

УДК 538.2

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Н. Д. КАЗВИНИ, Д. Е. БОНДАРЕВ, П. П. КИРИЧОК
ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОВНЕЙ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ
И ВНУТРЕННИХ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ
В ЛИТИЙ-СКАНДИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТАХ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 10 X 1973)

Управление уровнями коэрцитивной силы, которые частично освещены в ⁽¹⁾, определяется неоднозначной кусочно-линейной зависимостью от концентрации вводимых ионов-активаторов. Управление коэрцитивностью ферромагнетиков ионным методом связано с особенностями проявления упругих и неупругих микронапряжений градиента Беккера — Кондорского ^(2, 3) и модельными допущениями Нееля — Гуденафа о зависимости коэрцитивной силы H_c от концентрации немагнитных включений ⁽⁴⁾ и неоднородных химических соединений ⁽⁵⁾. Экспериментальные данные о границах проявления указанного градиента в литературе не описаны.

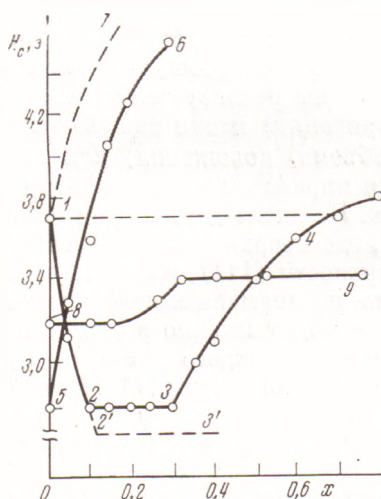


Рис. 1. Уровни коэрцитивной силы литий-марганецсодержащей матрицы $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.5-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$ (1–2–3–4), литий-скандийсодержащей матрицы $\text{Li}_{0.5}\cdot\text{Fe}_{2.5-(a+x)}\text{Mn}_a\text{Sc}_x\text{O}_4$ (5–6) и цирконийсодержащий $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.5-b}\text{Mn}_b\text{O}_4-x\text{ZrO}_2$ (8–9); 1–7 априорная зависимость литий-скандийсодержащей системы. Размеры ферритовых сердечников для баллистических измерений $10\times6\times2$ мм³

Целью данной работы было выяснение взаимосвязи уравнений коэрцитивной силы с внутренними микронапряжениями второго рода, возникающими в окисных матрицах, например, вида



от концентрации окислов марганца и окиси скандия в заданных интервалах (марганца $0 \leq x \leq 0,80$ и скандия $0 \leq x \leq 0,30$). Образцы для исследований готовились из стандартных окислов по обычной керамической технологии (тороиды, таблетки). Измерение внутренних микронапряжений производилось рентгенофазовым методом согласно методике ^(6–8).

На рис. 1 приведены результаты наблюдений зависимости уровней коэрцитивной силы от концентрации окислов марганца (зависимость 1–2–3–4), окиси скандия (5–6) и двуокиси циркония (8–9). Из приведен-

ных зависимостей видно, что характер изменения H_c связан с концентрацией вводимых ионов-активаторов. Особенно это заметно на зависимости 5–6, 8–9 и величинах потенциальной коэрцитивности H_0 , где, например, $H_0=2,8$ э для Sc_2O_3 и $H_0=3,2$ э для ZrO_2 . Наблюдаемые расхождения в уровнях насыщения и потенциальных коэрцитивностях объясняются ограниченностью областей твердых растворов Sc_2O_3 и ZrO_2 в литиевой матрице.

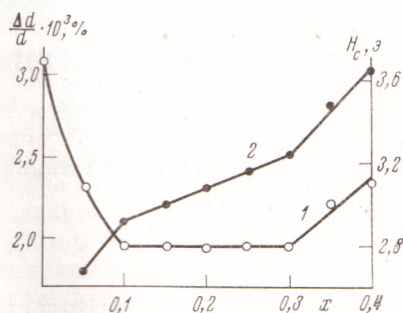


Рис. 2. Взаимосвязь коэрцитивной силы (1) и микронапряжений (2) в зависимости от содержания окиси марганца в литиевой матрице $Li_{0.5}-Fe_{2.5-b}Mn_bO_4+xZrO_2$. Образцы ферритовых сердечников $10 \times 6 \times 2$ мм³ для баллистических измерений; для измерения микронапряжений таблетки $\varnothing = 16$ мм, $h=2$ мм. Методика измерений микронапряжений согласно (6–8)

В неменьшей степени показательны данные по наблюдению зависимостей микронапряжений той же литиевой матрицы с теми же заданными концентрациями соответственно коэрцитивной зависимости (2–3–4, 5–6 на рис. 1). Зависимости микронапряжений, приведенные на рис. 2, 3, находятся в полном согласии с концентрационной характеристикой коэрцитивной силы. Обращаясь к характеристике, представленной на рис. 1, 1–2–3–4, необходимо заметить, что ферритовые сердечники, синтезируемые на концентрационном участке 1–2, обладают лучшим коэффициентом (0,1% на 1° C) термостабильности (9), чем сердечники на восходящем

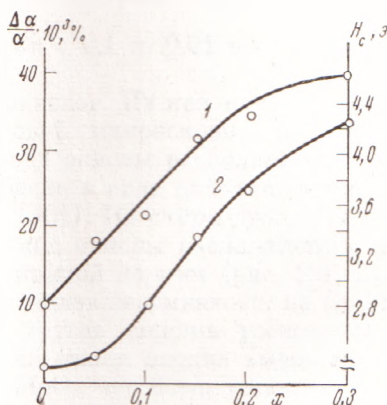


Рис. 3. Взаимосвязь коэрцитивной силы (1) и микронапряжений (2) литий-марганецсодержащей матрицы в зависимости от концентрации окиси скандия. Методика оценки микронапряжений согласно (8). Образцы в виде таблеток $\varnothing = 16$ мм, $h=2$ мм. Режимы термической обработки по производственной технологии на литиевые ферриты

участке 3–4. Из этих данных можно заключить, что область упругих микронапряжений 1–2 благоприятствует высокой термостабильности, тогда как наличие неупругих микронапряжений 3–4 отрицательно сказывается и на термостабильности, и на высоких импульсных свойствах ферритовых микросердечников, хотя участок 3–4 обладает повышенной коэрцитивной силой. Эти обстоятельства указывают на неправомерность утверждений (10), что ферритам с высокой коэрцитивной силой всегда свойственна высокая термостабильность.

В связи с возможностью управления термостабильностью ферритоманетиков представляется перспективным поиск на участке 1–2–2' на рис. 1 термостабильных ферритовых систем с низкой коэрцитивной силой и сверхтермостабильных композиций, отвечающих области 1–7, при введении тех или иных ионов-активаторов.

Учитывая концентрационные данные (¹) по спонтанному делению зерен литиевой матрицы и наличие границ упругих (отрезок 1—2—3 на рис. 1) и неупругих (отрезок 3—4) микронапряжений, можно заключить, что проявление градиента локальных внутренних микронапряжений четко экспериментально подтверждается (впервые) наличием взаимосвязи коэрцитивной силы и внутризеренных микронапряжений, возникающих в зависимости от концентрации ионов-активаторов. Таким образом, упругие и неупругие внутризеренные микронапряжения, возникающие в ферритовой литиевой матрице, зависят от концентрации вводимых ионов-активаторов и ответственны за природу уровней коэрцитивной силы, спонтанное деление зерен и термостабильность ферритмагнетиков.

Авторы выражают глубокую признательность акад. Н. В. Белову, проф. Е. И. Кондорскому за внимание к обсуждению проблемы управления свойствами ферритмагнетиков новым методом и полезные замечания по данной работе.

Поступило
7 X 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. Е. Бондарев, И. И. Киричок и др., ДАН, т. 210, 1063 (1973). ² R. Becker, Zs. Phys., В. 62, 253 (1930). ³ Е. И. Кондорский, ЖЭТФ, т. 7, 1117 (1937). ⁴ Л. Нель, Сборн. Физика ферромагнитных областей, ИЛ, 1951, стр. 215. ⁵ Д. Гуденаф, Магнетизм и химическая связь, М., 1968; J. Appl. Phys., v. 8, 8 (1953). ⁶ Н. Н. Давиденков, Рентгенография в применении к исследованию металлов, 1936. ⁷ И. И. Киричок, Г. С. Подвальный, Л. Н. Шараневич, Укр. физич. журн., т. 13, 1628 (1968). ⁸ Г. С. Подвальный, И. И. Киричок и др., ДАН, т. 201, 1342 (1971). ⁹ A. H. Agajceni-an, IEEE Trans., Magnetics, v. 6, 90 (1970). ¹⁰ B. Stenless, G. Vagler, Ann. Phys., B. 20, 390 (1968).