

Л. В. КИРЕНСКИЙ, П. С. ГАЛЕПОВ и И. А. ТУРПАНОВ

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ФЕРРИТОВЫХ ПЛЕНОК В ПЛАЗМЕ
ИНЕРТНОГО ГАЗА

За последние несколько лет появилось сравнительно небольшое количество работ по изготовлению и исследованию тонких ферритовых пленок. Такие пленки по сравнению с металлическими обладают некоторыми преимуществами: незначительной электропроводностью и отсутствием эффекта наклонного падения.

Существует несколько методов получения тонких ферромагнитных пленок: электролитическое осаждение, термическое испарение и катодное распыление. В работах [1-6] рассматривается получение тонких ферритовых пленок методом нанесения суспензии соответствующих реактивов, присутствующих в качестве гидроокисей, на подогретую подложку, вакуумное напыление соответствующих сплавов на подложку с последующим высокотемпературным окислением и некоторые их магнитные свойства.

Ряд работ [7-10] посвящен методу катодного распыления, хотя этот метод давно нашел применение в практике по распылению различных материалов [11-13]. В 1962 г. Сиротенко И. Г. в своей диссертационной работе [7] описывает метод катодного распыления ферритов, но не рассматривает структуры полученных ферритовых пленок. При распылении сплавов NiFe_2 и CoFe_2 с последующим окислением на воздухе при температуре $600^\circ \div 1000^\circ \text{C}$ получались пленки соответствующих ферритов толщиной $1000 \div 8000 \text{ \AA}$ [8]. При распылении железа в инертном газе с добавлением 0,3% кислорода по отношению к объему камеры получены пленки магнетита [9]. В работе [10] даны режимы распыления различных ферритов и динамика доменной структуры тонких ферритовых пленок в зависимости от магнитного поля и температуры.

Данная работа рассматривает получение тонких CuFe_2O_4 и NiFe_2O_4 ферритовых пленок, полученных методом катодного распыления поликристаллических ферритов, с которых были предварительно сняты рентгенограммы, подтверждающие их структуру в режимах, отличных от режимов распыления, указанных в работе [10]. Настоящая работа стимулировалась данными [14, 15], в которых указывается, что при катодном распылении и термическом напылении пермалоя на стеклянную подложку, насыщенную кислородом, при температуре $100 \div 400^\circ \text{C}$ образуется на последней ближайший к подложке слой $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и NiFe_2O_4 . Следовательно, при определенном парциальном давлении кислорода можно получить тонкие ферритовые пленки, образующиеся во время процесса распыления или испарения при довольно низких температурах.

Вакуумная установка выполнена из металла и предназначена для распыления ферромагнитных материалов в плазме инертного газа (ксенона). Конструкция установки позволяет вести распыление в проточном газе и специальными кранами поддерживать давление в течение всего распыления.

Распыляемый образец помещался в качестве третьего электрода [16] в плазму самостоятельного разряда. Плазма концентрировалась в области образца магнитным полем. На образец подавалось отрицательное напряжение $1,5 \div 2,5$ кВ, и плотность тока составляла $1 \div 1,5$ ма/см². Для откачки системы применялись высоковакуумный насос ЦВЛ-100 и форвакуумный насос ВН-461. Применяемые уплотнения насосы позволяют создать вакуум в камере не хуже, чем $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст. Схема установки приведена на рис. 1.

Образцы распыляемого феррита изготавливались по обычной керамической технологии [17] из соответственно чистых оксидов в виде дисков диаметром 2 см толщиной $1,5 \div 3$ мм.

Перед впуском в камеру инертного газа давление в ней не превышало $5 \div 7 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., что обеспечивало незначительное количество кислорода в установке. Кроме того, при распылении ферритового образца также выделялся кислород. Все это способствовало хорошему формированию ферритовой пленки. Напыление производилось при интенсивности разряда 0,2 а и давлении $1 \div 8 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. на свежий скол NaCl или полированные покровные стекла; на последние предварительно наносился тонкий слой угля из дугового разряда в установке УВР-2. Кристаллическая структура свободных пленок исследовалась затем на просвет в электронографе и электронном микроскопе Tesla; пленки толщиной 250—400 Å являются оптимальными для просмотра. Время напыления их составляло $4 \div 7$ мин., температура подложки менялась от 40 до 400° С. Условие напыления и последующая обра-

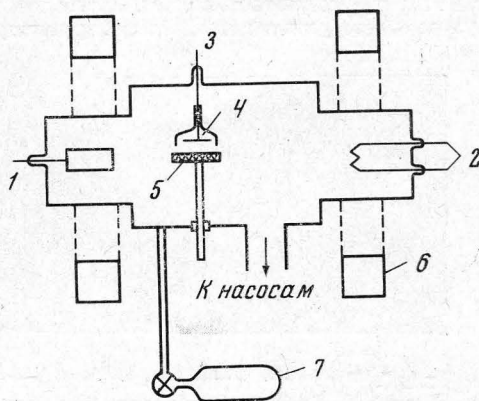
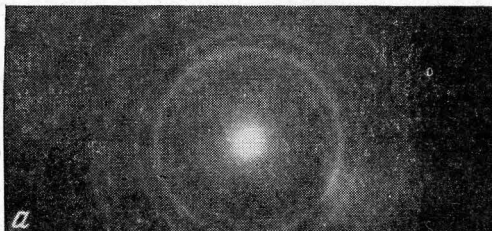


Рис. 1. Схема установки для катодного распыления

1 — анод, 2 — катод, 3 — третий электрод, 4 — образец, 5 — держатель подложки, 6 — катушки Гельмгольца



Электроннограммы пленок ферритов показали наличие шпинельной структуры во всех группах. Периоды решеток полученных тонких ферритовых пленок находятся в хорошем соответствии с периодом решеток соответствующих массивных ферритов. Электроннограммы пленок первой группы отличались от электроннограмм остальных групп диффузностью колец, что говорит о наличии аморфной фазы и мелкодисперсной структуры данных пленок. Наиболее четкую электроннограмму имеют пленки группы 3, что указывает на более крупнокристаллическую структуру (рис. 2). Воз-

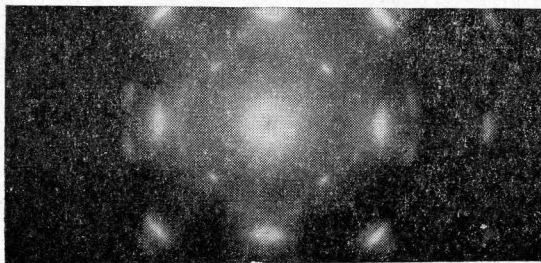


Рис. 3. Частично ориентированная пленка феррита NiFe_2O_4 , напыленного на скол NaCl

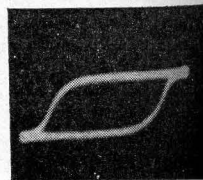


Рис. 4. Петля гистерезиса пленки из медного феррита

можно получение частично ориентированных ферритовых пленок (рис. 3) при напылении на NaCl . Качественный спектральный анализ подтвердил наличие компонент данных ферритовых пленок.

При помощи магнитооптического эффекта Фарадея наблюдалось перемагничивание ферритовых пленок и снятие петель гистерезиса. Ферритовые пленки группы 1, 2 обладали большой коэрцитивной силой ($H_c > 100$ э), поэтому наблюдался в измеряемых полях частный цикл перемагничивания, только у пленок группы 3 после длительного отжига удалось снять петли гистерезиса.

На рис. 4 изображена петля гистерезиса медной ферритовой пленки.

Литература

1. J. Bronlow, W. Snelvel, O. Gutwin. *J. Appl. Phys.*, **31**, 121, 1961.
2. E. Banks, N. Riederman, H. W. Schleuning, L. M. Silber. *J. Appl. Phys. Suppl.*, **32**, 445, 1961.
3. H. Lamaire, W. Croft. *J. Appl. Phys. Suppl.*, **32**, 46, 1961.
4. W. Heinz, L. Silber. *J. Appl. Phys. Suppl.*, **33**, 1306, 1962.
5. F. R. Gllason, L. R. Watson. *J. Appl. Phys.*, **34**, 1217, 1963.
6. W. Wade, T. Collins, W. W. Malinofsky, W. Skuders. *J. Appl. Phys. Suppl.*, **34**, 1219, 1963.
7. И. Г. Сиротенко. Диссертация, МГУ, 1962.
8. M. H. Francombe, J. E. Rudisill, R. L. Coren. *J. Appl. Phys.*, **34**, 1215, 1963.
9. H. Schoder. *Monatsber. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin*, **5**, 105, 1963.
10. А. И. Дрокин, Д. И. Лаптей, Р. Д. Иванов. *Физ. твердого тела*, **6**, 1223