

**ГИГАНТСКИЙ ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ И ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ  
В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ  
СИСТЕМЫ  $Y_{3-x}Bi_xFe_{5-y}Al_yO_{12}$**

*А. М. Балбашов, А. Я. Червоменкис, А. П. Черкасов,  
В. Е. Базмеузов, А. А. Цветкова, В. П. Чепарин*

Методом жидкой эпитаксии выращены монокристаллические магнитоодноосные пленки  $Y_{3-x}Bi_xFe_{5-y}Al_yO_{12}$  граната. В диапазоне длин волн 0,5 – 1,0 мкм измерено фарадеевское вращение, коэффициент оптического поглощения, магнитные характеристики пленок и параметры доменной структуры. Установлено, что полученный материал обладает рекордно большой оптической добротностью и стабильной ЦМД структурой.

В монокристаллических гранатовых пленках системы  $Y_{3-x}Bi_xFe_{5-y}Al_yO_{12}$  обнаружен аномально большой уровень эффекта Фарадея (ЭФ), превы-

шающий в видимом диапазоне  $50000 \text{ рад/см}$ , что во много раз больше ЭФ во всех известных неметаллических магнетиках при комнатной температуре. Благодаря относительно высокой прозрачности пленок в области  $\lambda < 0,5 \text{ мкм}$ , их магнитооптическая добротность  $\psi$  (отношение удельного фарадеевского вращения  $\phi_F$  к коэффициенту поглощения  $\alpha$ ) также необычно велика.

Пленки составов  $\text{Y}_{2,35}\text{Bi}_{0,65}\text{Fe}_{4,25}\text{Al}_{0,75}\text{O}_{12}$  (1) и  $\text{Y}_{2,05}\text{Bi}_{0,95}\text{Fe}_{3,9}\text{Al}_{1,1}\text{O}_{12}$  (2) получены методом жидкофазной эпитаксии из раствора  $\text{PbO} - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{Bi}_2\text{O}_3$ . Подложки готовили из монокристаллов  $\text{Gd} - \text{Ga}$  граната, выращенных бестигельной зонной плавкой с радиационным нагревом [1].

Толщину пленок контролировали интерферрометрически. Оптические спектры поглощения выполняли с помощью двухлучевого спектрофотометра СФ-8. Зависимость ЭФ от длины волны снимали с использованием набора диэлектрических интерференционных светофильтров с полушириной полосы пропускания  $\sim 50 \text{ \AA}$ . Химический состав пленок определяли с помощью рентгеноспектрального микроанализатора MAP-2 и поликристаллических эталонов. Статические магнитные характеристики рассчитывали из полевой зависимости параметров доменной структуры [2, 3].

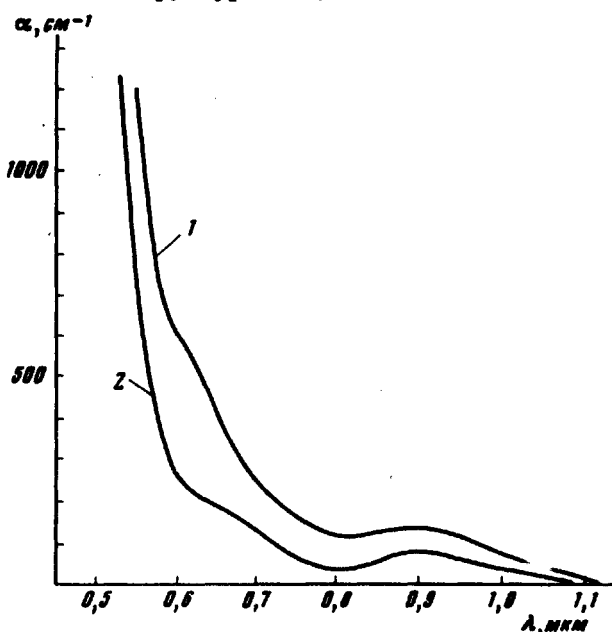


Рис. 1. Спектры поглощения в видимой и ближней ИК областях:  
 1 —  $\text{Y}_{2,35}\text{Bi}_{0,65}\text{Fe}_{4,25}\text{Al}_{0,75}\text{O}_{12}$   
 и 2 —  $\text{Y}_{2,05}\text{Bi}_{0,95}\text{Fe}_{3,9}\text{Al}_{1,1}\text{O}_{12}$

На рис. 1 приведены спектры поглощения пленок в видимой области спектра, а на рис. 2 их магнитооптические характеристики. Видно, что для пленки 1. величина ЭФ выше, чем для пленки 2, однако параметр  $\psi$  выше для пленки 2, что объясняется существенно более высокой прозрачностью последней. Для обоих составов величина  $\psi$  намного выше, чем для чистого железо-иттриевого граната.

При выращивании монокристаллов и пленок  $\text{Bi}$ -содержащих гранатов из свинцовых растворителей примеси  $\text{Pb}$  существенно ухудшают прозрачность в видимой области. Введение нами в состав растворителя окиси висмута позволило, как показал микроанализ, почти пол-

ностью исключить загрязнение пленок свинцом. Замещение иттрия и железа соответственно ионами  $\text{Bi}^{3+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  оказывает противоположное влияние на уровень прозрачности пленок: алюминий, разбавляя железные подрешетки, снижает интенсивность электронных переходов  $\text{Fe}^{3+}$ , что ведет к росту прозрачности в видимой и ближней ИК областях; висмут, смещая в длинноволновую область край фундаментального поглощения, способствует ухудшению прозрачности в области  $\lambda < 0,65 \text{ мкм}$ . Совместное действие этих механизмов приводит к тому, что в случае пленки 2 прозрачность в видимом свете почти такая же, как и для чистого железо-иттриевого граната.

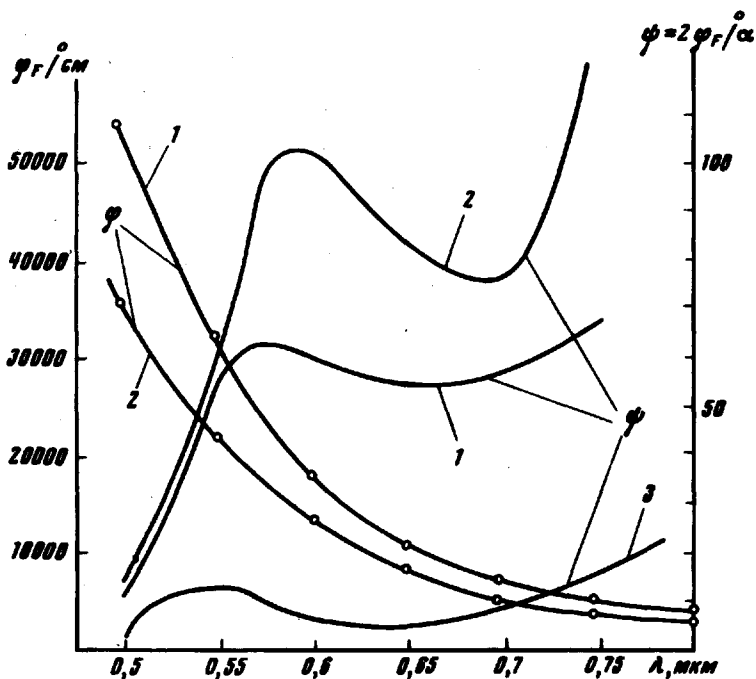


Рис. 2. Удельное фарадеевское вращение ( $\phi_F$ ) и магнито-оптическая добротность ( $\psi$ ) в видимой области: 1. —  $\text{Y}_{2,35}\text{Bi}_{0,65}\text{Fe}_{4,25}\text{Al}_{0,75}\text{O}_{12}$  2 —  $\text{Y}_{2,05}\text{Bi}_{0,95}\text{Fe}_{3,9}\text{Al}_{1,1}\text{O}_{12}$  3 —  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$

Рост фарадеевского вращения в феррогранатах при введении в них ионов  $\text{Bi}^{3+}$  принято связывать с появлением при этом дополнительных электронных переходов между ионами  $\text{Fe}^{3+}$  с тетраэдрическим окружением и кислородом [4, 5]. Такие переходы с энергией  $\sim 2,6 \text{ эВ}$  становятся возможными благодаря смешиванию орбиталей висмута с орбиталями кислорода, что ведет к резкому росту спинорбитального взаимодействия электронов на  $2p$  кислородной орбитали [4]. Обнаруженный нами аномально высокий уровень ЭФ в пленках, содержащих значительное количество алюминия, позволяет усомниться в правильности указанного механизма, поскольку ионы  $\text{Al}^{3+}$  замещают ионы  $\text{Fe}^{3+}$  преимущественно в тетраэдрических позициях, что в соответствии с [4, 5] должно было бы препятствовать росту ЭФ.

## Магнитные свойства и параметры доменной структуры

пленок системы  $Y_{3-x}Bi_xFe_{5-y}Al_yO_{12}$

Состав пленки	Толщина мкм	Средний диаметр ЦМД мкм	Коэрцитивность $H_c$ , э	Поле одноосной анизотропии $H_K$ , э	Намагниченность насыщения $4\pi M_s$ , эс
1	6,9	2,0	1,0	1300	700
2	1,05	1,3	0,5	1500	350

В таблице приведены основные магнитные характеристики пленок и параметры доменной структуры. Видно, что отношение поля одноосной анизотропии  $H_K$  к намагниченности насыщения  $4\pi M_s$  для обоих составов больше единицы и, следовательно, в пленках возможно стабильное существование цилиндрических магнитных доменов (ЦМД). Полосовые и цилиндрические домены при наблюдении в поляризационном микроскопе обнаружили весьма высокий оптический контраст, что объясняется большими значениями параметра  $\psi$ .

Пленки исследованных составов ввиду рекордно высоких значений магнитооптической добротности и существованию в них полосовой и ЦМД доменной структуры с низкой коэрцитивностью, представляют практический интерес для создания магнитооптических устройств на ЦМД и полосовых доменах, в частности, оптических транспарантов для голографических систем памяти большой емкости.

### Литература

- [1] С.А.Медведев, А. М.Балбашов, А.Я.Червоненкис. Сб. "Монокристаллы тугоплавких и редких металлов", изд-во Наука, 1969, стр. 27.
- [2] W. F. Druyvesteyn, J. W. F. Dorleijn, P. J. Rijniere. J. Appl. Phys., 44, 2397, 1973.
- [3] W. Shaw Roger, D. E. Hill, R. M. Sandfort, J. W. Moody. J. Appl. Phys., 44, 2346, 1973.
- [4] S. Wittekoek, D. E. Lacklison. Phys. Rev. Lett., 28, 740, 1972.
- [5] S. Wittekoek, Th. S. A. Popma. Тезисы Международной конференции по Магнетизму, СССР, Москва, 1973, 24м— У6.