

ПАРАМЕТРИЧЕСКИ ВОЗБУЖДАЕМЫЕ УПРУГИЕ ВОЛНЫ  
В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ

А. А. Соломко, Ю. А. Гайдай, А. В. Довженко, М. В. Антонишин

Исследованию параметрически возбуждаемых колебаний в ферромагнитных пленках посвящен ряд теоретических и экспериментальных работ. Для касательно намагниченных ферромагнитных пленок получены пороговые выражения для амплитуд переменного магнитного поля при возбуждении спиновых волн поперечной и продольной накачками [1], экспериментально исследованы особенности дискретного спектра спиновых волн, возбуждаемых параллельной накачкой в пленках иттриевого феррит-граната (ИФГ) [2].

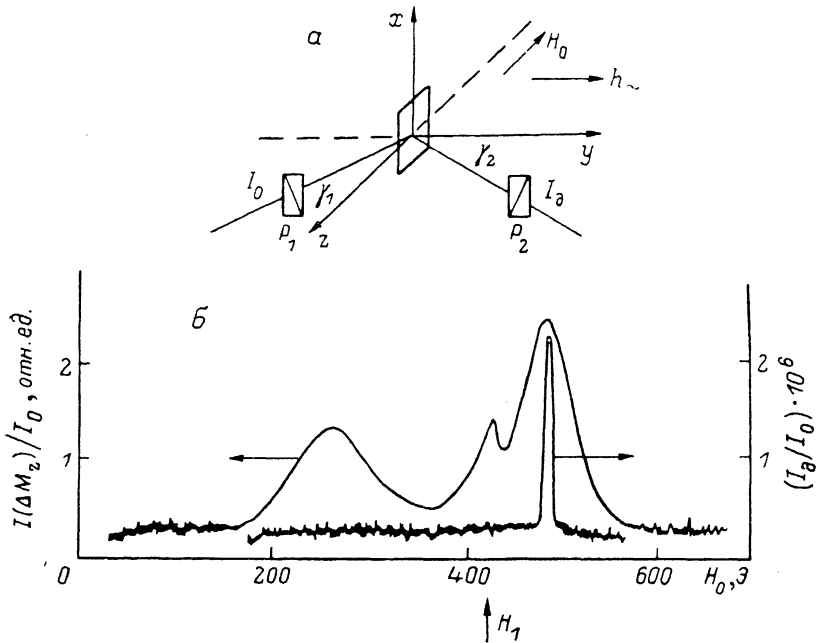


Рис. 1. Схема эксперимента (а) и зависимости модулированного  $I(\Delta M_z)/I_0$  и дифрагированного оптического излучения от постоянного магнитного поля (б).

$H_1$  — магнитное поле, при котором наблюдается ФМР;  $P_1, P_2$  — поляризационные призмы.

В настоящей работе сообщаются результаты оптических исследований поперечных упругих волн, возбуждаемых на половинной частоте поперечной накачки в касательно-намагниченной пленке ИФГ и распространяющихся вдоль постоянного магнитного поля.

В эксперименте пленка ИФГ с размерами  $4 \times 10$  мм и толщиной 11.5 мкм, выращенная на галлий-гадолиниевой подложке, помещалась в пучность переменного магнитного поля перестраиваемого СВЧ резонатора с основным типом колебаний  $H_{101}$  и добротностью  $Q \approx 25$ . Частота поперечной накачки могла изменяться в пределах  $\omega_0 = 2\pi(2.4 + 3.2)$  ГГц. В этом диапазоне частот выполняется условие «сращивания», при котором частота  $\omega_0/2$  находится внутри спин-волнового спектра. Постоянное магнитное поле ориентировалось в плоскости пленки (рис. 1, а). Оптическое излучение He-Ne лазера с  $\lambda = 0.63$  мкм фокусировалось в произвольную точку исследуемого образца, который помещался между поляризационными призмами. При этом поляризация падающего излучения могла изменяться и составляла угол  $\mu$  с осью  $x$ , а плоскости наибольшего пропускания поляризатора и анализатора всегда были ортогональны. В эксперименте могли исследоваться как модуляция, так и дифракция лазерного излучения на возбуждаемых колебаниях. В последнем случае падающий и дифрагированный световые потоки лежат в плоскости  $yz$  и составляют углы  $\gamma_i$  с осью  $y$ . Это давало возможность исследовать как переменную компоненту намагниченности, возникающую при ферромагнитном резонансе (ФМР)  $m_{\perp}$  ( $\gamma_i = 0, \mu = 0$ ), так и изменение постоянной составляющей намагниченности  $\Delta M_x$  ( $\gamma_i = 0, \mu = \pi/4$ ), которое дает информацию о возникновении параметрической неустойчивости [3]. Исследование дифрагированного излучения позволяет определить харак-

теристики параметрически возбуждаемых колебаний, распространяющихся в плоскости  $yz$  с  $k_x \neq 0$ .

При малых уровнях мощности накачки оптически регистрировался ФМР, ширина линии которого составила  $\Delta H = 5$  Э и совпала с результатами СВЧ измерений. При больших уровнях мощности накачки исследование величины  $\Delta M_z$  показало, что в широкой области полей подмагничивания наблюдается возбуждение параметрической неустойчивости. При этом максимальная величина  $\Delta M_z$  имеет место при значениях внешнего магнитного поля  $H_0$ , для которых частота  $\omega_k = \omega_0/2$  совпадает с нижней границей спин-волнового спектра ( $\theta_k = 0$ ). Результаты таких измерений для  $\omega_0 = 2\pi \cdot 2.7$  ГГц,  $P_n = 30$  мВт приведены на рис. 1, б. Оптические исследования показали, что при этих же полях наблюдается дифракция лазерного излучения на параметрически возбуждаемых волнах, распространяющихся вдоль постоянного магнитного поля. Поляризационные измерения [4] позволили сделать вывод, что при этом возбуждаются поперечные упругие волны с  $\omega_k = \omega_0/2$ . Исследования, выполненные нами, показали, что разброс величин волновых векторов возбуждаемых упругих волн незначителен ( $\Delta k_x/k_x \sim 10^{-3}$ ) и их диаграмма направленности в плоскости  $yz$  представляет собой вытянутый в нап-

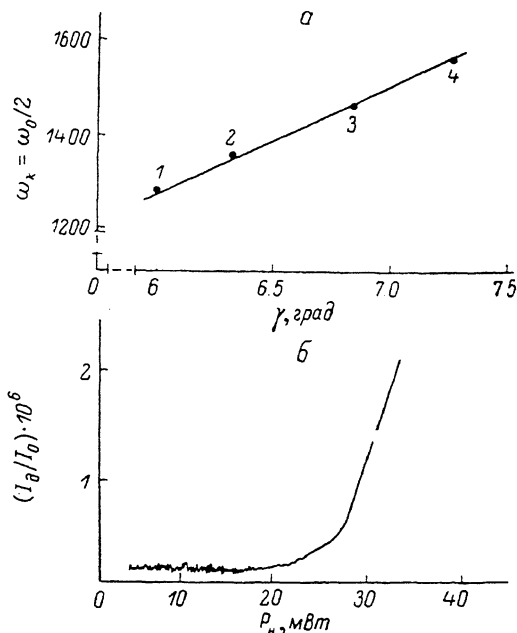


Рис. 2. Спектр параметрически возбуждаемых поперечных упругих волн (а) и зависимость интенсивности дифрагированного излучения от мощности накачки (б).

1 —  $H_0 = 452$ , 2 — 485, 3 — 525, 4 — 560 Э.

равлении  $\theta_k = 0$  узкий лепесток полушириной  $\sim 7^\circ$ . Экспериментально измеренный спектр таких колебаний, возбуждаемый для различных частот накачки, показан на рис. 2, а. Исследования интенсивности дифрагированного излучения от мощности накачки позволили определить порог возникновения неустойчивости (рис. 2, б), а также показали, что до значительной мощности накачки  $P_n \approx 1$  Вт не наблюдается насыщения амплитуды поперечных упругих волн. Простой расчет показывает [5], что при  $P_n = 40$  мВт соответствующее изменение показателя преломления, вызванное упругой волной, составляет величину  $\Delta n = 1.75 \cdot 10^{-5}$ .

Таким образом, впервые показана возможность эффективного параметрического возбуждения поперечных упругих волн в пленках ИФГ, частота которых может изменяться в широких пределах изменения частоты накачки при соответствующем изменении магнитного поля.

#### Литература

- [1] Вендик О. Г., Калинин Б. А., Чарторижский Д. Н. Неустойчивость спиновых волн в касательно-намагниченных ферромагнитных пленках. — ФТТ, 1977, т. 19, № 2, с. 387—390.
- [2] Калинин Б. А., Ковшиков Н. Г., Кожусь Н. В. Изменение порога неустойчивости стоячих спиновых волн в пленках железитригвенового граната при продольной накачке. — ФТТ, 1984, т. 26, № 9, с. 2867—2869.
- [3] Соломко А. А., Гайдай Ю. А., Майстренко В. И. Исследования с помощью луча лазера неустойчивостей в иттриевом феррите-гранате при перпендикулярной накачке. — ФТТ, 1976, т. 18, № 8, с. 2205—2208.
- [4] Соломко А. А., Гайдай Ю. А., Майстренко В. И. и др. Поляризационные характеристики оптического излучения, дифрагированного на спиновых и магнитоупругих волнах. — Опт. и спектр., 1979, т. 46, № 5, с. 929—937.
- [5] Мустель Е. Р., Парыгин В. И. Методы модуляции и сканирования света. М.: Наука, 1970. 296 с.

Киевский государственный университет им. Т. Г. Шевченко

Поступило в Редакцию  
2 августа 1985 г.