

Выводы

1. Показано, что, выбирая угол наклона выходной грани фильтра, можно без использования внешних компенсирующих устройств уменьшить величину спектрального дрейфа продифрагировавшего луча в ~ 100 раз по сравнению с традиционным вариантом расположения выходной грани ортогонально продифрагировавшему лучу. При этом спектральный дрейф угла дифракции в фильтре компенсируется спектральным дрейфом угла преломления продифрагировавшего излучения на наклонной выходной грани.

2. Для семейства оптимальных фильтров на TeO_2 рассчитана зависимость угла наклона выходной грани, обеспечивающего минимальный пространственный дрейф продифрагировавшего луча в спектральном диапазоне 0.4—1 мкм, от параметров фильтра.

Литература

- [1] *Магдич Л. Н., Молчанов В. Я.* Акустооптические устройства и их приложение. М.: Сов. радио, 1978. 110 с.
- [2] *Chang I. C.* Acoustooptic tunable filters. Opt. Engineering, 1981, v. 20, N 6, p. 824—829.
- [3] *Балажский В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е.* Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь, 1985. 280 с.
- [4] *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982. 620 с.
- [5] *Chang I. C.* Appl. Phys. Lett., 1974, v. 25, N 7, p. 370—372.
- [6] *Feichtner J. D., Gottlieb M., Conroy J. J.* Appl. Phys. Lett., 1979, v. 34, N 1, p. 1—3.
- [7] *Епихин В. М., Визен Ф. Л., Галь В. В., Калинин Ю. К.* ЖТФ, 1984, т. 54, № 12, с. 2410—2414.
- [8] *Епихин В. М., Визен Ф. Л., Никитин Н. В., Калинин Ю. К.* ЖТФ, 1982, т. 52, № 12, с. 2405—2410.
- [9] *Uchida N.* Phys. Rev., B, 1971, v. 4, N 10, p. 3736—3745.

Научно-производственное объединение
Всероссийский научно-исследовательский
институт физико-технических
и радиотехнических измерений
Московская обл.

Поступило в Редакцию
20 октября 1987 г.

МАГНИТНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ—КРИСТАЛЛ В ПЛЕНКАХ CdCr_2Se_4

И. Ф. Грибанов, В. Д. Окунев, З. А. Самойленко

Интерес к фазовому переходу аморфное состояние—кристалл в пленках CdCr_2Se_4 обусловлен перспективой его использования для записи информации [1]. Изменения структуры и электропроводности пленок CdCr_2Se_4 при их кристаллизации описаны в работе [2]. В данном сообщении приводятся результаты исследований влияния перехода аморфное состояние—кристалл на магнитные свойства пленок.

Изучались стеклообразные пленки CdCr_2Se_4 толщиной 50—60 мкм, выращенные на подложках из покровного стекла методом катодного распыления [3]. Отжиг пленок проводился в вакууме 10^{-5} Тор.

Ранее нами установлено, что в аморфных пленках полностью подавляется ферромагнитная фаза, присущая кристаллическому материалу, и возникает низкотемпературное сперомагнитное состояние (температура «замерзания» $T_f = 24$ К), характеризующееся хаотическим распределением локализованных атомных магнитных моментов, т. е. отсутствием крупных сильно скоррелированных групп спинов [3]. Этот вывод подтвердился при изучении влияния на дифференциальную восприимчивость постоянного магнитного поля H , приложенного параллельно слабому переменному измерительному полю ($h \approx 20$ Э, $\nu = 1$ кГц): постоянное поле относительно небольшой напряженности (до 1 кЭ) практически не изменяет температурный ход дифференциальной восприимчивости и положение максимума при T_f .

Последовательный изохронный ($t=1$ ч) отжиг пленок при температурах 150—400 °C совершенно не сказывается на зависимостях $\chi(T)$. Дальнейшее повышение температуры отжига ($400 < T_a < 500$ °C) приводит к резкому возрастанию величины дифференциальной восприимчивости, положительному смещению T_f и к появлению дополнительной аномалии на зависимостях $\chi(T)$ в области $T \approx 120$ К (рис. 1). Постоянное магнитное поле $H=900$ Э теперь сильно влияет на ход $\chi(T)$, а именно: существенно подавляет пик восприимчивости, соответствующий T_f , и заметно смещает точку «замерзания» в сторону низких температур (рис. 2). Наблюдаемые явления можно объяснить образованием в спинстеклообразной ма-

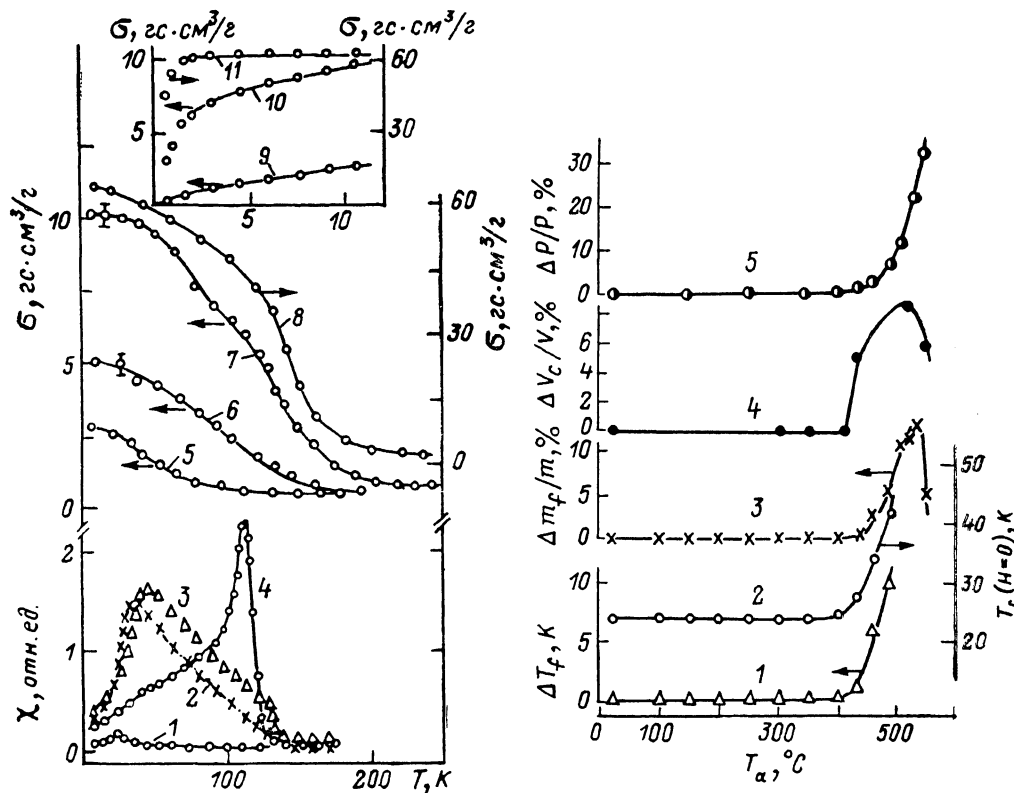


Рис. 1. Температурные зависимости восприимчивости в переменном магнитном поле (частота 1 кГц, эффективная напряженность $h \approx 20$ Э) и удельной намагниченности в постоянном поле $H=12$ кЭ для пленок CdCr_2Se_4 . На вставке — статические кривые намагничивания.

1, 5, 9 — исходная стеклообразная пленка; 2, 6 — пленка после отжига при $T = 460$ °C; 3 — при 400 °C; 4, 7, 10 — при 520 °C; 8, 11 — массивный кристаллический материал, используемый в качестве мишени.

Рис. 2. Зависимость от температуры изохронного отжига.

1 — величины смещения постоянным магнитным полем $H=900$ Э точки «замерзания» спинного стекла ($\Delta T_f = T_f(H=0) - T_f(H=900 \text{ Э})$), 2 — температуры упорядочения спинного стекла при $H=0$, 3 — количества ферромагнитной фазы, 4 — доли закристаллизованного объема, 5 — относительной потери веса пленок.

трице ферромагнитных кластеров, количество и размеры которых растут с увеличением температуры отжига. Точка Кюри этих кластеров $T_c \approx 120$ К, ей соответствует дополнительная аномалия $\chi(T)$.

Изменение магнитного поведения пленок CdCr_2Se_4 начинается одновременно с появлением на рентгенограммах дебаевских линий, соответствующих кристаллической фазе этого соединения. Естественно предположить, что именно образование кристаллитов в аморфной матрице вызывает появление ферромагнитных кластеров. Таким образом, в процессе перехода аморфное состояние — кристалл восстанавливается также и магнитная структура, характерная для массивного кристалла. Наиболее ярко это проявляется после отжига при $505 < T_a < 535$ °C. В этом случае дифференциальная восприимчивость имеет резкий всплеск при температуре, соответствующей появлению дальнего ферромагнитного порядка (рис. 1); в то же время при T_f наблюдается лишь слабая аномалия на зависимости $\chi(T)$. Политермы намагниченности и кривые намагничивания, снятые в статических полях до 12 кЭ, также

указывают на возникновение ферромагнитного состояния, однако малая величина спонтанной намагниченности ($\sigma_s \approx 7$ Гс·см³/г при $T=7$ К) и отсутствие магнитного насыщения свидетельствуют о небольшом относительном объеме ферромагнитной фазы и магнитной гетерогенности закристаллизованных пленок. Исходя из намагниченности насыщения кристаллического CdCr₂Se₄ (~60 Гс·см³/г) можно оценить количество ферромагнитной фазы: после часового отжига при $T_a=520$ °С оно составляет 10—12 %. Дальнейшее увеличение T_a приводит к уменьшению относительного объема ферромагнитной фазы в пленке (рис. 2, кривая 3).

Количество кристаллической фазы, оцененное рентгеноструктурным методом по интенсивности дифракционной линии (422), вначале быстро увеличивается с ростом T_a при $T_a > 410$ °С (рис. 2, кривая 4). Однако вскоре этот процесс замедляется, и при $T_a > 520$ °С наблюдается даже уменьшение доли закристаллизованного объема. Максимальное значение $\Delta V/V$ составляет около 10 %, что хорошо коррелирует с магнитными данными. Как показал количественный фазовый анализ, процесс кристаллизации пленок ограничивается начальной стадией, когда в аморфной матрице зарождаются очень мелкие кристаллиты, дающие на дебаеграммах всего 5 дифракционных линий: (220), (311), (400), (422), (440). Максимальный размер зерен не превышает нескольких десятков ангстрем. Интенсивный фон, который был характерен для всех исследованных образцов, свидетельствует о том, что основное количество атомов данного соединения находится в сильно разупорядоченных областях, вносящих вклад в некогерентное рассеяние рентгеновских лучей.

С учетом термодинамики CdCr₂Se₄ причину наблюдающихся особенностей изменения структуры пленок в процессе их кристаллизации следует искать в диссоциации исследуемого вещества. Кривая 5 на рис. 2 показывает зависимость относительной потери веса пленки от температуры отжига. Несмотря на значительную (превышающую 30 % при высоких температурах) потерю веса, на дифракционной картине образцов выявились только линии, свойственные соединению CdCr₂Se₄. Контрольные эксперименты показали, что потеря веса пленок (в %) в 1.4—1.5 раз больше по сравнению с порошком из монокристаллического материала. Эффекты, связанные с испарением селена и кадмия из пленок CdCr₂Se₄, наблюдались и в работе [4], в которой исследовалось влияние термообработки на физические свойства гетерогенных пленок, содержащих уже в исходном состоянии наряду с аморфной кристаллическую фазу. Очевидно, что полной кристаллизации, как и полному восстановлению ферромагнетизма, препятствует процесс диссоциации, происходящий в том же температурном интервале, что и кристаллизация пленок. Кристаллизация в парах селена дает лучшие результаты [4]. Можно ожидать, что при импульсной кристаллизации (лучом лазера или пучком электронов) влияние диссоциации на структуру и магнитные свойства закристаллизованных пленок окажется не столь существенным.

Литература

- [1] Бержанский В. Н., Кононов В. П. Письма в ЖТФ, 1982, т. 6, № 6, с. 321—324.
- [2] Окунев В. Д., Самойленко З. А. ФТТ, 1985, т. 27, № 5, с. 1577—1579.
- [3] Грибанов И. Ф., Окунев В. Д. Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, № 17, с. 1032—1036.
- [4] Бержанский В. Н., Гавричков С. А., Кононов В. П., Мисюль С. В. Изв. АН СССР. Неорг. материалы, 1980, т. 16, № 5, с. 815—818.

Донецкий физико-технический институт АН УССР

Поступило в Редакцию
20 октября 1987 г.

МОДУЛИ УПРУГОСТИ И АКУСТИЧЕСКИЕ ОСИ ГЕМАТИТА

А. Ю. Лебедев, Б. С. Абдурахманов, А. М. Балашов

Легкоплоскостный антиферромагнетик гематит (α -Fe₂O₃), обладающий высокой упругой нелинейностью, в настоящее время интенсивно исследуется акустическими методами и применяется в разработках новых акустоэлектронных устройств [1]. В расчетах соответствующих эффектов при этом фигурируют модули упругости C_{ij} и магнитоупругие модули B_{ij}