

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.2 : 539.216.2

ЗАТУХАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН
В ТОНКОЙ ПЛЕНКЕ ЖЕЛЕЗОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ©

Богданова Х. Г., Ганиев М. Ф., Голенищев-Кутузов В. А., Жгун С. А.

В последние годы резко возрос интерес к магнитоупругим эффектам в пленках магнетиков, и в частности в ЖИГ. Так, в пленках ЖИГ были обнаружены нелинейная зависимость амплитуды [1] и скорости [2] ПАВ от приложенного магнитного поля H_0 , перемещение магнитных доменов волной Рэлея [3]. При этом большинство исследований выполнялось на частотах $f \geq 60$ МГц и при параллельной ориентации волнового вектора k к полю H_0 . Задача данной работы — изучение зависимости затухания ПАВ от величины и направления H_0 относительно плоскости пленки при перпендикулярной ориентации H_0 и k (рис. 1). Исследовались пленки ЖИГ толщиной 7 мкм, выращенные методом жидкофазной эпитаксии на толстой (~500 мкм) подложке гадолиний-галлиевого граната; образцы обладали сильной наведенной одноосной магнитной анизотропией перпендикулярно плоскости ($H_{эф} \sim 1610$ Э). Возбуждение ПАВ производилось с помощью накладных встречно-штыревых преобразователей (рис. 1) импульсами с длительностями 0,1–1 мкс и частотой следования 10–100 кГц в диапазоне частот 27–40 МГц. Для повышения чувствительности и разрешающей способности импульсы накапливались и обрабатывались с помощью мини-ЭВМ «Электроника ДЗ-28».

На рис. 2 приведено распределение интенсивностей прошедших через образец импульсов ПАВ в зависимости от напряженности магнитного поля при угле $\theta = 0$ для разных частот ПАВ. Из рис. 2 следует, что в области частот 31–38 МГц возникает значительное уменьшение затухания в полях $100 \leq H_0 \leq 2000$ Э. На рис. 3, а представлены полученные угловые зависимости интенсивностей импульсов при различных значениях поля H_0 . Для значений $H_0 \leq 1700$ Э наблюдался гистерезис, а выше 1700 Э максимумы в угловой зависимости раздваивались.

Затухание ультразвуковых волн в магнетиках происходит в основном за счет двух механизмов: фоновое рассеяние и магнитоупругое взаимодействие (МУВ). Поскольку измерения проводились в узком частотном интервале, то первый вклад можно считать постоянным, а второй вклад, связанный с возбуждением упругой волной спиновой волны, будет зависеть от величины H_0 . Известно [4], что при силь-

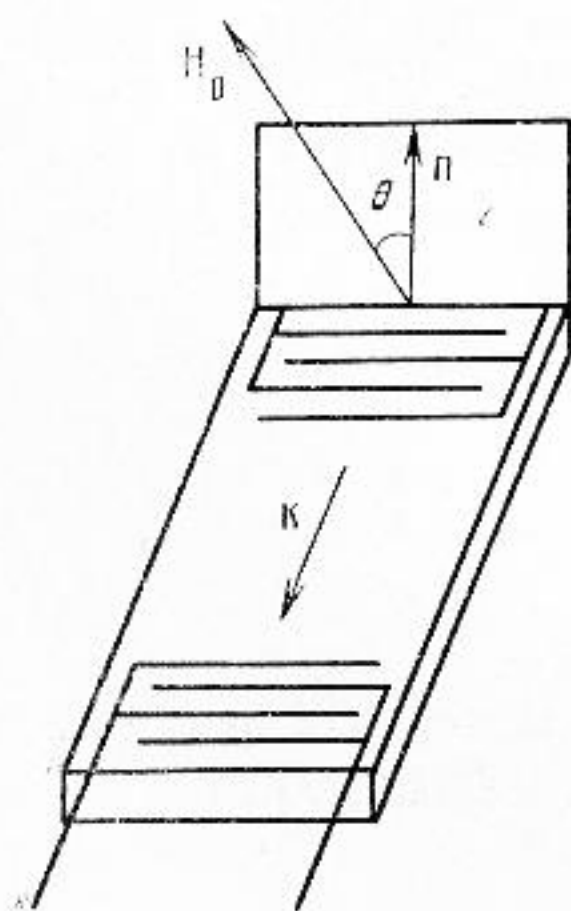


Рис. 1

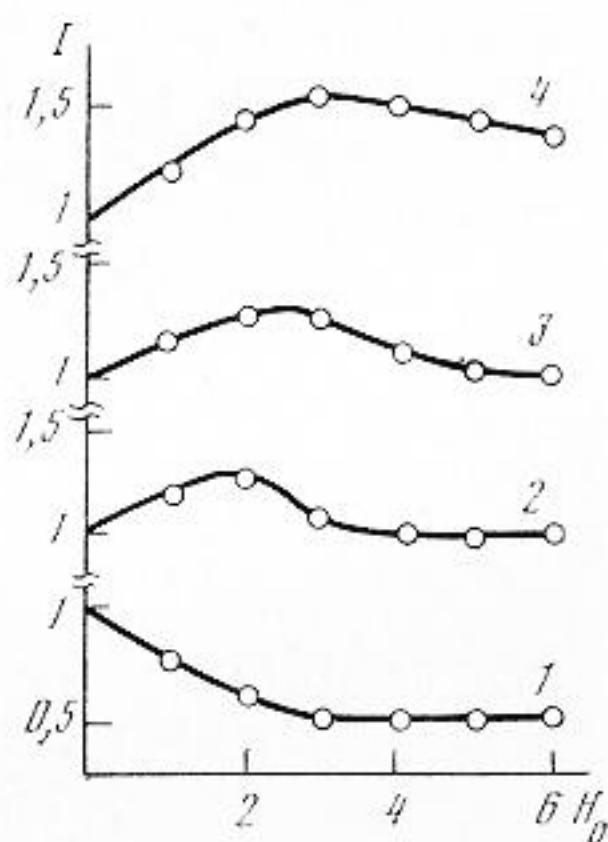


Рис. 2

Рис. 1. Геометрия эксперимента при $H_0 \perp k$

Рис. 2. Зависимость амплитуды I (отн. ед.) прошедшей волны Рэлея от величины H_0 (кЭ) при $\theta = 0$; 1 — $f = 28$ МГц, 2 — $f = 32$, 3 — $f = 34$, 4 — $f = 38$ МГц

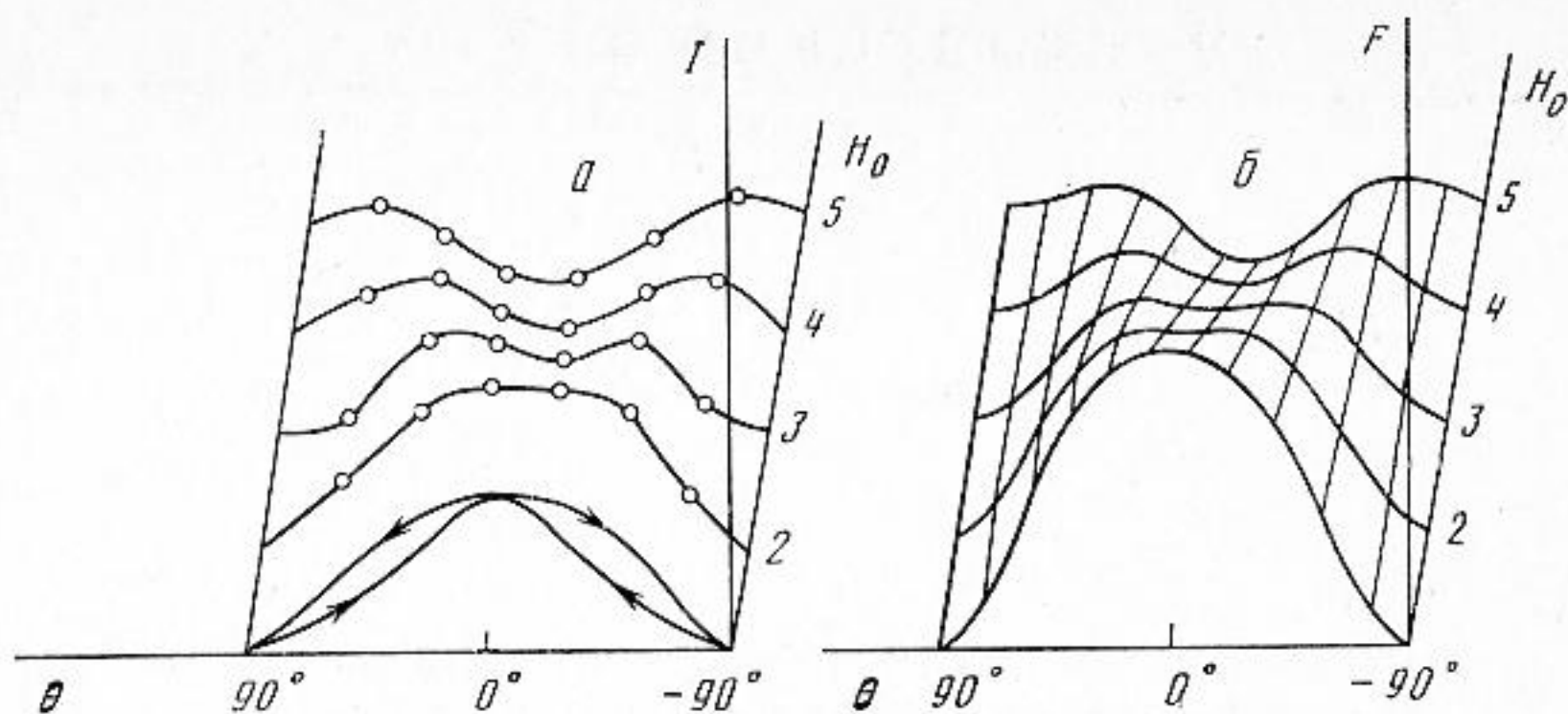


Рис. 3. Угловые θ и полевые H_0 (кЭ) зависимости: *a* — интенсивностей импульса I , *б* — поверхности значения энергии F

ном МУВ со спиновой волной связана только сдвиговая акустическая волна с вектором поляризации e , параллельным полю H_0 , которое, в свою очередь, перпендикулярно поверхности образца. В выбранной геометрии эксперимента ПАВ можно аппроксимировать сдвиговой волной с $e \perp (111)$ и, следовательно возможна передача части акустической энергии спиновой волне.

Так как энергия МУВ пропорциональна сумме энергии анизотропии и энергии во внешнем магнитном поле, то минимум этой энергии $\partial F / \partial \theta = 0$ (где $F = K_1 \cos^2 \theta - H_0 M_s \cos \theta$) и будет соответствовать минимальному затуханию. По найденному из экспериментов значению константы анизотропии ($K_1 = 13,44$ Кл/Дж/м³) и величине намагниченности ($M_s = 1650$ Э) с помощью ЭВМ была построена поверхность МУ энергии как функции двух координат H_0 и θ (рис. 3, б), которая качественно соответствует экспериментальным данным. Причем значения $I_{\text{макс}}$ (рис. 1) удовлетворяют равенству проекции H_0 на нормаль к поверхности пленки ($I_{\text{макс}} \sim \cos \theta$).

На частотах ниже 30 МГц с ростом H_0 наблюдалось только увеличение затухания, что объясняется насыщением намагниченности пленки. Этот процесс усиливается вследствие влияния размерного резонанса по толщине подложки объемной акустической волны ($f_p \sim 25$ МГц), возникающей при трансформации части энергии ПАВ в объемную акустическую волну (до 20%).

Таким образом, низкочастотное затухание ПАВ в приложенных магнитных полях определяется двумя конкурирующими процессами: уменьшением затухания в полях H_0 , соответствующих минимальному МУВ, и увеличению затухания с ростом H_0 за счет трансформации части энергии ПАВ в объемную волну.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hanna S. M., Murphy G. P. Magnetoelastic gain associated with saw propagation in magnetic garnet film // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. P. 4148–4150.
2. Гуляев Ю. В., Зайцев Б. Д., Калинин В. Ю., Синицын Н. И. Магнитоакустические эффекты на ПАВ в пленках ЖИГ // Тез. докл. XIII Всесоюз. конф. по акустоэлектронике и квантовой акустике. Киев: Изд-во КГУ, 1986. Ч. II. С. 111–112.
3. Юров А. С., Карнов А. Н., Раев В. К., Ходенков Г. Е. Перемещение ЦМД ПАВ Рэлея в висмутсодержащий ФГП // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 4. С. 201–204.
4. Такер Дж., Ремптон В. Гиперзвук в физике твердого тела. М.: Мир, 1975. 453 с.

Казанский физико-технический институт Академии наук СССР

Поступило в редакцию 29.IX.1988

УДК 534

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА ПРИ НЕВЫРОЖДЕННОМ КОЛЛИНЕАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ ©

Бочков В. Г.

Необходимость обработки в современных системах связи и радиолокации сигналов большой длительности делают актуальным изучение особенностей работы акустоэлектронных конвольверов (АК), находящихся все более широкое применение в указанных системах [1]. В частности, требуют своего объяснения и исследования частотные искажения выходного сигнала АК, вызванные, по-видимому, эффектом