

- [11] H o r i g u c h i H., C h a n g R.S.F., S e t s e r D.W. // J. Chem. Phys. 1981. V. 75. N 3. P. 1207-1218.
- [12] C a r t e r B.D., R o w e M.J., S c h n e i d e r R.T. // Appl. Phys. Lett. 1980. V. 36. N 2. P. 115-117.
- [13] P r e l a s M.A., S c h l a p p e r G.A. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. N 1. P. 496-497.
- [14] S c h n e i d e r R.T., C a r t e r B.D., R o w e M.J. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. N 11. P. 6980.

Поступило в Редакцию
1 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8 26 апреля 1990 г.

05.4; 12

© 1990

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$
НА ФЕРРИМАГНИТНОЙ ПОДЛОЖКЕ
ИЗ ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА $Y_3Fe_5O_{12}$

С.М. Дунаевский, Б.М. Лебедь,
Н.В. Ставрович

1. В настоящее время ВТСП пленки с $T_c > 80$ К получают различными методами на $SrTiO_3$, MgO и ряде других немагнитных подложек [1-3]. Вместе с тем большой теоретический и практический интерес представляет собой синтез сверхпроводящих пленок на магнитных подложках, среди которых особое место занимают ферримагнитные подложки из железо-иттриевого граната (ЖИГ) $Y_3Fe_5O_{12}$.

В данной работе приведены результаты исследований структуры, химического состава и температурной зависимости $\rho(T)$ пленок $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$, полученных магнетронным распылением на эпитаксиальном слое ЖИГ, выращенном на подложке из галлий-гадолиниевого граната (ГГГ) с ориентацией (111).

2. Синтез пленок проводился из охлаждаемой стехиометрической мишени $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ с использованием магнетрона планарной конструкции. Как было показано нами ранее, минимальное отклонение состава пленки от стехиометрического наблюдалось при малых скоростях распыления и низких температурах подложки [4].

В качестве подложек использовались пленки ЖИГ толщиной 5-10 мкм, выращенные методом жидкофазной эпитаксии на ГГГ под-

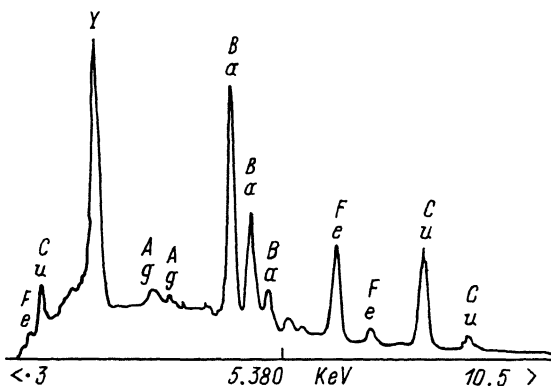


Рис. 1. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho(T)$ пленки $Y, Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$: I – на эпитаксиальном слое ЖИГ (Ш) с подслоем Ag ; II – на подложке из MgO (100) с подслоем Ag .

ложках размером 5x5 мм. Осаждение ВТСП-пленок толщиной 1–3 мкм осуществлялось как непосредственно на ЖИГ, так и на буферный слой серебра толщиной ~ 0.6 мкм, предварительно напыляемый в вакууме.

3. Измерения температурной зависимости $\rho(T)$ образцов проводились четырехзондовым методом с чувствительностью не хуже 7.5 нВ/см. Образцы пленок $Y-Ba-Cu-O$ на ЖИГ без буферного слоя Ag имели высокое удельное сопротивление ($\sim 10^5$ Ом·см) и перехода в сверхпроводящее состояние не наблюдалось. В то же время в пленке $Y-Ba-Cu-O$ на ЖИГ с буферным слоем Ag после термообработки в кислороде удельное сопротивление резко снижалось и наблюдался сверхпроводящий переход при температуре $T_c^{off} = 6$ К (кривая I, рис. 1). Для сравнения на рис. 1 приведены зависимости $\rho(T)$ для пленок, полученных на монокристаллических подложках MgO (100) с подслоем Ag в тех же условиях и имеющих $T_c^{off} = 80$ К при ширине перехода $\Delta T \approx 2$ К (кривая II).

Как следует из рис. 1, пленка $Y-Ba-Cu-O$, нанесенная на ЖИГ, имеет более высокое удельное сопротивление по сравнению с пленкой $Y-Ba-Cu-O$ на подложке MgO (100), резко выраженного перехода в сверхпроводящее состояние не наблюдается, спад $\rho(T)$ замедляется при температуре $T \approx 20$ К, после которой имеется характерный „хвост“, заканчивающийся полным переходом в сверхпроводящее состояние при $T_c^{off} = 6$ К.

По данным фазового рентгеновского анализа пленки $Y-Ba-Cu-O$, нанесенные на пленки ЖИГ с буферным слоем Ag , – однофазные, поликристаллические, орторомбической симметрии, имеющие небольшие включения фазы CuO .

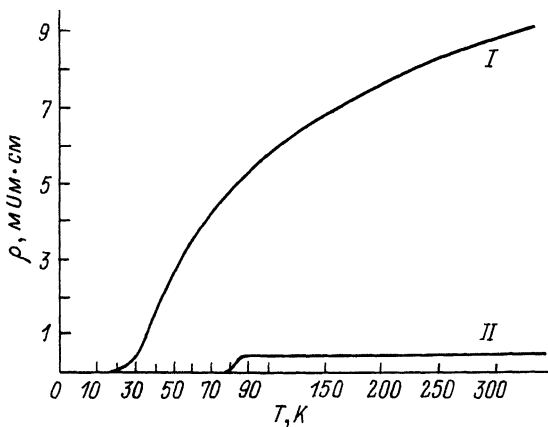


Рис. 2. EDXA спектр пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ на ЖИГ с подслоем серебра.

Исследования пленок на растровом электронном микроскопе показали наличие отдельных сросшихся кристаллитов, имеющих толщину ~ 0.3 мкм, ширину – единицы микрон, длину – 5–10 мкм.

На рис. 2 представлены EDXA-спектры пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ на $Y_3Fe_5O_{12}$ с подслоем серебра. Их отличительной особенностью является наличие интенсивных линий Fe и Ag . Так как в микроскопе анализировались отдельные кристаллиты с линейными размерами 3×5 мкм и толщиной 3 мкм, значительно превышающими размеры анализируемого объема вещества ($2 \times 2 \times 1$ мкм), есть все основания считать, что дополнительные пики Fe обусловлены атомами железа, диффундировавшими из ЖИГ в $Y-Ba-Cu-O$. Пока не удалось выполнить количественный анализ основного и примесного состава пленки. Основной причиной столь низкого значения температуры сверхпроводимого перехода T_C^{off} мы считаем присутствие в структуре ВТСП атомов железа, что согласуется с современными представлениями о роли примесных атомов Fe в $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ [5].

Работа выполнена в рамках проекта № 441 конкурсной программы „Высокотемпературная сверхпроводимость“.

Л и т е р а т у р а

- [1] Beasley M.R. et al. // Physica, 1987. V. 148 B. P. 191-195.
- [2] Chaudhari P., Koch R.H., Laibowitz R.B., McCuire T.R., Gambino R.J. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. P. 2648-2651.

- [3] L a i b o w i t z R.B., K o s h R.H.,
C h a u d h a r i P., G a m b i n o R.J. //
Phys. Rev. B. 1987. V. 35. P. 8821-8825.
- [4] Н.В. Ставровиц, Л.Ф. Аленина, С.М. Ду-
наевский и др. // Всес. конф. по ВТСП, Киев, 1989.
Т. 2. С. 272-273.
- [5] X u Y., S u e n a g a M., T a f t o J. et
al. // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. P. 6667-6680.

Поступило в Редакцию
2 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8

26 апреля 1990 г.

11

© 1990

ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМЫ (00)-РЕФЛЕКСА КАРТИНЫ ДОБЭ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ МПЭ *GaAs* (001)

В.Г. Антипов, С.А. Никишин,
В.Н. Светлов, Д.В. Синявский,
О.В. Смольский, В.А. Спиренков

Дифракция отраженных быстрых электронов (ДОБЭ) широко используется для контроля структуры поверхности и динамики процесса роста пленок различных материалов, изготавливаемых методом молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ). В частности, измерение периода временных осцилляций интенсивности рефлексов дифракционной картины ДОБЭ позволяет прецизионно определять скорость роста эпитаксиального слоя [1], а изучение формы (00)-рефлекса в зависимости от угла падения электронного пучка на поверхность предоставляет информацию о локальной морфологии растущей пленки [2].

Для создания высокоэффективных гетеролазерных структур [3] повышенное внимание должно уделяться кристаллографическому совершенству гетерограницы. Поэтому необходимо иметь подробную информацию о процессе ее образования *in situ* МПЭ.

В настоящей работе проведено исследование начальных стадий автоэпитаксии нелегированного *GaAs* (001) на стандартных подложках методом ДОБЭ с использованием автоматизированной системы регистрации, позволяющей изучать форму дифракционных рефлексов в реальном масштабе времени в процессе роста.¹

¹ Здесь и в дальнейшем под формой рефлекса подразумевается распределение дифракционной интенсивности вдоль направления стержня обратной решетки поверхности *GaAs* (001), т.е. вдоль так называемого „тяжа“ на картине ДОБЭ растущей поверхности.