АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XXXV 1989 Вып. 6

## 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 $f \geqslant 60$ МГц и при параллельной ориентации волнового вектара **k** к полю $\mathbf{H}_0$. Задача данной работы – изучение зависимости затухания ПАВ от величины и направления $\mathbf{H}_0$ относительно плоскости пленки при перпендикулярной ориентации $\mathbf{H}_0$ 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 Д3-28».

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 $100 \leqslant H_0 \leqslant 2000$ Э. На рис. 3, *а* представлены полученные угловые зависимости интенсивностей импульсов при различных значениях поля $H_0$. Для значений $H_0 \leqslant 1700$ Э наблюдался гистерезис, а выше 1700 Э максимумы в угловой зависимости раздваивались.

Затухание ультразвуковых волн в магнетиках происходит в основном за счет двух механизмов: фононного рассеяния и магнитоупругого взаимодействия (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-

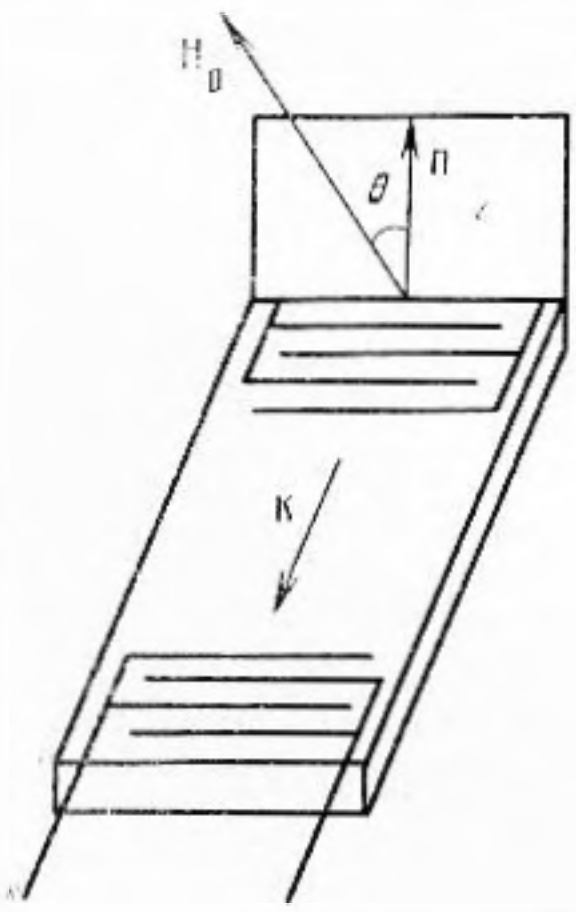


Рис. 1

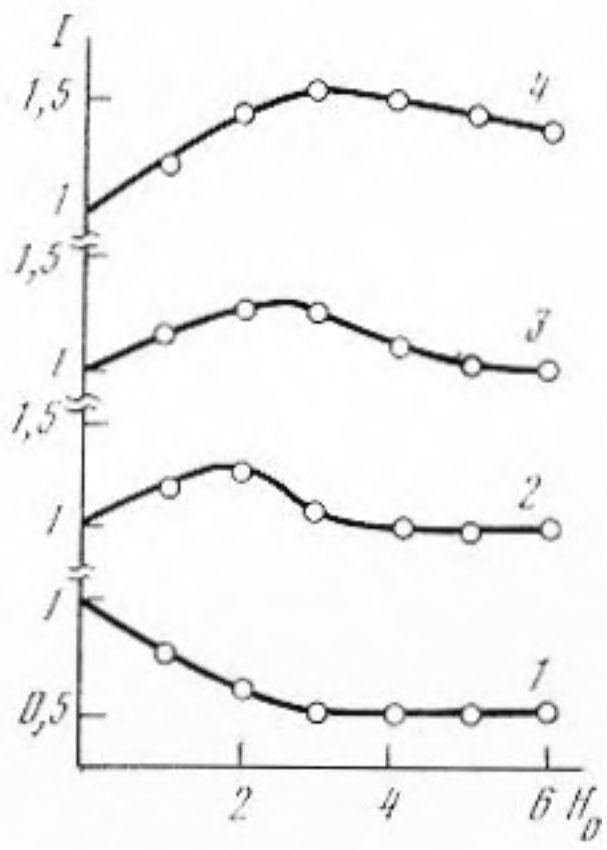


Рис. 2

Рис. 1. Геометрия эксперимента при $\mathbf{H}_0 \perp \mathbf{k}$

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

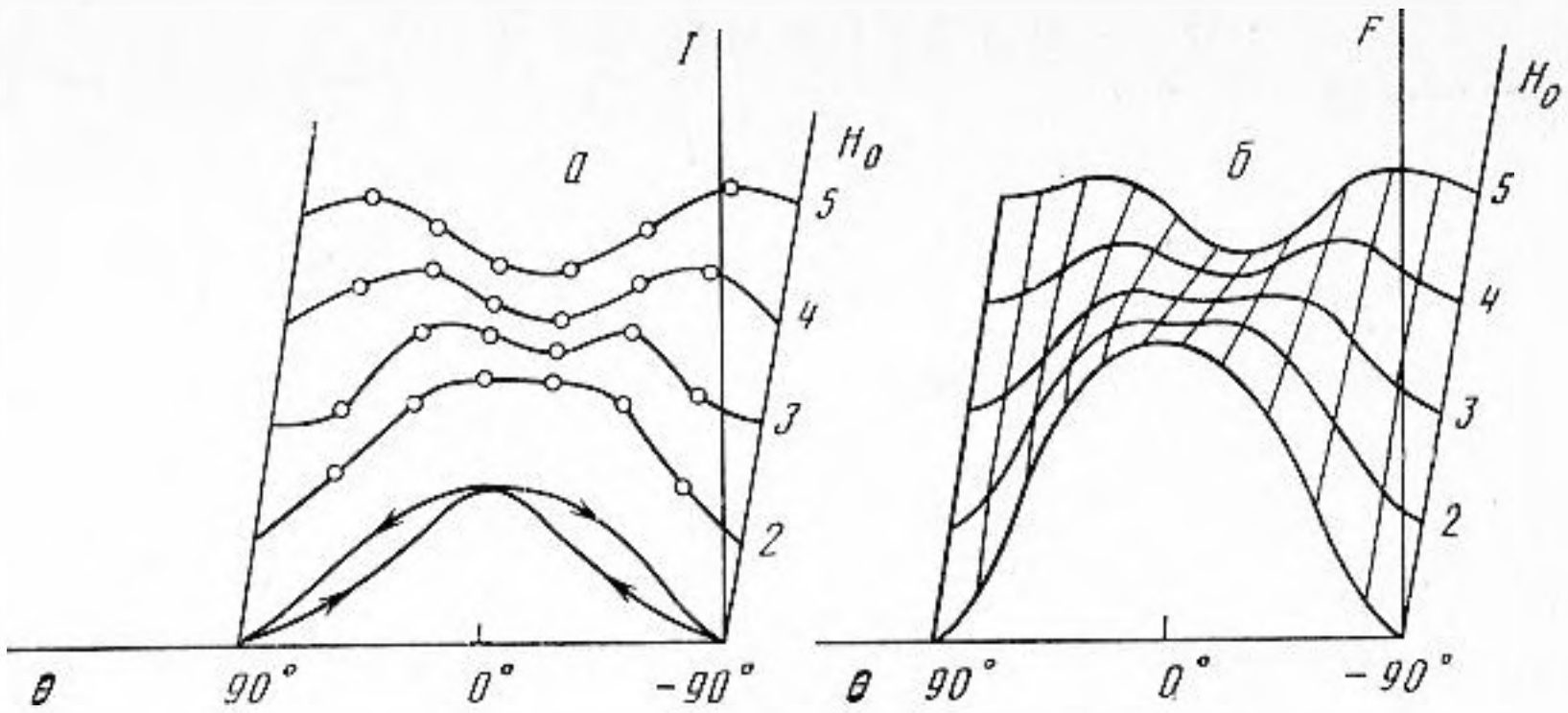


Рис. 3. Угловые θ и полевые $H_0$ (кЭ) зависимости: *а* – интенсивностей импульса *I*, *б* – поверхности значения энергии *F*

ном МУВ со спиновой волной связана только сдвиговая акустическая волна с вектором поляризации **e**, параллельным полю $\mathbf{H}_0$, которое, в свою очередь, перпендикулярно поверхности образца. В выбранной геометрии эксперимента ПАВ можно аппроксимировать сдвиговой волной с $\mathbf{e}\perp(111)$ 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 $F=K_1\cos^2\theta-H_0M_s\cos\theta$) и будет соответствовать минимальному затуханию. По найденному из экспериментов значению константы анизотропии ($K_1=13{,}44$ Кл/Дж/м$^3$) 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 ($f_p\sim25$ 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 filsm // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. P. 4148–4150.
2. *Гуляев Ю. В., Зайцев Б. Д., Калинин В. Ю., Синицин 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., Карпов 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 Б. Г.*

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