

©1994

ПЛЕНКИ ЖЕЛЕЗА С МИКРОКЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Г.И.Фролов, В.С.Жигалов, С.М.Жарков, И.Р.Яруллин

Методом импульсно-плазменного напыления получены пленки железа, электронно-дифракционная картина которых показывает диффузное гало. По своим свойствам они отличаются от аморфных пленок Fe, термостабильны до 200°C , намагниченность (μ) равна $1,2\ \mu\text{B}$; на термической зависимости электросопротивления отсутствуют скачки, характерные для аморфных материалов. Сделано предположение, что причиной наблюдаемых особенностей свойств полученных пленок является микрокластерная структура.

Однокомпонентные аморфные пленки чистых переходных металлов представляют собой интересный объект для изучения влияния структурного беспорядка на магнитные свойства. Однако к настоящему времени мы располагаем незначительным количеством надежных данных о магнитных свойствах аморфного кобальта и железа, так как они термически стабильны только при низких температурах $[1-3]$.

Нами получены пленки Fe методом импульсно-плазменного напыления в вакууме 10^{-5} Торг на подложке при комнатной температуре. Особенностью данной технологии является высокая импульсная скорость напыления $\sim 10^4\ \text{\AA}/\text{s}$ при длительности импульса $\sim 10^{-4}$ с. Толщины исследованных пленок $50-500\ \text{\AA}$.

Электронно-дифракционная картина с этих пленок представляет собой диффузное гало (рис. 1,а), характерное для аморфных материалов. Образцы обладают высокой температурной стабильностью, изменение структуры и магнитных свойств наблюдается при $T > 200^\circ\text{C}$. При отжиге ($T = 300^\circ\text{C}$) в течение 1 h пленки переходят в кристаллическое состояние. Электронно-графические данные показывают, что при отжиге вырастают две монокристаллические фазы ОЦК и ГЦК (рис. 1,в). Из литературных данных известно, что при кристаллизации аморфных пленок Fe возникает только поликристаллическая ОЦК фаза $[4]$.

Намагниченность в исследованных пленках в исходном состоянии $\sim 1,2\ \mu\text{B}$ на атом.

Были проведены температурные измерения электросопротивления до $T = 550^\circ\text{C}$ (рис. 2). На кривой $\rho(T)$ не наблюдается никаких скачков, характерных для перехода от аморфного к кристаллическому состоянию. После охлаждения до комнатной температуры сопротивление уменьшается на $\sim 20\%$ по сравнению с исходным.

Все эти результаты противоречат данным, полученным авторами $[1-3]$ для пленок аморфного железа. В таких пленках высокая температура кристаллизации ($T > 200^\circ\text{C}$.) соответствовала образцам

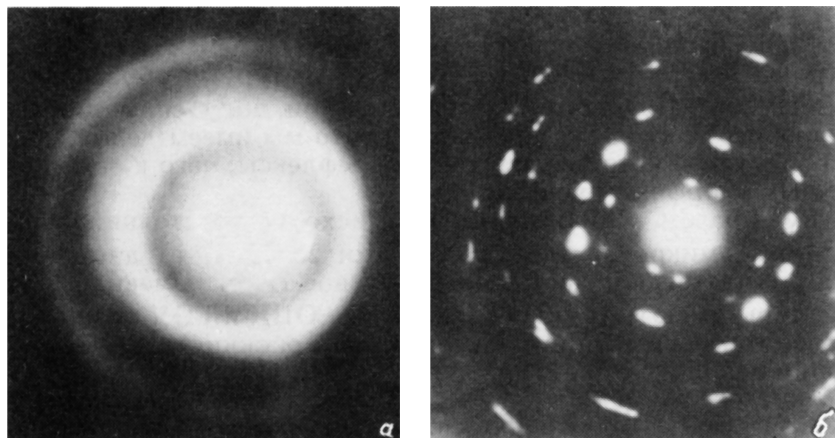


Рис. 1. Дифракционные картины с пленки Fe.
 а — исходное состояние, в — после отжига.

с большим содержанием примесей ($c > 10$ at.%). В то же время малая намагниченность μ характерна для пленок практически чистого аморфного железа ($c < 1$ at.%) [2]. Это противоречие, а также отсутствие скачков на кривой $\rho(T)$ (рис. 2) говорят об особенностях исходной структуры полученных пленок, позволяющих исключить в них аморфное состояние, несмотря на наличие гало на дифракционной картине.

Для объяснения полученных результатов было сделано предположение, что пленки имеют микрокластерную структуру. Как известно, микрокластеры представляют собой мельчайшие агрегаты, включающие в себя от двух до нескольких сотен атомов [5,6]. Максимальные размеры микрокластеров $\sim 20 \div 30 \text{ \AA}$. По своей структуре они отличаются от структуры массивного образца, что приводит к особенностям их физических свойств. К настоящему времени довольно широко изучены многие свойства свободных микрокластеров. Вопрос о получении пленочных материалов с микрокластерной структурой обсуждается только в гипотетическом плане.

Доказательством возможности существования микрокластерной структуры в наших пленках могут служить следующие факты.

Как указывалось выше, намагниченность в исследуемых образцах $\mu = 1.2 \mu\text{В}$ на атом. Согласно работе [7], такую намагниченность имеют свободные микрокластеры Fe, содержащие ~ 400 атомов. Размеры таких образований $\sim 20 \text{ \AA}$. Исследования микроструктуры наших

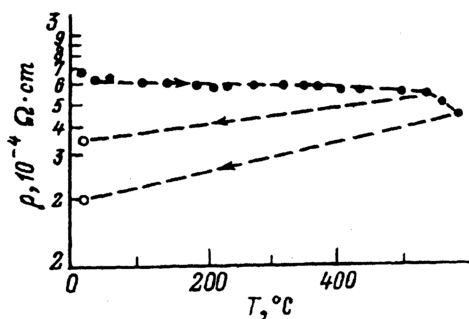


Рис. 2. Температурная зависимость электросопротивления для пленки Fe (толщина пленки 220 \AA).

пленок, проведенные на электронном микроскопе с высоким разрешением, показали, что пленки содержат структурные образования размерами 20–30 Å. При этом микрофотографии, полученные методом дифракционного контраста, показывают, что мы имеем дело с когерентными областями, которые дают яркие рефлексy, чего не наблюдается в обычных аморфных пленках.

Таким образом, если принять, что в исходном состоянии наши пленки содержат микрокластеры размерами 20–30 Å, то дифракционная картина, естественно, даст нам диффузное гало. Очевидно, эти микрокластеры имеют структуры, подобные ОЦК и ГЦК фазам [8], что и приводит при нагревании к образованию монокристаллических областей двух фаз.

Список литературы

- [1] Bennet M.R., Wright J.G. // Phys. Stat. Sol. (a). 1972. V. 13. N 1. P. 135–144.
- [2] Wright J.G. // IEEE Trans. Mag. 1976. V. 12. N 2. P. 95–102.
- [3] Хандрих К., Кобе С. Аморфные ферро- и ферримагнетики. М.: Мир, 1982. 293 с.
- [4] Ichikawa T. // Phys. Stat. Sol. (a). 1973. V. 19. N 2. P. 707–716.
- [5] Morse M. // Chem. Rev. 1986. V. 86. P. 1049–1109.
- [6] Cohen M., Knight W. // Phys. Today. 1990. N 12. P. 42–50.
- [7] Heer W.A., Milani P., Chatelain A. // Phys. Rev. Lett. 1990. V. 64. N 4. P. 488–491.
- [8] Смирнов Б.М. // УФН. 1992. С. 119–138.

Институт физики им. Л.В.Киренского СО РАН
Красноярск

Поступило в Редакцию
12 апреля 1993 г.