



**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ
ПЕРВОГО ПОРЯДКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОС НЕПРОПУСКАНИЯ
В СПЕКТРЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН
В ОДНОМЕРНОМ ФЕРРИТОВОМ МАГНОННОМ КРИСТАЛЛЕ**

*С.Л. Высоцкий, С.А. Никитов, Н.Н. Новицкий, Е.С. Павлов,
А.И. Стогний, Ю.А. Филимонов*

Экспериментально исследовано распространение поверхностных магнитостатических волн в одномерном магнотонном кристалле, полученном с помощью вытравливания на поверхности пленки железоиттриевого граната толщиной $d \approx 4.1$ мкм канавок шириной 56 мкм, глубиной 0.66 мкм с периодом 98 мкм, в условиях параметрической неустойчивости первого рода (трехмагнонной). Показано, что на участке магнотонного кристалла, отвечающем нелинейному режиму распространения поверхностных магнитостатических волн, полосы не пропускания в спектре этих волн не формируются вследствие нарушения фазового синхронизма падающей и отраженной от периодической решетки волн.

Ключевые слова: Ферритовый магнотонный кристалл, полоса не пропускания, параметрическая неустойчивость.

Исследование параметрических процессов при распространении магнитостатических волн (МСВ) в пленках ферритов представляет интерес как при фундаментальных исследованиях, так и для решения прикладных задач [1,2]. Дело в том, что при легко достигаемых в условиях эксперимента уровнях мощности накачки P [3–6] удается исследовать поведение системы магнонов далеко за порогом их параметрического возбуждения. С практической точки зрения нелинейные процессы могут быть использованы при разработке устройств обработки информации на СВЧ [7,8]. С момента начала исследований обнаружены и подробно описаны эффект насыщения мощности МСВ за порогом неустойчивости $P_{\text{пор}}$ [3] и усложнение спектра сигнала с выходного преобразователя [4], определены пороги неустойчивости [5], показана зависимость дисперсии и затухания поверхностных МСВ (ПМСВ) от уровня накачки [6], рассмотрены другие эффекты, сопровождающие распространение нелинейных МСВ.

В последние годы наблюдается всплеск интереса к исследованию ферритовых магнотонных кристаллов (МК), представляющих собой пленку железоиттриевого граната (ЖИГ) с поверхностной одномерной (1D) или двумерной (2D) периодической

структурой (см. [9–17], обзор публикаций в [11]). При распространении МСВ в МК в результате взаимодействия падающей на периодическую структуру и отраженных от нее волн в дисперсионной зависимости возникают «брегговские резонансы» – полосы непропускания с центральными частотами f_n ($n = 1, 2, \dots$), отвечающими величинам волновых чисел МСВ

$$q = \frac{\pi n}{d}, \quad (1)$$

где d – период поверхностной структуры. Исследование этого эффекта проводилось, в основном, в условиях линейного режима распространения МСВ. Нелинейные МСВ в МК рассмотрены лишь в нескольких работах [12–17], две из которых касаются влияния параметрических процессов на характеристики МСВ. В [13] в эксперименте с ПМСВ в 1D МК при увеличении P с 0.5 мВт до 80 мВт было обнаружено уменьшение величин f_n примерно на 0.1%. Следует отметить, что этот эффект обусловлен не наличием периодической структуры, а связан с тем, что при

$$P > P_{\text{пор}} \quad (2)$$

вблизи входного преобразователя в пленке феррита формируется «неравновесная» область протяженностью L , в которой действительная q' и мнимая q'' части волнового вектора ПМСВ являются функциями координаты y в направлении распространения ПМСВ: $q' = q'(y)$, $q'' = q''(y)$ [6]. При распространении ПМСВ по «неравновесной» области МК изменение дисперсионной зависимости $f = f(q)$ приводит к сдвигу частоты, отвечающей выполнению условия (2). Подчеркнем, что в [13] брегговские резонансы отчетливо наблюдались и при максимальном уровне $P = 80$ мВт. При исследовании распространения ПМСВ в 2D МК в [14] также отмечалось, что трехмагنونные параметрические процессы распада при $P < 10$ мВт не разрушают запрещенную зону в спектре.

В данной работе представлены результаты исследования влияния мощности накачки на формирование полос непропускания в спектре ПМСВ в 1D МК в условиях, когда для ПМСВ разрешены параметрические процессы первого порядка [1,2].

Образец 1D МК представлял собой пленку ЖИГ намагниченностью насыщения 1750 Гс, шириной линии ФМР 0.6 Э, толщиной 4.1 мкм, на поверхности которой была вытравлена периодическая решетка из канавок глубиной 0.66 мкм, шириной 56 мкм с периодом $d = 98$ мкм. МК располагался в макете микрополосковой линии задержки так, чтобы канавки были параллельны преобразователям (шириной 30 мкм, расстояние между ними S могло изменяться от 2.0 до 5.5 мм). Макет помещался в зазор электромагнита таким образом, что внешнее магнитное поле H_0 было направлено вдоль преобразователей; такое направление намагничивания отвечает случаю ПМСВ. С помощью цифрового векторного анализатора ВЧ-цепей Agilent E5071C ENA регистрировались частотные зависимости коэффициентов передачи $S_{21} = 10 \lg[P_{\text{вых}}/P]$ и отражения $S_{11} = 10 \lg[P_{\text{отр}}/P]$ для различных уровней P ($P_{\text{вых}}$ и $P_{\text{отр}}$ – уровни сигналов на выходе макета и отраженного от входного преобразователя, соответственно). Величина P задавалась встроенным в анализатор СВЧ-генератором и могла изменяться в диапазоне: $-30 \dots 0$ дБм (0.001...1 мВт).

На рис. 1 приведены зависимости $S_{21}(f)$ и $S_{11}(f)$, полученные при $H_0 = 320$ Э и $S = 5.5$ мм. Рассмотрим сначала случай линейного режима распространения ПМСВ ($P = -30$ дБм, кривые 1). Из рис. 1, а видно, что зависимость $S_{21}(f)$ содержит вблизи частот $f_1 = 2521$ МГц и $f_2 = 2704$ МГц два участка, на которых коэффициент передачи уменьшается примерно на 30 дБ. Соответствующие этим частотам волновые числа ПМСВ $q_1 = 308$ см $^{-1}$ и $q_2 = 630$ см $^{-1}$, определенные с помощью фазочастотной характеристики (рис. 1, в) аналогично [12], хорошо соответствуют (1). В зависимости $S_{11}(f)$ на этих же частотах наблюдается возрастание уровня отраженной мощности (кривая 1 на рис. 1, б) в результате снижения эффективности возбуждения ПМСВ, что подтверждает наличие полос непропускания в спектре аналогично [12]. Таким образом, указанные на рис. 1 частоты f_1 и f_2 отвечают брэгговским резонансам ПМСВ. Влияние на их формирование мощности накачки P рассмотрим на примере частоты f_1 .

Из рис. 1, а видно, что при увеличении P до -25 дБм уровень зависимости $S_{21}(f)$ начинает понижаться (кривая 2), при этом характер частотной зависимости $S_{21}(f)$ практически не изменяется при увеличении P до -10 дБм (см., например, кривую 4, отвечающую $P = -15$ дБм). При увеличении P до -5 дБм (кривая 5) трехмагнотные процессы распада ПМСВ приводят к тому, что коэффициент $S_{21}(f)$

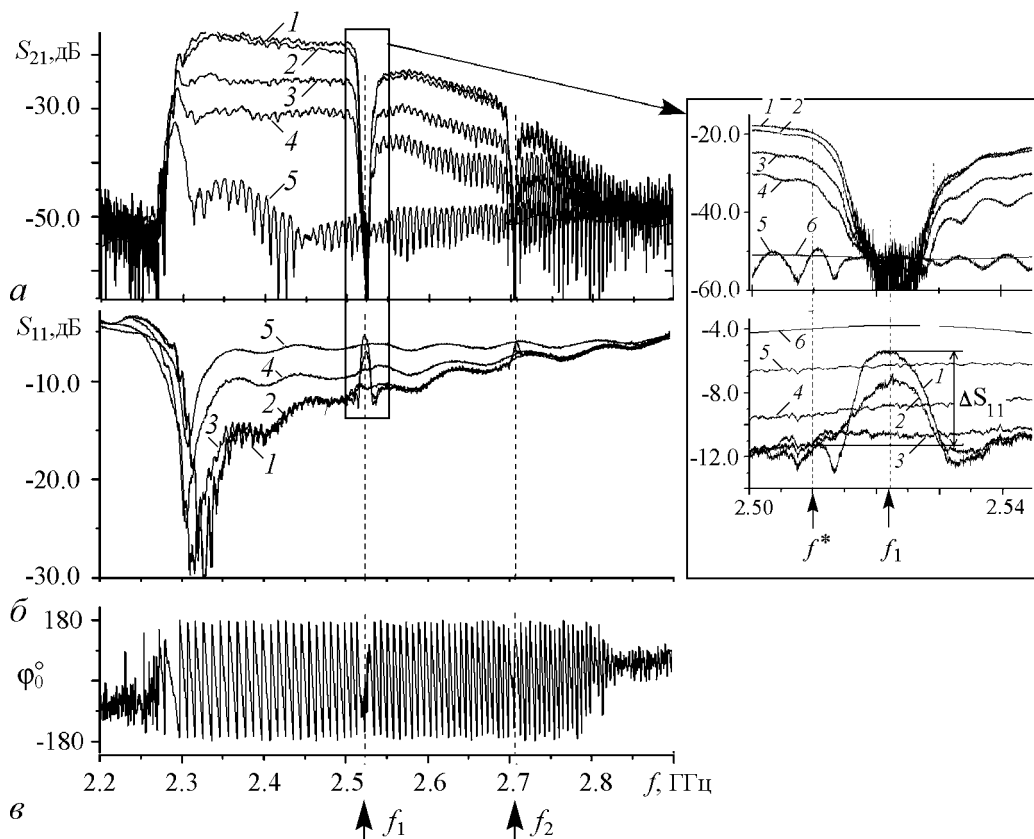


Рис. 1. Частотные зависимости коэффициента передачи S_{21} (а), коэффициента отражения S_{11} (б) и фазы сигнала на выходном микрополосковом преобразователе (в) при уровнях сигнала P , дБм на входном преобразователе: -30 (1), -25 (2), -20 (3), -15 (4), -5 (5)

вблизи частоты f_1 отвечает уровню электромагнитной наводки между преобразователями, аналогично [12]. Таким образом, в интервале величин P от -30 дБм до -10 дБм на выходном преобразователе сигнала ПМСВ в зависимости $S_{21}(f)$ наблюдаются брэгговские резонансы.

Проследим за изменением зависимости $S_{11}(f)$ с ростом величины P с помощью вставки к рис. 1, на которой участок зависимостей $S_{21}(f)$ и $S_{11}(f)$ вблизи частоты f_1 изображен в более крупном масштабе. Видно, что в линейном режиме распространения ПМСВ (кривая 1) разница $\Delta S_{11}(f)$ в уровнях величин $S_{11}(f)$ на частоте $f_1 = 2521$ МГц и, например, на частоте $f^* = 2510$ МГц, не попадающей в полосу непропускания, составляет примерно 6 дБ. При $P = -25$ дБм (кривая 2) $\Delta S_{11}(f)$ уменьшается до 4 дБм, а при $P = -20$ дБм – не превышает 1 дБм (кривая 3). При дальнейшем увеличении P с точностью шумов измерителя $\Delta S_{11}(f) = 0$ (кривые 4, 5). Таким образом, при увеличении в условиях эксперимента величины P свыше -20 дБм в зависимости $S_{11}(f)$ на частоте f_1 особенность не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии в спектре полосы непропускания, тогда как в зависимости $S_{21}(f)$ она наблюдается и при $P = -10$ дБм.

Рассмотрим причины этого кажущегося противоречия. Дело в том, что величина коэффициента передачи S_{21} учитывает потери ПМСВ при распространении на расстояние S . При этом на участке длиной L брэгговские резонансы не образуются вследствие постоянно меняющейся величины $q' = q'(y)$. Однако при $y > L$, то есть на участке длиной $(S - L)$, величина q' не изменяется, что при выполнении условия (1) обеспечивает фазовый синхронизм падающих на периодическую структуру и отраженных от нее волн и наблюдение полос непропускания в зависимости $S_{21}(f)$. В свою очередь, уровень отраженной от входного преобразователя мощности $P_{отр}$, используемый для вычисления величины S_{11} , определяется процессами, происходящими в непосредственной близости от входного преобразователя – в ближней зоне возбуждения ПМСВ. Поскольку на частоте первого брэгговского резонанса длина возбуждаемой ПМСВ $\lambda_1 = 2\pi/q_1 \sim 204$ мкм, длина ближней зоны не превосходит величину L , составляющую, как правило, несколько миллиметров [6], следовательно, величина $P_{отр}$ будет определяться процессами, происходящими при выполнении условия (2). Таким образом, отсутствие в зависимости $S_{11}(f)$ участка увеличения S_{11} при $f = f_1$ свидетельствует о том, что на этой частоте при $y < L$ брэгговский резонанс не формируется. Добавим, что на частоте f_2 процессы, сопровождающие увеличение мощности, имели аналогичный характер.

На рис. 2 представлены зависимости коэффициентов передачи и отражения от мощности на частотах брэгговских резонансов f_1 и f_2 в сравнении с аналогичными зависимостями, полученными при $f = f^*$. Видно, что в случае $f = f^*$ величина S_{21} остается постоянной при увеличении P до уровня $P(f^*) = -26$ дБм (кривая 3 на рис. 2, а). Превышение этого уровня приводит к уменьшению величины S_{21} вследствие развития нелинейных процессов. При $P = -4$ дБм величина S_{21} достигает уровня прямой электромагнитной наводки -60 дБм и далее не изменяется. В то же время, величина S_{11} остается постоянной с ростом P до уровня -20 дБм (кривая 3 на рис. 2, б), выше которого она начинает увеличиваться. Рост величины S_{11} обусловлен снижением эффективности возбуждения ПМСВ из-за уменьшения высокочастотной восприимчивости при развитии нелинейных процессов [1].

На частотах брэгговских резонансов величина S_{21} не изменяется во всем интервале изменения P (кривые 1 и 2 на рис. 2, а) и соответствует уровню прямой электромагнитной наводки. Коэффициенты отражения $S_{11}(f_1)$ и $S_{11}(f_2)$, представленные на рис. 2, б кривыми 1 и 2, соответственно, напротив, остаются постоянными только в интервале -30 – -27 дБм $= P_{\text{пор}}(f_{1,2})$, при этом высокий уровень $S_{11}(f_1) \approx S_{11}(f_2) \approx -6$ дБм отвечает наличию полосы непропускания в спектре ПМСВ. Дальнейший рост $P > P_{\text{пор}}(f_{1,2})$ приводит к уменьшению величин S_{11} , отражающему рост эффективности возбуждения ПМСВ, а следовательно, и ухудшение условий формирования полос непропускания. Отметим, что при $P = -20$ дБм $S_{11}(f_1) \approx S_{11}(f^*)$, то есть на частоте брэгговского резонанса ПМСВ возбуждается почти так же эффективно, как в случае выбора частоты вне полосы непропускания. При $P > -20$ дБм характер изменения величин $S_{11}(f_1)$ и $S_{11}(f_2)$ аналогичен случаю $S_{11}(f^*)$, а зависимости $S_{11}(f_1)$ и $S_{11}(f^*)$ практически совпадают при $P > -15$ дБм, свидетельствуя об идентичности условий возбуждения ПМСВ на этих двух частотах и, следовательно, об отсутствии в спектре полосы непропускания.

Заметим, что прямым подтверждением влияния мощности накачки на существование в спектре ПМСВ полос непропускания является эксперимент, выполненный с использованием макета, для которого $S < L$. Однако при сближении входного и выходного преобразователей уменьшение отношения S/d ухудшает условия формирования брэгговских резонансов, а рост уровня прямой электромагнитной наводки затрудняет проведение измерений. Тем не менее это подтверждение можно получить, если изменить схему эксперимента следующим образом. Вход и выход макета соединяются внешним СВЧ-трактом, в результате чего на выходе макета происходит сложение сигнала МСВ, сигнала прямой электромагнитной наводки в макете и сигнала, поступившего по внешнему тракту. В этот тракт включаются аттенюатор и фазовращатель, с помощью которых можно обеспечить сложение в противофазе сигналов наводки и поступившего по внешнему тракту. Таким образом, на выходе макета должен наблюдаться только сигнал МСВ. Такую компенсацию наводки в широкой полосе частот провести, как правило, не удастся, однако ее можно обеспечить на некоторой фиксированной частоте f_k . В этом случае исследуется зависимость $S_{21}(H_0)$, являющаяся аналогом зависимости $S_{21}(f)$ при фиксированной величине H_0 , и ее изменения при увеличении P .

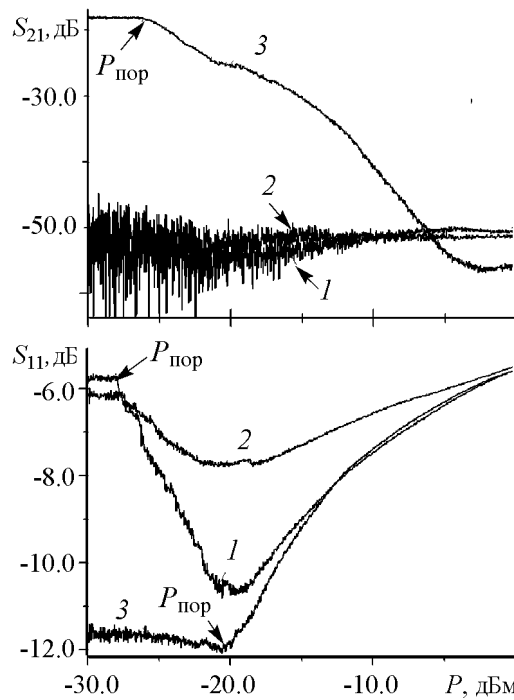


Рис. 2. Зависимости коэффициента передачи S_{21} (а) и коэффициента отражения S_{11} (б) от уровня сигнала P на входном преобразователе на частотах брэгговских резонансов $f_1 = 2521$ МГц (1) и $f_2 = 2704$ МГц (2), и на частоте $f^* = 2510$ МГц вне полосы непропускания (3)

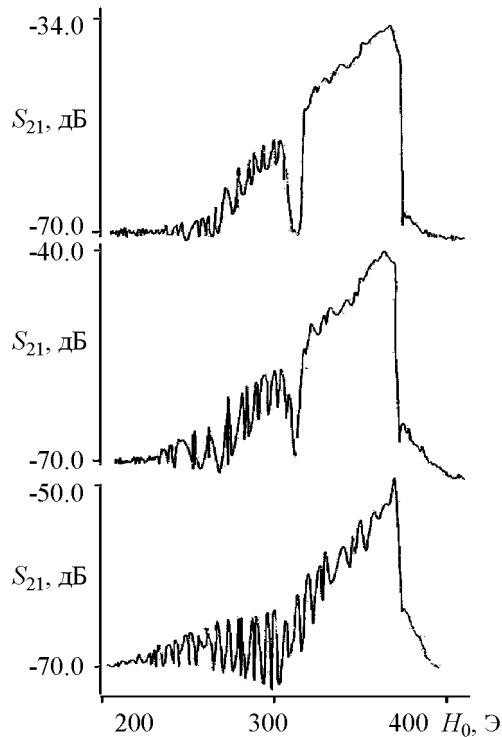


Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи S_{21} макета с расстоянием между преобразователями 2 мм на частоте $f_1 = 2521$ МГц от величины внешнего магнитного поля H_0 при уровнях сигнала на входном преобразователе P , дБм: -30 (а), -20 (б), -11 (в)

полос не пропускаются вследствие возникновения зависимости волнового числа ПМСВ от координаты в направлении распространения, что нарушает фазовый синхронизм падающей и отраженной от периодической решетки волн.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 11-07-00233-а, 11-07-12081 офи-м, 12-07-90010-Бел-а), гранта Правительства России для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в Российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования (грант № 11.G34.31.0030), седьмой рамочной программы Европейской комиссии NoWaPhen (проект № 247556).

Библиографический список

1. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. М.: Физматлит, 1994. 464. с.
2. Львов В.С. Нелинейные спиновые волны. М.: Наука, 1987. 270 с.
3. Schilz W. Spin-wave propagation in epitaxial YIG films // Philips Res. Rep. 1973. Vol. 28, № 1. P. 50.

На рис. 3 приведены зависимости $S_{21}(H_0)$, полученные на частоте $f_1 = 2521$ МГц при $S = 2$ мм. Отметим, что при $H_0 = 200$ Э (когда ПМСВ не возбуждается) уровень сигнала на выходном преобразователе составляет -70 дБм, тогда как в макете без внешнего СВЧ-тракта он равнялся -35 дБм. Из рис. 3, а видно, что в линейном режиме распространения ($P = -30$ дБм) в зависимости $S_{21}(H_0)$ наблюдается полоса не пропускаения при $H_0 = 320$ Э. Эта полоса сохраняется и при $P = -20$ дБм, когда в МК уже развиваются нелинейные процессы (о чем свидетельствует снижение величины S_{21} , сравните масштаб вертикальных осей на рис. 3, а и 3, б, см. также рис. 1, а, кривая 3). Однако при $P = -11$ дБм брэгговский резонанс в зависимости $S_{21}(H_0)$ практически отсутствует (рис. 3, в).

Таким образом, экспериментально показано, что за порогом параметрической неустойчивости первого порядка ПМСВ в 1D ферритовом магнетонном кристалле условия для формирования в дисперсионной зависимости по-

4. Медников А.М. Нелинейные эффекты при распространении поверхностных спиновых волн в пленках ЖИГ // ФТТ. 1981. Т. 23. Вып. 1. С. 242.
5. Чивилева О.А., Гуревич А.Г., Анисимов А.Н. и др. Пороговые поля и намагниченности при параметрическом возбуждении спиновых волн поверхностной магнитостатической волной // ФТТ. 1987. Т. 29. С. 1774.
6. Казаков Г.Т., Кожевников А.В., Филимонов Ю.А. Влияние параметрически возбужденных спиновых волн на дисперсию и затухание поверхностных магнитостатических волн в ферритовых пленках // ЖЭТФ. 1999. Т. 115, вып. 1. С. 318.
7. Grishin S.V., Sharaevskii Yu.P. Nonlinear frequency-selective device on magneto-static waves // Microwaves, Radar and Wireless Communications, 2004. MIKON-2004. 15th International Conference. 2004. Vol. 1. P. 166.
8. Бегинин Е.Н., Гришин С.В. Шараевский Ю.П. Генератор хаотических сверхвысокочастотных импульсов. Патент РФ № 2386204. Опубл. 10.04.2010.
9. Гуляев Ю.В., Никитов С.А. Магнонные кристаллы – спиновые волны в периодических структурах // ДАН. 2001. Т. 380, № 4. С. 469.
10. Высоцкий С.Л., Никитов С.А., Филимонов Ю.А. Магнитостатические спиновые волны в двумерных периодических структурах – магнитофотонных кристаллах // ЖЭТФ. 2005. Т. 128, Вып. 3(9). С. 636.
11. Serga A.A., Chumak A.V. and Hillebrands B. YIG magnonics// J. Phys. D. Appl. Phys. 2010. Vol. 43. P. 264002.
12. Ustinov A.B., Drozdovskii A.V., Kalinikos B.A. Multifunctional nonlinear magnonic devices for microwave signal processing // Appl. Phys. Lett. 2010. Vol. 96. P. 142513.
13. Высоцкий С.Л., Кожевников А.В., Казаков Г.Т., Никитов С.А., Филимонов Ю.А. Параметрическая неустойчивость поверхностных магнитостатических волн в двумерных магнонных кристаллах // Изв. вузов. ПНД. 2007. Т. 15, № 3. С. 58.
14. Chen Niu-Niu, Slavin A.N., Gottam M.G. Gap solitons in periodic structures: Modulated magnetic thin films // Phys. Rev. B. 1993. Vol. 47. P. 8667.
15. Устинов А.Б., Григорьева П.Д., Калинин Б.А. Наблюдение солитонов огибающей спиновых волн в периодических магнитных пленочных структурах // Письма в ЖЭТФ. 2008. Т. 88, № 1–2. С. 34.
16. Дроздовский А.В., Черкасский М.А., Устинов А.Б., Ковшиков Н.Г., Калинин Б.А. Образование солитонов огибающей при распространении спин-волновых пакетов в тонкопленочных магнонных кристаллах// Письма в ЖЭТФ. 2010. Т. 91, № 1. С. 17.
17. Karenowska A.D., Chumak A.V., Serga A.A., Gregg J.F., Hillebrands B. Magnonic crystal based forced dominant wavenumber selection in a spin-wave active ring // Appl. Phys. Lett. 2010. Vol. 96. P. 082505.

СФ ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН
 ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН
 ГНПО «НПЦ НАН Беларуси
 по материаловедению», Минск

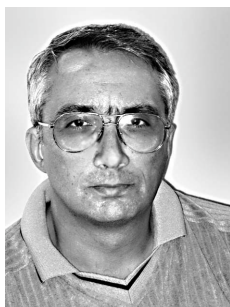
Поступила в редакцию 16.01.2012
 После доработки 2.03.2012

INFLUENCE OF FIRST ORDER PARAMETRIC INSTABILITY ON FORMATION OF FORBIDDEN GAPS IN SPECTRA OF MAGNETOSTATIC SURFACE WAVES IN ONE-DIMENSIONAL FERRITE MAGNONIC CRYSTAL

*S.L. Vysotsky, S.A. Nikitov, N.N. Novitsky, E.S. Pavlov,
A.I. Stognij, Yu.A. Filimonov*

Magnetostatic surface waves propagation in one-dimensional magnonic crystal obtained by etching of array of grooves (56 width, 0.66 deep, period 98) in yttrium-iron garnet film of 4.1 thickness was investigated at first order (three-magnon) parametric instability. It was shown that forbidden gaps don't form at region of magnonic crystal where propagation of magnetostatic surface waves is nonlinear because of destroy of phase synchronism of incident and reflected waves.

Keywords: Ferrite magnonic crystal, stop band, parametric instability.



Высоцкий Сергей Львович – родился в Саратове (1955). Окончил факультет электронной техники и приборостроения Саратовского политехнического института (1977). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в СГУ (1994) в области радиофизики. Ведущий научный сотрудник лаборатории магнитоэлектроники Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Автор более 40 научных работ.

410019 Саратов, ул. Зеленая, 38
СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: vysotsl@gmail.com



Никитов Сергей Аполлонович – родился в городе Бердичеве Житомирской области (1955). Окончил факультет физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (1979). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в МФТИ (1982) и доктора физико-математических наук (1991) в области радиофизики и физики магнитных явлений. В 2003 году был избран членом-корреспондентом РАН по Отделению информационных технологий и вычислительных систем РАН (специальность «Информационные системы и элементная база»). Специалист в области твердотельной микро- и нанoeлектроники, а также физики твердого тела. Заместитель директора по науке ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Автор более 400 научных работ, член редколлегии журналов «Радиотехника и электроника», «Микро- и наносистемная техника», «Нелинейный мир». Лауреат премий Комсомола Подмосквья и Ленинского Комсомола в области физики.

125009 Москва, ул. Моховая, д. 11., корп. 7
ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН
E-mail: nikitov@cplire.ru



Новицкий Николай Николаевич – родился в городе Осиповичи Могилёвской области, Республика Беларусь (1975). Окончил Белорусский государственный университет (1998). Защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук (2003) в Институте физики твёрдого тела и полупроводников в области физики конденсированного состояния. Научный сотрудник ГНПО «Научно-практический центр НАНБ по материаловедению». Опубликовал более 30 научных статей. В 2010 году была присуждена стипендия Президента Республики Беларусь талантливым молодым ученым.

220072 Минск, ул. П. Бровки, 19
ГО «НПЦ НАНБ по материаловедению»
E-mail: novitski@iftp.bas-net.by



Павлов Евгений Сергеевич – родился в городе Саки Крымской области (1986). Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (2008). Аспирант ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Автор 6 научных работ.

410019 Саратов, ул. Зеленая, 38
СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: Pavlov-Gek@mail.ru



Стогний Александр Иванович – родился в пос. Табошар, Ленинабадская область, Республика Таджикистан (1960). Окончил Донецкий государственный университет (1983). Защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук (1993) в Институте физики твёрдого тела и полупроводников в области физики конденсированного состояния. Ведущий научный сотрудник ГНПО «Научно-практический центр НАНБ по материаловедению». Опубликовал более 100 научных статей. Является автором более 20 патентов.

220072 Минск, ул. П. Бровки, 19
ГО «НПЦ НАНБ по материаловедению»
E-mail: stognij@ifftp.bas-net.by



Филимонов Юрий Александрович – родился в Куйбышеве (1955). Окончил Факультет физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (1979). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в МФТИ (1982) и доктора физико-математических наук в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (2008) в области радиофизики и физики магнитных явлений. Директор Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Автор более 300 научных работ.

410019 Саратов, ул. Зеленая, 38
СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: fil@soire.renet.ru