

Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
30 марта 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 6

26 марта 1991 г.

05.2; 08

© 1991

АКУСТИЧЕСКОЕ РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ПЛЕНОК ИТТРИЙЖЕЛЕЗНОГО ГРАНАТА С ОДНООСНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

А.Л. С к л о к и н

Совокупность явлений, возникающих при взаимодействии звуковой волны с доменной структурой, включает в себя рассеяние звука доменной границей [1], генерацию акустической волны колеблющейся доменной решеткой [2], воздействие звука на статические и динамические свойства доменной структуры [3]. Одним из самых привлекательных материалов для исследования этих явлений и создания различных устройств на их основе стали эпитаксиальные пленки иттрийжелезного граната. Коэрцитивная сила H_C оказывает заметное влияние на свойства доменных границ [4], что сказывается на возможности практического применения материалов этого типа (например, в устройствах обработки информации). Существует метод устранения такого влияния переменным магнитным полем, создаваемым небольшой катушкой, прикрепленной к поверхности образца (метод магнитной тряски). Очевидно, что использование акустической волны с этой целью должно обладать рядом отличий и поэтому в некоторых случаях может оказаться более предпочтительным. Умеренной мощности акустической волны достаточно для индуцирования в пленках ИЖГ стрикционных полей величиной в несколько эрстед, что сравнимо с H_C этих материалов. Однако величины и направления этих полей сильно зависят от вектора намагниченности в рассматриваемой точке образца. Именно поэтому изменение внешнего поля или направления распространения звуковой волны должно сказаться на эффекте устранения влияния коэрцитивной силы. Необходимостью исследования количественных характеристик такой зависимости вызвана эта работа.

В работе рассмотрено влияние поверхностной акустической волны (ПАВ) на эффективную коэрцитивную силу $H_C \text{ эфф}^1$ одноосных

¹Под которой мы будем понимать H_C , измеренную в образце, находящемся под воздействием ПАВ или переменного магнитного поля.

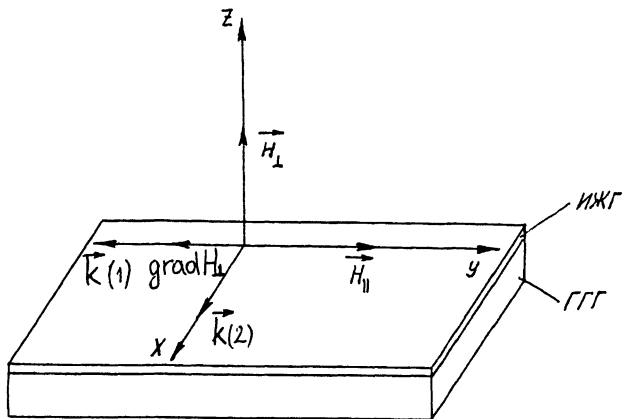


Рис. 1. Ориентация векторов внешнего магнитного поля \vec{H}_{\parallel} , \vec{H}_{\perp} и волнового вектора ПАВ \vec{k} .

магнитных пленок ИЖГ, легированных висмутом, в зависимости от величины и направления составляющей внешнего магнитного поля, параллельной плоскости пленки. Для проведения эксперимента была использована пленка ориентации (111) толщиной 6.7 мкм на подложке из галлийгадолиниевого граната (ГГГ) с полем одноосной анизотропии $H_A = 2000$ Э и намагниченностью насыщения $4\pi M_s = 85$ Гс. Образец помещался в магнитное поле специальной формы. В плоскости пленки $\text{grad } H_{\perp}$ был отличен от нуля (40–200 Э·см⁻¹, рис. 1). Наблюдение доменов осуществлялось с помощью поляризационного микроскопа методом, основанном на эффекте Фарадея. Коэрцитивная сила определялась по ширине диапазона внешнего магнитного поля H_c , при котором отсутствовало перемещение границы области существования доменной структуры H , измеренная таким образом, оказалась равной 5 Э. Поверхностная акустическая волна частотой 19 МГц возбуждалась пластиной ниобита лития, плотно (с акустическим контактом) прижатой к встречно-штыревому преобразователю, изготовленному на пленке ИЖГ методом оптической литографии. Магнитное поле такой же частоты создавалось небольшой катушкой (10 витков, диаметр 0.2 см), прикрепленной к подложке из ГГГ. Мощность ПАВ была равна ~ 200 мВт, апертура преобразователя ПАВ – 0.4 см, амплитуда напряжения на катушке – 2 В. Зависимость $H_{c \text{ эфф}}$ от внешнего магнитного поля H_{\parallel} приведена на рис. 2. H_{\perp} почти не изменяется с увеличением H_{\parallel} , соответствует полю исчезновения доменной структуры и равно 23 Э. Видно, что с ростом H_{\parallel} эффективность акустического размагничивания заметно увеличивается, тогда как влияние переменного магнитного поля остается практически неизменным. Имеет место также зависимость $H_{c \text{ эфф}}$ от угла между направлениями \vec{H}_{\parallel} и волнового вектора ПАВ \vec{k} .

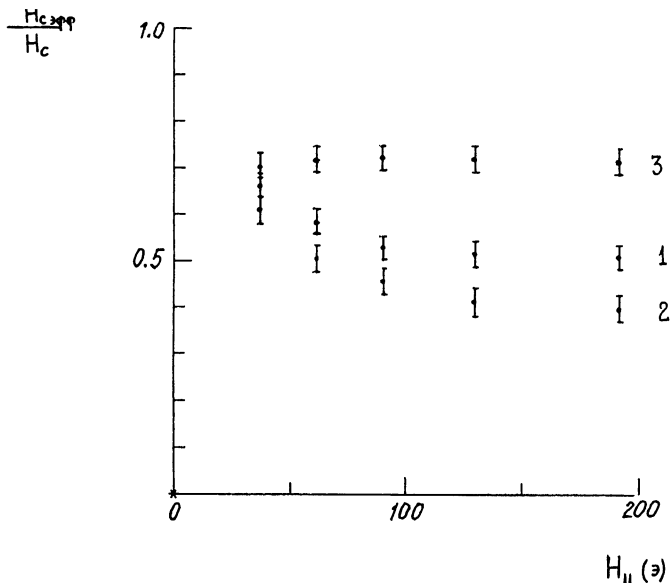


Рис. 2. Зависимость отношения эффективной коэрцитивной силы $H_{C\text{эфф}}$ к коэрцитивной силе H_C ИЖГ в случаях 1 - $\vec{k} \parallel \vec{H}_{||}$, 2 - $\vec{k} \perp \vec{H}_{||}$ (\vec{k} - волновой вектор ПАВ) и 3 - случай переменного магнитного поля.

Отсутствие зависимости $H_{C\text{эфф}}$ от $H_{||}$ при включенном переменном магнитном поле можно объяснить тем, что $H_{||} \ll H_A$ и перпендикулярная поверхности составляющая намагниченности в пленке меняется слабо с изменением $H_{||}$. Упругая волна влияет на магнитную подсистему образца за счет энергии магнитоупругости e . В случае ПАВ, распространяющейся по одноосновому кристаллу (\vec{k} параллелен оси X) $= b_1 \alpha_1^2 u_{11} + b_3 \alpha_3^2 u_{33} + b_4 \alpha_1 \alpha_3 u_{13}$ вне доменной границы (α_i - единичная проекция намагниченности на i ось; b_i - константа магнитоупругости; u_{ij} - тензор деформации). Это соотношение может быть использовано для расчета давления звуковой волны на доменную границу, не учитывая структуру границы (как и в работе [4]). Результаты расчета не позволяют объяснить сильную зависимость $H_{C\text{эфф}}$ от $H_{||}$, особенно в случае $H_{||} \perp \vec{k}$. ($H_{||}$ влияет на α_2 , которая не входит в формулу для e). Таким образом, для расчета воздействия ПАВ на эффективную коэрцитивную силу в пленках ИЖГ необходимо учитывать колебания намагниченности в самой доменной границе.

Автор выражает признательность А.В. Медведю за содействие в работе и ценные консультации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Неделин Г.М., Шапиро Р.Х. // ФТТ. 1976. Т. 18. В. 6. С. 1696-1702.
- [2] Митин Ф.В., Тарасов В.А. // ЖЭТФ. 1977. Т. 72. В. 2. С. 793-802.
- [3] Власко-Власов В.К., Тихомиров О.А. // ФТТ. 1990. Т. 32. В. 6. С. 1678-1689.
- [4] Юров А.С. // Тр. ИНЭУМ. М., 1982. В. 95. С. 44-60.
- [5] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М., 1982. 384 с.

Поступило в Редакцию

11 ноября 1990 г.