

го устройства (рис. 2, а) и АОЭП (рис. 2, б). Из сравнения кри-
вых видно хорошее соответствие положения, структуры и яркости
двух локальных источников на Солнце, зарегистрированных обоими
приемными устройствами, что подтверждает работоспособность и
правильность выбора параметров макета АОЭП, достоинствами ко-
торого (по сравнению с фильтровым) являются компактность, малое
энергопотребление, простота настройки каналов и управления их ха-
рактеристиками.

Л и т е р а т у р а

- [1] М а й о р о в С.А., О ч и н Е.Ф., Р о м а н о в Ю.Ф.
Оптические аналоговые вычислительные машины, Л.: Энергоатом-
издат, 1983. 117 с.
- [2] С м о л ь к о в Г.Я. - Изв. вузов, Радиопизика, 1983, т.26,
№ 11, с. 1403-1427.
- [3] М о л о д ь к о в С.А., Н о в и ц к и й А.П., С а е н -
к о И.И. Современное состояние и перспективы оптических ме-
тодов передачи, хранения и обработки информации. Сб. под ред.
С.Б. Гуревича, Л., 1984, с. 239-244.
- [4] Е с е п к и н а Н.А., М о л о д ь к о в С.А., С а е н -
к о И.И. Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, № 2, с. 118-123.
- [5] М о л о д ь к о в С.А. - Приборы и техника эксперимента,
1987, № 3, с. 71-75.

Ленинградский политехнический
институт им. М.И. Калинина

Поступило в Редакцию
15 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 7

12 апреля 1988 г.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ КОРОТКИХ ОБМЕННЫХ СПИНОВЫХ ВОЛН В КАСАТЕЛЬНО НАМАГНИЧЕННЫХ ПЛЕНКАХ ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА В НЕОДНОРОДНОМ СВЧ ПОЛЕ

П.Е. З и л ь б е р м а н, Н.С. Г о л у б е в,
А.Г. Т е м и р я з е в, В.М. Д я т л о в

Параметрические распадные процессы в ферромагнетиках могут
служить источником коротких спиновых волн. В массивных образцах
(например, в шариках) даже при небольшом превышении порога воз-
буждается пучок спиновых волн с различными направлениями распро-
странения [1]. В пленках из-за сильной анизотропии формы дости-
гается более высокая степень селекции волн [2-4]. В данной ра-
боте мы хотим сообщить об экспериментах, в которых обнаружено

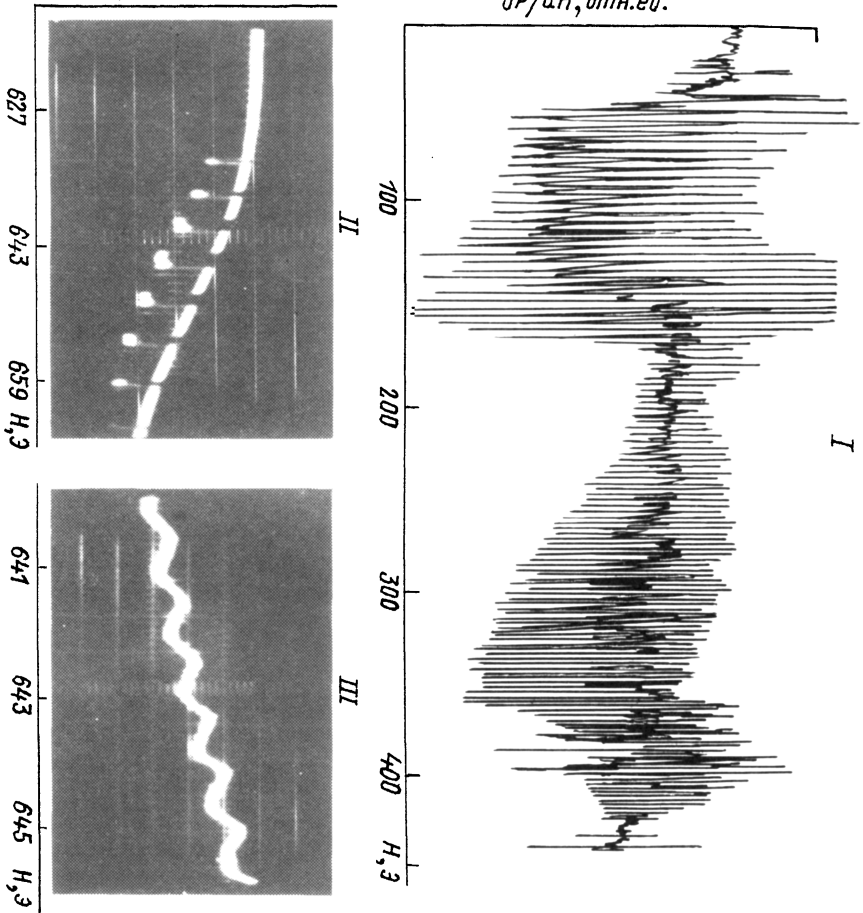
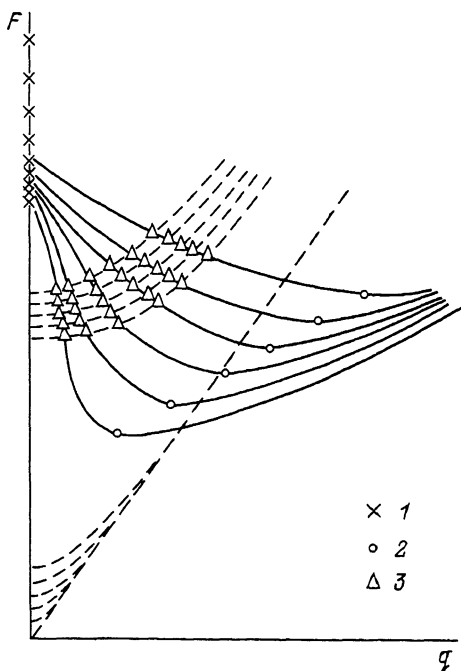
$\rho, \text{отн.ед.}$ $\partial\rho/\partial H, \text{отн.ед.}$ 

Рис. 1. Три серии осцилляций: I - осцилляции с меняющимся периодом, $d = 20$ мкм, $f = 5.617$ ГГц; II - осцилляции с почти постоянным периодом, $d = 30$ мкм, $f = 5.0$ ГГц; III - почти гармонические осцилляции с малым периодом, $d = 12.4$ мкм, $f = 5.090$ ГГц.

дальнейшее увеличение степени селекции волн, параметрически возбуждаемых в пленках железо-иттриевого граната (ЖИГ), если возбуждающее СВЧ поле δH берется пространственно неоднородным (локализованным).

Исследовались пленки различной толщины $d < 50$ мкм, касательно намагниченные в поле H . К пленке прижималась микрополосковая антенная система, которая обеспечивала присутствие переменного магнитного поля δH в малой области, линейные размеры которой составляли ~ 100 мкм. Измерялась отраженная от антенной

Рис. 2. Схема для иллюстрации природы параметрически возбуждаемых волн: сплошные линии - законы дисперсии упругих волн Лэмба, $\vec{q} \parallel \vec{H}$, $q \equiv |\vec{q}|$; точки 1, 2, 3 соответствуют частотам F_n^I , F_n^{II} , F_n^{III} (частотам параметрически возбуждаемых волн в I-й, II-й, III-й сериях).



системы мощность ρ в зависимости от магнитного поля H при различных значениях мощности ρ' и частоты f подаваемого на вход сигнала. При достижении некоторого порогового значения ρ' сигнал $\rho(H)$ становился осциллирующим с периодом ΔH . Можно было выделить три серии осцилляций (рис. 1).

Первая и вторая серии представляли собой узкие резонансные пики при $H = H_n$ (n - номер пика), а третья серия при небольших надкритичностях была почти гармонической. Период в первой серии ΔH^I увеличивался при уменьшении H , причем наибольшие наблюдавшиеся его значения составляли 2-6 Э при $d = 20-50$ мкм. Период второй серии ΔH^{II} практически не зависел от H и определялся толщиной d . При $d = 5-30$ мкм период ΔH^{II} составлял 25-4 Э. Период третьей серии $\Delta H^{III} < 1$ Э.

Чтобы интерпретировать эти наблюдения, было экспериментально определено отношение $\beta = \frac{\delta f}{\delta H_n}$ для I-й и II-й серий, где δH_n - сдвиг n пика при небольшой вариации частоты δf . Оказалось, что для I-й серии $\beta^I > 2\gamma$ (γ - гиромангнитное отношение) и растет по мере уменьшения f , причем при фиксированном f величина β не зависит от номера n . Таким образом, пики смещаются, как поля спин-волнового резонанса (СВР) [5] на частоте $F = f/2$, иными словами, I-я серия могла бы соответствовать последовательному совпадению различных частот F_n (рис. 2) с частотой $F = \frac{f}{2}$ при изменении H . Аналогичным путем для II-й серии получалось, что $\beta^{II} \approx 2\gamma$ и практически не зависит от H и f . Расчет показывает, что именно так должны смещаться с частотой f те значения H_n , при которых точки минимумов F_n^{II} на законе дисперсии спиновых волн с волновым вектором $\vec{q} \parallel \vec{H}$ (рис. 2) совпадают с частотой $F = \frac{f}{2}$. Было

предположено, что осцилляции вызваны параметрическим возбуждением волн на частотах СВЧ F_n^I и на частотах минимумов F_n^{II} . Исходя из этого предположения, были вычислены зависимости периодов $\Delta H^{I,II}(H)$, $\Delta H^{I,II}(f)$ и сравнены с экспериментальными. Удовлетворительное согласие теории с экспериментом получилось в широком интервале изменения H , f и для всех исследованных пленок с разными d . Что касается III-й серии, то предположив, что она тоже возникает из-за параметрической генерации волн $F = \frac{f}{2}$, мы обнаружили, что эти частоты совпадают с F_n^{III} на рис. 2, т.е. с частотами пересечений законов дисперсии спиновых волн и упругих волн Лэмба структуры пленка-подложка.

Поскольку частота $f \geq 5$ ГГц, то наблюдавшиеся серии вызваны именно распадами внутри области неоднородного СВЧ поля, а не распадами магнитоэстатических волн, распространяющихся из этой области, как это было в [6]. Можно видеть, что при распадах в I-й и II-й сериях рождаются волны с групповыми скоростями $\vec{v}_{гр} = 2\pi \frac{\partial F}{\partial q} = 0$. Это понятно, если учесть, что все прочие волны с $v_{гр} \neq 0$ быстро выносятся из неоднородной области возбуждения, поэтому порог для них должен возрасти [7]. Что же касается порога при $\vec{v}_{гр} = 0$, то он останется практически таким же, как и в однородном поле. Поскольку в однородном поле при $\vec{v}_{гр} = 0$ достигаются, как правило, минимумы порогов, то и в неоднородном поле эти минимумы сохранятся, но станут более контрастными, т.е. степень селекции волн возрастет. Именно по этой причине нам удалось наблюдать не только I-ю серию (она была видна и в однородном возбуждающем поле [2-4]), но II-ю и III-ю серии. III-я серия проявляется в наших экспериментах потому, что вследствие гибридизации спиновых и упругих волн Лэмба возникает волнистость их законов дисперсии (не показанная на рис. 2), вполне аналогичная волнистости, описанной для дипольно-обменных гибридных волн в работе [8]. Волнистость приводит к осцилляциям $v_{гр}$, а потому и амплитуды сигнала, возбуждаемого при параметрическом распаде неоднородной СВЧ накачки.

Наибольший номер осцилляций наблюдался нами в I-й серии для пленки с $d \approx 46$ мкм и составлял $n \approx 440$. Это позволяет оценить длину волны возбужденных спиновых волн $\lambda = 2a/n = 0.21$ мкм (или $q \sim 3.0 \cdot 10^5$ см⁻¹), а длину пробега таких волн оценить, как $Z > 100$ мкм. Добротность получается $Q \sim \frac{Z}{\lambda} > 400$. Таким образом, существует привлекательная возможность селективного возбуждения высокодобротных обменных спиновых волн в ферромагнитных пленках.

Авторы глубоко благодарны Ю.В. Гуляеву за внимание к работе и обсуждения.

- [1] Моносов Я.А. Нелинейный ферромагнитный резонанс. М.: Наука, 1971. 376 с.
- [2] Березин И.Л., Калинин Б.А., Ковшиков Н.Г., Оробинский С.П., Чарторижский Д.Н. - ФТТ, 1978, т. 20, № 7, с. 2101-2103.
- [3] Калинин Б.А., Ковшиков Н.Г., Кожусь Н.В. - ФТТ, 1984, т. 26, № 9, с. 2867-2869.
- [4] Калинин Б.А., Ковшиков Н.Г., Кожусь Н.В. ФТТ, 1985, т. 27, № 9, с. 2794-2796.
- [5] Саланский Н.М., Ерухимов М.Ш. Физические свойства и применение магнитных пленок. Новосибирск: Наука, 1975. 222 с.
- [6] Чивилева О.А., Гуревич А.Г., Анисимов А.Н., Гусев Б.Н., Вугальтер Г.А., Шер Е.С. - ФТТ, 1987, т. 29, № 6, с. 1774-1782.
- [7] Мелков Г.А., Шолом С.В. Краснодар: Региональная конференция "Спинволновые явления электроники СВЧ". Тезисы докладов, 1987, с. 109.
- [8] Огрин Ю.Ф., Луговской А.В. - Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 7, с. 421-424.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
8 декабря 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 7

12 апреля 1988 г.

КОМПЕНСАЦИЯ ПЕРЕОТРАЖЕНИЙ
В СВЧ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПАВ
ПРИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПО САМОСОВМЕЩЕННОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ФОТОЛИТОГРАФИИ

А.С. Андреев, Ю.В. Гуляев,
А.М. Кмита, И.А. Марков

В работах [1, 2] сообщалось о новом конструктивно-технологическом методе повышения предельных рабочих частот устройств на поверхностных акустических волнах (ПАВ), выполняемых на основе встречно-штыревых преобразователей (ВШП). Метод заключается в использовании в едином технологическом цикле операций как прямой, так и обратной фотолитографии. При этом межэлектродные промежутки в ВШП получают малой величины (0.2-0.5 мкм), а сами ВШП даже на рабочих частотах ~ 1 ГГц могут иметь коэффициент металлизации порядка 0.9. В этом случае коэффициент отражения K_1 от межэлектродного зазора шириной $\delta \ll \lambda_0$ связан с коэффи-