

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 537.87+517.958

DOI: 10.17223/00213411/63/9/3

*Б.А. БЕЛЯЕВ^{1,2}, А.В. ИЗОТОВ^{1,2}, Ан.А. ЛЕКСИКОВ¹, П.Н. СОЛОВЬЕВ^{1,2}, В.В. ТЮРНЕВ¹***ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ
НА ОСНОВЕ НЕРЕГУЛЯРНОГО ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВОГО МИКРОПОЛОСКОВОГО
РЕЗОНАТОРА С ТОНКОЙ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКОЙ ***

Теоретически исследованы характеристики удвоителя частоты на резонансной микрополосковой структуре с тонкой магнитной пленкой. Электродинамический расчет структуры выполнен в рамках квазистатического приближения. Нелинейный отклик намагниченности пленки вычислен с учетом членов второго порядка в уравнении Ландау – Лифшица. Рассчитана амплитудно-частотная характеристика микрополоскового резонатора. Показано, что благодаря использованию резонансной схемы достигается высокая эффективность преобразования энергии входного сигнала в выходной сигнал на удвоенной частоте. Определены оптимальные значения величины и направления внешнего постоянного магнитного поля, обеспечивающего максимальную выходную мощность на удвоенной частоте.

Ключевые слова: микрополосковый резонатор, тонкая магнитная пленка, умножение частоты, нелинейные колебания намагниченности.

Введение

Широкие исследования высокочастотных свойств ферромагнитных материалов, начатые с момента экспериментального открытия В.К. Аркадьевым ферромагнитного резонанса (ФМР) [1], привели к созданию многочисленных ферритовых устройств сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Работа большинства таких устройств основана на использовании так называемых эффектов первого порядка, обусловленных линейной связью между высокочастотной намагниченностью и внешним переменным магнитным полем. Однако при относительно больших амплитудах СВЧ-поля ферромагнитная среда может проявлять ярко выраженные нелинейные свойства. С нелинейностью второго порядка связаны обнаруженные ранее эффекты детектирования сигнала [2], преобразования [3] и удвоения частоты [4]. Эти эффекты являются квадратичными к амплитуде СВЧ-поля, поэтому проявляются только при достаточно больших полях, однако на них основана работа многих ферромагнитных СВЧ-устройств. Среди таких устройств можно выделить удвоители частоты, представляющие собой отрезок прямоугольного волновода с ферритовым образцом [4–6]. Исследования устройств показали, что мощность сигнала на удвоенной частоте существенно зависит от формы образца – максимум наблюдался для касательно намагниченной ферритовой пластины, в которой эллиптичность прецессии намагниченности значительно возростала по сравнению со сферическим образцом [7]. При этом эффективность генерации второй гармоники можно повысить, если для возбуждения колебаний намагниченности использовать резонатор, в котором при той же мощности входного сигнала амплитуда СВЧ-колебаний значительно выше [8].

В последние годы все большее количество работ посвящено исследованию нанокристаллических тонких магнитомягких пленок (ТМП) [9–13]. Такие материалы по сравнению с ферритами имеют в несколько раз большую намагниченность насыщения. Поэтому они обладают более высокой магнитной проницаемостью в СВЧ-диапазоне. Для возбуждения колебаний в пленках удобнее всего использовать микрополосковые линии передачи (МПЛ). Это обеспечивает более высокий коэффициент заполнения планарной конструкции магнитным материалом, а значит, более эффективное взаимодействие намагниченности с электромагнитной волной. Важно отметить, что микрополосковые устройства с ТМП технологичны в изготовлении, весьма миниатюрны и совместимы с интегральными планарными технологиями. В ряде работ уже была продемонстрирована возможность использования нелинейных свойств ТМП для умножения [14, 15] и преобразования [16] частоты, а также для параметрического усиления входного сигнала [17]. Важно, что такие исследования имеют не только научное, но и большое прикладное значение, так как нелинейные уст-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-72-10047.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>