

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Международный молодежный научный форум
«Ломоносов»

XX международная конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Ломоносов»



Сборник тезисов докладов
Электронная версия

Секция «Физика»

Москва, 2013 г.

4. R.L. Wang, S.L. Tang, B. Nie, X.L. Fei, Y.G. Shi, Y.W. Du Solid State Communications 142 (2007) 639–642.
5. Jen-Hwa Hsu, J.T. Lee, Ching-Ray Chang, M.T. Lin Journal of Magnetism and Magnetic Materials 226-230 (2001) 502-504.
6. Y. Harada, Y. Nakanishi, N. Yoshimoto, M. Daibo, M. Nakamura, M. Yoshizawa J. Phys. Chem. B 2004, 108, 8862-8865.
7. Jürgen Winterlik, Benjamin Balke, Gerhard H. Fecher, and Claudia Felser Physical review B 77, 054406_2008.

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОЙ ЗАКАЛКИ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ И МАГНИТОТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ДИСПРОЗИЯ

*Звонов А.И.¹, Смаржевская А.И.¹,
Карпенков Д.Ю.², Карпенков А.Ю.², Панкратов Н.Ю.¹*

Студент

¹*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

²*Тверской государственный университет, физико-технический факультет,
Тверь, Россия*

E-mail: zvonov@physics.msu.ru

Известно, что при переходе от объемных образцов к частицам малого размера происходит существенное изменение механических и магнитных свойств. Магнитокалорическим эффектом (МКЭ) называется обратимое выделение или поглощение теплоты при быстром (адиабатическом) включении или выключении магнитного поля. Научный и промышленно-технический интерес к нанокристаллическим и наноструктурным материалам вызван перспективой их использования в различных устройствах, например, в магнитных холодильных установках. Однако, до настоящего

времени, исследования зависимости магнитных свойств от структурного состояния материала для чистых редкоземельных элементов, т.е. влияние размера кристаллитов, который может изменяться в пределах от нескольких миллиметров до десятков нанометров на магнитные, характеристики не проводились.

Целью данной работы являлось изучение влияния быстрой закалки из жидкой фазы на размер кристаллитов массивного образца и магнитные характеристики, в том числе, температуры магнитных фазовых переходов и температурную зависимость МКЭ.

Магнитные свойства диспрозия достаточно хорошо исследованы как на монокристаллах, так и на поликристаллических образцах, с характерным размером кристаллитов порядка нескольких микрон. Известно, что в диспрозии было обнаружено два магнитных фазовых перехода: температура Кюри $T_C = 86$ К и Нееля $T_N = 178,5$ К [1 - 3].

Быстрозакаленный диспрозий, исследованный в данной работе, получен методом спиннингования на установке, разработанной на кафедре магнетизма ТвГУ. Расплавленный диспрозий с чистотой не менее 99,9% разливался на быстро вращающийся медный диск,

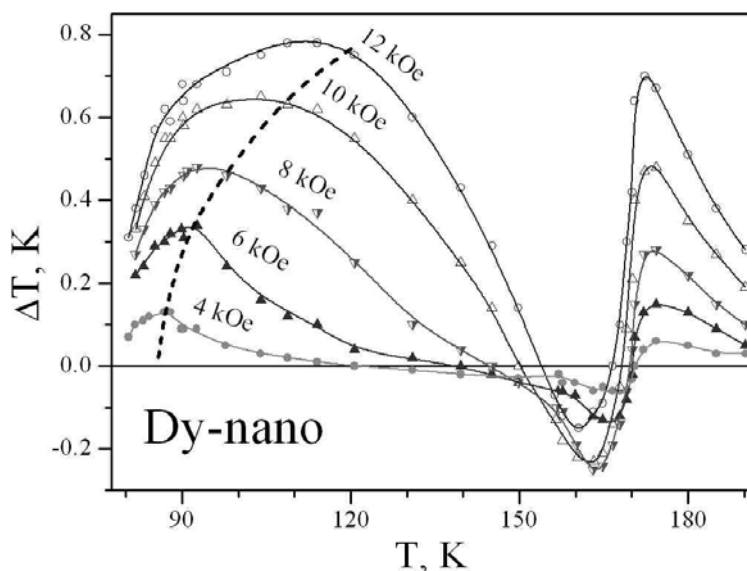


Рис. 1. Температурные зависимости МКЭ Dy.

линейная скорость вращения которого составляла 12 м/с. Размер зерна, определялся контактным методом атомно-силовой микроскопии на шлифованной и протравленной поверхности образца. Измерения МКЭ проводились прямым методом в температурном диапазоне 78-200 К. Образец помещался в контейнер с теплоизоляцией и глубоким вакуумом $\sim 10^{-4}$ мм рт.ст. для минимизации отвода тепла (адиабатическое намагничивание).

Выявлено, что для быстрозакаленного образца размеры кристаллитов лежат в диапазоне 100-200 нм, следовательно, кристаллиты, составляющие массивный образец, являют собой наноразмерные частицы, то есть, образец, подверженный быстрой закалке из жидкой фазы, является нанокристаллическим.

На рис. 1 представлены температурные зависимости МКЭ в полях, 4, 6, 8, 10 и 12 кЭ для быстрозакаленного (нанокристаллического) диспрозия. Можно полагать, что максимум МКЭ в температурном диапазоне 78-130 К соответствует магнитному фазовому переходу ферромагнетик-антиферромагнетик для данного значения магнитного поля. Из рис. 1 видно, что температура максимума МКЭ, как и его величина растет с увеличением поля. Для уточнения значения температуры Кюри мы провели экстраполяцию к нулевому значению поля с помощью уравнения $H = A \cdot (T/T_C - 1)^{1/2}$ ($A = 17,23$ кЭ) и установили, что температура Кюри в нанокристаллическом Dy составляет 83,2 К. Температуру Нееля можно определить как температуру, при которой ΔT принимает нулевое значение в области роста МКЭ с температурой. Видно, что данная температура уменьшается с ростом магнитного поля. Для определения температуры Нееля была также проведена экстраполяция к нулевому полю. Найдено, что температура Нееля в быстрозакаленном Dy составляет 171 К. Таким образом, показано, что температуры магнитных фазовых переходов типа ферромагнетик-антиферромагнетик и антиферромагнетик-парамагнетик, уменьшаются в быстрозакаленном диспрозии по сравнению с поликристаллическим. Уменьшение температуры Нееля составило около 8 К, уменьшение температуры Кюри ~ 2 К.

Существенное изменение температуры Нееля, соответствующей магнитному фазовому переходу типа порядок-беспорядок, в быстрозакаленном диспрозии можно связать с увеличением среди общего числа атомов в кристаллите атомов, находящихся на поверхности кристаллита, и следовательно, имеющих меньшее количество соседних узлов в первой и второй координационных сферах. Увеличение числа поверхностных атомов приводит к уменьшению энергии обменного взаимодействия и, как следствие, уменьшению энергии тепловых колебаний кристаллической решетки, необходимой для разрушения магнитного порядка.

Ранее в нашей работе [4] было показано, что в быстрозакаленном тем же методом гадолинии размер зерна составляет примерно 100 нм, при этом уменьшение T_C (температуры магнитного фазового перехода типа порядок-беспорядок) по сравнению с поликристаллическим гадолинием составляет 7 К. Обобщая наши результаты, можно сделать вывод о том, что быстрая закалка из жидкого состояния позволяет получить тяжелые редкоземельные металлы (РЗМ) в нанокристаллическом состоянии. Так же определено, что наноструктурное состояние приводит к существенному уменьшению температуры магнитного фазового перехода типа порядок-беспорядок в тяжелых РЗМ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ гранты 12-02-31516, 13-02-90628, 13-02-00916.

Литература

1. Darnel F.J., Moore E.P. Crystal Structure of Dysprosium at Low Temperatures. J. Appl. Phys. v. 34 (1963) p. 1337.
2. Никитин С.А. Магнитные свойства редкоземельных металлов и их сплавов. М.: Издательство Московского университета. 1989.
3. Tishin A.M., Spichcin Y.I. The magnetocaloric effect and its applications. Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2003.
4. Звонов А.И., Иванова Т.И., Кошкидько Ю.С., и др. Влияние быстрой закалки на магнитокалорический эффект гадолиния. В сборнике трудов XXII Международной конференции «Новое в магнетизме и магнитных материалах», Астрахань, 17-21 сентября, (2012) с. 138-141.