

05.4;10;11;12

©1993

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ ВТОРИЧНЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ КЕРАМИКИ $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

Е.К.Гольман, А.Г.Зайцев, Л.С.Ильинский, А.А.Лаверентьев

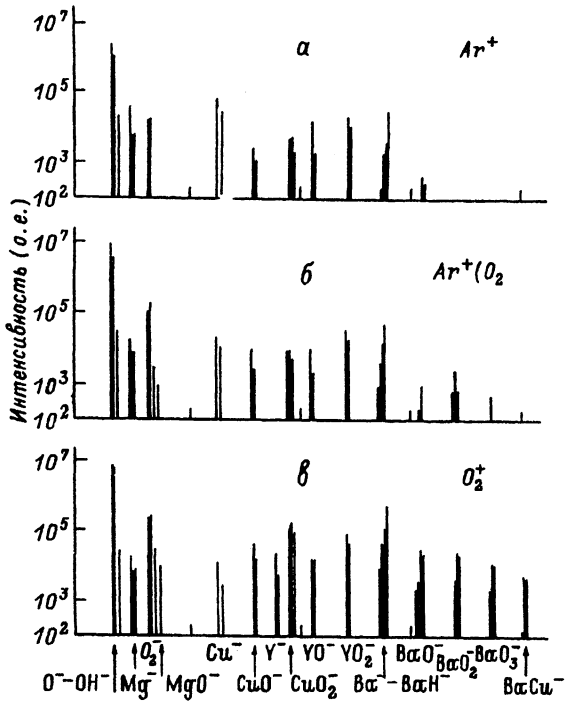
Одной из особенностей ионно-плазменного (в частности, магнетронного) напыления ВТСП пленок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ является эмиссия отрицательно заряженных ионов с поверхности ВТСП мишени, распыляемой в кислородсодержащей атмосфере [1,2]. Эти ионы ускоряются катодным падением потенциала ($U \approx 200$ В). В результате формируется поток энергетичных частиц (как ионов, так и атомов, образовавшихся за счет перезарядки ионов [2]), который способен вызывать рераспыление ВТСП пленки, либо нарушение условий ее роста.

В настоящей работе исследуются масс-спектры вторичных отрицательных ионов, эмиттируемых мишенью $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, распыляемой потоком низкоэнергетичных ($E = 250$ эВ) ионов аргона и кислорода. Использование низких энергий первичных ионов отличает настоящую работу от известных исследований ВТСП керамик методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС), например, [3,4], и делает более корректным применение полученных результатов при рассмотрении процесса ионно-плазменного напыления ВТСП пленок.

Масс-спектры сняты на ионном анализаторе, собранном на базе статического масс-спектрометра МИ-1201Б. В установке использовалась специально сконструированная фокусирующая система, позволяющая получать от ионного источника типа дуоплазматрон пучки ионов Ag^+ и O_2^+ с энергией 250 эВ, плотностью тока 4 мА/см² и диаметром 150 мкм.

В качестве объектов использовались объемные керамические образцы $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ плотностью 5800 кг/м³. Температура перехода в сверхпроводящее состояние составляла 89–90 К. Керамика с подобными свойствами используется в качестве мишеней при магнетронном напылении ВТСП покрытий [1,2].

Исследовалась реакция объекта на три вида воздействий: распыление пучком ионов Ag^+ , распыление пучком



Масс-спектры вторичных отрицательно заряженных ионов, эмиттируемых керамикой $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, бомбардируемой ионами: Ar^+ (а); ионами Ar^+ при напуске кислорода в зону анализа (б); ионами O_2^+ (в). Во всех случаях энергия первичных ионов составляла 250 эВ.

ионов Ar^+ при напуске кислорода (давление O_2 в зоне анализа составляло порядка 10^{-1} Па) и распыление пучком ионов O_2^+ . Подобным воздействиям подвергается ВТСП мишень, распыляемая в магнетронной системе в кислородсодержащей атмосфере.

Полученные масс-спектры вторичных отрицательно заряженных ионов представлены на рисунке. Спектры содержат линии кислорода, а также иттрия, бария, меди и их оксидов. Обращает на себя внимание высокий выход ионов Mg^- и MgO^- при том, что выход остальных примесных ионов (например, Ca , Na) не превышал 10^2 отн. ед.

Анализ полученных масс-спектров позволяет отметить следующее:

1. Воздействие кислорода на образец (как при напуске кислорода в зону анализа, так и при бомбардировке образца ионами кислорода) увеличивало выход практически всех

групп отрицательных ионов по сравнению с тем, который имеет место при бомбардировке ионами Ag^+ . Исключение составили линии Mg^- и YO^- , интенсивность которых слабо изменилась, и Cu^- , интенсивность которой значительно уменьшилась. Интересно сравнение этого результата с тем, что при магнетронном распылении ВТСП мишени в аргоне рераспыление пленок практически отсутствует [1]. Рераспыление становится заметным только при добавлении кислорода в состав рабочего газа.

2. При бомбардировке образца ионами Ag^+ масс вторичных ионов не превышала 155 а.е.м. (рисунок, а). При напуске кислорода в зону анализа (рисунок, б) — 203 а.е.м. При бомбардировке ионами O_2^+ (рисунок, в) — также 203 а.е.м. Для сравнения, при бомбардировке ВТСП керамики ионами Ag^+ высокой энергии (6 кэВ и 15 кэВ) [3] наблюдалась эмиссия более тяжелых молекулярных ионов, например, BaCuO^- с массой 220 а.е.м.

3. При всех исследованных условиях бомбардировки наиболее интенсивными линиями в спектре вторичных ионов являются линии $\text{O}-\text{OH}^-$. Их интенсивность как минимум на 1.5–2 порядка превышает интенсивность остальных линий. Отметим, что подобный эффект наблюдается и при бомбардировке ВТСП высокоэнергетичными ионами [4].

4. Бомбардировка образца ионами O_2^+ вызывает существенное увеличение выхода барийсодержащих ионов, особенно Ba^- – BaH^- . Можно предположить, что при магнетронном распылении ВТСП мишени отрицательные барийсодержащие ионы оказывают на пленку не меньшее воздействие, чем отрицательные ионы кислорода. Следует отметить, что предположения о значительном вкладе барийсодержащих ионов в рераспыление ВТСП пленок высказывались и ранее [5], исходя из отсутствия углового рассеяния отрицательно заряженных частиц в атмосфере $\text{Ag}-\text{O}_2$.

Рассматривая применение полученных результатов к исследованию процесса рераспыления пленок при магнетронном распылении ВТСП керамики, можно предположить, что наибольший вклад в формирование потока вторичных отрицательно заряженных ионов вносит бомбардировка мишени положительными ионами кислорода. Основным видом вторичных отрицательно заряженных ионов являются ионы кислорода O^- – OH^- , однако эмиссия ионов Ba^- – BaH^- также должна быть принята во внимание.

Список литературы

- [1] *Selinder T.I., Larsson G., Helmersson U., Rudner S.* // J. Appl. Phys. 1991. V. 69. N 1. P. 390-395.
- [2] *Ermolov S.V., Marchenko V.A., Rosenflanz V.Zh., Znamesky A.G.* // Thin Solid Films 1991. V. 204. P. 229-237.
- [3] *Фомичкин М.А., Сергеев В.С., Куликов Н.Г.* // СФХТ. 1991. Т. 4. В. 3. С. 608-615.
- [4] *Аракелов А.Г., Бибик В.Ф., Кошелев В.А., Лукьянов А.Н., Наумовец А.Г., Титов В.А.* // СФХТ. 1991. Т. 4. В. 4. С. 691-699.
- [5] *Vendik O.G., Hollmann E.K., Kozyrev A.B., Zaytsev A.G.* German-Soviet Bilateral Seminar on High Temperature Superconductivity. Karlsruhe FRG, 8-12 October 1990. P. 469-475.

С.-Петербургский
государственный
электротехнический
университет
им.В.И.Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
30 июня 1993 г.