

Л. В. КИРЕНСКИЙ, Р. В. СУХАНОВА, С. В. КАЧ,
В. Г. ПЫНЬКО и А. С. КОМАЛОВ

ТОНКАЯ МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ДОМЕНОВ ЖЕЛЕЗНЫХ, НИКЕЛЕВЫХ И КОБАЛЬТОВЫХ ПЛЕНОК

Известно, что тонкая магнитная структура доменов (магнитная рябь) существенно влияет на процессы перемагничивания пленок [1, 2]. Она довольно хорошо изучена на пленках пермаллоя [3—7] и совершенно недостаточно — на пленках из чистых ферромагнитных материалов — Fe, Ni и Co [3, 7].

Целью данной работы являлось исследование влияния величины кристаллитов железных, никелевых и кобальтовых пленок на тонкую магнитную структуру, а также влияние ряби намагниченности на некоторые магнитные свойства пленок, в частности на коэрцитивную силу и процессы квазистатического перемагничивания.

Исследуемые пленки получались термическим распылением в вакууме 10^{-4} мм рт. ст. из вольфрамового испарителя на свежие сколы кристаллов каменной соли. Напыление проводилось на подложки, имеющие температуру от 30 до 250°С. При этом получались пленки со средней линейной величиной кристаллитов от 110 до 1200 Å и наблюдался переход от поликристаллической структуры к монокристаллу. Средняя величина кристаллитов определялась по электронным микрофотографиям, снятым в электронном микроскопе ЭМ-7.

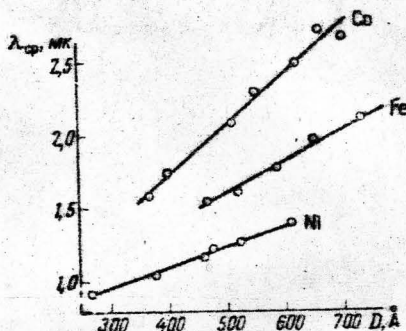


Рис. 1. Зависимость длины волны ряби намагниченности пленок железа, никеля и кобальта от величины кристаллитов

Исследование доменной структуры показало, что поликристаллические пленки, в отличие от монокристаллических, всегда имеют тонкую магнитную структуру. Зависимость длины волны ряби намагниченности от величины кристаллитов представлена на рис. 1. Длина волны ряби измерялась с помощью микрофотометра МФ-4. Из рисунка видно, что длина волны ряби $\lambda_{\text{сп}}$ линейно зависит от линейных размеров кристаллитов D. В пленках никеля, напыленных при комнатной температуре и при 50°, длина волны ряби настолько мала, что не выявляется в режиме дефокусировки (разрешение около 500 Å). Усилив одноосную анизотропию наложением магнитного поля при напылении пленок, можно при этих же температурах напыления увеличить длину волны ряби до 1 мкм.

Тонкая магнитная структура кобальтовых пленок наиболее контрастна. Пленки, напыленные при температуре 200°, имеют так называемую «кряпчатую» доменную структуру (рис. 2, а). На таких пленках тонкая магнитная структура выявляется только после магнитной тряски (рис. 2, б):

С исследуемых пленок железа, никеля и кобальта снимали петли гистерезиса, по которым определялись коэрцитивные силы пленок. Существенного влияния ряби на форму петель не было обнаружено.

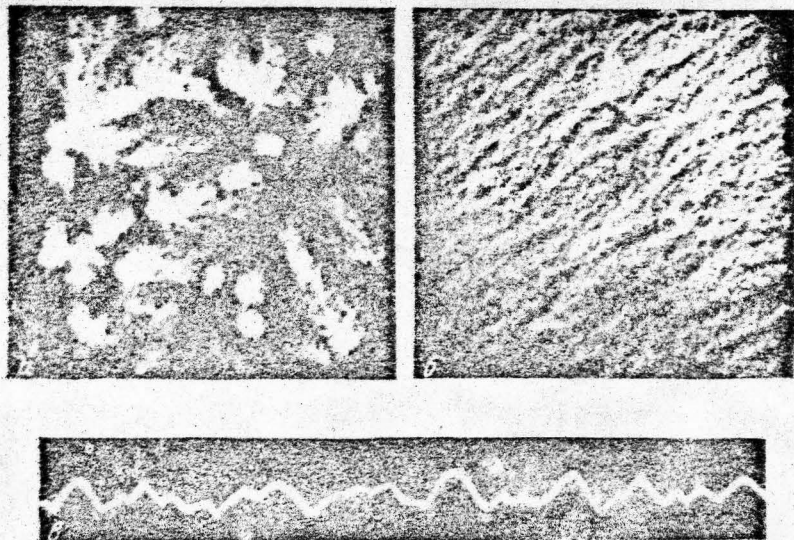


Рис. 2. Электронномикроскопические снимки доменной структуры кобальтовой пленки толщиной 550 Å: а — исходное состояние пленки после напыления; б — после размагничивания переменным полем; в — микрофотометрическая запись ряби намагниченности этой пленки после размагничивания. Увеличение $860\times$, $\lambda_{cp} = 3,6$ мк

На рис. 3 представлена зависимость между коэрцитивной силой и длиной волны ряби намагниченности. Видно, что с увеличением длины волны ряби линейно возрастает и коэрцитивная сила пленок. Наблюдалось поведение тонкой магнитной структуры при перемагничивании пленок. На рис. 4 показаны изменения тонкой структуры пленки кобальта толщиной 500 Å со средним размером кристаллитов 400 Å, коэрцитивной силой 42 э и длиной волны ряби 1,8 мк при перемагничивании в направлении осей легкого (ОЛН) и трудного (ОТН) намагничивания. Как видно из рис. рис. 4, а, с увеличением поля, приложенного вблизи легкой оси, происходит поворот стенок ряби и ее укрупнение. Такое состояние магнитной структуры неустойчиво, и в поле 26 э скачкообразно возникает домен обратной намагниченности. Сместением «светлой» границы пленка намагничивается в направлении приложенного поля.

Перемагничивание этой же пленки в направлении оси трудного намагничивания показано на рис. 4, б. В исходном состоянии пленка насыщена в легком направлении. При возрастании до 20 э поля, приложенного вдоль трудного направления, рябь почти не меняется. Затем полосы ряби укруп-

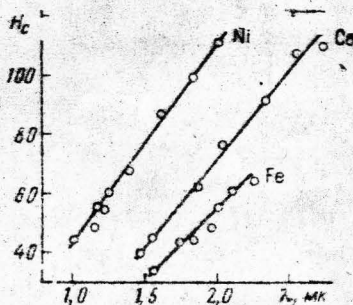


Рис. 3. Зависимость коэрцитивной силы от длины волны ряби намагниченности пленок железа, никеля и кобальта

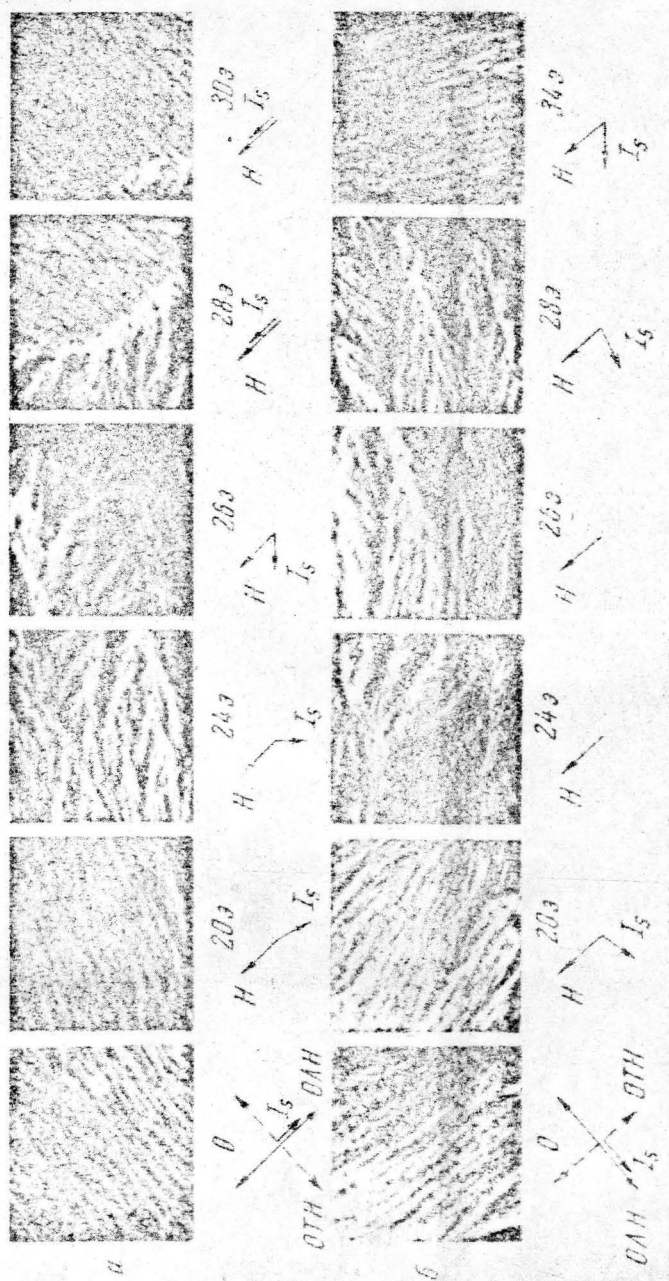


Рис. 4. Электронномикроскопические снимки процесса края статического перемагничивания анизотропной пленки кобальта: а — перемагничивание пленки вдоль ОТН; б — перемагничивание вдоль ОАН. Направление легкой и трудной осей приложенного поля и среднее направление намагниченности показаны стрелками. Увеличение $900\times$

яются, перестраиваются, пленка разбивается на участки с различными направлениями намагниченности. Процесс этот медленно развивается, а затем в поле 33 з направление намагниченности всех участков скачком становится почти одинаковым, однако не совпадает с направлением поля. Поворот вектора намагниченности происходит в больших полях.

Нами исследовались как одноосные пленки, так и изотропные. Последние также имеют резко выраженную тонкую магнитную структуру. Поэтому едва ли можно согласиться с утверждением ряда авторов [3] о том, что ряби намагниченности вызвана наложением наведенной одноосной анизотропии на кристаллическую анизотропию отдельных кристаллитов. Одноосная анизотропия может лишь повлиять на величину колебаний вектора намагниченности.

Из полученных экспериментальных данных можно заключить следующее.

1. На пленках железа, никеля и кобальта установлена линейная зависимость между размерами кристаллитов и длиной волны тонкой структуры доменов, а также установлена корреляция между длиной волны ряби и коэрцитивной силой пленок.

2. В создании ряби намагниченности в основном повинны поликристалличность пленки и кристаллическая анизотропия отдельных кристаллитов. Наведенная анизотропия может лишь повлиять на величину колебаний вектора намагниченности.

3. Квазистатическое перемагничивание пленок в общем случае начинается с изменения тонкой структуры за счет вращения намагниченности и поворота стенок ряби, а заканчивается скачкообразной перестройкой всей структуры или сдвигом образовавшихся границ.

Институт физики Сибирского отделения
Академии наук СССР
Красноярский педагогический институт

Литература

1. Middelhoek S., IBM. J. Res. and Develop. Brit. C. I. R. A., 6, 394 (1962).
2. Feldtkeller E., J. Appl. Phys., 34, 2646 (1963).
3. Fuchs E., Z. angew. Phys., 14, 203 (1962).
4. Rother H., Z. Phys., 168, 148 (1962).
5. Hoffman H., J. Appl. Phys., 35, 1790 (1964); Phys. Stat. Sol., 6, 733 (1964).
6. Baltz A., Doyle W. D., J. Appl. Phys., 35, 1814 (1964).
7. Spain R. I., Puchalska I. B., J. Appl. Phys., 35, 824 (1964).