

08;09
©1993

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗБУЖДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ПОРОШКАМИ ФЕРРИТОВ

В.М. Сарнацкий, Т.В. Базанова

В работе [1] нами была продемонстрирована возможность возбуждения и регистрации ультразвуковых колебаний системой слабо связанных магнитных частиц, помещенных в комбинацию переменного и постоянного магнитных полей. Проведенные исследования показали значительную зависимость эффективности акустомагнитного и магнитоакустического преобразования от величины магнитоупругой связи и констант магнитной анизотропии материала частиц, от ориентации и напряженности постоянного магнитного поля, от соотношения между средним размером частиц, их дисперсией по размеру и частотой ультразвука.

В настоящей работе изучена эффективность возбуждения ультразвука порошками ферритов в зависимости от содержания в них дефектов различного происхождения и от температуры. С этой целью исследовались γ -облученные образцы монокристаллического марганец-цинкового феррита (МЦФ) и твердых растворов железо-иттриевого граната (ЖИГ), в которых часть ионов железа замещена немагнитными ионами алюминия.

Частицы порошка приготавливались путем механического размельчения и просеивания через мерные сита монокристаллических объемных образцов МЦФ состава $Mn_{0.61}Zn_{0.35}Fe_{2.04}O_4$ и поликристаллических иттриевых алюмоферрогранатов состава $Y_3Al_xFe_{5-x}O_{12}$ ($0 \leq x \leq 1.35$). Объемные образцы МЦФ перед размельчением подвергались γ -облучению от источника Co^{60} . Доза облучения D менялась от 10^6 рад до 10^9 рад. Исследования проводились на фиксированной частоте ультразвука ~ 15 МГц, при этом средний размер частиц составлял ~ 100 микрон, что соответствует половине длины волны ультразвуковых колебаний сдвиговой поляризации. При проведении температурных исследований использовалась продувка образца парами азота в диапазоне температур 150–350 К. Эффективность возбуждения ультразвука оценивалась по амплитуде A первого акустического импульса, прошедшего через стеклянный плоскопараллельный звукопровод цилиндрической

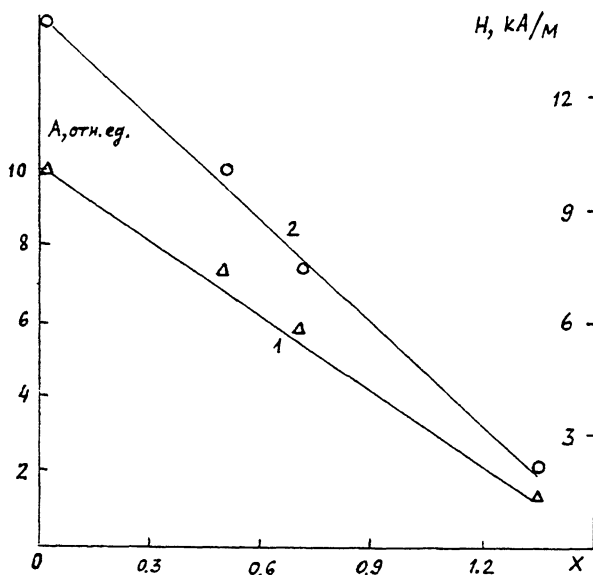


Рис. 1. Зависимость эффективности возбуждения ультразвука иттриевыми алюмоферрогранатами (кривая 1) и величины подмагничивающего поля для $A_{\text{макс}}$ (кривая 2) от содержания ионов алюминия при $T = 293$ К. По оси ординат значения A отложены в относительных единицах.

формы, на одном торце которого размещались частицы ферритового порошка и катушка индуктивности, связанная с источником импульсного переменного магнитного поля, а на другом торце — кварцевый пьезопреобразователь Y среза с резонансной частотой 15 МГц. Постоянное магнитное поле ориентировалось касательно плоскости расположения частиц, перпендикулярно направлению переменного магнитного поля.

Зависимость величины A от подмагничивающего постоянного поля в образцах с структурными и радиационными дефектами сохраняет те же особенности, что и для бездефектных образцов [1], в частности A монотонно возрастает с увеличением напряженности поля, достигает максимума и медленно спадает с дальнейшим ростом поля вследствие монодоменизации. При этом повышение концентрации ионов алюминия в образцах ЖИГ приводит к значительному снижению значений магнитного поля H , при которых наблюдается максимум величины A , и к уменьшению $A_{\text{макс}}$, что иллюстрируется рис. 1. В то же время γ — облучение образцов МЦШ ведет к монотонному росту $A_{\text{макс}}$, достигающему 30% при максимальной дозе облучения, и к незначительному смещению положения $A_{\text{макс}}$ в сторону более высоких подмагничивающих полей (рис. 2). На рис. 2 до-

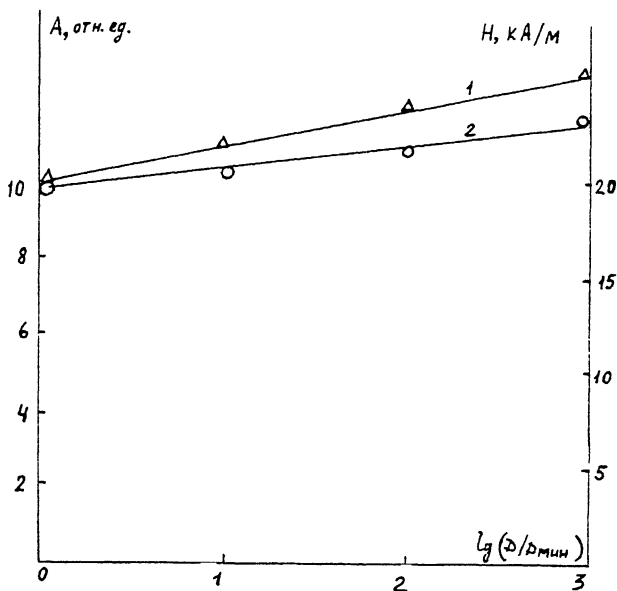


Рис. 2. Влияние γ -квантов на эффективность возбуждения звука порошками МЦФ (кривая 1) и величину подмагничивающего поля для A_{\max} (кривая 2) при $T = 293$ К.

зы облучения по оси абсцисс отложены в логарифмическом масштабе по отношению к минимальной дозе 10^6 рад, при которой изменения исследуемых параметров малозаметны.

Полученные результаты для иттриевых алюмоферрогранатов хорошо согласуются с существующими представлениями о преимущественном расположении немагнитных ионов алюминия в тетраэдрических узлах, что приводит к уменьшению намагниченности насыщения и коэффициента магнитоупругой связи. Вследствие облучения кристаллов МЦФ γ -квантами происходит перезарядка ионов железа [2], что в свою очередь влияет на значение константы магнитной анизотропии, приводя к уменьшению внутреннего поля. Перезарядка ионов железа в МЦФ по предположению, высказанному в работе [3], может дополнительно приводить и к увеличению динамической магнитострикции. Это предположение подтверждается ходом кривой 1 рис. 2 в зависимости A_{\max} от дозы облучения, а также результатами исследований эффекта магнитоакустического эха в тех же образцах [4].

На рис. 3 показана зависимость величины A от температуры. Кривые 1, 2 относятся к необлученному образцу МЦФ и измерены при фиксированных значениях подмагничивающего поля, равных соответственно 10 и 20 кА/М, кри-

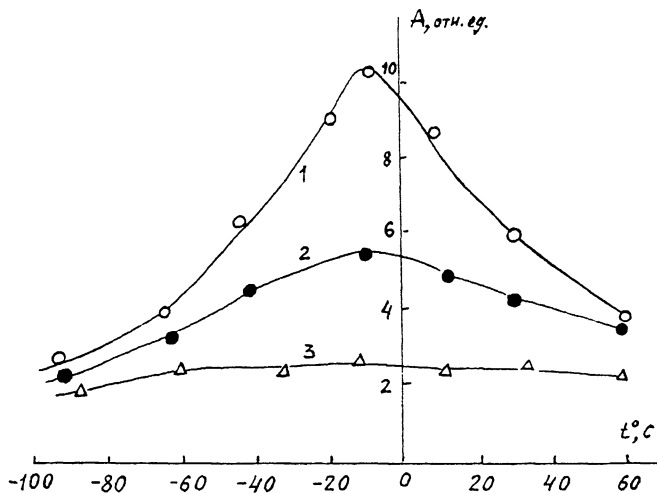


Рис. 3. Температурная зависимость эффективности возбуждения ультразвука порошками МЦФ и ЖИГ (1 — МЦФ в поле 10 кА/М, 2 — МЦФ в поле 20 кА/М, 3 — ЖИГ в поле 14 кА/М). Кривая 2 уменьшена по вертикали в 2.4 раза.

вая 3 измерена на образце ЖИГ без примеси алюминия в поле 14 кА/М, соответствующем $A_{\text{макс}}$. Из рис. 3 видно, что при температуре $\sim 10^\circ\text{C}$ в образцах МЦФ отчетливо наблюдается максимум A , причем максимум становится более выраженным с понижением величины подмагничивающего поля. В то же время для железиттриевого граната кривая $A(T)$ показывает плавный ход.

Известно [5], что образцы МЦФ исследуемого нами состава при температуре -10°C испытывают спин-переориентационный фазовый переход, при котором происходит смена направления оси легкого намагничивания, при этом константа магнитной анизотропии проходит через нулевое значение. В работе [6] при рассмотрении эффективности электромагнитного возбуждения звука в ферромагнетиках за счет воздействия радиочастотного поля на суммарную намагниченность получено, что смещение доменных стенок при прочих равных условиях обратно пропорционально $\sqrt{K_1}$, где K_1 — константа магнитной анизотропии. Аномалии в поведении K_1 соответственно сказываются в ходе температурной зависимости величины A . Наложение постоянного магнитного поля увеличивает вклад зеемановского взаимодействия по сравнению с энергией магнитной анизотропии [5] и приводит к относительному снижению максимума A с температурой, что наблюдается в наших экс-

периментах. Образец ЖИГ не имеет аномалий в поведении $K_1(T)$ и соответственно кривая $A(T)$ имеет плавный вид.

Проведенные исследования показывают возможность выбора оптимальных условий (внешнего магнитного поля, состава порошка феррита, количества структурных и радиационных дефектов, температуры) для практической реализации преобразователей ультразвука на основе электромагнитного возбуждения порошков ферритов.

Работа проводилась в рамках выполнения гранда "Магнитоупругие свойства жидкокристаллических и дисперсных магнитоупорядоченных систем с различной атомно-молекулярной структурой".

Список литературы

- [1] Кулешов А.А., Сарнацкий В.М., Шоно А.А. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 7. С. 37-40.
- [2] Сарнацкий В.М., Котов Л.Н., Абаренкова С.Г., Ефиценко П.Ю. // ФТТ. 1990. Т. 32. В. 5. С. 1528-1529.
- [3] Белов К.П., Горяга А.Н., Шереметьев В.Н., Наумова О.А. // Письма в ЖЭТФ. 1985. Т. 52. В. 3. С. 97-99.
- [4] Сарнацкий В.М., Абаренкова С.Г., Котов Л.Н. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 1. С. 7-10.
- [5] Шутилов В.А., Котов Л.Н., Мирзоазмедов Х.К., Сарнацкий В.М. // ФТТ, 1985. Т. 27. В. 6. С. 2348-2354.
- [6] Гитис М.Б. // ФТТ. 1972. Т. 14. В. 12. С. 3563-3567.

НИИ физики
Санкт-Петербургского
государственного университета

Поступило в Редакцию
22 июля 1993 г.

