

А.Б. Устинов¹, А.Э. Козин^{1,2}, А.И. Фирсенков²

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

²ОАО «Завод «Магнетон»

Ограничитель мощности СВЧ сигналов на спиновых волнах

Исследована планарная спин-волновая линия задержки с копланарными антеннами, изготовленная на основе пленки железо-иттриевого граната. Показана принципиальная возможность создания на ее основе ограничителя мощности.

Ключевые слова: магнитоэлектрические спиновые волны, линия задержки, ограничитель мощности

Спиновые волны (СВ), распространяющиеся в ферромагнитных пленках, имеют широкие возможности применения для обработки и генерации сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Разнообразие дисперсионных и нелинейных свойств СВ позволили создать различные СВЧ приборы, такие как фильтры, линии задержки, фазовращатели [1-4]. Для возбуждения СВ обычно используются антенны, выполненные в виде отрезков одиночных и многоэлементных микрополосковых линий, щелевых линий, копланарных волноводов, а также их комбинаций.

Целью настоящей работы являлось исследование пленочного спин-волнового ограничителя мощности СВЧ сигналов. Экспериментальный макет устройства (см. рис. 1) был изготовлен на основе пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ) с намагниченностью насыщения 1750 Гс и линейным параметром диссипации около 0,5 Э.

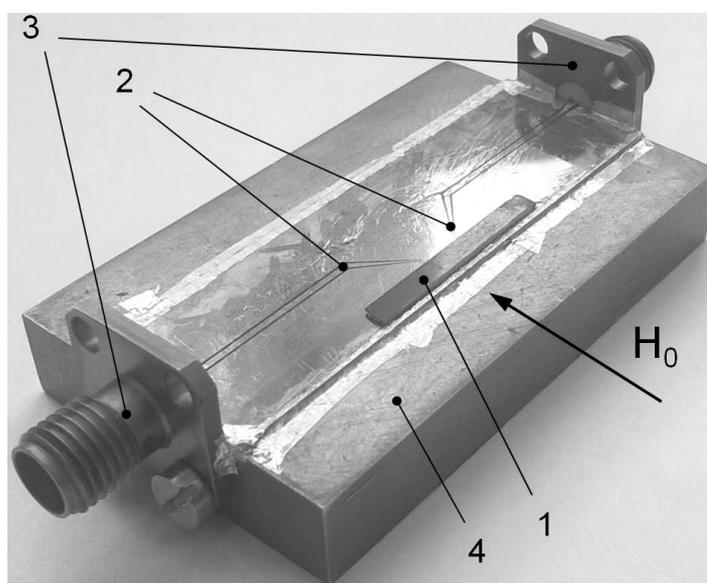


Рисунок 1.

В эксперименте использовался волновод СВ 1 на основе эпитаксиальной ферритовой пленки ЖИГ толщиной 5,2 мкм. Размеры волновода: ширина 3 мм, длина 30 мм. Для возбуждения и приема СВ использовались копланарные короткозамкнутые антенны 2 с шириной центрального проводника 100 мкм, шириной щелей 50 мкм. Расстояние между

антеннами 4 мм, длина антенн 3 мм. Подвод СВЧ мощности к антеннам осуществлялся копланарными линиями. Мощность в копланарную линию подавалась через коаксиально-микроразветвительный переход 3. Антенны и подводящие линии были выполнены методом фотолитографии на подложке из поликора толщиной 0,5 мм. Подложка с элементами и переходы монтировались на металлическое основание 4. Макет устройства помещался в постоянное магнитное поле, направленное в плоскости пленки параллельно антеннам и перпендикулярно направлению распространения СВ. Значение напряженности магнитного поля H_0 около 1050 Э.

Особенностями исследуемой конструкции являются два момента. Во-первых, при использовании копланарных антенн одна из сторон пленки оказывается экранированной металлической плоскостью, что приводит к увеличению групповой скорости СВ и расширению области их возбуждения. Во-вторых, такая взаимная ориентация постоянного магнитного поля и ферритовой пленки соответствуют распространению в ней поверхностных спиновых волн, которые наиболее сильно "чувствуют" близость металла к поверхности пленки.

Измерения электромагнитных параметров устройства проводились на векторном анализаторе цепей Agilent PNA N5224A. Анализатор цепей имеет возможность регулировки мощности подаваемого СВЧ сигнала на выходе. Поэтому была реализована возможность измерения параметров устройства при различной мощности подаваемого СВЧ сигнала (мощность на выходе анализатора изменялась в диапазоне от -20 до 20 дБм).

Типичные амплитудно-частотные характеристики устройства при различных уровнях мощности подаваемого СВЧ сигнала приведены на рис. 2.

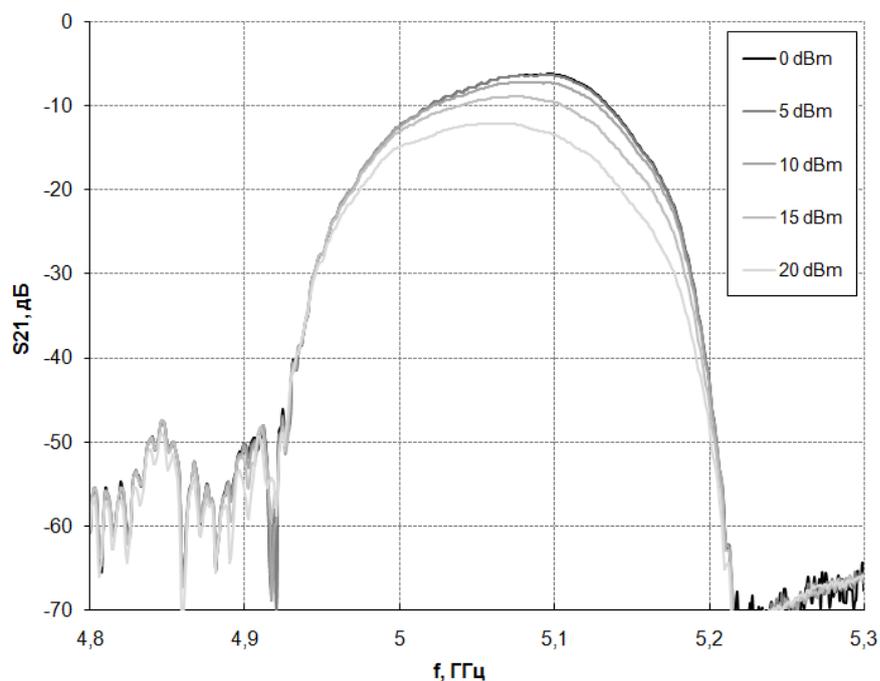


Рисунок 2

Результаты показывают, что при низком уровне мощности (ниже 0 дБм) СВ распространяются в линейном режиме. В таком режиме форма АЧХ не зависела от уровня мощности и устройство работало в линейном режиме.

Увеличение мощности выше 0 дБм приводило к плавному росту вносимых потерь. Так на частоте 5,1 ГГц при уровне 10 дБм вносимые потери возросли на 1 дБ, при уровне 20 дБм вносимые потери возросли на 7 дБ. Такое возрастание вносимых потерь обусловлено нелинейным затуханием СВ в пленке ЖИГ [5]

Потери, вносимые устройством в линейном режиме можно уменьшить путем согласования антенн СВ с подводящим СВЧ трактом, о чем свидетельствует графики на рис. 3. (относительно высокие обратные потери на входе устройства).

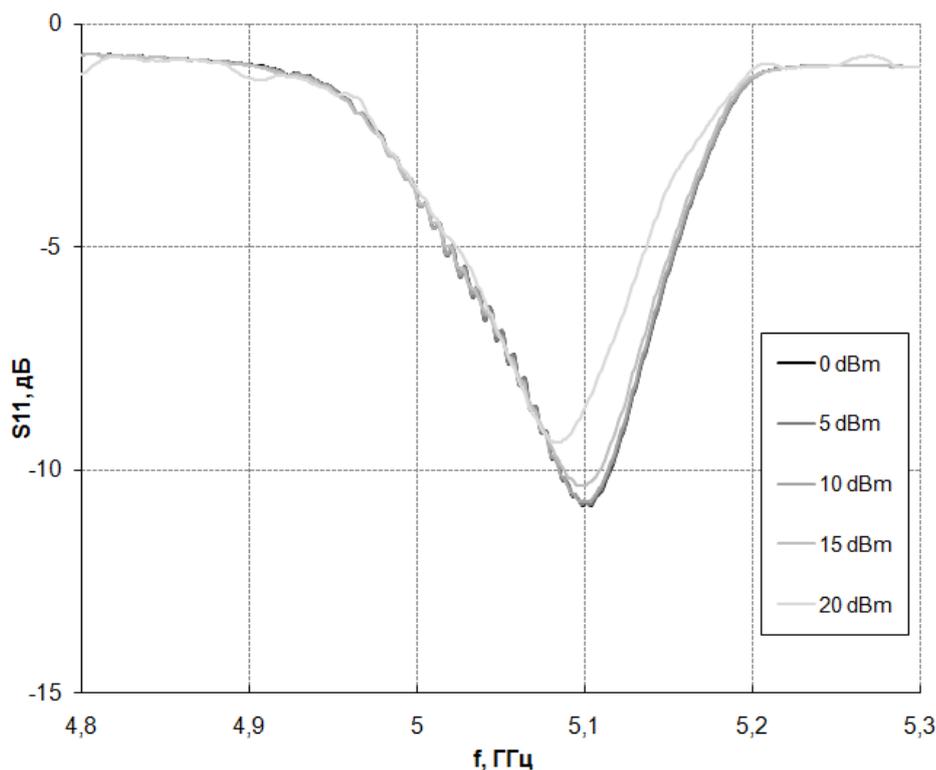


Рисунок 3.

Из рис. 3 также видно, увеличение СВЧ мощности оказывает относительно слабое влияние на коэффициент отражения. Зависимость коэффициента отражения от мощности обусловлена нелинейным возбуждением СВ в тонких пленках.

Полученные результаты показывают перспективы использования пленок ЖИГ для создания ограничителей мощности.

Библиографический список

1. Adam J.D. Analog signal processing with microwave magnetics //IEEE. 1988. V.76. N.12. P. 156-170.
2. Ishak W.S. Magnetostatic wave technology: a review //IEEE. 1988. V.76. N. 12. P. 171-187.
3. Ustinov A.B., Demidov V.E., Kalinikos B.A. Electronically tunable nondispersive magnetostatic wave delay line // Electronics Letters. 2001. V. 37. N. 19 P. 1161-1162.
4. Высоцкий С.Л., Казаков Г.Т., Кожевников А.В. Бездисперсионная линия задержки на магнитостатических волнах // Письма в ЖТФ. 2006. Т.36. В. 15. С. 45-50.
5. Устинов А.Б. Нелинейные колебания и волны в ферромагнитных пленках и структурах на их основе: диссертация ... доктора физико-математических наук: 01.04.03. -СПб., 2012.-237 с.