

- [4] K o l n e r В.Н., В i o o m D.М. // Journal of Quantum Electronics, 1986. V. QE-22, N 1. P. 79-93.
- [5] Портной Е.Л., Стельмах Н.М., Челноков А.В. Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 11. С. 44-48.
- [6] Портной Е.Л., Стельмах Н.М., Челноков А.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 21. С. 81-87.
- [7] Справочник по вероятностным расчетам, М.; Воениздат, 1970. П. 9.2.

Поступило в Редакцию
27 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

05.4; 11

© 1990

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК $Y_1Ba_2Cu_3O_x$
РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ЭПИТАКСИИ

А.Т. М а т в е е в, В.Ф. Г р е м е н о к,
В.П. Н о в и к о в, И.А. В и к т о р о в,
О.В. З у б е ц

Получение ориентированных или монокристаллических пленок высокотемпературных сверхпроводников представляет большой интерес связанный как с применениями в электронике, так и с исследованиями анизотропии фундаментальных свойств сверхпроводников. Для создания ориентированных пленок необходимо, чтобы были близки периоды кристаллических решеток подложки и пленки. Этому условию удовлетворяют подложки из титаната стронция, оксида магния, стабилизированной двуокиси циркония, сапфира, на которых получают эпитаксиальные пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ с ориентациями (001), (h00) [1-3]. Однако для ряда фундаментальных и прикладных задач желательно получать пленки различной ориентации на подложках одного типа. Структура кристаллической решетки $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ является псевдокубической: $a \approx b \gtrsim c/3$, причем знак неравенства между a , b и c определяется температурой и стехиометрией по кислороду [4]. Это обстоятельство создает принципиальную возможность управления ориентацией пленки за счет сопряжения разных ее периодов с подложкой при вариации температуры и давления кислорода в процессе кристаллизации.

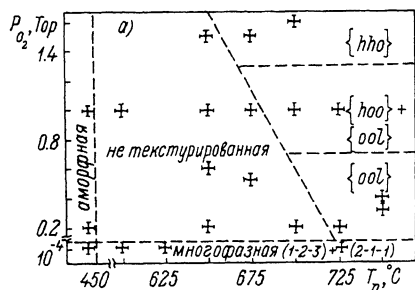
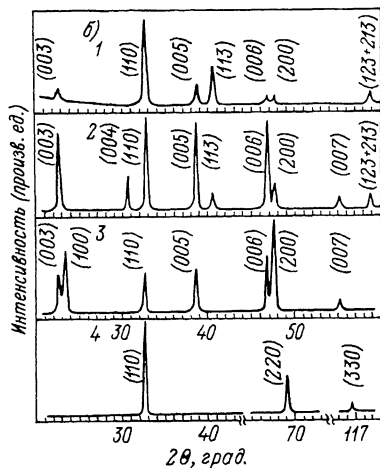


Рис. 1. Влияние режимов напыления на текстуру пленок: а) технологическая диаграмма; б) рентгенографические данные пленок: 1 - не текстурированная, 2 текстура (001), 3 - смешанная текстура (001) + (h00), 4 - монокристаллическая пленка с ориентацией (hho).



Целью данной работы является получение пленок $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ различных кристаллографических ориентаций на сапфировых подложках методом импульсного лазерного испарения и исследование влияния технологических режимов получения пленок на их микроструктуру и сверхпроводящие свойства.

Нами применялся лазер промышленного типа ГОС-1001 с длиной волны излучения 1064 нм и длительностью импульса 10^{-3} с, работающий

в режиме свободной генерации. Плотность потока энергии на поверхности мишени составляла 10^5-10^6 Вт/см². В качестве мишени использовалась таблетка сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_x$, приготовленного по стандартной керамической технологии, с температурой перехода 92 К. Подложками служил монокристаллический (1012) сапфир. Температура подложек изменялась от 450 до 750 °С через 25-30 °С, а давление кислорода от 10^{-4} до 1.5 Тор. Расстояние мишень-подложка составляло 35 мм. За 1 импульс напылялся слой толщиной 0.10-0.12 мкм. Время между импульсами составляло 1 мин. Пленки формировались различной толщины от 1 до 2 мкм. Сразу после напыления в течение 10 мин давление кислорода повышалось до 1 атм, а температура подложек снижалась до 600 °С со скоростью ~ 5 град/мин. При этих условиях пленки выдерживались 40-45 мин, затем охлаждались до комнатной температуры со скоростью 1.5-2.0 град/мин. После получения пленок проводился их рентгенофазовый анализ на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М, и исследовалась температурная зависимость проводимости. Практически при всех режимах напыления пленки имели фазовый состав $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ без примеси других фаз и индивидуальных окислов.

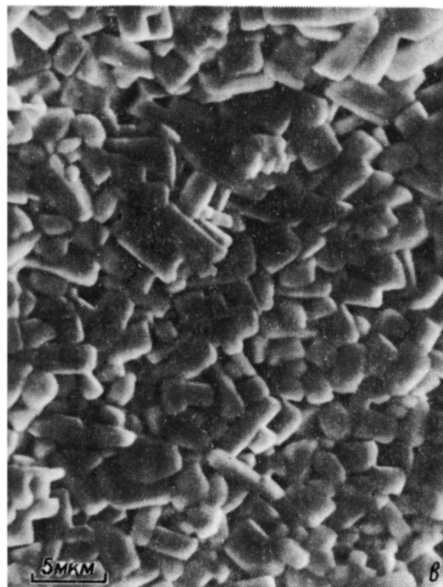
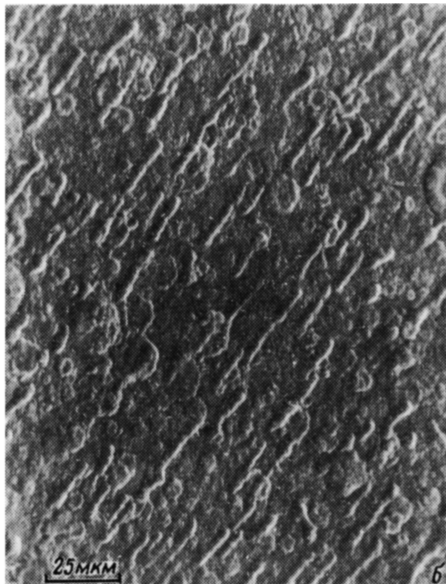


Рис. 2. Морфология пленок, полученных при разных технологических режимах по данным сканирующей электронной микроскопии: а) $P_{O_2} = 1$ Тор, $T_{пл} = 670$ °С (текстура отсутствует); б) $P_{O_2} = 0.5$ Тор, $T_{пл} = 750$ °С (текстура (001); заметно ориентирующее действие подложки); в) $P_{O_2} = 1$ Тор, $T_{пл} = 730$ °С (смешанная текстура (001) + (h00)); г) поперечный разлом этой же пленки.

Нами установлено, что согласованно изменения в процессе напыления температуру подложек и давление кислорода можно получить пленки ВТСП различной ориентации на монокристаллических подложках сапфира (1012). Результаты представлены на технологической диаграмме. При давлении кислорода при напылении 10^{-4} Тор пленки содержали дополнительную фазу $Y_2Ba_xCu_1O_x$, а при температурах подложек менее 450°C получались рентгеноаморфными. Область ориентированных пленок лежит в интервале температур $650\text{--}750^\circ\text{C}$ и давлений кислорода $0.2\text{--}1.6$ Тор.

Эта область состоит из трех областей, в которых в зависимости от давления кислорода P_{O_2} получаются пленки с различным направлением и степенью текстуры: при $P_{O_2} \approx 0.2\text{--}0.8$ Тор ориентация пленок (007), при $P_{O_2} \approx 0.8\text{--}1.2$ Тор — ориентация (h00) + (00l), при давлении $P_{O_2} \approx 1.2\text{--}1.6$ Тор — ориентация (hh0) (рис. 1,а).

Режимы напыления существенно влияют на морфологию пленок. На рис. 2 приведены основные их типы. Размер кристаллитов изменялся в зависимости от режимов напыления от 0.1 до 1 мкм. Ориентирующее действие подложки на пленку хорошо видно на рис. 2,б. Характерные детали рельефа этой пленки ориентированы определенным образом по отношению к кристаллографическим осям подложки.

Проводимость пленок измерялась на переменном токе по четырехзондовой схеме с прижимными серебряными электродами. Амплитудное значение транспортного тока составляло 1 мкА. Лучшие пленки были получены при $T_{\text{п}} = 660 \pm 10^\circ\text{C}$ и $P_{O_2} = 1.0 \pm 0.2$ Тор. Сопротивление этих пленок линейно падало с понижением температуры, начало и конец перехода в сверхпроводящее состояние соответственно 93 и 82 К. Пленки, полученные при других условиях напыления, имели начало перехода в интервале $90\text{--}93$ К, конец в интервале $50\text{--}70$ К в зависимости от режимов получения.

Таким образом, показана возможность управления кристаллографической ориентацией пленок $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ путем вариации технологических параметров их получения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Char K., Kent A.D., Kapitulnik A., Beasley M.R., Geballe T.H. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 17. P. 1370-1372.
- [2] Lee J.S., Rippert E.D., Jin B.Y., Song S.N., Hwu S.J., Poeppelmeier K. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 51. N 15. P. 1194-1196.
- [3] Singh R.K., Narayan J., Singh A.K., Krishnaswamy J. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. N 22. P. 2271-2273.

[4] Тараскон Б.М., Барбу П., Бэгли Б.Г.,
Грин Л.Г., Мак-Киннон У.Г., Холл Г.У.
В кн.: Высокотемпературная сверхпроводимость. М.: Мир,
1988. С. 238-255;

Институт физики
твёрдого тела и полупроводников
АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию
19 декабря 1989 г.
В окончательной редакции
24 мая 1990 г.