**Температурные и полевые зависимости магнитострикции соединений (Er,Y)0.8Sm0.2Fe2**

***Котенко Севастьян Евгеньевич***

*Студент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:* *kotenko.se19@physics.msu.ru*

Интерметаллические соединения редкоземельных (РЗ) и 3d-переходных металлов широко известны в науке и технике благодаря их магнитным свойствам [2]. Такие соединения в зависимости от концентрации РЗМ демонстрируют достаточно высокие температуры Кюри, значительную магнитокристаллическую анизотропию, гигантскую магнитострикцию, инварные свойства, большой магнитокалорический эффект. Интерметаллические соединения РЗ элементов с Fe стехиометрии RFe2, обладающие кубической структурой фаз Лавеса C15, являются наиболее подходящими для технического применения, так как в них уникальные магнитоупругие свойства реализуются в области комнатных температур. На данный момент актуальны исследования многокомпонентных фаз Лавеса, в которых, комбинируя концентрацию элементов, можно варьировать межатомное расстояние, и, следовательно, характер межатомных обменных взаимодействий, приводящих к тому или иному типу магнитного упорядочения. Магнитные моменты легких и тяжелых РЗ элементов в сплавах с
3d-металлами упорядочиваются по-разному. Интерметаллиды на основе тяжелых РЗМ образуют ферримагнитную структуру, а на основе легких РЗМ - ферромагнитную.

Целью данной работы является изучение влияния замещения магнитоактивных атомов Er атомами слабомагнитного Y на магнитострикцию многокомпонентных соединений (Er1-xYx)0.8Sm0.2Fe2 (x = 0; 0,4). Замещение Er атомами Y позволяет варьировать величину межподрешеточного отрицательного обменного взаимодействия Er-Fe. Выбор параметра замещения x = 0,4 обусловлен тем, что в области 0,2 < xкомп < 0,4 можно ожидать явление полной магнитной компенсации [3].

Синтез сплавов проводился методом высокочастотной индукционной плавки в алундовом тигле в атмосфере особо чистого аргона, давление которого составляло
1,1-1,2 атм. Затем образцы подвергали гомогенизирующему отжигу в течение двух недель при температуре 800°C. Рентгенодифракционные спектры регистрировались в
CuKα-излучении при комнатной температуре на порошковых образцах с помощью дифрактометра Дрон-7. Фазовый состав образца исследовался с помощью Ритвельд-анализа. Параметры элементарной ячейки определялись по отражениям в области углов 2θ = 15-105°. Измерения магнитострикции проводилось тензометрическим методом [1] на поликристаллических образцах в области температур 80-330 K в магнитном поле до 12,5 кЭ. Тензодатчики были изготовлены из тензочувствительной проволоки, не обладавшей заметным гальваномагнитным эффектом. При измерениях один датчик наклеивался на образец, а другой являлся компенсационным и наклеивался на тонкую кварцевую пластинку, которая прижималась к образцу. Оба датчика включались в противоположные плечи моста Уинстона.

Особенностью поведения полевой зависимости магнитострикции является то, что при выведении магнитного поля продольная и поперечная магнитострикция не возвращается в начальное значение при первом намагничивании. Таким образом, при низких температурах в соединениях (Er1-xYx)0.8Sm0.2Fe2 наблюдается остаточная магнитострикция. При повторном намагничивании образца наблюдается обратимое поведение полевой зависимости магнитострикции. Значение остаточной магнитострикции было определено нами как значение магнитострикции после выведения магнитного поля при первом намагничивании. При температурах выше Т = 250 K величина остаточной магнитострикции пренебрежимо мала. Величина обратимой магнитострикции была определена как разность измеряемой и остаточной магнитострикции.

Во всех образцах наблюдается положительная поперечная и отрицательная продольная магнитострикция. Полевые зависимости обратимой магнитострикции $λ\_{∥}(H)$ и $λ\_{⊥}(H)$ выходят на насыщение в поле 6 кЭ при температурах выше T = 110 K. Продольная магнитострикция значительно превышает поперечную по величине. Продольная магнитострикция для состава с x = 0 монотонно растет по абсолютной величине при охлаждении и достигает максимального значения $(λ\_{∥}) \_{max}$ = -1,1·10-3 в поле 12,5 кЭ. На температурных зависимостях поперечной магнитострикции в полях 12,5 кЭ и 7 кЭ наблюдается максимум при температуре Т = 130 K.

Как остаточная, так и обратимая анизотропная и объемная магнитострикция была рассчитана следующим образом:

$$\begin{array}{c}λ\_{a}=λ\_{∥}-λ\_{⊥}\#(1)\end{array}$$

$$\begin{array}{c}ω=λ\_{∥}+2λ\_{⊥}.\#(2)\end{array}$$

Во всех исследованных образцах наблюдается отрицательная остаточная и обратимая анизотропная магнитострикция, возрастающая по абсолютной величине при охлаждении. Обратимая анизотропная магнитострикция достигает большого значения
$(λ\_{a}) \_{max}$ = -1,1·10-3 для состава с x = 0 в поле 12,5 кЭ при температуре 80 K. При температурах выше Т = 110 K остаточная анизотропная магнитострикция значительно меньше обратимой анизотропной магнитострикции. Найдено, что внедрение в систему эрбия Er приводит к значительному увеличению анизотропной магнитострикции, по сравнению с составом Sm0.2Y0.8Fe2 [4].

Во всех сплавах системы (Er1-xYx)0.8Sm0.2Fe2 наблюдается положительная остаточная и отрицательная обратимая объемная магнитострикция, возрастающая по абсолютной величине при охлаждении. При этом величина остаточной объемной магнитострикции для состава с x = 0,4 превышает величину остаточной объемной магнитострикции для состава с x = 0 и сравнима по величине с обратимой при низких температурах. На температурной зависимости остаточной объемной магнитострикции для состава с x = 0 наблюдается локальный максимум в области температуры T =110 К.

Установлено, что основной вклад в магнитострикцию соединений системы
(Er1-xYx)0.8Sm0.2Fe2 вносит анизотропная магнитострикция, при этом анизотропная магнитострикция примерно в два раза превышает объемную. Наибольшая магнитострикция наблюдается в составе с x = 0. Таким образом, замещение атомов Er атомами слабомагнитного Y приводит к уменьшению величины магнитострикции.

1. Алероева Т.А., Илюшин А.С., Умхаева З.С., Панкратов Н.Ю., Терёшина И.С. Особенности полевых и температурных зависимостей магнитострикции многокомпонентных сплавов Sm0.2(Y,Tb)0.8Fe2 // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2020. № 3. С. 59-67.

2. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. Изд-во Мир: М. 1974.

3. Умхаева З.С, Карпенков А.Ю., Терёшина И.С., Панкратов Н.Ю., Алиев И.М. Магнитные свойства сплавов многокомпонентной системы (Er1-xYx)0.8Sm0.2Fe2 // Известия РАН. Серия физическая. 2024. том 88. № 5. С. 118-122.

4. Pankratov N.Yu., Tereshina I.S., Politova G.A. et al. // JMMM. 2021. V. 527. P. 167728.