

УДК 539.2

DOI: 10.17223/00213411/62/12/192

Т.Д. МАЛИНОВСКАЯ¹, В.А. ЖУРАВЛЕВ², С.В. МЕЛЕНТЬЕВ³, В.В. ЖЕК¹

ФЕРРОМАГНЕТИЗМ ПОЛИДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗОМ *

Ключевые слова: оксид цинка, разбавленные магнитные полупроводники, намагниченность, спинтроника.

В последние годы наблюдается большой интерес к ферромагнетизму оксида цинка в связи с тем, что наличие высокотемпературного ферромагнетизма у прозрачного широкозонного полупроводника ZnO делает его перспективным материалом для спинтроники. В работах [1, 2] теоретически предсказывалось, что легирование ZnO такими металлами, как Cr, Fe, Co, Ni, приведет к возникновению в нем элементов ферромагнитного упорядочения. Полученные экспериментальные результаты показали, что у легированного этими металлами ZnO (обычно доля магнитных ионов составляла до 10 %) возникает как парамагнитное [3–5], так и ферромагнитное поведение [6–8]. При этом методы и условия получения образцов влияли на их параили ферромагнетизм. Как отмечается в обзоре [9], наличие или отсутствие высокотемпературного ферромагнетизма у ZnO контролируется дефектами кристаллического строения и его причины до сих пор остаются во многом непонятными. Поэтому представленное в настоящей работе исследование ферромагнетизма полидисперсного ZnO, легированного железом в процессе совместного химического осаждения гидроксидов цинка и железа и последующей термообработки в воздушной и (или) водородосодержащей атмосфере, является актуальным.

Химическое соосаждение проводили из водных растворов солей ZnCl₂·2H₂O и FeCl₃·6H₂O. В растворы добавляли водный раствор 25 %-го NH₄OH при постоянном перемешивании до достижения pH = 7. Величина легирования составляла 5 % Fe. После отмывки осадок центрифугировали, сушили 24 ч при температуре 80 °С, а затем отжигали 1 ч при 800 °С на воздухе (и) или в потоке водорода при 400 °С 15 мин (220 мл/мин), в качестве газа-носителя использовался азот (200 мл/мин). Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов выполняли на дифрактометре Rigaku Miniflex 600 с использованием CuK_α-излучения в интервале 10–90° (2θ) с шагом сканирования 0.02° и скоростью съемки 2 град/мин. Идентификацию дифракционных максимумов проводили с помощью базы данных JSPDS. Магнитные свойства изучались на вибрационном магнетометре MPMS XL5, Quantum Design.

По данным РФА все полученные образцы являются хорошо закристаллизованными соединениями, после отжига на воздухе содержат фазы ZnO (гексагональная структура вюрцита), Fe₄O₅, Fe₃O₄, а после отжига в потоке водорода – ZnO (гексагональная структура вюрцита), FeO₃, Fe₃O₄, следы чистых металлов Zn и α-Fe. И в том и в другом случае наблюдается изменение параметров элементарной ячейки ZnO, что говорит

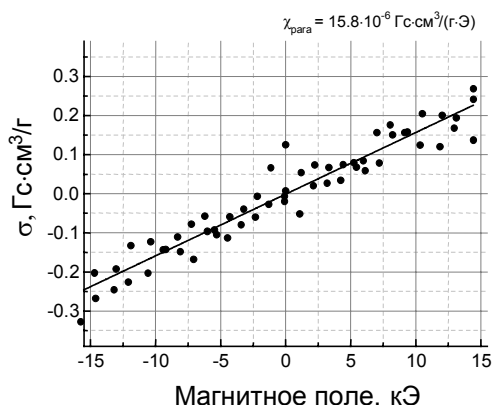


Рис. 1. Кривая намагничивания образца № 1: точки – эксперимент; сплошная линия – обработка методом наименьших квадратов по линейному закону

о том, что легирующие ионы встраиваются в кристаллическую решетку ZnO, образуя твердые растворы. Образование ферромагнитных фаз, вероятно, происходит при превышении порога растворимости железа в ZnO. Кривые намагничивания для образцов, отожженных на воздухе (образец № 1), в потоке водорода после отжига на воздухе (образец № 2) и в потоке водорода без отжига на воздухе (образец № 3) приведены на рис. 1–3. Измерения проведены при комнатной температуре. Зависимость для образца № 1 имеет вид, типичный для парамагнитного материала, а зависимости образцов № 2 и 3 – для ферромагнитного материала с заметным вкладом от парапроцесса. Кривые намагничивания образцов № 2 и 3 могут быть описаны формулой

$$\sigma(H) = \sigma_{ferro}(H) + \chi_{para} H. \quad (1)$$

Здесь $\sigma_{ferro}(H)$ – вклад от ферромагнитной составляющей; χ_{para} – вклад от парамагнитной или суперпарамагнитной составляющих. Сплошными линиями на рис. 2 и 3 пред-

* В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>