

05.4; 11

© 1992

ОКСИД ИНДИЯ-ОЛОВА КАК БУФЕРНЫЙ СЛОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК $Y-Ba-Cu-O$ НА САПФИРЕ

И.К. Камиллов, Б.М. Атаев,
А.М. Джабраилов, В.В. Мамедов,
М.Х. Рабаданов

Известно, что интерес к сверхпроводящим пленкам на сапфире в СВЧ области обусловлен меньшей диэлектрической проницаемостью по сравнению с „эпитаксиальными подложками“ $SrTiO_3$, ZrO_2 , MgO [1], на которых технология синтеза ВТСП пленок с высокими критическими параметрами к настоящему времени в основном отработана. Известны также основные причины, затрудняющие воспроизводимое получение ВТСП пленок высокого качества на сапфире: большое различие постоянных кристаллических решеток и коэффициентов термического расширения подложки и пленки, диффузия атомов Al в ВТСП слои при высокотемпературном синтезе [2]. В ряде работ [3, 4] сообщалось об использовании тонких буферных слоев металлов (Ag , Ni , Nb , Ta) и оксидов (MgO , NiO , ZrO_2 , $SrTiO_3$) для уменьшения влияния указанных причин. Несмотря на предпринятые усилия, к настоящему времени сверхпроводящие пленки на сапфире уступают слоям на MgO , $SrTiO_3$ как по критическим параметрам, так и по степени деградации их свойств со временем.

Буферные слои $In-Sn-O$ (ITO) были использованы для стабилизации слоев $Y-Ba-Cu-O$ на подложках из кварца, Si , $GaAs$ [5-7]. Мы сообщаем о результатах использования промежуточных слоев ITO с целью улучшения структурного совершенства и воспроизводимого получения сверхпроводящих пленок $Y-Ba-Cu-O$ на плоскости $(\bar{1}012) Al_2O_3$. Достоинства ITO как буферного подслоя в данном случае очевидны: в технологии микроэлектроники разработаны методы получения тонких совершенных пленок ITO с высокой прозрачностью и электропроводностью [8], ITO - оксидный материал, подобный сверхпроводникам, с промежуточной величиной коэффициента термического расширения ($Y-Ba-Cu-O$, ITO, Al_2O_3 - $1.36 \cdot 10^{-5}$; $1 \cdot 10^{-5}$; $0.6 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ соответственно).

Пленки $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ получены методом магнетронного распыления на постоянном токе из монокристаллической мишени состава $YBa_2Cu_4O_8$ диаметром 50 и толщиной 3 мм. Синтез мишеней проводился по традиционной твердофазной технологии. Для получения сверхпроводящих пленок *in situ* использовался модифицированный магнетронный узел, в котором на небольшой

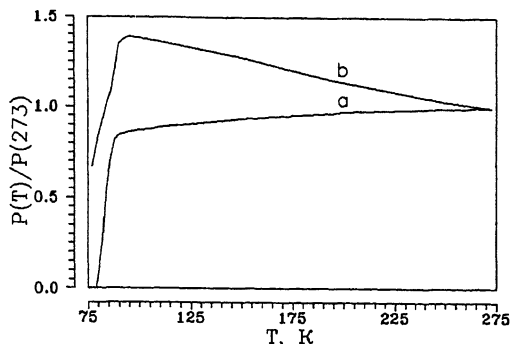


Рис. 1. Температурная зависимость относительного сопротивления пленки $Y-Ba-Cu-O$, полученной при $T_{II}=600^{\circ}C$. а - на части подложки с подслоем ИТО, б - на части подложки без подслоя.

высоте (~ 6 см) параллельно катоду-мишени располагалась такая же мишень под потенциалом анода, а подогреваемая ($560-730^{\circ}C$) подложка помещалась вне зоны высокоэнергетических частиц почти перпендикулярно к поверхности мишени. В качестве рабочей использовалась смесь аргона с кислородом (4:1). По окончании распыления в камеру напускался чистый кислород, и подложка охлаждалась со скоростью $20^{\circ}C/мин$ до $450^{\circ}C$, затем со скоростью $1.5^{\circ}C/мин$ до $400^{\circ}C$, после чего печь выключалась.

Промежуточные слои ИТО толщиной ~ 500 нм получали также магнетронным методом из низкоомных оксидных мишеней при близких к приведенным выше условиям распыления, причем половина предварительно очищенной поверхности подложки Al_2O_3 закрывалась экраном. Таким путем мы могли однозначно сравнивать все ростовые и критические параметры пленок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, полученных в одном технологическом цикле.

Резистивные характеристики измерялись четырехзондовым методом на переменном токе (130 Гц). Кристаллическая структура пленок изучалась на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2 (SiK_{α} -излучение).

Пленки, полученные на покрытой промежуточном слоем ИТО части подложки, отличались большей однородностью, зеркальностью поверхности и совершенством структуры. Соответственно выше была и температура сверхпроводящего перехода, которая при оптимальных режимах составляла $82-85$ К. Нами обнаружено, что буферный слой ИТО позволяет сдвинуть оптимум температуры подложки (T_{II}) при формировании сверхпроводящих пленок ($T_{c0} > 77$ К) вниз приблизительно на $60^{\circ}C$. Типичная картина температурной зависимости сопротивления $R(T)$ для обоих участков пленки приведена на рис. 1.

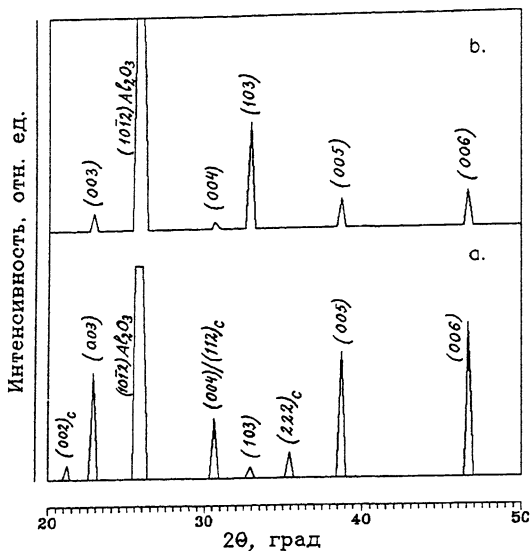


Рис. 2. Характерные дебаграммы пленки γ -Ba-Cu-O на части подложки с подслоем ITO (а) и без него (б) (индексом „с“ помечены рефлексы от подслоя).

Эксперимент показал, что условно весь диапазон T_{Π} можно разделить на три области: 1. Область $T_{\Pi}=560-620^{\circ}\text{C}$, где диффузия Al из подложки Al_2O_3 маловероятна и ее ориентирующая роль при малых T_{Π} незначительна. Здесь пленки по структуре, критическим параметрам и морфологии поверхности лучше на буферных слоях, что скорее всего обусловлено качеством поверхности и тепловыми свойствами ITO. 2. Область $T_{\Pi}=620-680^{\circ}\text{C}$, где начинается зарождение базисной ориентации на Al_2O_3 и, возможно, диффузия атомов Al из Al_2O_3 еще не столь значительна. Указанные выше свойства слоев в этой области T_{Π} на обоих участках сравнимы. 3. Область относительно высоких температур $T_{\Pi}=680-730^{\circ}\text{C}$. В этой области роль буфера ITO сказывается больше и качество пленок, как и в первой области, на промежуточном слое выше.

На рис. 2 приведены характерные дебаграммы пленок с буферным подслоем и без него, напыленных при относительно невысоких T_{Π} . Видно, что в пленках на части подложки с подслоем ITO преобладает базисная ориентация (001), тогда как на другой части — ориентация (103). Этот результат может быть обусловлен преобладанием в пленках с подслоем блоков базисной ориентации и (или) их большими размерами, чего и следует добиться, поскольку пленки с базисной ориентацией (001) обладают наилучшими сверхпроводящими свойствами. Такой эффект наблюдался во всех пленках независимо от T_{Π} .

Таким образом, тонкий слой оксида индия-олова является удачным буфером, позволяющим улучшить критические параметры и снизить оптимальную температуру подложек при формировании сверхпроводящих пленок. Замечено влияние толщины, электрических свойств и структурных особенностей слоя ИТО на структуру и свойства пленок $Y-Ba-Cu-O$.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B r a g i n s k i A.I., T a l v a c c h i o J., G a v a l e r J.R. et al. // Proc SPIE. 1988. V. 948. P. 89-98.
- [2] K o v a c h e v a D., P e t r o v K., P e s h e v P. // Mat. Res. Bull. 1989. V. 24. P. 1295-1302.
- [3] W i t a n a c h c h i S., P a t e l S., S h a w D.T., K w o k H.S. // Appl. Phys. Lett. 1989. 55(3). P. 295-297.
- [4] B e r e z i n A.B., Y u a n C.W., d e L o z a n n e A.L. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57(1). P. 90-92.
- [5] F u j i n o K. // ISEC. Tokyo, 1989. P. 441-444; Jap. J. of Appl. Phys. 1989. V. 28. N 2. P. L236-L238.
- [6] K e l l e t t B.J., J a m e s J.H., G a u z z i z i A. // Appl. Phys. Lett. 1990. 57(11). P. 1146-1148.
- [7] K e l l e t t B.J., G a u z z i A., J a m e s J.H. J a m e s J.H., D w i z B., P a v u n a D. // Appl. Phys. Lett. 1990. 57(24). P. 2588-2590.
- [8] C h o p r a K.L., M a j o r S. // Thin Solid Films. 1983. 102. P. 1-46.

Поступило в Редакцию
4 февраля 1992 г.