

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ С АНИЗОТРОПИЕЙ «УГЛОВАЯ ФАЗА»

<sup>1</sup>Дорофейчик С.С., <sup>2</sup>Дубинко С.В., <sup>1</sup>Маковецкий Г.И., <sup>2</sup>Прокопов А.Р.,  
<sup>1</sup>Федотова В.В., <sup>1</sup>Янушкевич К.И.

<sup>1</sup>ИФТТП НАНБ e-mail: [kazimir@ifftp.bas-net.by](mailto:kazimir@ifftp.bas-net.by)

<sup>2</sup>Таврический национальный университет, Симферополь e-mail: [domain@home.cris.net](mailto:domain@home.cris.net)

Исследования магнитных свойств эпитаксиальных пленок ферритов-гранатов (ЭПФГ) в широком интервале температур осуществлены на пленках с одноосной магнитной анизотропией. Развитие магнитооптических методов анализа пространственно-неоднородных магнитных полей стимулировало синтез ЭПФГ со сложным характером магнитной анизотропии, в частности, с анизотропией «угловая фаза». Тонкие слои с анизотропией «угловая фаза» позволяют обрабатывать сигналы как цифрового, так и аналогового типа [1]. В ЭПФГ с анизотропией «угловая фаза» обнаружены необычные физические явления. Наиболее интересные из них это – аномалия магнитной восприимчивости, перестройка доменной структуры (ДС) с переходом через монодоменное состояние с последующим появлением новой ДС и ее исчезновением в магнитных полях, достаточных для насыщения [2]. Магнитные свойства ЭПФГ с такой анизотропией изучены недостаточно. В частности, отсутствуют сведения об исследованиях изменений магнитных характеристик в широком диапазоне температур.

Цель работы – исследование температурных зависимостей удельной намагниченности ЭПФГ с анизотропией «угловая фаза».

Образцы ЭПФГ получены методом жидкофазной эпитаксии на гадолиний-галлиевых подложках  $Gd_3Ga_5O_{12}$  ориентации (111). Фактор качества пленок  $Q \approx 1$ , толщина пленки на подложке 5 – 6 мкм, формульный состав  $(BiLuCa)_3(FeGe)_5O_{12}$ . Форма образцов – диски диаметром 4,2 мм, извлеченные из стандартной массивной пластины подложки гадолиний-галлиевого граната с ЭПФГ. По типу ДС, существующих в ЭПФГ, образцы разделены на четыре группы а, b, с, d (рис.1). Предварительное изучение магнитооптическим методом трансформаций ДС под воздействием слабых магнитных полей позволяет предположить наличие нескольких слоев в полученных ЭПФГ.

Температурные зависимости удельной намагниченности  $\sigma = f(T)$  изучены без разрушения образцов пондеромоторным методом в магнитном поле  $H = 0,86$  Тл и диапазоне температур 77 – 550 К. Магнитное поле прикладывалось как параллельно ( $H_{||}$ ), так и перпендикулярно ( $H_{\perp}$ ) к плоскости образцов ЭПФГ.

Температурные зависимости удельной намагниченности ЭПФГ с различным типом магнитных структур представлены на рис. 2. Анализ полученных зависимостей  $\sigma = f(T)$  показывает, что при температурах  $T < 200$  К как в магнитном поле  $H_{\perp}$ , так и магнитном поле  $H_{||}$  наблюдается минимум удельной намагниченности. Такое поведение температурной зависимости  $\sigma = f(T)$  можно объяснить образованием в процессе эпитаксии переходного слоя «подложка – ЭПФГ». В переходном слое, за счет процессов диффузии, происходит обогащение редкоземельной (додекаэдрической) подрешетки феррита – граната ионами  $Gd^{3+}$ . Ионы  $Gd^{3+}$  в додекаэдрической подрешетке создают магнитный момент, который противоположен результирующему магнитному моменту железа в тетраэдрических и

октаэдрических междоузлиях. Вследствие этого и наблюдается размытый минимум в области низких температур. Образование такого переходного слоя косвенно подтверждается и магнитооптическими исследованиями, которые позволили обнаружить «расслоение» ДС. Наблюдается сосуществование ДС типа А и В при наложении даже слабого магнитного поля в 40 Э. (рис. 1.е).

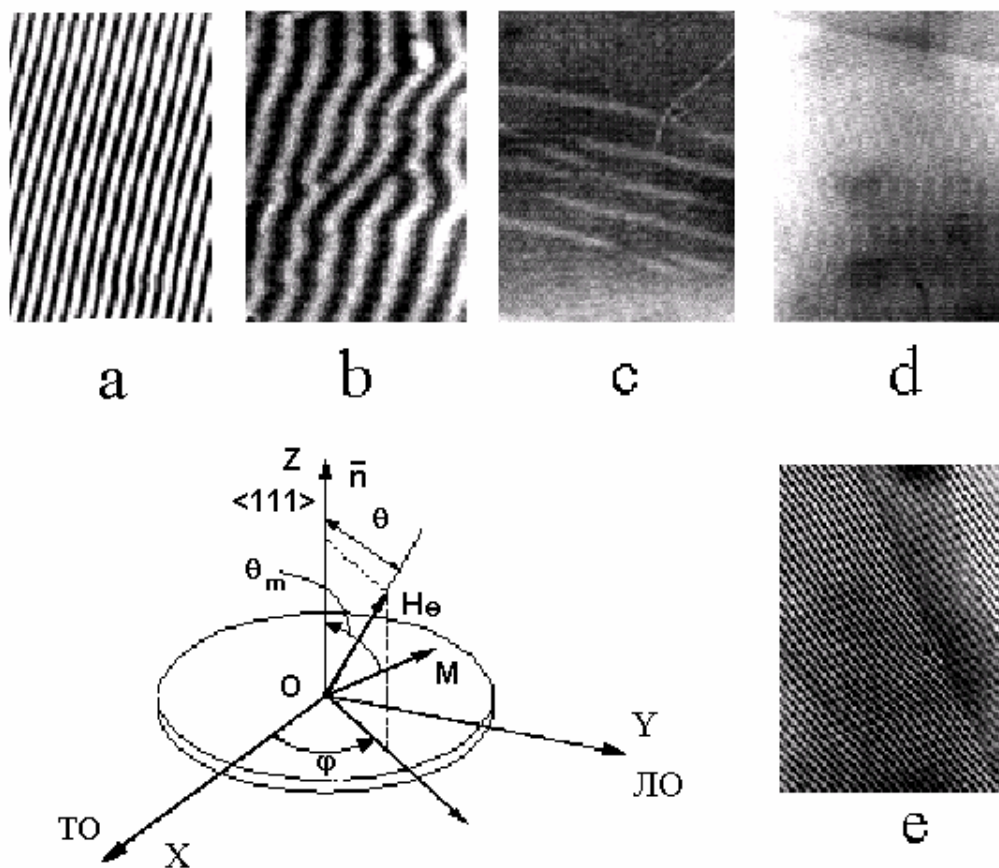


Рис. 1. Типы магнитных структур ЭПФГ

$\theta_m$  – угол между вектором намагниченности  $\mathbf{M}$  и нормалью  $\mathbf{n}$  к плоскости (111);

a – тип А,  $H=0$ ; b – тип АВ,  $H=0$ ; c – тип ВА,  $H=0$ ;

d – тип В,  $H=0$ ; e – тип А,  $H \approx 40$  Э

Различие величин значений удельной намагниченности и температур минимума намагниченности при разных ориентациях внешнего магнитного поля в области низких температур, по-видимому, можно также считать следствием проявления не только отличия магнитных свойств переходного слоя от свойств ЭПФГ, но и влияния геометрии эксперимента. Суммарный вклад магнитных свойств переходного слоя и ЭПФГ при приложении  $H_{\parallel}$  и  $H_{\perp}$  из-за различия толщины и диаметра образца в  $\approx 10^3$  раз может проявиться на температурных зависимостях удельной намагниченности образцов, очень чувствительных к слабым изменениям градиента магнитного поля.

На зависимостях  $\sigma(T)$  исследуемых ЭПФГ, обозначенных как А, АВВА (промежуточный тип ДС), ВА, В (рис.2.) в области температур от  $T > 350$  К также видно заметное расхождение в значениях удельной намагниченности при  $H_{\parallel}$  и  $H_{\perp}$  к плоскости пленок. Наблюдаемое при этих температурах различие в значениях удельной

намагниченности ЭПФГ, если оно не является следствием вышеизложенного, в настоящее время не находит объяснения и требует дополнительных исследований.

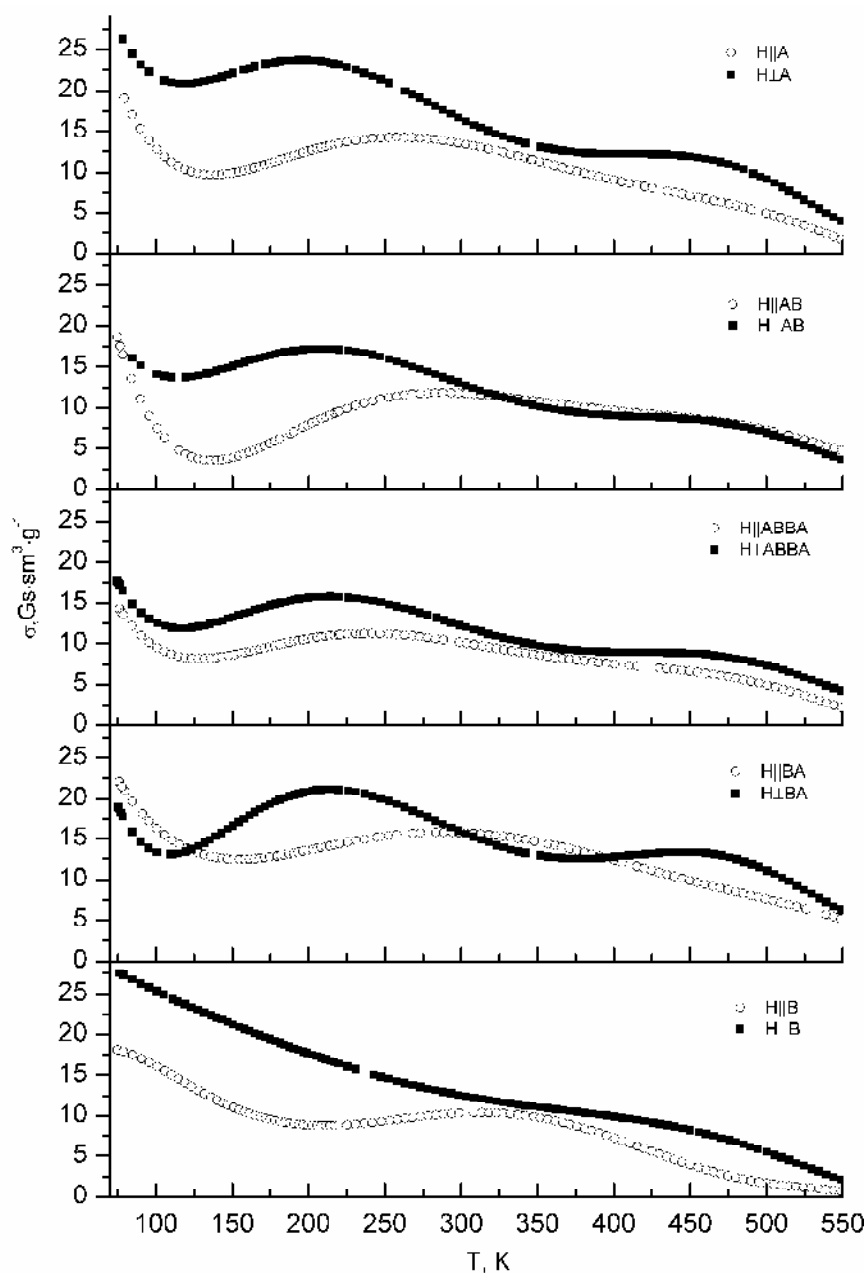


Рис. 2. Температурные зависимости удельной намагниченности ЭПФГ с анизотропией «угловая фаза»

1. А.Р. Прокопов, А.С. Недвига. Ученые записки Симферопольского государственного университета, 7(46), 199 (1998).
2. A.R. Prokopov, S.V. Dubinko, A.O. Khrebtov, M.I. Yeryomina. Frontiers in magnetism of reduced dimension systems. NATO ASI ser. 3. High technology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (1998), 49, P. 463.