

ПЛЕНКИ Y-Ba-Cu-O, ПОЛУЧЕННЫЕ РАСПЫЛЕНИЕМ ИОННЫМ ПУЧКОМ

А.В. Багуля, И.П. Казаков, С.Н. Максимовский, М.А. Негодаев, А.П. Шотов

Проведено исследование структуры и электрических свойств пленок Y-Ba-Cu-O, выращенных при распылении керамической мишени ионным пучком. Получены поликристаллические пленки с "азотными" температурами перехода в полностью сверхпроводящее состояние.

Благодаря возможности адекватного переноса сложных материалов с сильно различающимися свойствами компонентов метод ионного распыления получил широкое распространение для изготовления пленок высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Все работы в данной области, в которых получены интересные результаты, посвящены распылению в газовом разряде, в основном, различным разновидностям магнетронного распыления [1 - 4].

Использование ионного пучка вместо газового разряда имеет большие потенциальные преимущества, такие как высокий вакуум, широкий диапазон режимов распыления, отсутствие воздействия разряда на растущую пленку и детали установки, уменьшение расслоения компонентов при распылении.

Тем не менее, нам удалось найти всего две публикации по выращиванию пленок ВТСП с применением ионно-пучкового распыления [5, 6]. Особого внимания заслуживает работа [6], в которой получены пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ с полной сверхпроводимостью при $T_c = 85$ К на подложках $SrTiO_3$ и при $T_c = 78$ К на подложках MgO . Для распыления использовался пучок ионов Ar^+ .

В настоящей работе пленки Y-Ba-Cu-O осаждались в процессе распыления мишеней $Y_1Ba_2Cu_3O_y$ (пленки типа I) или $Y_1Ba_2Cu_4O_y$ (пленки типа II) пучком ионов Ne^+ .

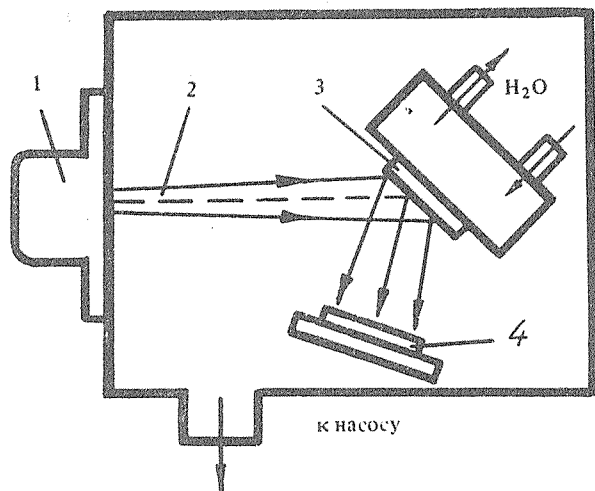


Рис. 1.

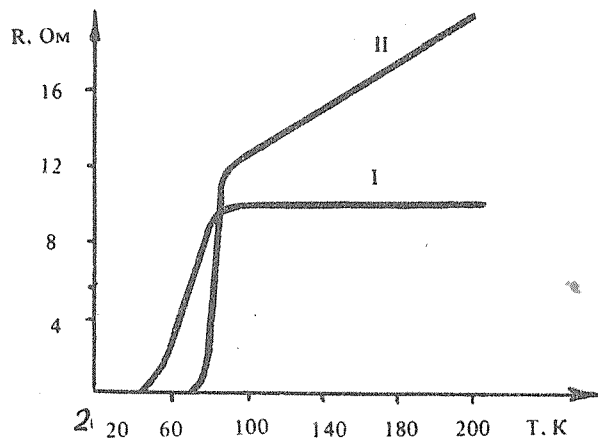


Рис. 2.

Рис. 1. Схема установки: 1 - ионный источник; 2 - пучок ионов Ne^+ ; 3 - мишень; 4 - подложка.

Рис. 2. Зависимость R(T) для пленок типа I и типа II.

Схема установки изображена на рис. 1. Пучок ионов Ne^+ из ионного источника, проходя через коллимирующую диафрагму, фокусировался на охлаждаемую водой мишень диаметром 20 и толщиной 3 мм, изготовленную по обычной керамической технологии. Использовались монокристаллические подложки MgO , ориентированные в направлении [100]. Расстояние мишень — подложка составляло 30 мм.

Осаждение пленок проводилось при остаточном давлении $1 \cdot 10^{-4}$ торр на неподогреваемые подложки. Температура держателя подложки при этом не поднималась выше $30^\circ C$. Скорость роста пленок составляла 0,1 — 0,3 мкм/ч.

После напыления пленки имели зеркально гладкую поверхность черного цвета, обладали сильной адгезией к подложке и не деградировали на воздухе. Исследования показали, что пленки аморфные и диэлектрические.

Сверхпроводящие свойства наблюдались в пленках после их отжига в кислороде при температуре 900 — $980^\circ C$ в течение 1 — 3 часов. В конечной стадии отжига температура печи понижалась до комнатной за 8 — 10 часов.

В результате отжига пленки становились поликристаллическими. Исследования пленок с помощью оптического микроскопа показали, что средний размер зерен после отжига при $980^\circ C$ в течение 2 часов достигал ~ 5 мкм у пленок типа I и ~ 20 мкм у пленок типа II. Поверхность пленок при этом делалась менее гладкой из-за огранки и разориентации отдельных зерен.

Зависимость сопротивления пленок от температуры $R(T)$ измерялась обычным четырехзондовым методом. На рис. 2 представлены типичные зависимости $R(T)$ для пленок обоих типов. Начало сверхпроводящего перехода для различных пленок соответствовало температуре 80 — 90 К. Полностью сверхпроводящими считались пленки, сопротивление которых при измерительном токе ~ 10 мкА становилось меньше $1 \cdot 10^{-3}$ Ом. Лучшие пленки были полностью сверхпроводящими при 72 К.

После установки новой мишени T_c пленок возрастала от процесса к процессу и достигала насыщения примерно за 10 часов распыления. После этого наблюдалась полная воспроизводимость свойств пленок до следующей замены мишени. Необходимость "обкатки" мишени в начале ее работы мы связываем с формированием измененного поверхностного слоя, обусловленного различием коэффициентов распыления Y , Va и Cu /7/.

Так как пленки с высоким T_c получены при распылении мишеней, обогащенных Cu , можно предположить, что часть Cu не осаждается на подложку в процессе роста. Это не кажется странным, если учесть, что распыленные с мишени атомы могут обладать значительной кинетической энергией, уменьшающей их коэффициент встройки. Возможно также и преимущественное распыление Cu высокоэнергетичными атомами, бомбардирующими подложку.

Авторы выражают благодарность С.И. Веденеву и А.А. Комару за обсуждение результатов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee S. J. et al. Appl. Phys. Lett., 51, 1194 (1987).
2. Adachi H. et al. Japan. J. Appl. Phys., 26, L709 (1987).
3. Kawasaki M. et al. Japan. J. Appl. Phys., 26, L738 (1987).
4. Asano H. et al. Japan. J. Appl. Phys., 26, L1221 (1987).
5. Shan S. I., Carsia P. F. Mater. Lett., 6, 49 (1987).
6. Madakson P. et al. J. Appl. Phys., 63, 2046 (1988).
7. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой, под ред. Берши Р., Вып. II, М., Мир, 1986.

Поступила в редакцию 22 июня 1988 г.