

ОСОБЕННОСТИ ТРЕХМАГНОННОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
РАСПАДА ВОЛН НАМАГНИЧЕННОСТИ В ПЛЕНКАХ ЖИГ
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИН.Г. К о в ш и к о в, П.А. К о л о д и н,
А.Н. С л а в и н

В последние годы процессы трехмагنونного параметрического распада бегущих волн намагниченности в пленках железо-иттриевого граната (ЖИГ) активно изучаются как теоретически, так и экспериментально в связи с возможностью использования этих процессов для построения принципиально новых нелинейных устройств обработки сигналов [1].

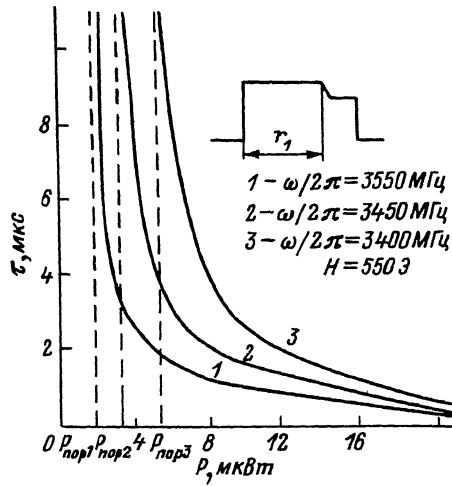
В теоретических работах, а также с помощью измерений, проведенных при непрерывном возбуждении, установлено, что трехмагنونные параметрические процессы в ферромагнитных пленках (ФП) отличаются от аналогичных процессов в „объемных“ ферромагнетиках [2] рядом существенных особенностей, связанных с дискретностью спектра волн намагниченности в ФП [3–5] и локальным характером возбуждения этих волн полем микрополосковой антенны [6, 7]. Измерения частотных зависимостей мощностных порогов трехмагنونного параметрического распада в ФП, выполненные в импульсном [8] и непрерывном [9] режимах, показали существование широких частотных областей с очень низкими величинами порогов. Минимальные значения пороговых мощностей для высококачественных пленок ЖИГ ($2\Delta H = 0.3-0.4$ Э) составляли доли микроватта.

В настоящей работе экспериментально исследован трехмагنونный распад волн намагниченности в касательно намагниченной пленке ЖИГ при импульсном возбуждении и обнаружено новое явление: „просветление“ спин-системы ФП на частоте распадающейся волны намагниченности (накачки), возникающее при больших превышениях входной мощности над порогом через несколько сотен наносекунд после завершения развития процесса параметрического распада (т.е. за задним фронтом „лика просачивания“).

Условия эксперимента были аналогичны условиям экспериментов в работах [8, 10]. Исследования проводились на макете спин-волновой линии задержки, состоящей из двух антенн, сформированных методом фотолитографии на разрезной поликоровой подложке. Расстояние между антеннами изменялось в пределах 2–12 мм. Пленка ЖИГ помещалась в макет и намагничивалась внешним магнитным полем, лежащим в плоскости пленки и направленным вдоль осей антенн.

На входную антенну подавались радиоимпульсы длительностью 0.1–100 мкс с несущей частотой 3.3–3.6 ГГц. Сигнал с выходной антенны детектировался, и его огибающая регистрировалась осциллографом. Входная мощность устанавливалась с помощью калиброванного аттенюатора. Линия задержки на каждой частоте согласовывалась с СВЧ трактом ($K_{СВЧ} < 1.5$).

Рис. 1. Зависимости времени развития параметрической неустойчивости τ от мощности входного импульсного сигнала, полученные при трех значениях несущей частоты ω .



Для определения характера развития трехмагнотной параметрической неустойчивости в ФП регистрировалась форма прошедшего радиоимпульса. Порог возникновения процессов распада линейно возбуждаемой волны намагниченности фиксировался по появлению характерного „скола” на

огibaющей выходного импульса. Оказалось, что при фиксированном значении входной мощности $P_{вх}$, лежащем в области малых превышений над порогом неустойчивости, образование „скола” происходит через аномально большое время τ_1 , достигающее 20–100 мкс и зависящее от частоты (волнового числа) распадающейся волны. С увеличением входной мощности время развития неустойчивости τ_1 резко уменьшается (рис. 1). При больших превышениях $P_{вх}$ над порогом неустойчивости ($P_{вх} / P_{пор} \approx 10$) на выходном импульсе остается „пик просачивания”, длительность которого слабо зависит от частоты и составляет около 0.5 мкс. Такая же длительность „пики просачивания” характерна для высококачественных „объемных” образцов ЖИГ [2].

Существенная особенность развития трехмагнотной параметрической неустойчивости в пленке ЖИГ по сравнению с аналогичным процессом в объемных образцах была зафиксирована нами при больших превышениях входной мощности над порогом ($P_{вх} / P_{пор} \sim 10^3$) в случае распада длинных ($k < 100 \text{ см}^{-1}$) поверхностных волн намагниченности частоты ω . Частота параметрически возбуждаемых волн $\omega/2$ при этом оказывалась вблизи „дна” спектра объемных волн намагниченности ФП [5, 6]. Особенность состояла в формировании второго (дополнительного) „пики просачивания” сигнала на частоте ω через 200–400 нс после окончания первого „пики просачивания” длительности τ_1 . Заметим, что групповое время задержки линейного сигнала на частоте накачки в данном эксперименте составляло 20–50 нс.

Характерные осциллограммы огibaющей выходного сигнала на частоте $\omega/2\pi = 3358 \text{ МГц}$, демонстрирующие образование дополнительного „пики просачивания” при изменении напряженности подмагничивающего постоянного поля H и входной мощности $P_{вх}$,

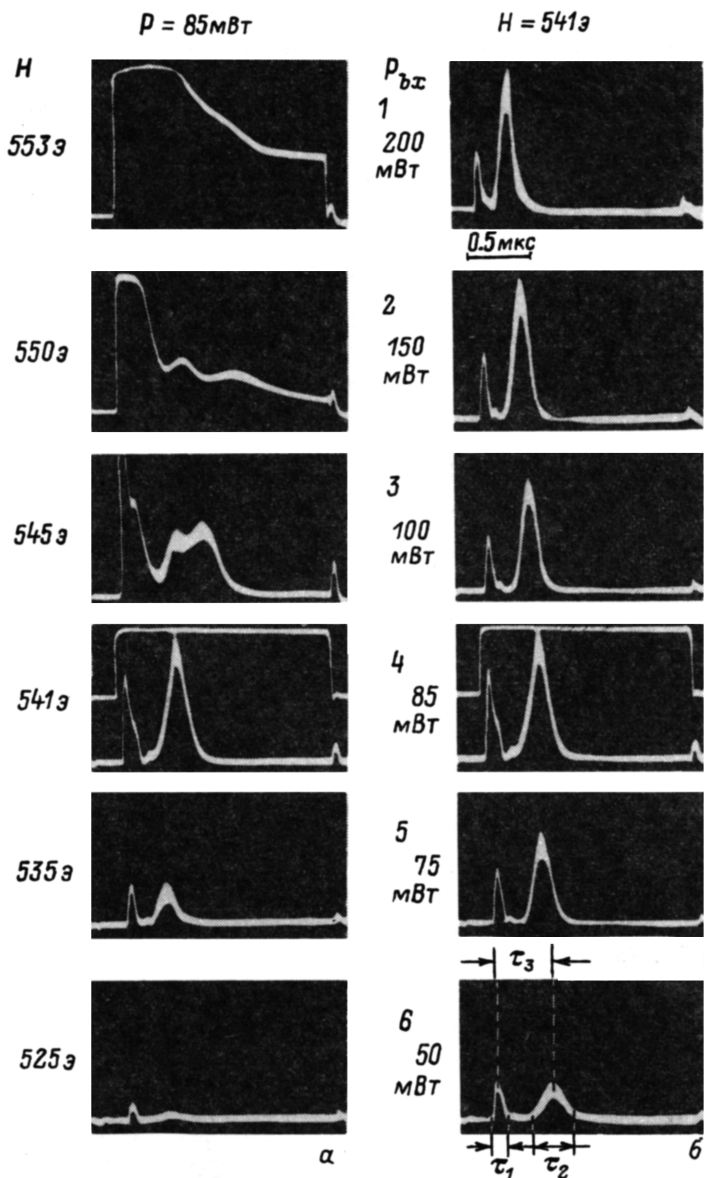


Рис. 2. Осциллограммы огибающей выходного сигнала, демонстрирующие образование дополнительного „пика просачивания“ при изменении напряженности подмагничивающего постоянного поля H (а) и входной мощности $P_{\text{вх}}$ (б). Верхние осциллограммы а(4), б(4) показывают положение и форму огибающей входного сигнала.

приведены на рис. 2, а, б. Видно, что при данной частоте ω и фиксированном значении $P_{вх} = 85$ мВт существует оптимальное поле $H = 541$ Э, при котором амплитуда дополнительного „пика просачивания“ наибольшая (рис. 2, а (4)). При фиксированном поле подмагничивания ($H = 541$ Э) амплитуда дополнительного „пика просачивания“ растет, а длительность этого пика τ_2 и его задержки τ_3 относительно фронта входного импульса, убывает с ростом $P_{вх}$ (рис. 2, б).

Описанное явление „просветления“ спин-системы ФП может быть связано с нарушением фазового синхронизма между волной накачки и параметрически возбужденными волнами. Другим возможным механизмом „просветления“ является процесс слияния параметрически возбужденных волн намагниченности с образованием новой волны на частоте накачки. В процессе такого слияния, в частности, может образовываться и уединенная волна намагниченности солитонного типа [11].

Для отчетливого выяснения природы описанного явления требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования.

С точки зрения практики, существование эффекта „просветления“ следует учитывать при конструировании таких нелинейных приборов обработки сигналов, как шумоподавители и ограничители мощности на основе пленок ЖИГ [1].

Авторы выражают благодарность Б.А. Калиникосу за многочисленные ценные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

- [1] Stitzer S.N., Emtage P.R. // Circuits Systems and Signal Processing. 1985. V. 4. N 1-2. P. 227-252.
- [2] Лакс Б., Баттон К. Сверхвысокочастотные ферриты и ферримагнетики. М.: Мир, 1965. 352 с.
- [3] Вендик О.Г., Калиникос Б.А., Чарто-рижский Д.Н. // ФТТ. 1977. Т. 19. № 2. С. 387-396.
- [4] Медников А.М. // ФТТ. 1981. Т. 23. № 1. С. 242-245.
- [5] Темирязов А.Г. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 2. С. 313-319.
- [6] Калиникос Б.А. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. № 13. С. 811-814.
- [7] Мелков Г.А., Шолом С.В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 11. С. 3257-3261.
- [8] Калиникос Б.А., Ковшиков Н.Г., Колдин П.А. Тезисы докладов II Вс. школы-семинара „Спинволновая электроника СВЧ“. Ашхабад, 1985, с. 77-78.

- [9] Гусев Б.Н., Гуревич А.Г., Анисимов А.Н., Чивилева О.А., Винник М.А., Березин И.Л. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 10. С. 2969-2974.
- [10] Дудко Г.М., Казаков Г.Т., Кожевников А.В., Филимонов Ю.А. Тезисы докладов региональной конференции "Спиральные явления электроники СВЧ", Краснодар, 1987, с. 119-120.
- [11] Карамзин Ю.Н., Сухорукоев А.П., Филичук Т.С. // Вестник МГУ, серия физика, астрономия. 1978. Т. 19. № 4. С. 91-98.

Ленинградский
электротехнический
институт им В.И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
18 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1
05.4; 12

12 января 1989 г.

ТОНКОСТЕННЫЙ НИОБИЕВЫЙ ЦИЛИНДР КАК СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ КВАНТОВЫЙ МАГНИТОМЕТР

В.М. Закосаренко, Е.В. Ильичев,
В.А. Тулин

Обычно при исследовании одноконтанных скивдов (ВЧ-скивдов) измеряют напряжение на резонансном контуре \mathcal{U}_\sim , индуктивно связанном с датчиком скивда, в зависимости от тока накачки контура I_\sim (ВЧ-ВАХ) и зависимость \mathcal{U}_\sim от постоянного магнитного потока через контур датчика скивда при фиксированном I_\sim (сигнальная характеристика скивда) [1].

При исследовании пленочных ВЧ-скивдов на ВЧ-ВАХ некоторых образцов мы обнаружили нелинейности при уровнях накачки, не достигающих характерного плато на ВЧ-ВАХ скивда, т.е. когда индуцированный экранирующий ток в скивде меньше критического тока слабой связи. Соответствующие этим особенностям сигнальные характеристики (магнитный поток Φ в скивде создавался введением постоянного тока I_0 в катушку связи) были периодичны, причем период по магнитному потоку через площадь контура датчика для различных образцов варьировался в пределах 5-30 Φ_0 ($\Phi_0 = = \pi \hbar / e$ - квант магнитного потока).

Мы предположили, что наблюдаемые особенности не связаны со свойствами слабой связи, поскольку при таких уровнях I_\sim слабая связь находится в сверхпроводящем состоянии, и приготовили образцы без джозефсоновского контакта. На боковую поверхность вращающегося кварцевого цилиндра \varnothing 0.9 мм магнетронным распылением наносился ниобий толщиной 800-1000 Å. Образцы длиной 5-15 мм помещались в катушку связи \varnothing 1 мм, намотанную в один слой медным проводом \varnothing 0.1 или 0.05 мм, которая включалась