

**Качайкин В.В.¹, Козин А.Э.^{1,2}, Дубовой В.А.²,
Фирсенков А.И.², Устинов А.Б.¹**

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

²ОАО «Завод «Магнетон»

Электронно-перестраиваемые спин-волновые СВЧ-фильтры

В работе описываются сверхвысокочастотные узкополосные полосно-пропускающие фильтры на магнитостатических спиновых волнах с улучшенными характеристиками подавления СВЧ сигнала в полосе заграждения.

Ключевые слова: спиновые волны, СВЧ фильтры, ферритовые пленки, железо-иттриевый гранат.

Физические исследования и технические приложения сверхвысокочастотных (СВЧ) спин-волновых явлений в ферромагнитных пленках и пленочных слоистых структурах на основе ферромагнитных пленок привели в 80-х годах XX в. к становлению нового направления СВЧ-микроэлектроники, получившего название спин-волновая электроника [1]. Полосно-пропускающие СВЧ-фильтры (ППФ) на спиновых волнах являются неотъемлемой частью этого направления. Основное их назначение – избирательное по частоте пропускание полезного сигнала и подавление помех, паразитных сигналов и гармоник вне полосы пропускания.

В настоящей работе описаны результаты разработки перестраиваемых полосно-пропускающих СВЧ фильтров на спиновых волнах. Основной целью было разработать конструкцию со сравнительно низкими вносимыми потерями в полосе пропускания и с высоким уровнем внеполосного заграждения.

В качестве волновода спиновых волн в фильтре была использована эпитаксиальная пленка легированного железо-иттриевого граната с пониженной намагниченностью насыщения, около 500 Гс, толщиной 14 мкм. С помощью лабораторного электромагнита к пленке прикладывалось внешнее магнитное поле по касательной, что соответствует режиму распространения в ней поверхностных спиновых волн. Для возбуждения и приема спиновых волн использовались копланарные короткозамкнутые антенны. Подвод СВЧ мощности к антеннам осуществлялся копланарными линиями с волновым сопротивлением 50 Ом. Для измерения характеристик фильтра макет с пленкой помещался в зазор между полюсами электромагнита, перестройка полосы пропускания осуществлялась путем изменения магнитного поля. Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) экспериментального макета фильтра, измеренные для разных значений полей подмагничивания H , показаны на рис. 1.

Результаты измерений показали, что в диапазоне магнитных полей от 470 Э до 680 Э фильтр перестраивается в диапазоне 1,9-2,5 ГГц. В этом диапазоне минимальные вносимые потери составляли не более 4,5 дБ. Полоса пропускания, измеренная по уровню минус 3 дБ от уровня минимальных вносимых потерь, составляла 27-35 МГц. Заграждение вне полосы пропускания составляло не менее 50 дБ.

Обращает на себя внимание отсутствие "традиционной" для МСВ фильтров низкочастотной паразитной полосы пропускания, обусловленной объемными

волноводными модами. При этом уровень паразитных полос пропускания сильно подавлен и лежит почти на 50 дБ ниже уровня минимальных вносимых потерь.

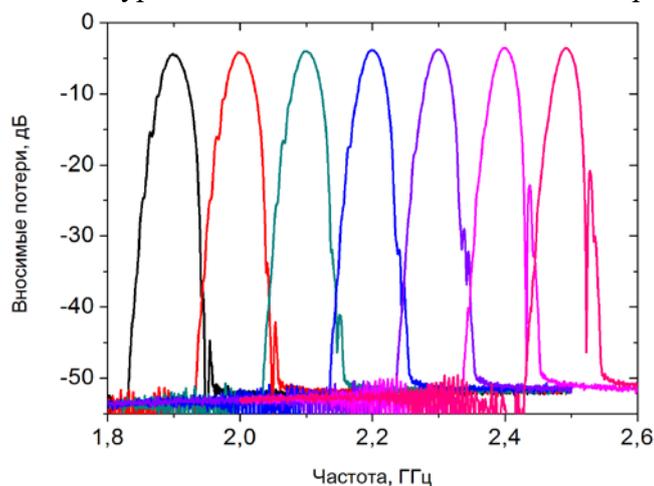


Рис.1.

Характеристики похожего макета с другой пленкой показаны на рис. 2. В качестве волновода в ППФ использовалась пленка железо-иттриевого граната с толщиной 9 мкм. В конструкции экспериментального макета не использовались дополнительные элементы, увеличивающие развязку между входом и выходом, поэтому внеполосные потери были не высоки и составляли около 40-50 дБ.

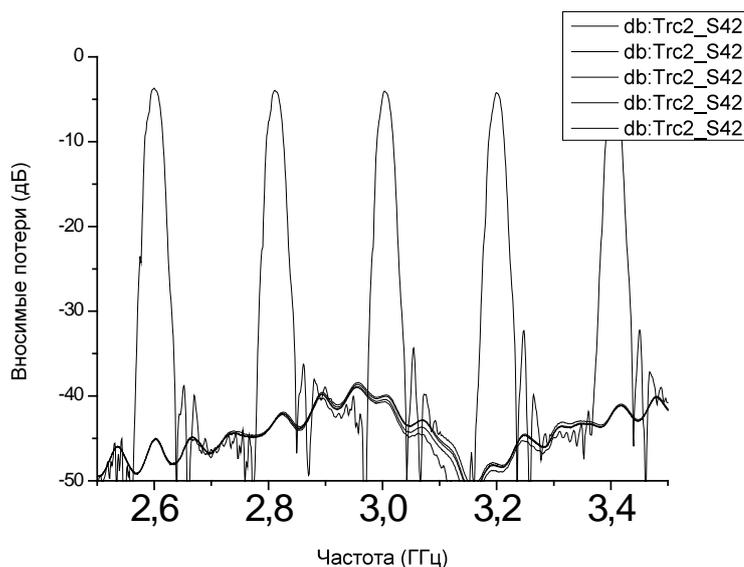


Рис.2.

Результаты измерений показали, что в диапазоне магнитных полей от 895 Э до 1242 Э диапазон перестройки фильтра составлял 2.6-3,4 ГГц. В этом диапазоне минимальные вносимые потери составляли 3.5-4 дБ, а обратные - более 20 дБ. Полоса пропускания по измеренному уровню -3 дБ от уровня минимальных вносимых потерь, составляла 20-25 МГц. Крутизна скатов АЧХ вне полосы пропускания варьировалась в интервале 0.7-3.5 дБ/МГц. Низкочастотная паразитная полоса пропускания, как и в случае первого фильтра, отсутствует.

Библиографический список

- [1] Б.А.Калиникос, А.Б.Устинов, С.А.Баруздин. Спин-волновые устройства и эхо-процессоры. Монография / Под ред. В.Н. Ушакова. - М.: Радиотехника, 2013.