

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 538.2:539.216.2

Н. А. БАЛАБИНА, Т. Н. ЛЕТОВА, ЛЮ-ФА ЧУН М., И. М. САРАЕВА

ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ ПЕРМАЛЛОЕВЫХ ПЛЕНОК С ТЕМПЕРАТУРОЙ

В настоящей работе выясняются основные причины изменения магнитной анизотропии пермаллоевых пленок различных составов с температурой.

Результаты многих экспериментальных работ [1—4] показывают, что основной вклад в одноосную анизотропию пермаллоевых пленок вносят направленное упорядочение пар атомов, дефектов и примесей, а также напряжения магнитострикционного характера.

Эффекты упорядочения пар атомов были рассмотрены в работах [1, 2], где для константы одноосной анизотропии получено следующее выражение:

$$K = C \frac{B^2(T_u) B^2(T_0)}{T_0} \quad (1)$$

где $B(T_u)$, $B(T_0)$ — функции Бриллюэна при температуре измерения T_u и температуре отжига T_0 , C — эффективная постоянная энергетической связи.

Влияние напряжений на одноосную анизотропию исследовалось в работах [4—6]. С экспериментальными данными наилучшим образом согласуется выражение для константы одноосной анизотропии, обусловленной напряжениями, полученное Вестом [4]:

$$K_\lambda = \frac{9}{10} [(C_{11} - C_{12}) \lambda_{100} \lambda'_{100} + 3C_{44} \lambda_{111} \lambda'_{111}] \quad (2)$$

где λ_{100} и λ_{111} , λ'_{100} и λ'_{111} — константы магнитострикции при температуре измерения и температуре закрепления пленки на подложке; C_{11} , C_{12} , C_{44} — константы упругости при температуре измерения.

В нашей работе были использованы пленки составов 50% Ni — 50% Fe, 65% Ni — 35% Fe, 79% Ni — 21% Fe, 85% Ni — 15% Fe, 90% Ni — 10% Fe. Пленки изготавливались методом термического напыления металла в вакууме 10^{-6} мм рт. ст. на стеклянные подложки при температуре 250°C. Напыление пленок происходило в постоянном магнитном поле 100 э. Толщина пленок измерялась методом многолучевой интерференции и составляла 800—1000 Å. Константа одноосной анизотропии измерялась методом механических моментов на торсионном аннзиметре. Измерения константы анизотропии каждой пленки проводилось при комнатной температуре (20°C) и при температуре жидкого азота (—196°C).

Результаты исследования представлены на рис. 1 и 2. В пленках исследованных нами составов существенную роль в создании анизотропии должны играть как направленное упорядочение пар атомов Fe, так и магнитострикционные напряжения. Поэтому величина констант анизотропии для теоретических кривых, изображенных на рисунках сплошными линиями, рассчитывалась нами как сумма константы анизотропии, рассчитанной по формуле (1), и константы анизотропии, рассчитанной по формуле (2). При расчете по формуле (2) температура закрепления пленки на подложке считалась равной температуре напыления.

На рис. 1 представлены абсолютные значения констант анизотропии в зависимости от состава. Теоретическая кривая 1 соответствует температуре измерения 20°C. Экспериментальные значения констант анизотропии, обозначенные квадратиками, получены при 20°C на пленках, не подвергавшихся дополнительному отжигу после напыления. Эти значения лежат заметно выше теоретической кривой. После отжига в течение 1 ч при температуре 250°C, т. е. при температуре подложки во время напыления, значения констант анизотропии, обозначенные на рис. 1 крестиками, располагаются существенно ближе к теоретической кривой. Вероятно, сразу после напыления пленка на-

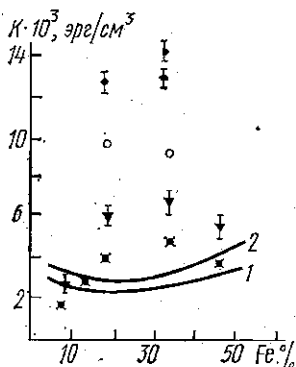


Рис. 1. Зависимость величины констант анизотропии K Ni—Fe пленок от состава

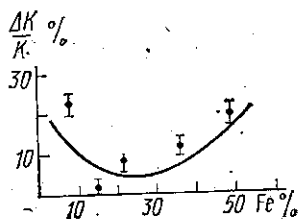


Рис. 2. Относительные изменения констант анизотропии пленок различных составов. ΔK — разность значений констант анизотропии, измеренных при -196°C и при 20°C ; K — значение константы анизотропии, измеренное при 20°C ; сплошная кривая рассчитана по формуле (2)

ходится в неравновесном состоянии, и при последующем отжиге в соответствии с результатами работы [7] происходит изменение размеров кристаллитов и сопровождающее этот процесс частичное снятие напряжений и уменьшение плотности дефектов.

Теоретическая кривая 2 соответствует температуре измерения -196°C . Экспериментальные значения, обозначенные кружочками, получены при -196°C на пленках, не подвергавшихся отжигу после напыления. Эти значения, как и соответствующие значения в случае температуры измерения 20°C , лежат значительно выше теоретической кривой 2. Отжиг при 250°C в течение 1 ч существенно приближает экспериментальные значения, обозначенные треугольниками, к теоретической кривой 2.

Из рис. 1 видно, что экспериментальные значения для отожженных пленок хотя и располагаются ближе к теоретическим кривым, чем для неотожженных пленок, однако остаются несколько больше соответствующих теоретических значений. Это несоответствие можно объяснить вкладом в анизотропию ряда других механизмов, кроме учтенных при расчетах кривых 1 и 2, таких, как упорядочение дефектов и примесей и др. [3].

На рис. 2 показаны относительные изменения констант анизотропии $\Delta K/K$ пленок различных составов при изменении температуры измерения от 20°C до -196°C . Все измерения проведены на пленках, отожженных после напыления при 250°C в течение 1 ч. Экспериментальные значения, изображенные на рис. 2 точками, располагаются достаточно близко к теоретической кривой. Теоретическая кривая на рис. 2 фактически соответствует температурным изменениям анизотропии, обусловленной магнито-стрикционными напряжениями, поскольку расчеты по формуле (1) показывают, что изменение анизотропии направленного упорядочения пар атомов железа с изменением температуры измерения пренебрежимо мало.

На основании результатов нашей работы можно заключить, что основной причиной изменения анизотропии при изменении температуры является наличие в пленках пермаллоя напряжений магнито-стрикционного характера. Результаты данной работы согласуются с результатами [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Neel L. «Compt. Rend. Acad. Sci.», 1960, 31, 442.
2. Janiguchi S. «Sci. RITU», 1955, 7, 269.
3. Лесник А. Г. Наведенная намагнитченностью анизотропия. Киев, 1970.
4. West F. «J. Appl. Phys.», 1964, 35, 18.
5. Robinson G. «Proceedings of the international Conference on Magnetism and Crystallography», Kyoto, Japan, 1961 (The Physical Society of Japan, 1962), v. 1, p. 558.
6. Sprain R. «Comp. Rend.», 1963, 256, 3262.
7. Сирота Н. Н., Трофимова Ж. П. Сб. «Механизм и кинетика кристаллизации». Минск, 1969.
8. Телеснин Р. В., Шишков А. Г. и др. «Изв. АН СССР», 1972, 36, № 6, 1155.

Поступила в редакцию
29.1 1975 г.

Кафедра
общей физики для физфака

21

УДК 536.658

Г. Б. ДЕМИДОВИЧ, А. А. СКЛЯНКИН, Ю. А. ЗАРИФЬЯНЦ

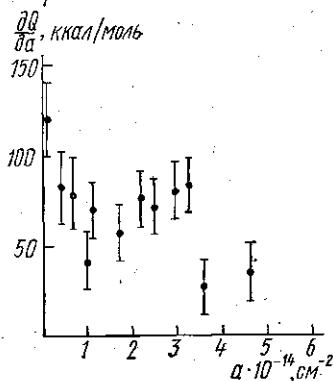
О МЕХАНИЗМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА С АТОМАРНО-ЧИСТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ СУЛЬФИДА СВИНЦА

В литературе имеются крайне ограниченные сведения об адсорбционных свойствах системы $PbS+O_2$, хотя исключительно важная роль кислорода в формировании фоточувствительности слоев PbS известна давно [1]. Предыдущие исследования нашей лаборатории [2] впервые позволили определить кинетические характеристики адсорбции O_2 . Очень малые значения энергии активации адсорбции (~ 2 ккал/моль в области низких заполнений) и почти полная ее необратимость позволяют предположить возникновение весьма прочных связей адсорбированных молекул с поверхностью PbS . Представляло интерес в продолжение этих работ провести прямые калориметрические измерения дифференциальной теплоты адсорбции кислорода (dQ/da).

Получение высокодисперсных образцов PbS с атомарно-чистой поверхностью производилось измельчением монокристалла в замкнутом стеклянном объеме в вакууме $\sim 10^{-9}$ мм рт. ст. Далее без нарушения вакуума порошок пересыпался в измерительную ячейку. Дозированные напуски O_2 проводились из калиброванных заготовительных объемов, заполненных при определенных давлениях. Величина адсорбции измерялась объемным методом. Измерения теплоты адсорбции выполнялись на микрокалориметре Кальве.

Результаты измерений dQ/da приведены на рисунке. Несмотря на относительно большие погрешности, обусловленные малыми абсолютными величинами адсорбции, можно уверенно утверждать, что начальные значения теплоты составляют ~ 100 ккал/моль. Столь высокие величины dQ/da типичны для валентных химических связей. Из литературы хорошо известно, что адсорбция кислорода на поверхности многих окислов проходит через ион-радикальные формы, поэтому для выяснения механизма адсорбции мы в дополнение к калориметрическим измерениям исследовали спектры ЭПР нашей системы на радиоспектрометре ЭПР-3.

На исходной атомарно-чистой поверхности PbS после измельчения кристалла при 300 или 77К мы не обнаружили никаких парамагнитных центров (с точностью до 10^9 см $^{-2}$) в интервале температур 77—300К. Заметим, что с подобной ситуацией мы столкнулись ранее при исследовании атомарно-чистой поверхности дробного при 300К-графита [3]. По-видимому, регбридизация атомных орбиталей поверхностных атомов с переходом в скомпенсированное по спинам состояние в узкозонных соединениях является достаточно общим явлением [4, 5]. После напусков O_2 в диапазоне давлений 10^{-8} — 10 мм рт. ст. при 77 и 300К мы также не



Дифференциальные теплоты адсорбции O_2 на атомарно-чистой поверхности PbS как функция заполнения