

05.4; 11; 12

© 1993

ВЛИЯНИЕ УГЛА ПАДЕНИЯ И ЭНЕРГИИ ИОНОВ АРГОНА
НА СКОРОСТЬ РАСПЫЛЕНИЯ $SrTiO_3$

Н.А. Б е р т, Ю.Г. М у с и х и н

В настоящее время широким фронтом ведутся исследования в области высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Одной из перспективных областей практического применения ВТСП является твердотельная электроника, для чего необходимо получать ВТСП материалы в виде тонких пленок на различного рода подложках. В качестве материала для пленок наиболее часто используется $YBaCuO$, обладающий достаточно высокой температурой сверхпроводящего перехода (90–92 К) [1]. Наиболее совершенные пленки $YBaCuO$ получают на подложках MgO и $SrTiO_3$ [2–3]. Для исследования реальной микроструктуры этих пленок наряду с другими методами широкое распространение получила просвечивающая электронная микроскопия. При этом подготовка образцов часто осуществляется [2, 4, 5] с помощью ионно-лучевого распыления, и для выбора оптимальных условий требуется знание скорости распыления материалов, из которых состоит образец. Однако сведений о закономерностях ионного распыления $SrTiO_3$ в опубликованной литературе не встречается.

В этой работе исследовано поведение скорости распыления $SrTiO_3$ при бомбардировке ионами аргона с энергией 2–6 кэВ при различных углах падения пучка.

Образцы представляли собой полированные подложки, подготовленные для осаждения ВТСП пленок. Эксперименты проводились на установках Balzers IEU-100 и Ion Tech Ltd Series 700. Распыление осуществлялось ионами Ar^+ с энергией 2–6 кэВ при плотности тока пучка от 10 до 250 мкА/см². На установке Balzers плотность тока измерялась с помощью цилиндра Фарадея с диаметром диафрагмы 0.16 мм в центре пучка. В установке Ion Tech Ltd не предусмотрено непосредственное измерение плотности тока, поэтому плотность тока определялась с помощью контрольных экспериментов по распылению $GaAs$ при тех же параметрах пучка. Скорость распыления определялась методом бомбардировки образца, частично маскированного подложкой $GaAs$ с последующим измерением высоты образовавшейся ступеньки на профилометре ДЕКТАК 3030. Распыление проводилось 10–20 часов с тем, чтобы высота образовавшейся ступеньки была не меньше 150 нм. Для того чтобы избежать влияния отраженных ионов, при наклонном падении пучка, распыление проводилось с некоторым малым поворотом образца ($< 5^\circ$) вдоль края маски. Ввиду того что в сфокусированном пучке существует пространственное распределе-

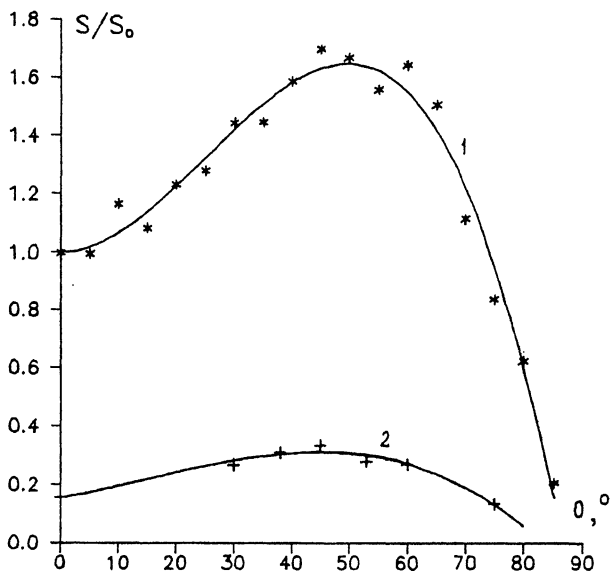
ние плотности тока близкое к Гауссу, высота образовавшейся ступеньки измерялась вдоль всей длины с некоторым шагом. Наибольшая высота ступени определялась путем интерполяции в область максимальных значений и соответствовала скорости распыления в центре пучка. Полученные результаты приводились к одной и той же плотности тока 100 мкА/см^2 .

В экспериментах с нормальным падением пучка на поверхность мишени было установлено, что скорость распыления SrTiO_3 мала по сравнению с большинством металлов [6] и такими распространенными полупроводниками, как кремний [7] или арсенид галлия [8], и составляет 0.16 мкм/ч при энергии частиц 4 кэВ . Так как для распыления образцов при подготовке к электронной микроскопии в целях подавления топографического рельефа используются скользкие углы падения пучка [2, 4, 5], была получена угловая зависимость скорости распыления при 4 кэВ . На рис. 1 она представлена в сравнении с аналогичной зависимостью для GaAs , приведенной в работе [8]. Данные для SrTiO_3 при этом нормированы на скорость распыления GaAs при нормальном падении пучка. Из рис. 1 видно, что поведение скоростей распыления обоих материалов подобно, а их отношение лишь незначительно изменяется при изменении угла бомбардировки. При этом скорость распыления SrTiO_3 возрастает в максимуме до 0.4 .

Скорости распыления SrTiO_3 для различных энергий частиц, полученные при нормальном падении пучка на поверхность мишени, представлены в таблице. При этом значения скорости приведены к плотности тока 100 мкА/см^2 . Для сравнения в таблицу внесены также значения скорости распыления GaAs при тех же энергиях, взятые из [8]. Как можно видеть, скорость распыления титаната стронция при увеличении энергии ионов в исследованном интервале хоть и возрастает, но ее величина не превышает 0.25 мкм/ч . Дальнейшее увеличение энергии частиц неприемлемо для целей подготовки образцов с ВТСП пленками из-за возрастания глубины нарушений, производимых ионной бомбардировкой [9], и повышения температуры образца под энергетичным ионным пучком, что может внести нежелательные изменения микроструктуры образца и служить источником артефактов [10].

Таким образом, экспериментально определена скорость распыления титаната стронция, который является широко распространенным материалом подложек для осаждения ВТСП YBaCuO пленок, при бомбардировке ионами аргона с энергией $2\text{--}6 \text{ кэВ}$. Прослежена зависимость скорости распыления от угла падения частиц. Полученные данные служат основой для корректировки режимов ионно-лучевого распыления композиций с ВТСП пленками на подложке титаната стронция при их подготовке к исследованиям с помощью просвечивающей электронной микроскопии.

В заключение авторы выражают признательность М.Л. Тывину за участие в проведении начальных экспериментов, О.В. Титковой за помощь в измерениях на профилометре, а также И.П. Сошникову за полезные обсуждения и техническую помощь.



Зависимость относительной скорости распыления $SrTiO_3$ и $GaAs$ от угла падения пучка ионов Ar^+ при 4 кВ: 1 - для $GaAs$, 2 - для $SrTiO_3$.

Скорости распыления $SrTiO_3$ и $GaAs$ для различных энергий пучка

	2	4	6
$SrTiO_3$	0.08	0.16	0.24
$GaAs$	1.25	1.68	2.03

Работа выполнена в рамках проекта № 803 Научного Совета по проблеме ВТСП.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] M o g r o - C a m p e r o A. // Supercond. Sci. Technol. 1990. V 3. P. 155.
- [2] В а с и л ь е в А.Л. и др. // СФХТ. 1990. Т. 3. № 4. С. 557.
- [3] R a m e s h R e t a l. // J Mater. Res. 1991. V. 6. N 11. P. 2264.
- [4] C h i s h o l m M.F. and S m i t h D.A. // Phil. Mag. A. 1989. V. 59. N 2. P. 181.
- [5] Z a n d b e r g e n H.W. et al. // J. Microsc. Spectrosc. Electron. 1989. V. 13. P. 307.

- [6] Распыление твердых тел ионной бомбардировкой / Под ред. Р. Бериша. М.: Мир, 1984. В. 1. С. 335.
- [7] Z a l m P.C. // J. Appl. Phys. 1983. V. 53. N 5. P. 2660.
- [8] Б е р т Н.А. и др. // ЖТФ. 1992. Т. 62. В. 4.
- [9] C h e w N.G. and C u l l i s A.G. // Ultramicroscopy. 1987. V. 27. P. 175.
- [10] Z a n d b e r g e n H.W. and T h o m a s G. // Phys. Stat. Solid (a). 1988. V.107. P. 825.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
12 февраля 1993 г.