные исследования показали, что пространственным поведением ограниченных волновых пучков МСВ можно эффективно управлять, создавая локальные неоднородности постоянного магнитного поля, причем как фокусировать пучок, так и разветвлять его по нескольким каналам. Результаты работы будут полезны при разработке интегральных устройств обработки СВЧ сигналов на основе МСВ.

Л и т е р а т у р а

- [1] Stancil D.D., Morgenthaler F.R. - IEEE Trans. on Magn., 1980, v. 16, N 5, p. 1156-1158.
- [2] Ikuzawa Y., Chang N.S., Matsuo Y. - Jap. J. Appl. Phys., 1983, v. 22, N 4, p. L242-L244.
- [3] Stancil D.D., Morgenthaler F.R. - J. Appl. Phys., 1983, v. 54, N 3, p. 1613-1618.
- [4] Вашковский А.В., Гречушкин К.В., Стальмахов А.В., Тюлюкин В.А. - Радиотехника и электроника, 1988, т. 33, № 4, с. 902.

Поступило в Редакцию
31 марта 1988 г.