

УСИЛЕНИЕ БЕГУЩИХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАКАЧКОЙ

*А.В.Вашковский, В.И.Зубков, И.В.Круценко¹⁾,
Г.А.Мелков¹⁾*

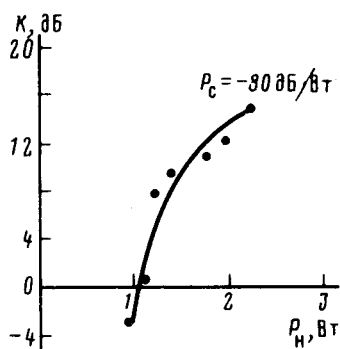
Впервые экспериментально обнаружено параметрическое возбуждение поверхностных магнитостатических волн, исследованы особенности этого процесса, связанные как с природой поверхностных магнитостатических волн, так и с параметрическим возбуждением различных групп спиновых волн.

Хотя параметрическое возбуждение собственных колебаний тонкой ферритовой пленки изучено и экспериментально и теоретически (см., например, ¹⁾, исследование параметрического возбуждения бегущих поверхностных магнитостатических волн (ПМСВ) ограничилось лишь одной теоретической работой ²⁾, поскольку казалось более перспективным усиление ПМСВ с помощью дрейфующих под действием электрического поля носителей заряда в полупроводниковой пленке (см., например, ³⁾, так как в этом случае в принципе можно усиливать только заданную ПМСВ. При параметрическом возбуждении происходит одновременное возбуждение двух ПМСВ, распространяющихся по разным поверхностям ферритовой пленки (по границам пленка – воздух, пленка – подложка) в противоположных направлениях ²⁾, и возможно параметрическое возбуждение спиновых волн, частота которых совпадает с частотой ПМСВ. Однако из-за ряда физических причин ³⁾ усиление в структурах феррит-полупроводник до сих пор не получено, а между тем использование ПМСВ в линиях задержки с заранее заданным законом дисперсии, в различных фильтрах и в невязимых

¹⁾ Киевский государственный университет им. Т.Г.Шевченко

устройствах требует их усиления. Вследствие этого исследование параметрического усиления бегущих ПМСВ становится актуальным, особенно в экспериментальном аспекте. Ниже приводятся результаты такого эксперимента.

В эксперименте использовался простейший макет устройства на магнитоэлектрических волнах (МСВ): две несвязанные между собой параллельные микрополосковые линии на общем полноразмерном основании и пленка из железо-иттриевого граната (ЖИГ) на подложке из галлий-гадолиниевых граната (ГГГ), перекрывающая микрополосковые линии. В центре пленки ЖИГ со стороны подложки из ГГГ находился объемный открытый диэлектрический резонатор накачки. Пленка ЖИГ имела следующие параметры: намагниченность насыщения $4\pi M_0 = 1750$ Гс, ширина резонансной линии $2\Delta H = 0,5$ Э, толщина 9,6 мкм. Тип возбуждаемой МСВ контролировался по зависимости времени задержки от постоянного магнитного поля. Потери энергии сигнала при распространении от входной к выходной микрополосковой линии составили 22 дБ. Использовалась "параллельная накачка", которая требует меньшей мощности, чем "поперечная"², т. е. магнитное поле резонатора накачки на пленке ЖИГ было параллельно постоянному магнитному полю. Частота ПМСВ была $\sim 4,7$ ГГц, а частота накачки — $\sim 9,4$ ГГц; величина постоянного магнитного поля $H \sim 940$ Э. Во избежание нагревания пленки ЖИГ генератор накачки работал в импульсном режиме. Длительность импульсов сигнала и накачки — 20 мкс, частота повторений — 50 Гц.



Зависимость коэффициента усиления K от мощности накачки P_H

Впервые получено усиление бегущей ПМСВ: сигнал на выходной микрополосковой линии превышал сигнал на входной микрополосковой линии на 16 дБ при мощности накачки $P_H = 2,2$ Вт. Полоса пропускания составила 8 МГц. Усиленный импульс задержан относительно импульса накачки на 3 мкс. Зависимость коэффициента усиления K от мощности накачки P_H изображена на рисунке ($P_c = -80$ дБ/Вт).

При усилении ПМСВ имели место эффекты, во многом аналогичные случаю усиления колебаний СВЧ с использованием магнитоэлектрических типов прецессии в монокристаллических образцах ферритов^{1, 4, 5}. Основной из них заключался в том, что вслед за усилением ПМСВ при увеличении мощности накачки происходило параметрическое возбуждение различных групп спиновых волн и коллективных колебаний этих волн^{4, 5}. Вследствие этого усиление сигнала происходило лишь в течение нескольких микросекунд после включения импульса накачки и усиленный импульс имел колоколообразную форму. Длительность импульса сложным образом зависела от мощности накачки, поля подмагничивания, соотношения частот сигнала и накачки и составляла по полуширине импульса $0,5 \div 2$ мкс. Время задержки, составлявшее 3 мкс при мощностях накачки $P_H \leq 1$ Вт, за порогом параметрического возбуждения спиновых волн плавно уменьшалось до 1 мкс при $P_H = 2,4$ Вт. Электронное (физическое) усиление достигало 40 дБ и начиналось при $P_H \sim 0,1$ Вт, что при учете электродинамических характеристик макета совпадает с теоретической оценкой². Полная компенсация потерь ПМСВ на распространение (22 дБ) имела место при $P_H \sim 1$ Вт.

Усиление ПМСВ наблюдается при постоянном магнитном поле H_0 , соответствующему максимуму прохождения сигнала от входной микрополосковой линии к выходной. Однако при точной настройке ($H = H_0$) при мощностях накачки $P_H \gtrsim 1$ Вт имела место генера-

ция, приводящая к появлению на выходе импульса, форма которого совпадала с формой усиленного импульса. Мощность излученного сигнала на обеих микрополосковых линиях имели величину порядка единиц микроватт. Для устранения этой генерации и наблюдения устойчивого усиления величина постоянного магнитного поля устанавливалась на $\sim 0,3$ Э меньше H_0 .

Еще одна область генерации наблюдалась при поле $H \sim H_0 + 4$ Э. При этом мощность излученного сигнала на обеих микрополосковых линиях имела величину порядка сотни микроватт, а его длительность была равна длительности импульса накачки. В этом случае, по видимому, излучение было обусловлено параметрическим возбуждением спиновых волн с последующим их переизлучением через длинноволновые магнитостатические колебания⁵. Косвенным доказательством этого является отсутствие какого-либо влияния сигнала на амплитуду излучения в этой области генерации. Минимальный порог параметрического возбуждения спиновых волн, определенный по сколу импульса накачки⁴, составлял 50 мВт. Заметное излучение при генерации в поле $H_0 + 4$ Э наступало при $P_H \sim 1$ Вт.

Литература

1. Вендик О.Г., Калиникос Б.А., Чарторижский Д.Н. ФТТ, 1977, 19, 387.
2. Беснятых Ю.И., Зубов В.И. Радиотехника и электроника, 1974, 19, 201.
3. Вашковский А.В., Лебедь Б.М., Зубков В.И., Беснятых Ю.И. Обзоры по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1979, №6, (620).
4. Захаров В.Е., Львов В.С., Старобинец С.С. УФН, 1974, 114, 609.
5. Круценко И.В., Львов В.С., Мелков Г.А. ЖЭТФ, 1978, 75, 1114.