

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ЗАТУХАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В МОНОКРИСТАЛЛАХ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВОЙ ШПИНЕЛИ

В. М. Сарнацкий, Л. Н. Котов, С. Г. Абаренкова, П. Ю. Ефциенко

Исследования акустических свойств монокристаллов марганец-цинковой шпинели (МЦШ), проведенные в работах [1-4], показали, что в затухание ультразвуковых волн с частотами 3—100 МГц могут давать вклад различные механизмы, определяющие решеточное, дефектное, доменное, резонансное, релаксационное поглощение и рассеяние звука на магнитных неоднородностях. Выделение того или иного механизма поглощения звука достигается изучением температурной, частотной или полевой зависимости.

Так как исследуемые образцы в зависимости от условий получения могут содержать неконтролируемое количество структурных несовершенств различной природы, нами для выявления вклада дефектов в затухание ультразвука, включая взаимодействие дефектов с доменной структурой,

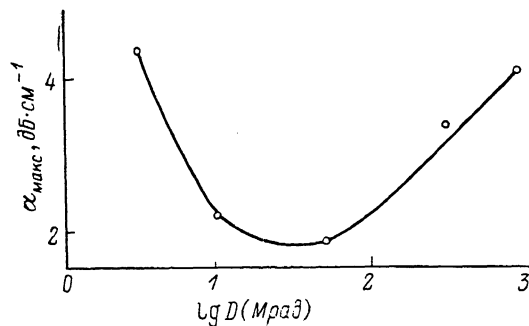


Рис. 1. Зависимость коэффициента затухания ультразвука α_{max} в монокристаллах МЦШ при температуре СПФП от дозы γ -квантов.

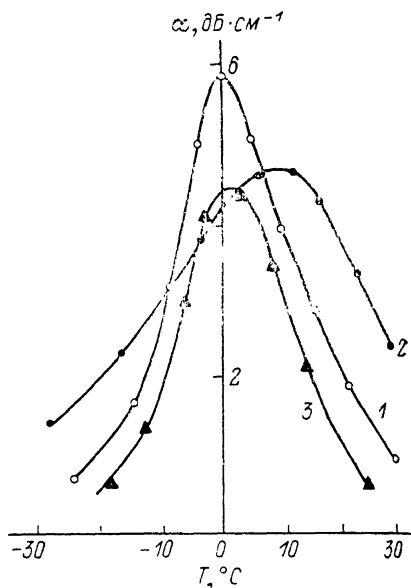


Рис. 2. Зависимость коэффициента затухания ультразвука α от температуры для образцов МЦШ с различными дозами облучения γ -квантами.

1 — необлученный образец, 2 — доза 10^6 ,
3 — 10^7 рад.

проведены измерения коэффициента магнитоакустического ослабления ультразвуковых волн α в монокристаллах МЦШ, подвергнутых различным дозам γ -облучения. С этой целью из одного большого кристалла, выращенного методом Бриджмена в направлении [110], было вырезано шесть образцов в виде параллелепипедов с размерами $10 \times 11 \times 12$ мм и ориентациями [110], [100], [110] вдоль ребер. Пять образцов было облучено от γ -источника Co^{60} дозами $3 \cdot 10^6$, 10^7 , $5 \cdot 10^7$, $3 \cdot 10^8$ и 10^9 рад. Один образец для сравнения оставлен необлученным. Перед облучением все образцы были отожжены при температуре 600 °C в течение 12 ч с последующим медленным остыванием до комнатной температуры, после чего в них были измерены акустические характеристики, которые в пределах ошибок эксперимента оказались идентичными. Измерения α для быстрой поперечной волны, распространяющейся вдоль кристаллографического направления [110] со смещением вдоль [100], проводились на частоте ультразвука ~ 30 МГц в диапазоне температур 250—330 К, включающем температуру спин-переориентационного фазового перехода (СПФП), при которой происходит смена направления оси легкого намагничивания и наблюдается

максимум коэффициента затухания ультразвука $\alpha_{\text{макс}}$, связанный с взаимодействием ультразвуковых колебаний с неустойчивой доменной структурой [1]. При температуре СПФП первая константа магнитной анизотропии K_1 меняет знак, проходя через нулевое значение. Температура СПФП для кристаллов МЦШ зависит от состава компонент, относительного содержания двух- и трехвалентного железа [5] и для образцов состава $\text{Mn}_{0.61}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_{2.04}\text{O}_4$ находится в районе 270 К. В необлученном образце $\alpha_{\text{макс}} = 6.0 \pm 0.2$ дБ·см⁻¹.

Обнаружен немонотонный характер поведения $\alpha_{\text{макс}}$ от дозы γ -облучения (рис. 1), что свидетельствует об образовании в кристаллах МЦШ по крайней мере двух типов дефектов. Наиболее значительные изменения α проявляются в области СПФП, где наряду с изменением максимума α после γ -облучения за счет появления дефектов, закрепляющих движение доменных стенок, происходит и сдвиг максимума в сторону более высоких температур на величину $\Delta T \sim 10^\circ$ (рис. 2), связанный с перезарядкой ионов железа.

Воздействие γ -лучей с энергией 1.25 МэВ приводит в основном к нарушению химических связей в монокристаллах изучаемых ферритов. Возможными нарушениями химических связей в МЦШ может быть, во-первых, перемена валентности ионов железа, что подтверждается сдвигом $T_{\text{СПФП}}$, данными исследований эффекта Мессбауэра и уменьшением величины $\alpha_{\text{макс}}$, и, во-вторых, нейтрализация зарядов пары ионов с образованием молекулярных окисных примесей, которые могут играть как роль закрепляющих дефектов, так и центров рассеяния ультразвука. Кроме того, при больших дозах облучения возможны процессы агрегации дефектов и создание в образцах внутренних напряжений, также вносящих вклад в величину затухания ультразвука. Процессы закрепления доменных стенок ионами железа Fe^{2+} вследствие их значительной одноосной анизотропии обсуждаются подробно в работе [6]. В насыщающих магнитных полях $H_0 \sim 200$ кА/м наблюдается акустическое просветление кристаллов, т. е. значительное уменьшение коэффициента затухания ультразвука, причем степень просветления зависит от дозы облучения, что позволяет выделить вклад различных дефектов в величину магнитоакустического затухания.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Шутилов В. А., Котов Л. Н., Мирзоахмедов Х., Сарнацкий В. М. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 6. С. 1783—1787.
- [2] Шутилов В. А., Абаренкова С. Г., Котов Л. Н., Кулешов А. А., Сарнацкий В. М. // Вестник ЛГУ, сер. 4. 1987. В. 3. С. 14—18.
- [3] Зарембо Л. К., Карпачев С. Н. // Акуст. журн. 1989. Т. 35. В. 1. С. 51—55.
- [4] Гусева Е. К., Титов С. В., Абаренкова С. Г. // Дефектоскопия. 1989. Т. 32. В. 1. С. 49—53.
- [5] Stoppeles D. // J. Appl. Phys. 1980. V. 51. N 5. P. 2789—2794.
- [6] Мягков А. В., Махоткин В. И. // Тр. ФИАН СССР. 1982. Т. 139. С. 87—92.

Ленинградский государственный университет
Ленинград

Поступило в Редакцию
17 июля 1989 г.
В окончательной редакции
30 октября 1989 г.