

УДК 539.292:537.311.62:536.48

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ СПЛАВОВ ГОЛЬМИЙ—ПРАЗЕОДИМ

О. С. Галкина, Б. И. Урусова, В. Ф. Шалашов

(кафедра магнетизма)

В работах [1, 2] показано, что введение 1,4 ат. % празеодима в кристаллическую решетку гольмия увеличивает намагниченность сплава на 4,5% по сравнению с намагниченностью чистого гольмия. Представляло интерес изучить, как аномалии магнитных свойств отражаются на электрических свойствах сплавов.

Для решения этой задачи нами определена температурная зависимость удельного электросопротивления сплавов гольмий — празеодим с содержанием празеодима до 12,2 ат. % в температурном интервале 4,2—400 К.

Исследовалась система сплавов $\text{Ho}_{1-x}\text{—Pr}_x$ ($x=0; 1,4; 3,1; 4,0; 5,8; 10,2; 12,2$), изготовленных из металлов чистотой 99,98%. Образцы вырезались из поликристаллических слитков в форме параллелепипедов размерами $1 \times 1 \times 4$ мм и подвергались гомогенизирующему отжигу в вакууме $1 \cdot 10^{-5}$ Па при 1073 К в течение 8 ч с последующим медленным охлаждением со скоростью 150 град/ч.

Для всех образцов был сделан рентгеновский фазовый анализ, который показал однофазность всех исследованных сплавов. Измерение сопротивления проводилось потенциометрическим методом. Ток стабилизировался и в процессе измерения изменялся не более чем на $1 \cdot 10^{-6}$ А/ч, точность измерения температуры составляла ~0,5 К. Погрешность измерений электросопротивления не превышала ~2,2%.

На рис. 1 приведена температурная зависимость удельного электросопротивления сплава, содержащего 1,4 ат. % празеодима. Кривые, полученные для образцов других составов, имеют аналогичный характер и также сохраняют все особенности, присущие зависимости $\rho(T)$ для чистого гольмия [3, 4]. По-видимому, присадки празеодима не меняют характера магнитных фазовых переходов.

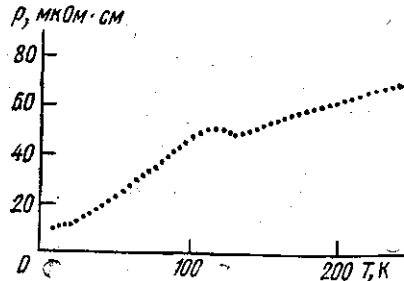


Рис. 1. Температурная зависимость удельного электросопротивления $\rho(T)$ в сплаве $\text{Ho}_{1-x}\text{Pr}_x$ при $x=1,4$ ат. %

В области температуры Кюри ($T^*=20$ К) наблюдается слабая аномалия на кривой $\rho(T)$, связанная с переходом от конического упорядочения магнитных моментов к геликоидальному; в районе температуры Нееля ($T_N=130$ К) зависимость $\rho(T)$ имеет локальный максимум. Этот максимум связан как с изменением в электронном спектре (исчезновением энергетических щелей, обусловленным несовпадением периодов магнитной и кристаллической структур), так и с критическим рассеянием электронов на спиновых флуктуациях.

По аномалиям на кривых $\rho(T)$ были определены значения температур магнитных фазовых переходов T^* и T_N сплавов. В тяжелых редкоземельных металлах (ТРЗМ) и их сплавах друг с другом и с иттрием T_N хорошо описывается эмпирической зависимостью $T_N \sim (\sum_i c_i G_i)^{2/3}$, где c_i — концентрация компонент, G — фактор де Жена,

$G = (g-1)^2 J(J+1)$ [4]. Нами показано [5], что температуры Нееля могут быть описаны формулой $T_N \sim (\sum_i c_i A^2 G_i)^{2/3}$, где A — постоянная s - f -обмена. Такое поведение

температуры Нееля в сплавах, по-видимому, может быть вызвано изменением энергии магнитной анизотропии или обменного взаимодействия.

Применяя правило Матиссена и используя формулу Деккера для бинарных сплавов [6, 7], можно оценить различные вклады в электросопротивление $\rho(T)$ сплавов гольмий—празеодим. Результаты расчетов позволили установить следующее.

1. Магнитная часть электросопротивления в парамагнитной области ($\rho_{\text{пара}}^{\text{маг}}$) превышает вклады от прочих видов рассеяния, причем с увеличением содержания

празеодима в сплаве величина $\rho_{\text{маг}}^{\text{пара}}$ уменьшается (рис. 2); видимо, это связано с ослаблением $s-f$ -обменной связи.

2. Концентрационная зависимость фононного коэффициента $d\rho_{\text{ф}}/dT(x)$ является монотонно убывающей функцией (см. рис. 2), что, по-видимому, связано с изменением поверхности Ферми при увеличении содержания празеодима.

3. Магнитный вклад в электросопротивление в области низких температур описывается формулой $\rho_{\text{маг}}(T) = AT^2 \exp(-\Delta/(kT))$, где Δ — ширина энергетической щели в магнитном спектре [8]. На рис. 3 приведена зависимость $\ln \rho_{\text{маг}} \cdot T^{-2} = \ln A - \Delta/(kT)$.

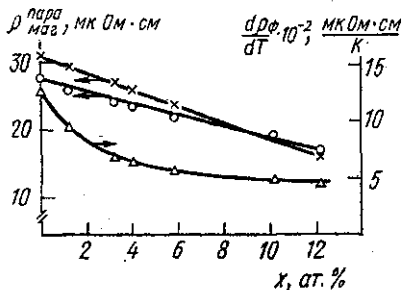


Рис. 2. Зависимость магнитной части удельного электросопротивления $\rho_{\text{маг}}^{\text{пара}}$ (\times — экспериментальная; \circ — теоретическая) и зависимости фононного коэффициента (Δ) от состава сплавов гольмий—празеодим

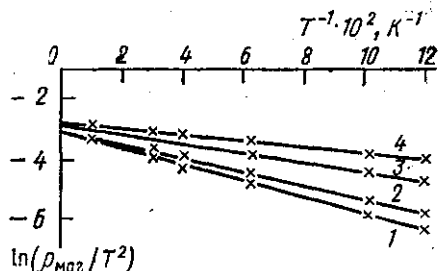


Рис. 3. Зависимость величины $\ln(\rho_{\text{м}}/T^2)$ от T^{-1} для сплавов гольмий—празеодим при $x=0$ (1); 1,4 (2); 5,8 (3) и 12,2 ат. % (4)

При возрастании концентрации празеодима в сплавах гольмий—празеодим коэффициент A и ширина щели Δ убывают. Величина энергетической щели связана с константами магнитокристаллической анизотропии K_2^0 и K_6^0 соотношением $\Delta = \sqrt{K_2^0 K_6^0}$, и убывание ее указывает на то, что при сплавлении гольмия с празеодимом уменьшается энергия магнитокристаллической анизотропии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Галкина О. С., Урусова Б. И., Шалашов В. Ф. ФММ, 1983, 56, с. 398. [2] Галкина О. С., Урусова Б. И., Шалашов В. Ф. ФММ, 1984, 57, с. 828. [3] Белов К. П., Белянчикова М. А., Левитин Р. З., Никитин С. А. Редкоземельные ферро- и антиферромагнетики, М.: Наука, 1965. [4] Тэйлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений, М.: Мир, 1974. [5] Галкина О. С., Захарова И. Н., Урусова Б. И. ФММ, 1984, 58, с. 409. [6] Volkenstejn N. V., Djakina V. P., Startsev N. Phys. Stat. Sol. (b), 1975, 57, p. 9. [7] Dekker A. I. J. Appl. Phys., 1965, 36, p. 906. [8] Cooper B. R. Phys. Rev., 1968, 169, p. 281.

Поступила в редакцию
22.05.85

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1986, т. 27, № 2

ДЕПОНИРОВАНИЕ

УДК 533.9

Кинетика концентрации метастабильных атомов гелия в импульсном разряде / Девятов А. М., Чепелева Л. П., Шибков В. М.

Изучено поведение концентрации метастабильных атомов гелия в состояниях 2^1S и 2^3S в импульсе и послесвечении в диапазоне давлений 0,06—0,8 Тор и разрядных токов $i=0,1-0,5$ А. Выявлен специфический характер поведения концентрации атомов He(2^1S), связанный с изменением в течение прохождения импульса соотношения скоростей заселяющих и расселяющих процессов, что в свою очередь обусловлено кинетикой электронов в плазме импульсного разряда в режиме однократных импульсов.

Деп. ВИНТИ № 6251 от 22.08.85.