

А. А. СЕЛЕЗНЕВ
(Новосибирск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ АНИЗОТРОПИИ MnVi ПЛЕНОК С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ

Практическое использование тонких магнитных MnVi пленок в оптических устройствах памяти, а также требования совершенствования и стабилизации технологии изготовления пленок для повышения их качества вызывают необходимость изучения магнитных свойств в локальных участках пленочных образцов. Для этой цели наиболее пригодны магнитооптические методы. В особенности, когда речь идет об исследовании процессов перемагничивания MnVi пленок, обладающих большой одноосной анизотропией (30—40 кЭ) и высокой коэрцитивной силой, что затрудняет или делает невозможным применение других методов. Причем, если процессы квазистатического перемагничивания вдоль оси легкого намагничивания (ОЛН), перпендикулярной плоскости пленки, изучены достаточно подробно, то неизвестны какие-либо экспериментальные данные о намагничивании MnVi пленок вдоль оси трудного намагничивания (ОТН), расположенной в плоскости пленки, хотя эти исследования представляют практический интерес с точки зрения возможности определения такой важной магнитной характеристики, как напряженность поля анизотропии. Широко известно, например, метод определения среднего значения поля анизотропии, в том числе и для сильноанизотропных ферромагнетиков, путем измерения начальной проницаемости в направлении, перпендикулярном ОЛН [1]. Использование этого способа строго оправдано лишь в случае когерентного вращения вектора намагниченности.

В настоящей работе с помощью магнитооптического эффекта Фарадея исследуется процесс намагничивания MnVi пленок под действием магнитного поля, приложенного в плоскости пленки.

Рассмотрим намагниченную до насыщения вдоль ОЛН пленку, ориентация которой относительно приложенного магнитного поля H и направления распространения света показана на рис. 1. Все направления в плоскости пленки будем считать эквивалентными. Исходя из модели однородного вращения, условие равновесия вектора намагниченности I имеет вид

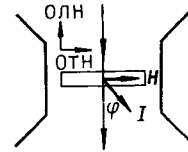


Рис. 1.

$$h = \sin \varphi. \quad (1)$$

Здесь $h = H / (H_k - 4\pi I_s)$ (H_k — напряженность поля анизотропии, I_s — намагниченность насыщения), φ — угол между вектором намагниченности I и ОЛН.

При значении магнитного поля $H = H_k - 4\pi I_s$ $\varphi = \pi/2$. Это свидетельствует о том, что вектор намагниченности лежит в плоскости пленки и достигнут эффект насыщения вдоль ОТН.

Таким образом, в пленках с перпендикулярной анизотропией размагничивающее поле уменьшает H_k и на опыте измеряется эффективная напряженность поля анизотропии, меньшая H_k на величину $4\pi I_s$.

Возникающее фарадеевское вращение плоскости поляризации линейно-поляризованного света пропорционально составляющей вектора намагниченности вдоль распространения луча. Если F_s — угол поворота плоскости поляризации света после прохождения насыщенной пленки вдоль ОЛН, а F — угол поворота при отклонении вектора намагниченности I от ОЛН под действием магнитного поля H на угол φ , то

$$F(H) = F_s \cos \varphi. \quad (2)$$

Объединяя выражения (1) и (2), получаем зависимость угла поворота плоскости поляризации от приложенного магнитного поля в плоскости пленки

$$f = (1 - h^2)^{1/2}, \quad (3)$$

где $f = F/F_s$ — относительное значение фарадеевского вращения.

С возрастанием h нормальная составляющая намагниченности начинает уменьшаться. Соответственно с этим падает величина фарадеевского вращения и становится равной 0 при $h = 1$ или $H = H_k - 4\pi I_s$.

Из формулы (3) следует, что напряженность поля анизотропии

$$H_k = 4\pi I_s + H / (1 - f^2)^{1/2}.$$

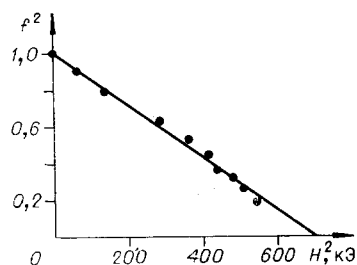


Рис. 2.

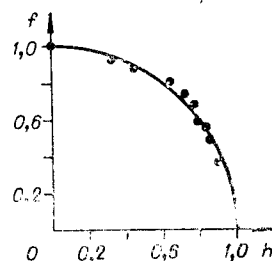


Рис. 3.

Тогда, считая значение $4\pi I_s$ известным (≈ 7800 гс) и измеряя H и f , можно определить напряженность поля анизотропии H_k .

Экспериментальные результаты были получены на MnBi пленках толщиной 60—80 нм, изготовленных на стеклянных подложках по общепринятой методике [2]. Для измерения угла вращения плоскости поляризации света использовался магнитооптический гистериограф с амплитудной модуляцией лазерного источника света ($\lambda = 632,8$ нм). Неизбежно возникающая эллиптичность анализируемого света устранялась для повышения чувствительности с помощью четвертьволновой пластинки.

Пленка предварительно доводилась до насыщения вдоль ОЛН в выбранном направлении. Затем образец помещался в зазор электромагнита, как показано на рис. 1, и проводились измерения угла поворота плоскости поляризации F при нормальном падении света с ростом напряженности магнитного поля H . До значений полей порядка 8—10 кЭ процесс намагничивания носит обратимый характер, т. е. при снятии магнитного поля пленка возвращается в исходное однодоменное состояние. Дальнейшее повышение H приводит уже к многодоменной магнитной структуре после снятия поля, что, по-видимому, связано с дисперсией намагниченности.

Значение поля анизотропии H_k оценивалось следующим образом. Поскольку $f^2 = 1 - H^2 / (H_k - 4\pi I_s)^2$, то строилась экспериментальная зависимость между f^2 и H^2 , приведенная для одного из образцов на рис. 2. Прямая проводилась в соответствии с результатами обработки опытных данных по методу наименьших квадратов. Тогда пересечение этой прямой с осью абсцисс дает величину $H^2 = (H_k - 4\pi I_s)^2$. Для различных пленок измеренные значения H_k оказались в диапазоне 33—38 кЭ с относительной точностью 5%.

На рис. 3 приведена зависимость относительного фарадеевского вращения f от магнитного поля h в относительных единицах экспериментально найденного значения $H_k - 4\pi I_s$.

Как видно из рис. 2 и 3, процессы намагничивания MnBi пленок с перпендикулярной анизотропией в магнитном поле, приложенном в плоскости образца, достаточно хорошо описываются моделью однородного вращения намагниченности, что дает возможность определения напряженности поля анизотропии, используя обычный магнитооптический гистериограф. Кроме того, это позволяет проводить локальный анализ поля анизотропий, тогда как другие методы носят в основном интегральный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тонкие ферромагнитные пленки. Под ред. Р. В. Телеспина. М., «Мир», 1964.
2. D. Chen. Preparation and stability of MnBi thin films.—“J. Appl. Phys.”, 1971, vol. 42, p. 3625.

Поступило в редакцию 12 февраля 1976 г.