

05.2; 09

© 1990

МАГНИТОСТАТИЧЕСКИЕ МОДЫ В СИСТЕМЕ СВЯЗАННЫХ СПИНОВЫХ ВОЛНОВОДОВ В КАСАТЕЛЬНОМ ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Е.О. Каменецкий, О.В. Соловьев

Вопросы миниатюризации спин-волновых устройств с целью создания функциональных элементов СВЧ интегральных схем делают актуальной задачу исследования характеристик распространения магнитостатических волн (МСВ) в слоях ЖИГ конечной ширины.

Существует ряд теоретических работ по исследованию спектра МСВ в узких, касательно намагниченных слоях ЖИГ [1, 2], в которых показано, что ограничение слоя феррита по ширине приводит к возникновению объемных МСВ (ОМСВ), частотная полоса прозрачности которых лежит ниже частотной полосы поверхностных МСВ. В работе [3] делается вывод о том, что в ограниченном по ширине ферритовом слое поле МСВ сильно вытесняется за границы слоя, на основании чего говорится о возможности реализации устройств на связанных спиновых волноводах. В работе [4] были выполнены подробные экспериментальные исследования распространения и возбуждения объемных и поверхностных МСВ в касательно намагниченных узких слоях ЖИГ в условиях однородного и неоднородного распределения внутреннего магнитного поля.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования магнитостатических мод (МСМ) в системе связанных спиновых волнопроводов в поперечном касательном магнитном поле. В сравнении с известными работами по исследованию связи в многослойных структурах, подобные системы представляют собой устройства планарного типа, что определяет перспективу их практического применения в интегральной СВЧ-электронике.

В экспериментах использовались два одинаковых волновода из пленок ЖИГ с намагниченностью насыщения 1750 Гс, толщиной 50 мкм и шириной 1 мм. Для возбуждения мод различной симметрии по ширине, как и в работе [4], использовались проволочные (диаметром 50 мкм) антенны двух типов: I-типа; для возбуждения симметричной моды и T-типа, для возбуждения антисимметричной моды. Расстояние между антеннами составляло 10 мм, зазор между волноводами - 200 мкм. Длина области связи изменялась за счет механической подачи. В макете предусматривалось создание поперечной неоднородности внутреннего магнитного поля с помощью проводника с током, расположенного на поверхности одного из волнопроводов.

Для определения параметров связи с выходов снимались АЧХ прямого и переизлученного сигналов симметричной и антисимметрич-

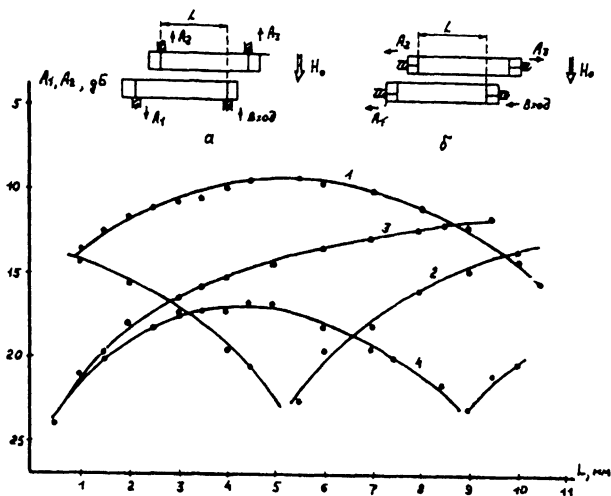


Рис. 1. Зависимости амплитуд прямого A_1 (кривая 1) и переизлученного A_2 (кривые 2, 3, 4) сигналов от длины области связи L , снятые для симметричной (1,2) и антисимметричной (3, 4) объемных мод.

ной МСМ при разных значениях длины области связи. По измеренным АЧХ определялась зависимость максимального значения амплитуд прямого (A_1) и переизлученного (A_2) сигналов, от длины области связи.

В соответствии с принятой в работе [4] идентификацией мод, на рис. 1 представлены экспериментальные зависимости $A_1(L)$ и $A_2(L)$ для симметричной объемной моды (кривые 1 и 2), снятые при прямом направлении магнитного поля (направление поля, при котором имеет место наибольшее прохождение ПМСВ), а также зависимость $A_2(L)$ для антисимметричной объемной моды при прямой и обратной ориентации магнитного поля (кривые 3 и 4).

Приведенные результаты свидетельствуют о различной степени связи мод различной симметрии. Так, для симметричной объемной моды (кривые 1, 2) длина полного переизлучения составляет величину приблизительно 12 мм, что значительно меньше длины полного переизлучения антисимметричной моды (кривая 3).

В работе исследовалась также степень развязки между амплитудами переизлученных сигналов, снимаемых с выходов 2 и 3. Для объемных мод различной симметрии развязка составила величину более 10 дБ.

Важной особенностью, обнаруженной в экспериментах на макете с Т-антенной, является существенное влияние ориентации внешнего магнитного поля на степень связи объемных мод. Об этом свидетельствует сопоставление зависимостей 3 и 4 на рис. 1, снятых для антисимметричной моды при противоположных ориентациях

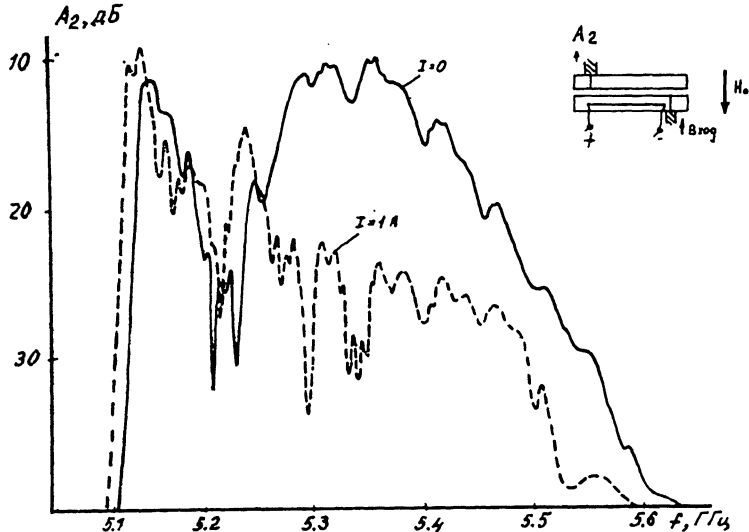


Рис. 2. АЧХ переизлученного сигнала при отсутствии тока в проводнике и при токе 1 А.

магнитного поля. Эта особенность, на наш взгляд, связана с неоднородностью распределения внутреннего магнитного поля по ширине волноводов, обусловленной взаимным влиянием ферритовых пластин. Неоднородность магнитного поля приводит к нарушению симметрии распределения магнитостатического потенциала по ширине волноводов и, следовательно, к невязности связи мод по отношению к ориентации поля.

Факт существенного влияния неоднородности магнитного поля в слоях ЖИГ на связь МСМ подтверждается экспериментами, в которых для создания неоднородности поля использовался проводник с током, расположенный на поверхности одного из волноводов. Диаметр проводника составлял 100 мкм.

Из представленных на рис. 2 АЧХ, снятых при прямом направлении магнитного поля на макете с 1-антеннами, видно, что включение тока, формирующего неоднородность поля типа „провал“, приводит к значительному увеличению амплитуды и частотной полосы поверхностной моды, а также к увеличению амплитуды объемной моды. Это свидетельствует об изменении степени связи мод.

На рис. 3, а, б представлены зависимости амплитуд переизлученных сигналов от длины области связи для симметричной (рис. 3, а) и антисимметричной (рис. 3, б) объемных мод, снятые при разных значениях тока (0 А, 0,9 А, 1,5 А), формирующего неоднородность поля типа „провал“ (геометрия структур приведена на вставках к рис. 3). Из представленных результатов видно, что включение тока приводит к существенному уменьшению длины полного переизлучения объемных мод, т.е. к увеличению их степени связи.

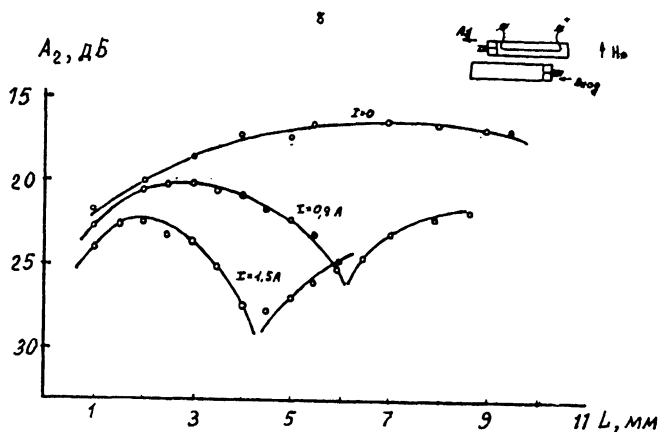
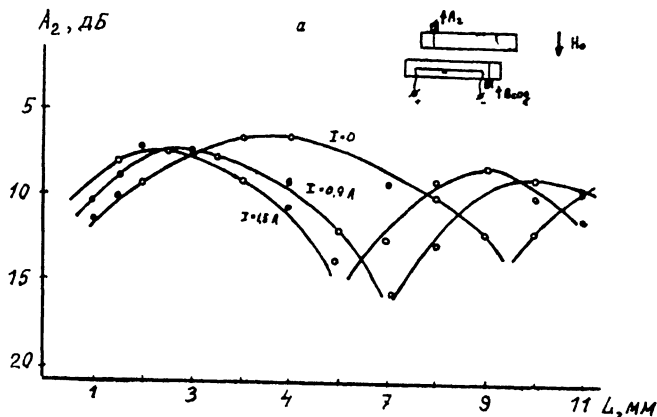


Рис. 3. Зависимости амплитуд переизлученного сигнала (A) от длины области связи L , снятые при различных значениях тока для симметричной (а) и антисимметричной (б) объемных мод.

Следует обратить внимание на факт влияния самого проводника без тока на степень связи магнитостатических мод. Об этом свидетельствует сопоставление характеристик переизлучения объемной симметричной и антисимметричной МСМ в отсутствие тока, представленных на рис. 3, а и 3, б, с характеристиками переизлучения этих мод, полученных в отсутствие проводника и представленных на рис. 1 (кривые 1 и 4).

Изменение степени связи мод наблюдалось при различных расположениях проводника вдоль продольных осей симметрии волноводов и разном направлении тока в нем.

Выполненные в работе эксперименты указывают на возможность эффективной связи магнитостатических мод различной симметрии, распространяющихся в системе связанных спиновых волноводов планарного типа в касательном поперечном магнитном поле. Эта связь

обусловлена сильным вытеснением поля МСВ за пределы ферритовых слоев.

Особенностью данных систем является возможность эффективного управления степенью локализации магнитостатического потенциала МСМ в волноводах путем создания неоднородности внутреннего магнитного поля.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Новиков Г.М., Петрунькин Е.З. // РЭ. 1984. Т. 29. № 9. С. 1691.
- [2] O'K e f f e T.W., P a t t e r s o n R.W. // J. Appl. Phys. 1978. V. 49. N 9. P. 4886.
- [3] Васильев И.В., Макеева Г.С. // РЭ. 1984. Т. 29. № 3. С. 419.
- [4] Каменецкий Е.О., Соловьев О.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 9. С. 20.

Ленинградский электротехнический институт им. В.И.Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
5 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 17

12 сентября 1990 г.

05.2

© 1990

ПРОЦЕСС ПЕРЕПОЛЯРИЗАЦИИ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ В БЫСТРОНАРАСТАЮЩЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

С.А. Садыков, А.Ш. Агапаров

Как известно [1, 2], для получения устойчивого поляризованного состояния в сегнетоэлектрической керамике (СК) необходимо воздействие сильного электрического поля в течение длительного времени при достаточно высокой температуре, чтобы обеспечить локальную компенсацию поляризационного заряда из-за проводимости и релаксацию внутренних напряжений. При этом время действия поляризующего поля по порядку величины должно быть не меньше времени максвелловской релаксации объемного заряда $\tau = \epsilon \epsilon_0 \sigma^{-1}$, где σ – проводимость. Однако в быстронарастающем электрическом поле (БЭП) оказывается возможной поляризация образцов СК в микросекундном диапазоне времени, исключая развитие диффузных процессов, причем в этом случае требуемый уровень поляризации достигается при комнатной температуре. Появление остаточной поляризованности при поляризации короткими импульсами микросекундной длительности подтверждает факт накопления объем-