

05.4;11;12

©1994

СИНТЕЗ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ВТСП ПЛЕНОК С ОРИЕНТАЦИЕЙ (110) НА ПОЛИКОРЕ

*Э.И.Точицкий, В.М.Колешко,
Н.М.Белявский, О.Г.Свиридович, А.В.Гулай*

Критические параметры ВТСП пленок (температура перехода в сверхпроводящее состояние, ширина перехода, плотность критического тока) в значительной степени зависят от кристаллографической ориентации [1]. В связи с этим при создании приборов микро- и криоэлектроники используют монокристаллические ВТСП пленки с разной ориентацией кристаллографических осей относительно подложки в зависимости от назначения прибора.

В настоящее время на монокристаллических подложках с параметрами решетки, близкими к параметрам решетки высокотемпературной сверхпроводящей фазы 1:2:3, получены тонкие пленки с различной текстурой, разной ориентацией относительно подложки и разной степенью ориентационного упорядочения. Однако используемые при этом монокристаллические подложки, в частности титанат стронция, вследствие их высокой диэлектрической проницаемости мало пригодны для применения в приборах и устройствах СВЧ техники. Альтернативный путь получения ориентированных пленок с необходимыми свойствами заключается в использовании эффекта анизотропии скорости образования и роста зародышей сверхпроводящей фазы, связанного с различием свободной энергии границы раздела зародыш-подложка, обусловленным кристаллографической ориентацией зародыша. В этом случае для достижения поставленной цели выращивания ориентированных пленок возможно использование неориентирующих, поликристаллических подложек, в частности поликора.

В данной работе была поставлена задача получить тонкие ВТСП пленки системы Y-Ba-Cu-O с ориентацией (110) на подложках из поликора. Пленки с данной ориентацией представляют интерес как с точки зрения решения прикладных задач, так и для исследования механизмов электропереноса, механизма пиннинга по плоскостям двойникования (110) и влияния данных эффектов на плотность критического тока в ВТСП пленках.

Тонкие пленки Y-Ba-Cu-O получали методом импульсного лазерного осаждения по методике, описанной в рабо-

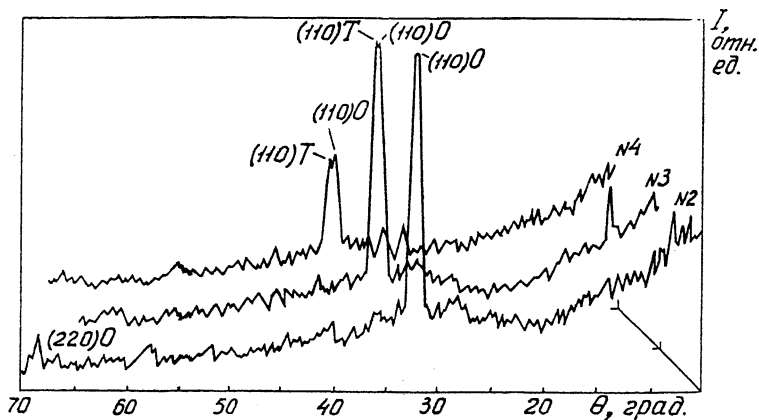


Рис. 1. Рентгенограммы тонких ВТСП пленок, полученных методом лазерного осаждения.

те [2]. Для испарения мишени стехиометрического состава использовался лазер на алюмоиттриевом гранате с длиной волны $\lambda = 1.06$ мкм; энергия в импульсе составляла 0.2 Дж при длительности импульса 25 нс и частоте следования импульса 10 Гц. Плотность потока мощности лазерного излучения на поверхности мишени варьировалась в пределах $10^7 - 10^9$ Вт/см². Пленки толщиной до одного микрометра конденсировались на подложках из поликора ВК-100-1 при температурах $T = 650 - 750^\circ\text{C}$ в кислороде при давлении 50–150 мТор. Сразу после осаждения пленки медленно охлаждались при атмосферном давлении со средней скоростью $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. Фазовый и структурный анализ пленок проводился методами рентгеновской дифрактометрии в излучении CuK_α на установке ДРОН-3. Электрофизические параметры пленок измерялись по стандартной четырехзондовой методике.

При использовании поликора в качестве подложки для получения ВТСП пленок основным отрицательным фактором является взаимодиффузия ингредиентов пленки и материала подложки с образованием переходного слоя и побочных фаз, например BaAlO , препятствующих формированию фазы 1:2:3. Фазовый анализ показал, что в зависимости от условий получения в пленках идентифицировались тетрагональная и орторомбическая фазы, а в некоторых пленках присутствовала в незначительных количествах фаза BaCuO . На рис. 1 приведена рентгенограмма полученной в оптимальных условиях монофазной пленки (образец № 2), содержащей орторомбическую фазу 1:2:3. На рентгенограмме наряду с рефлексами от подложки наблюдаются рефлексы от фазы 1:2:3 типа (npo), т. е. (110) и (220), что свидетельствует

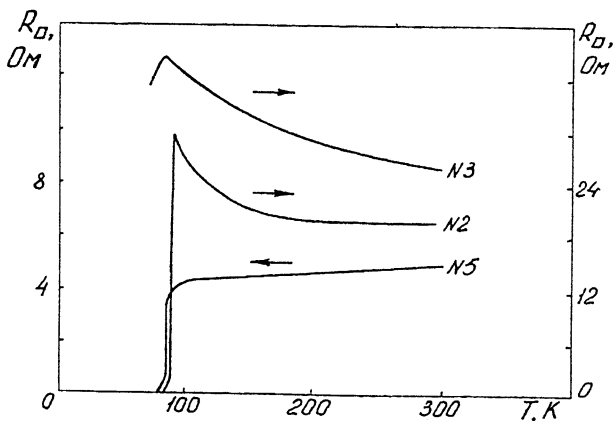


Рис. 2. Зависимость сопротивления тонких ВТСП пленок от температуры.

о наличии в пленках текстуры с осью $[110]$ перпендикулярно плоскости подложки. Дополнительные рентгенодифракционные исследования при вращении и качании образца показали, что радиальная текстура, обусловленная упорядочением по векторам a и b базисной плоскости, выражена слабо, в то время как разупорядочение вдоль оси $[110]$ составило не более 3%. Здесь же представлены рентгенограммы пленок $Y-Ba-Cu-O$ (образцы № 3, 4), содержащих как орто- так и тетрафазу. Данные пленки также имеют радиальную текстуру с осью $[110]$, но выраженную в разной степени в зависимости от условий получения. На рис. 2 представлены температурные зависимости сопротивления текстурированных пленок (образцы № 2, 3) и неориентированной поликристаллической пленки (образец № 5). В то время как поликристаллическая пленка имеет характерную, металлического типа, зависимость $R(T)$, текстурированные пленки, в которых направление транспортного тока совпадает с направлением оси c , имеют характерный полупроводниковый тип зависимости $R(T)$ ниже 200 К вплоть до температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Следует отметить, что сопротивление ориентированных пленок существенно выше чем неориентированных, поликристаллических.

Обобщенные результаты экспериментов сведены в таблицу. Из анализа приведенных данных следует, что существенное влияние на процессы фазообразования и формирования текстуры в пленках оказывает величина давления кислорода на начальных стадиях конденсации. Так, формирование текстуры в пленках наблюдалось при их конденсации в достаточно узком температурном интервале $700-730^\circ\text{C}$ и давлении кислорода $50-95 \text{ мТор}$. При увеличении давления

Электрофизические свойства тонких ВТСП пленок, полученных методом лазерного осаждения

№ образца	Параметры режима осаждения пленок		Характеристики ВТСП пленок					Текстура
	R_{O_2} , мТор	T , °C	R_O , Ом	T_c , К	ΔT_c , град	Фазовый состав		
1	95	700	40	85	40	Орторомбический, Тетрагональный	(110)	
2	95	730	20	88	3.5	Орторомбический	(110)	
3	80	730	25	87	30	Орторомбический, Тетрагональный	(110)	
4	50	730	30	86	35	Орторомбический, Тетрагональный	(110)	
5	150	730	15	86	5.0	Орторомбический		

кислорода до 150 мТор текстура в пленках не формировалась и пленки были неориентированными поликристаллическими. Анализ результатов показывает, что на начальной стадии и в процессе конденсации в пленках формируется тетрафаза. При определенном давлении кислорода (в наших условиях синтеза 50–95 мТор) энергетически наиболее выгодным является образование и рост зародышей тетрафазы, сопряженных с плоскостью конденсации по плоскости (110), как имеющей максимальную ретикулярную плотность и, следовательно, минимальную свободную энергию межфазной границы раздела. При увеличении давления анизотропия роста зародышей с разной ориентацией, по-видимому, становится несущественной и текстура в пленках не формируется. Орторомбическая фаза образуется, очевидно, на стадии охлаждения из тетрагональной фазы путем насыщения последней кислородом, что должно приводить к образованию плоскостей двойникования (110).

Наблюдаемая нами зависимость $R(T)$ для пленок с ориентацией (110) аналогична рассчитанной авторами работы [3] зависимости удельного сопротивления от температуры из данных по оптическим спектрам отражения для пленок Y-Ba-Cu-O той же ориентации. Подобное поведение $R(T)$ вблизи сверхпроводящего перехода свидетельствует об особенностях механизма переноса заряда в плоскости (110), отличном от механизма переноса заряда в базисной плоскости (ab).

Список литературы

- [1] Жуков А.А., Мощалков В.В. // СФХТ. 1991. Т. 4. В. 5. С. 850–887.
- [2] Tochitsky E.I., Sviridovich O.G., Gololobov E.M., Turcevich D.M. // Phys. Stat. Sol. (a). 1990. V. 122. P. 555–562.
- [3] Ивлев А.Н., Тищенко Э.А. // СФХТ. 1992. Т. 5. В. 5. С. 836–849.

Поступило в Редакцию
5 августа 1994 г.
