

НАБЛЮДЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

А.В.Вашковский, Э.Г.Локк

Институт радиотехники и электроники РАН

141120 Фрязино, Россия

Поступила в редакцию 4 июля 1994 г

Предложена методика и осуществлен эксперимент по непосредственному наблюдению параметрической неустойчивости поверхностной магнитостатической волны – трехмагнногого процесса распада – в пленке железиттриевого граната.

В последнее десятилетие появилось много работ, посвященных исследованию параметрической неустойчивости безобменных спиновых волн (чаще называемых магнитостатическими волнами – МСВ) в ферритовых пленках [1]. Особый интерес вызывают нелинейные явления, связанные с поверхностной магнитостатической волной. Это объясняется 1) одномодовым характером этой волны и 2) легкостью возбуждения ее в пленке.

Возбуждение исследуемых поверхностных магнитостатических волн в пленке осуществляется полосковой линией, проходящей по поверхности ферритовой пленки. Независимо от того, по узкой или широкой полоске подводятся СВЧ колебания, под полоской образуется область однородного магнитного поля СВЧ, которое может выступать параметрической накачкой независимо от возбуждаемой поверхностной магнитостатической волны. В этом случае можно считать, что нелинейные явления развиваются без участия в накачке поверхностной магнитостатической волны, последняя лишь переносит информацию о параметрической неустойчивости из области ее существования на приемную антенну (полосковую линию, лежащую на поверхности пленки на некотором расстоянии от возбуждающей полоски). Иными словами, никакой эксперимент, поставленный таким образом, не может дать ответа на вопрос – что именно является параметрической накачкой: однородное поле под полосковой линией или возбужденная ею магнитостатическая волна? Ибо и пороговые характеристики и запороговые явления в обоих случаях идентичны.

Ниже описывается эксперимент, однозначно демонстрирующий параметрическую неустойчивость поверхностной магнитостатической волны.

Идея эксперимента заключается в создании условий, при которых в пленке существовала бы область вдали от возбуждающего элемента (полосковой линии) с плотностью мощности поверхностной магнитостатической волны, большей порогового уровня трехмагнногого процесса распада, но при этом плотность мощности в районе возбуждающего элемента была бы меньше порогового уровня. Эти условия удалось реализовать при возбуждении в пленке железиттриевого граната (ЖИГ) двух пересекающихся лучей поверхностных магнитостатических волн. Заметим, что пересечение лучей можно осуществить только в случае неколлинеарного распространения поверхностных магнитостатических волн (вектор лучевой скорости V_g неколлинеарен вектору фазовой скорости V_{ph}).

В эксперименте использовалась пленка ЖИГ толщиной 13 мкм, диаметром 76 мм, с намагниченностью насыщения $4\pi M_0 = 1750$ Гс и средней по площади

пленки $\Delta H = 0,47 \text{ Э}$. Пленка была намагничена касательно плоскости постоянным однородным полем, равным 500 Э . В этих условиях поверхностная магнитостатическая волна могла распространяться в интервале частот $3020\text{--}3660 \text{ МГц}$, и процесс параметрической неустойчивости ее (трехмагнный процесс распада) разрешен для всего этого интервала. В эксперименте частота колебаний была выбрана 3212 МГц .

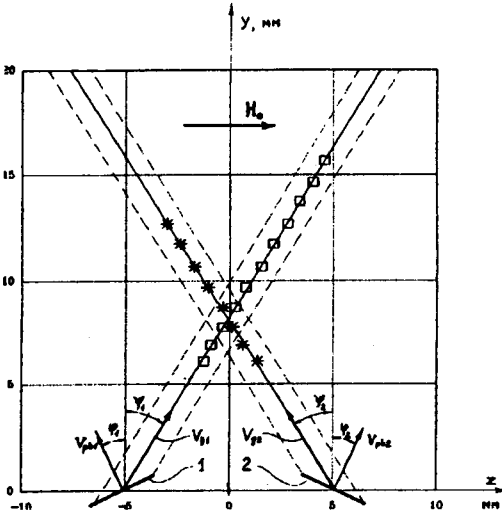


Рис.1

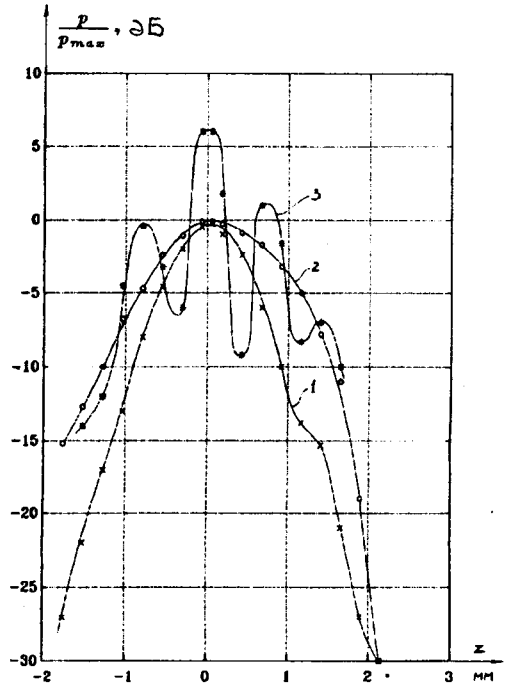


Рис.2

Рис.1. Геометрия эксперимента в плоскости ферритовой пленки: 1 – первый преобразователь, 2 – второй преобразователь; точками показаны траектории лучей поверхностной МСВ, измеренные зондом по максимуму принимаемого сигнала

Рис.2. Нормированные к максимуму профили лучей поверхностной МСВ, измеренные зондом в линейном режиме вдоль прямой, параллельной полю H_0 и проходящей через точку пересечения лучей: кривая 1 – профиль первого луча (при этом второй луч не возбуждался), 2 – профиль второго луча (при этом первый луч не возбуждался), 3 – интерференция двух лучей МСВ

Два неколлинеарных луча поверхностных магнитостатических волн возбуждались от одного СВЧ генератора через делитель мощности двумя отрезками полосковых линий, лежащих на поверхности пленки ЖИГ. Длина этих возбуждателей была $3,5 \text{ мм}$, они были разнесены на расстояние 10 мм и ориентированы симметрично относительно оси коллинеарного распространения (направления, перпендикулярного направлению поля подмагничивания) под углами $\varphi_{1,2} = \pm 25^\circ$. Групповые скорости волн имели направление $\psi_{1,2} = \mp 32^\circ$, соответственно. Ориентация возбуждателей, фазовых и групповых скоростей показаны на рис.1. Из дисперсионного соотношения нетрудно определить величину волнового числа, она получается равной 110 см^{-1} . Заметим, что неколлинеарный пучок хорош еще тем, что он имеет небольшую расходимость в плоскости

пленки, что позволяет легче получить нужную плотность мощности в точке пересечения пучков [2]. Измерения затухания колебаний вдоль лучей показали, что нам удалось выполнить еще одно важное условие осуществления эксперимента, а именно получить затухание, меньшее 3дБ, при распространении волны от возбудителя до точки пересечения лучей (это необходимое условие достижения порогового уровня мощности в точке пересечения двух лучей).

Направления распространения лучей, профили их и мощности в лучах контролировались подвижным зондом длиной 0,5мм из проволоки толщиной 12мкм. Точки вдоль траекторий лучей, соответствующие измеренному максимуму мощности в луче, отмечены на рис.1. Распределение мощности по сечениям пучков в точке пересечения показано на рис.2 (кривые 1, 2). Измерения сделаны при уровне мощности ниже порогового. Ширина пучка по уровню -3дБ в поперечном сечении была порядка 1,2мм. (На рис.2 приведены сечения, измеренные в направлении поля подмагничивания.) При возбуждении двух лучей одновременно в области пересечения наблюдается интерференция колебаний (кривая 3 на рис.2). Видно, что область синфазного сложения колебаний имеет размер порядка 0,3 мм. Для получения синфазности колебаний в области пересечения лучей в один из каналов после делителя мощности был включен фазовращатель.

Опыт по наблюдению параметрической неустойчивости проводился в два этапа.

На первом этапе СВЧ колебания, модулированные меандром с частотой 1кГц, подавались от генератора через делитель мощности на оба возбудителя. Один из них нагружался на согласованную нагрузку, а второй возбуждал в пленке луч поверхностной магнитостатической волны. Зондом, движущимся вдоль этого луча, измерялся пороговый уровень мощности, приводящий к параметрической неустойчивости. Этот уровень отмечался по сколу вершины импульса, наблюдаемому на осциллографе. Определялся уровень мощности, подводимый к возбудителю, при котором вдоль всего луча волна устойчива. Затем такая же процедура проделывалась со вторым возбудителем.

Измерения показали некоторое различие в пороговой мощности на первом и втором возбудителях: $P_{th1} = 4,90$ мкВт, $P_{th2} = 4,95$ мкВт. Это объясняется неидеальной идентичностью возбудителей и неоднородностью ΔH вдоль распространения луча.

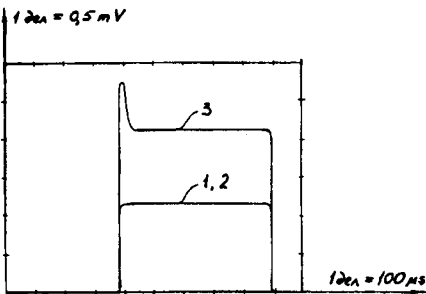


Рис.3. Осциллограммы импульсов в точке пересечения лучей поверхностной МСВ: 1, 2 — форма импульса при поочередном возбуждении лучей, 3 — при одновременном возбуждении лучей

На втором этапе измерений возбуждались одновременно оба луча. Мощность на каждом возбудителе была установлена немного меньше пороговой для области возбудителя, при этом мощность вдоль каждого луча была меньше

пороговой, что проверялось зондом. Однако суммарная мощность в центральной части области пересечения лучей превосходила пороговый уровень, что четко фиксировалось по сколу импульса. Осциллограммы импульсов показаны на рис.3.

Таким образом, впервые осуществлено непосредственное наблюдение параметрической неустойчивости поверхностной магнитостатической волны (трехмагнотонный процесс распада).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 94-02-03507).

-
1. А.Г.Гуревич, Г.А.Мелков, Магнитные колебаний и волны, М.: Наука, 1994.
 2. А.В.Вашковский, К.В.Гречушкин, А.В.Стальмахов и др., РЭ **33**, 876 (1988).