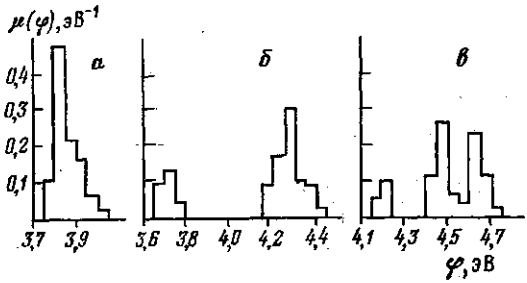
и WC. После отжига увеличился практический эмиссионный контраст на исследованных нами образцах W на 0,3 эВ, WC — на 0,85 эВ, Mo — на 0,5 эВ. Для Mo конечное устойчивое распределение площади поверхности образца по работам выхода $\mu(\varphi)$ зависело от скорости увеличения температуры в указанном выше интервале. При подъеме температуры до 1680—1850 К в течение 1—2 мин («быстрый» нагрев) и в течение ~30 мин («медленный» нагрев) происходило существенное изменение функции $\mu(\varphi)$ (рисунок).

Проведенные исследования показали, что микроструктура поверхности и эмиссионные свойства исследованных материалов меняются в результате облучения γ-квантами и отжига.



Функция распределения $\mu(\varphi)$ для поликристаллического Mo: необлученного (*а*), облученного и подвергнутого «быстрому» отжигу (*б*), облученного и отожженного при «медленном» увеличении температуры (*в*)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Чернов И. П. и др.//Атомная энергия. 1984. 57, № 1. С. 56.

Поступила в редакцию
04.08.87

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1988. Т. 29, № 5

УДК 669.866

СПИН-ОРИЕНТАЦИОННАЯ ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА СИСТЕМЫ $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$

А. С. Илюшин, М. Хенийш (АРЕ), Х. А. Мотавех (АРЕ), А. А. Али (АРЕ), М. Б. Карман (Сирия)

(кафедра физики твердого тела)

Методами низкотемпературной рентгеновской дифрактометрии и магнитных измерений изучены структурные и магнитные фазовые переходы в сплавах системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ и построена спин-ориентационная фазовая диаграмма этой системы.

Интерметаллические соединения типа C15 редкоземельных металлов с 3*d*-переходными и многокомпонентные системы сплавов на их основе являются перспективными магнитострикционными материалами, уже нашедшими применение в различных областях техники [1]. Создание сплавов с оптимальными магнитными свойствами невозможно без детального знания спин-ориентационных фазовых диаграмм. В работе [2] было показано, что в многокомпонентных системах редкоземельных интерметаллидов типа C15 по виду спин-ориентационных фазовых диаграмм можно определить составы сплавов, у которых при определенных температурах энергия магнитокристаллической анизотропии будет равна нулю. С этой точки зрения заметный интерес представляют квазитернарные системы интерметаллидов типа $R'_{1-x-y}R''_xR'''_yT_2$, где T—Co или Fe [3].

Целью настоящей работы было исследование фазового состава, структуры, теплового расширения и магнитных свойств редкоземельных интерметаллидов квазитернарной системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ и построение для нее спин-ориентационной фазовой диаграммы. Аппаратура и методика низкотемпературной рентгеновской дифрактометрии и магнитных измерений описаны в работах [4, 5]. Методика синтеза интерметаллидов и режимы термообработок изложены в [6]. Сплавы системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ имели следующие составы (по x): 0; 0,1; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,7 и 1,0.

Рентгеновский фазовый анализ сплавов этой системы, проведенный при комнатной температуре, подтвердил их однофазность и изоструктурность фазе Лавеса C15. Измерения показали, что в ходе зависимости параметров элементарных ячеек от состава $a(x)$ имеется отклонение от правила Вегарда (рис. 1, кривая *1*). Изоморфное замещение атомов гольмия и тербия атомами диспрозия в области x от 0 до 0,5 сопровождается монотонным уменьшением параметра a от 7,201 до 7,189 Å, а затем при дальнейшем росте x от 0,5 до 1,0 параметр a монотонно возрастает от 7,185 до 7,199 Å. Аномальное уменьшение параметра a в системе $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ при $x=0,5$ свидетельствует о том, что атомы редкоземельных металлов распределены упорядоченно по R-подрешетке структуры C15. Из [7] известно, что структура фазы C15 допускает образование сверхструктуры в квазибинарных сплавах при стехиометрии $R'_{0,5}R''_{0,5}T_2$. Именно при этом составе и обнаружена аномалия в ходе кривой $a(x)$.

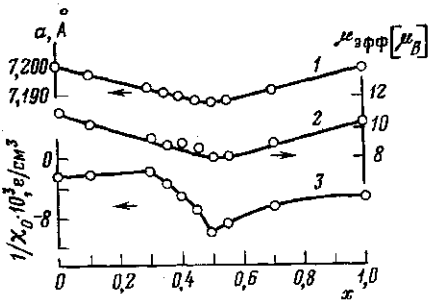


Рис. 1. Зависимости величин a (*1*), $\mu_{эфф}$ (*2*) и $1/\chi_0$ (*3*) от состава (по x) для сплавов системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$

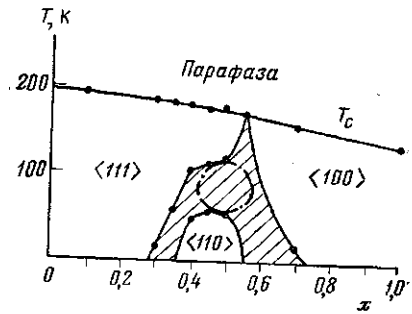


Рис. 2. Спин-ориентационная магнитная фазовая диаграмма квазитернарной системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$

Проведенные измерения показали, что температурные зависимости магнитной восприимчивости $\chi(T)$ для сплавов системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ подчиняются закону Нееля. Это свидетельствует о том, что сплавы имеют ферримагнитную структуру. На рис. 1 приведены кривые зависимостей эффективного магнитного момента $\mu_{эфф}(x)$ и величины $\chi_0^{-1}(x)$. Видно, что все магнитные характеристики сплавов с ростом x изменяются немонотонно и обнаруживают аномалию при $x=0,5$. Это согласуется с рентгеновскими данными о том, что в исследуемых сплавах при $x=0,5$ атомы редкоземельных металлов располагаются в R-подрешетке фазы C15 упорядоченно.

Рентгеновские измерения, выполненные методом низкотемпературной рентгеновской дифрактометрии, показали, что переход сплавов $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ в магнитоупорядоченное состояние сопровождается структурным фазовым переходом дисторсионного типа и аномальным возрастанием объема элементарной ячейки.

Детальный анализ распределения интенсивности в дифракционных профилях различных отражений hkl магнитоупорядоченных фаз сплавов, проведенный по методике, подробно изложенной в [4], позволил определить ориентацию вектора спонтанного магнитного момента M (ось легкого намагничивания — ОЛН) и ее зависимость от температуры и состава сплавов. На основе полученных экспериментальных данных была построена спин-ориентационная магнитная фазовая диаграмма для сплавов системы $(Tb_{0,75}Ho_{0,25})_{1-x}Dy_xCo_2$ (рис. 2).

На этой диаграмме присутствуют четыре фазовые области. Одна из них, расположенная в верхней части диаграммы, соответствует парамагнитному состоянию системы. Она отделена от трех других линией, представляющей собой график концентрационной зависимости температуры Кюри сплавов $T_c(x)$. Три другие фазовые области отвечают магнитоупорядоченным состояниям сплавов и в каждой из них структура сплавов искажена либо ромбоэдрически (ОЛН ∥ ⟨111⟩), либо ромбически (ОЛН ∥ ⟨110⟩), либо тетрагонально (ОЛН ∥ ⟨100⟩). Границы между этими областями представляют собой угловые магнитные фазы, в пределах которых ОЛН изменяет свою ориентацию от одного главного направления в кристалле к другому.

На спин-ориентационной фазовой диаграмме (см. рис. 2) можно указать область (выделена штрих-пунктирной замкнутой линией), где одновременно сходятся фазовые поля трех магнитоупорядоченных фаз с разными ОЛН. Именно в этой области тем-

ператур и составов возможно существование сплавов со скомпенсированной магнитокристаллической анизотропией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Белов К. П. Магнитострикционные явления и их технические приложения. М., 1987. [2] Бондарькова Г. В., Илюшин А. С., Смирнова А. Д. Деп. ВИНИТИ № 3329-В87. М., 1987. [3] Белов К. П. Редкоземельные магнетики и их применение. М., 1980. [4] Илюшин А. С. Введение в структурную физику редкоземельных интерметаллидов. М., 1980. [5] Чечерников В. И. Магнитные измерения. М., 1969. [6] Илюшин А. С., Тебеньков Ю. В., Перов А. П., Нальгиев А. Г.//ФММ. 1983. 56, № 6. С. 1243. [7] Теслюк М. Ю. Металлические соединения со структурами фаз Лавеса. М., 1969.

Поступила в редакцию
25.12.87

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1988. Т. 29, № 5

УДК 621.315.592

О КОРРЕЛЯЦИИ МЕДЛЕННОЙ РЕЛАКСАЦИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ И НИЗКОЧАСТОТНОГО ТОКОВОГО ШУМА В ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ СЛОЯХ КРЕМНИЯ

П. К. Кашкаров, А. В. Петров, И. Г. Стоянова, А. В. Филатов

(кафедра общей физики для химического факультета)

Обнаружено, что начиная с дозы 10^{11} ион·см$^{-2}$ имплантация ионов Ar^+ в Si сопровождается возникновением в поверхностной фазе дефектных комплексов адсорбционного типа. Это приводит к ускорению релаксации поверхностной проводимости и резкому увеличению токовых шумов типа 1/f.

Ионная имплантация сопровождается возникновением в полупроводнике радиационных дефектов [1] и приводит к увеличению низкочастотных токовых шумов (1/*f*-шума). Шумы в таких разупорядоченных структурах приписываются либо флуктуациям туннельного тока через потенциальные барьеры, либо флуктуациям тока термоактивированных носителей, имеющих энергию, достаточную для преодоления этих потенциальных барьеров. В первом случае флуктуирует туннельный параметр вследствие перезарядки генерационно-рекомбинационного центра, расположенного в тонком изолирующем слое [2]. Во втором случае модуляция проводимости обусловлена флуктуациями высоты потенциального рельефа вследствие перезарядки некоторых ловушек [3]. Настоящая работа посвящена изучению влияния адсорбции молекул воды на низкочастотные токовые флуктуации в кремнии, имплантированном ионами аргона.

Измерения проводились на пластинах бездислокационного Si *p*-типа с $\rho = 10$ кОм·см толщиной 0,2 мм. Омические контакты получались напылением золота. Имплантация осуществлялась ионами Ar^+ с энергией 20 кэВ дозами $10^{10} \div 10^{15}$ ион/см^2. В экспериментах одновременно проводились измерения медленной релаксации (МР) поверхностной проводимости при подаче поперечного поля (временной диапазон $10^{-3} \div 10^3$ с) и спектральной плотности мощности токовых шумов S_u/u^2 в диапазоне частот 20 Гц÷20 кГц в циклах десорбция — адсорбция паров воды (10^3 Па).

Имплантация сопровождалась существенным ускорением кинетики МР в эффекте поля. Данные, приведенные на рис. 1, отражают изменения поверхностной проводимости при подаче поперечного поля на имплантированной дозой 10^{13} ион/см^2 (*а*) и на контрольной стороне того же образца (*б*). После вакуумирования при 10^{-4} Па в течение часа на контрольной стороне МР отсутствует, а на имплантированной внешнее поле экранируется за время 10^{-2} с (кривая *1* на рис. 1, *а*). Длительное (10^3 ч) вакуумирование приводило к исчезновению МР и на имплантированной стороне пластины (кривая *2* на рис. 1, *а*), что свидетельствует об адсорбционном характере возникающих при имплантации ловушек. Последующая адсорбция паров воды вновь вызывала появление МР на имплантированной стороне, в то время как на контрольной стороне МР характеризовалась существенно более медленной кинетикой (кривая *3*). Таким образом, имплантация приводит к генерации в приповерхностной фазе дефектов, которые в присутствии адсорбированных молекул проявляются как медленные электронные состояния.