

05.2;11;12

©1995

## ГИГАНТСКОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В ГРАНУЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ $\text{CuCo}$ ПЛЕНКАХ

*В.М.Федосюк, Х.И.Блайт, О.И.Касютин*

Открытие первоначально в мультислойных покрытиях, а затем, несколько позже и в неоднородных сплавах гигантского магнитосопротивления (ГМС) привело к тому, что указанные объекты являются на сегодняшний день одними из наиболее интенсивно исследуемых как с фундаментальной, так и с практической точек зрения [1-2]. В литературе уже имеется несколько десятков публикаций об исследованиях, проведенных в системах  $\text{CuFe}$ ,  $\text{CuCo}$ ,  $\text{AgCo}$  и ряде других, полученных в основном различными методами напыления [4,5]. Мы, по нашему мнению, первые, кто использовал для этой цели относительно более простой и гораздо более дешевый метод электролитического осаждения [6-10] в стационарных условиях. В приведенных выше работах мы показали, что пленки электроосажденных неоднородных сплавов  $\text{CuCo}$  в отличие от подобных систем, полученных другими методами, уже сразу после осаждения являются фазово-сегрегированными, т. е. гранулированными, и не требуют для этого последующего отжига. Мы проанализировали характер распределения магнитных кластеров кобальта в немагнитной медной матрице и их взаимодействие [9,10]. Естественно, следующим шагом логично было исследование магниторезистивных свойств таких пленок, что и явилось целью настоящей работы.

Пленки были получены по методике, ранее описанной нами в работах [6,7]. Их отжиг проводился в вакууме не хуже  $5 \cdot 10^{-6}$  Тор. Магнитные измерения проводились на квантовом СКВИД-магнитометре "MPMS-5" в области температур 2-300 К и в полях до 5.5 Тл. Магнитное поле поддерживалось с точностью  $\pm 10^{-6}$  Тл, температура контролировалась соответственно  $\pm 10^{-2}$  К. Для магниторезистивных измерений использовались пленки на подложках из алюминиевой фольги, которая перед измерением растворялась в 10-процентном  $\text{NaOH}$ , а также ситалла с химически нанесенными подслоем аморфного немагнитного  $\text{NiP}$ . Как показало дальнейшее сравнение, результаты, полученные для пленок на фосфиде никеля, практически такие же, как и для осажденных на алюминий, вследствие малой толщины подслоя  $\text{NiP}$ , оказывающего малое шунтирующее действие на результаты измерений. Магнитосопротивление измерялось по четырехзондовой схеме также в области тем-

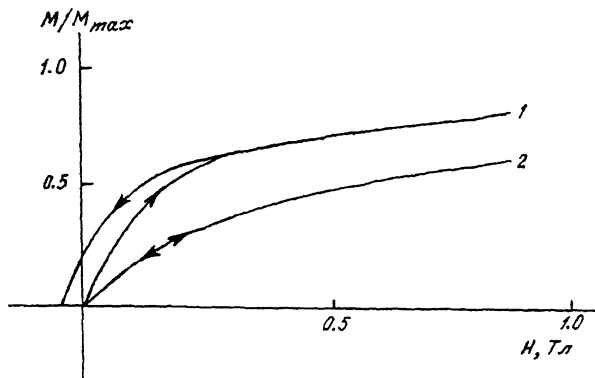


Рис. 1. Кривые перемагничивания гранулированных пленок  $\text{Cu}_{80}\text{Co}_{20}$  при 2 К (1) и 300 К (2), нормированные к максимальному магнитному моменту  $M_{max}$  — при  $T = 2$  К и  $H = 5.5$  Тл.

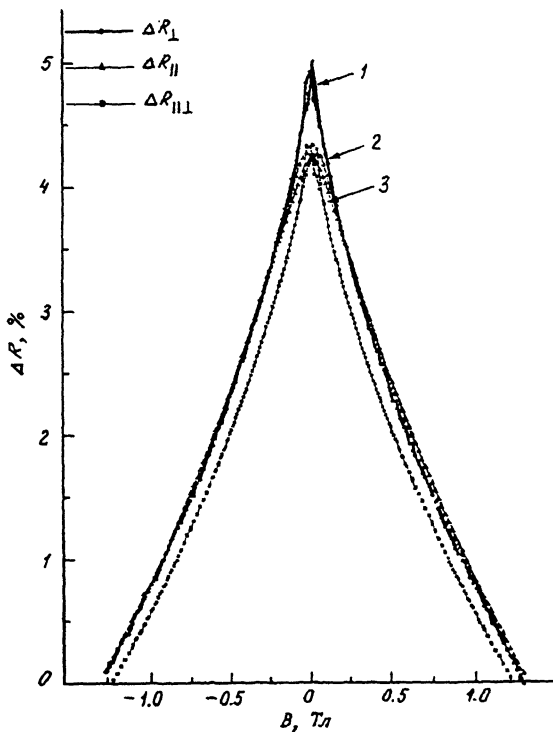


Рис. 2. Полевая зависимость магнитосопротивления  $\text{Cu}_{80}\text{Co}_{20}$  пленок: 1 — поле  $H$  и ток  $I$  в плоскости пленки и перпендикулярны друг другу; 2 —  $H \parallel I$  в плоскости и параллельны друг другу; 3 —  $I$  в плоскости,  $H$  перпендикулярно плоскости.

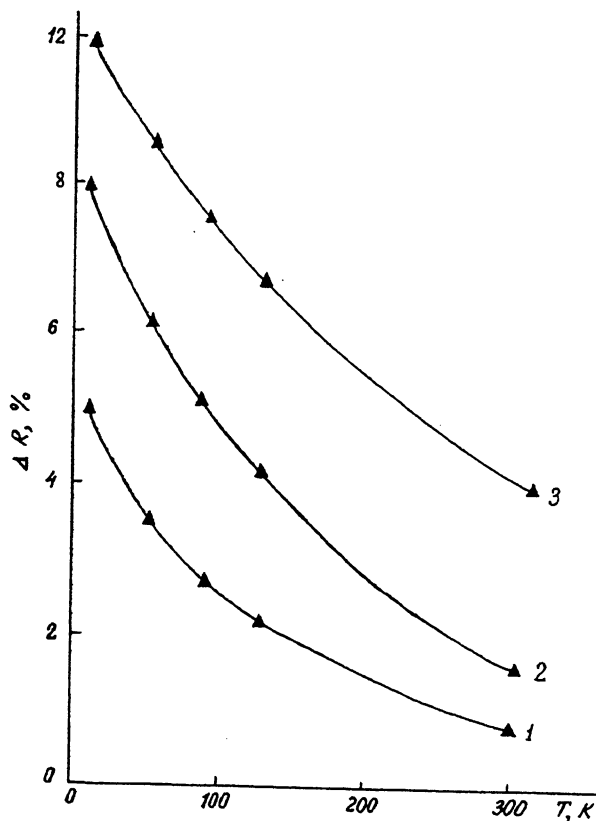


Рис. 3. Зависимость магнитосопротивления пленок  $\text{Cu}_{80}\text{Co}_{20}$  в случае  $I \perp H$ : 1 — пленок свежеприготовленных; 2 — отожженных при  $400^\circ\text{C}$  в течение 30 мин; 3 —  $600^\circ\text{C}$ , 30 мин.

ператур 2–300 К и полях до 1.3 Тл. Использовались три конфигурации взаимного расположения тока  $I$  и поля  $H$  по отношению друг к другу и плоскости образца:  $\Delta R_{\parallel}$ , если  $I \parallel H$ ,  $\Delta R_{\perp}$  для  $I \perp H$  и  $\Delta R_{\parallel\perp}$  в случае  $H$ , перпендикулярного плоскости образца и  $I$  в плоскости пленки. С целью достижения высокой точности измерения малых сигналов ( $R_{\text{изм}} \sim 1$  Ом,  $\Delta R_{\text{изм}} \sim 0.001$  Ом) и увеличения отношения сигнал/шум применялись режимы синхронного детектирования и компенсации.  $\Delta R$  рассчитывалось как  $[R(0) - R(H)]/R(H)$ .

Как следует из проведенных магнитных измерений, пленки сплавов  $\text{CuCo}_x$  с  $x = 6 - 35\%$  проявляют типичное су-

перпарамагнитное поведение (рис. 1), свойственное для гра- нулированных систем. Пленки не достигают магнитного насыщения даже в полях  $H = 5.5$  Тл. Размеры вкраплений  $\text{Co}$  в матрице  $\text{Cu}$  составляют  $\sim 7$  нм для  $x = 6$ ; 8.7 нм для  $x = 8$ ; 12 нм для  $x = 11$ ; 12.8 нм для  $x = 20$  и 15 для  $x = 35$  ат. % [6], т. е. они сравнимы с длиной свободного пробега электронов в переходных металлах [2,11]. Указанный факт и является, очевидно, причиной того, что в пленках указанных сплавов спин-зависимая компонента тензора электропроводности является преобладающей, что и составляет основу механизма гигантского магнитосопротивления [1-3,11]. Как видно из рис. 2, магнитосопротивление пленок  $\text{CuCo}$  отрицательно и изотропно во всех трех направлениях, в отличие от обычного анизотропного магнитосопротивления (АМС), свойственного ферромагнитным покрытиям на основе переходных металлов и их сплавов. Таким образом, критерий ГМС удовлетворяется. Очевидно, что величина ГМС будет определяться размером однодоменных кобальтовых вкраплений в медной матрице, их распределением, а также степенью резкости перехода химического состава на границе раздела матрица/кластер и наоборот. По всей видимости, оптимальных соотношений вышеперечисленных примеров, приводящих к более высокому значению ГМС, может быть несколько. На них будет оказывать влияние как состав покрытия, так и отжиг (рис. 3). Такие исследования с целью достижения максимально возможного эффекта магнитного сопротивления в настоящее время в стадии систематизации и будут сообщены в следующей работе [12].

### Список литературы

- [1] *Hylton I.L.* // J. Appl. Phys. 1994. V. 75. N 10. P. 7058-7060.
- [2] *Hickey B.J.* // Phys. Rev. B. 1995. V. 51. N 7. P. 667-669.
- [3] *Dicny B., Chamberod A., Cowache C.* // J. Magn. Mater. 1994. V. 135. P. 191-199.
- [4] *Федосюк В.М., Касютюч О.И.* // Зарубежная радиоэлектроника. 1994. № 11. P. 87-93.
- [5] *Федосюк В.М.* // Зарубежная радиоэлектроника. 1995. № 2. P. 93-97.
- [6] *Blythe H.I., Fedosyuk V.M.* // Phys. Stat. Sol. 1994. V. 146. P. K13-K17.
- [7] *Fedosyuk V.M., Blythe H.J.* // J. Phys.: Condens. Mater. 1995. N 7. P. 1-9.
- [8] *Федосюк В.М., Блайт Х.И., Касютюч О.И.* // Физика металлов и металловедение. 1995 (в печати).
- [9] *Федосюк В.М., Блайт Х.И., Касютюч О.И.* // Физика металлов и металловедение. 1995 (в печати).
- [10] *Fedosyuk V.M., Blythe H.J.* // J. Phys. Mag. 1995 (in press).
- [11] *Gehring G.A., Gregg J.F., Thompson S.M.* // J. Magn. Mater. 1995. V. 137. P. 140-144.
- [12] *Федосюк В.М., Блайт Х.И.* // Поверхность. 1995 (в печати).

Институт физики твердого  
 тела и полупроводников  
 АН Беларуси

Поступило в Редакцию  
 26 мая 1995 г.