

05.4; 10; 12

© 1992

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОФИЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОНКИХ ВТСП-ПЛЕНКАХ НА ПУЧКАХ БЫСТРЫХ ИОНОВ

В.К. Еремин, Е.М. Вербичкая,
С.Г. Конников, Л.С. Медведев,
Н.Б. Строкан

Сообщение посвящено анализу тонких ВТСП пленок толщиной $\leq 1000 \text{ \AA}$. Именно при таких толщинах процесс роста пленок близок к эпитаксиальному, что интересно как в научном, так и в практическом отношении.

Основной методикой, базирующейся на взаимодействии пучков быстрых ионов с объектом, является метод резерфордского обратного рассеяния [1]. Он широко и успешно применяется для анализа состава и глубинного распределения элементов в объектах толщиной до нескольких 1000 \AA . Исследование слоев толщиной $\leq 1000 \text{ \AA}$ представляет в настоящее время не стандартную для метода задачу и решается с учетом специфики объекта. При этом возникает проблема недостаточного разрешения метода по глубине. Возможны два пути – повышение разрушающей способности спектрометра обратнорассеянных ионов и использование геометрии скользящего падения пучка на образец.

Наилучшим энергетическим разрешением обладают электростатические магнитные спектрометры ионов [2]. Однако, обеспечивая разрешение по глубине до 5 \AA (на мишени из золота), присущий им одноканальный режим регистрации спектра требует значительных экспозиций. При этом возникают проблемы радиационной нагрузки на образец и продолжительности анализа, что лишает методику РОР присущей ей экспрессности. Вторая возможность – работа в режиме скользящих пучков [3] ставит вопросы качества поверхности пленок. Шероховатости неизбежно приводят к нежелательному рассеянию пучка ионов, маскирующему истинное распределение элементов в пленке. Так, для Si-образцов не достаточно механической полировки и требуется дополнительная химическая обработка [3].

В настоящей работе исследовалась возможность использования геометрии наклонного падения пучка для анализа ВТСП пленок, полученных лазерным распылением [4]. Одновременно в целях повышения разрешающей способности по глубине для регистрации ионов использовался прецизионный кремниевый детектор [5].

На рис. 1 представлен спектр РОР для пленки состава Y_2BaCuO_5 на подложке MgO. Пленки указанного состава используются в ВТСП проблематике в качестве изолирующих. Спектр получен на

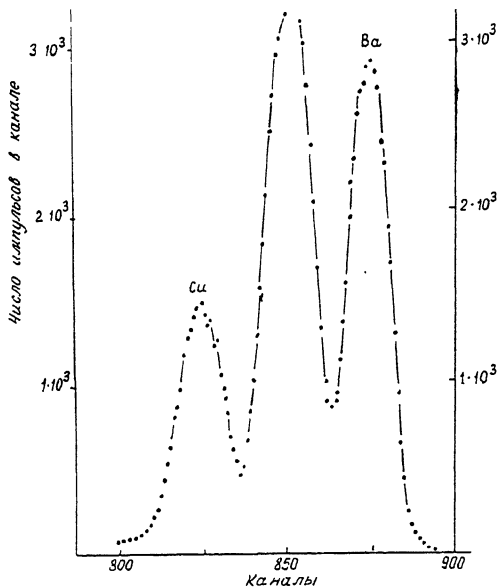


Рис. 1. Спектр РОР дейтронов с энергией 907 кэВ для пленки Y_2BaCuO_5 на подложке из монокристалла MgO . Толщина пленки 390 Å, измеренный состав $Y_{1.80}BaCu_{1.86}$.

пучке дейтронов с энергией 907 кэВ, при цене канала 0.98 кэВ. Благодаря высокому разрешению детектора по энергии ≈ 7 кэВ почти полностью разрешаются пики для каждого тяжелого элемента. Толщина пленки, определенная по ширине пика Ba, составляет 390 Å. Что касается состава, то проявляется избыток Cu и оценки стехиометрии по тяжелым элементам дают $Y_{1.8}Ba_{1.0}Cu_{1.86}$. Заметим, что в данном эксперименте использована геометрия с нормальным падением пучка на образец и регистрацией рассеянных ионов под углом $\theta = 135^\circ$. Видно, что особенности распределения элементов по глубине не выявляются. Переход к наклонному падению пучка не целесообразен, поскольку при этом неизбежно усилится перекрытие пиков в спектре, что в свою очередь затруднит анализ распределения элементов.

Оптимальным для задачи является использование более тяжелых ионов, для которых в силу кинематики рассеяния пики отдельных элементов будут разнесены на больший энергетический интервал. На рис. 2 представлены спектры, снятые на пучке ионов $^4He^+$ с энергией 2 мэВ в различной геометрии. Спектр 2, а при нормальном падении пучка показывает незначительную асимметрию пиков

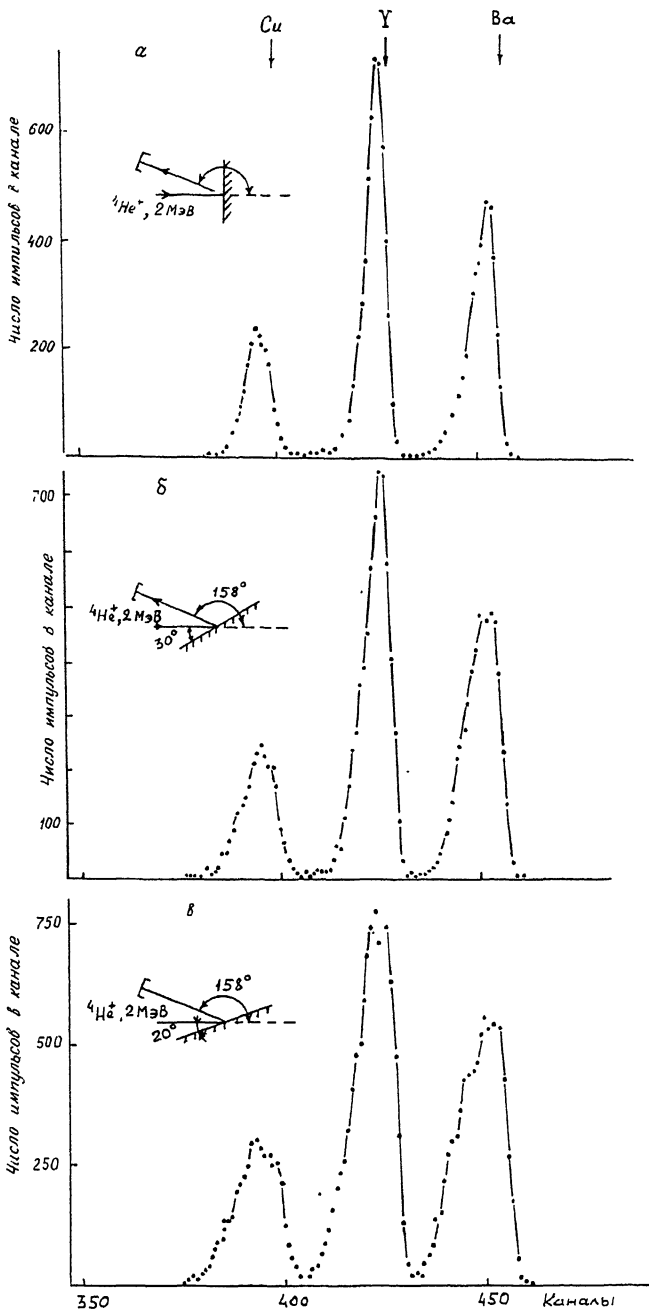


Рис. 2. Спектры ROP ионов ${}^4\text{He}^+$ с энергией 2 МэВ для пленки «зеленой фазы» толщиной 430 Å на подложке из монокристалла MgO , снятые при различных углах падения пучка на образец. На фрагментах рисунков а, б, в приведена геометрия анализа.

Ва и Li . Разворот объекта на 60° (рис. 2, б) и далее на 70° (рис. 2, в) по отношению к пучку (углы падения 30° и 20° , соответственно) проявляет ранее наметившиеся детали спектра.

В результате из формы пиков рис. 2, в следует спад концентрации Ва с глубиной на $\approx 25\%$ и рост на 20% концентрации Li . Одновременно форма пика γ изменений не претерпевает, что указывает на близкое к гауссовому его распределение.

Что касается шероховатости поверхности, то ее проявление в первую очередь должно сказаться на резкости правого края спектра. Из серии рис. 2 можно заключить, что в эксперименте, по крайней мере до углом $\leq 70^\circ$, она не проявляется. При этом достигается 3-х краткая растяжка масштаба по координате, что обеспечивает глубинное разрешение анализа с точностью $\approx 40 \text{ \AA}$.

В заключение авторы выражают благодарность О.К. Семчиновой и И.А. Линейчику за предоставление для исследования образцов, а также группам А.Л. Бартянского и А.Н. Дюмина за возможность работы на ионных пучках.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Комаров Ф.Ф., Кумахов М.А., Ташлыков И.С. Неразрушающий анализ поверхностей твердых тел ионными пучками. Минск, Университетское, 1987. 256 с.
- [2] Feuerstein A. Ion beam surface analysis. /Ed. by O. Meyer, London, 1976. P. 471-481.
- [3] Williams J.S. // Nucl. Instr. Meth. 1975. V. 126. P. 205-215.
- [4] Грехов И.В., Делимова Л.А., Линейчик И.А., Семчинова О.К., Третьяков В.В. Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1990. Т. 3, № 8. С. 1561-1760.
- [5] Вербицкая Е.М., Еремин В.К., Маляренко А.М., Строкан Н.Б., Суханов В.Л., Борани И., Шмидт Б. // ПТЭ. 1991. № 3. С. 56-61.

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

Поступило в Редакцию
13 марта 1992 г.