

ИЗУЧЕНИЕ ИМПЛАНТАЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ АЛЮМИНИЯ В КРЕМНИИ МЕТОДОМ ИОННО-ФОТОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Бандурин Ю. А., Демаков Е. Д., Дробнич В. Г., Никольский Ю. В.,
Поп С. С., Столярова В. Г.

В последние годы интенсивно развивается оптический метод диагностики поверхности твердого тела ионными пучками — ионно-фотонная спектроскопия (ИФС). Он основан на явлении ионно-фотонной эмиссии, т. е. на анализе характеристического излучения, которое испускают распыленные в возбужденном состоянии частицы материала бомбардируемой поверхности. Одним из важнейших приложений метода ИФС является его использование для послыонного анализа тонкопленочных систем, диффузионных и имплантационных профилей распределения примесей в металлах и полупроводниках [1–5].

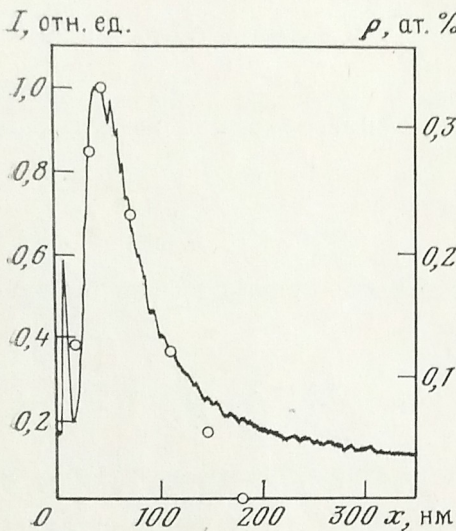
Отличительными характеристиками ИФС, сохраняющей основные достоинства широко применяемого для послыонного анализа метода масс-спектрометрии вторичных ионов, являются: свойственная оптическому методу высокая точность определения природы распыленных частиц, возможность одновременного анализа нескольких примесей, отсутствие необходимости приложения вытягивающих потенциалов в области формирования вторичных частиц. Требуется, однако, наличие светосильной аппаратуры и высокочувствительных детекторов излучения на широкий интервал длин волн.

Распределение концентрации ρ атомов примеси по глубине x их нахождения в веществе определяют в методе ИФС путем измерения зависимости интенсивности J выбранной спектральной линии анализируемого элемента от времени t ионной бомбардировки при неизменных параметрах ионного пучка. Зная скорость v травления поверхности ионным пучком, распределение концентрации атомов примеси по глубине находят из соотношения

$$\rho(x) \sim J(x/v).$$

В каждом конкретном случае требуется проверка справедливости этого выражения, особенно в области малых t (меньших времени установления стационарного режима взаимодействия ионного пучка с поверхностью), где может существенно изменяться во времени вероятность возбуждения эмитируемых с поверхности атомов примеси. Такая

Имплантационный профиль Al в Si, измеренный методами ИФС (сплошная кривая) и ОЭС в сочетании с ионной бомбардировкой (светлые кружки); профиль соответствует дозе внедренных ионов алюминия $1 \cdot 10^{13}$ мКл/см²



проверка может быть выполнена путем сравнения данных о функции $\rho(x)$, полученных методом ИФС (1) и методом оже-электронной спектроскопии (ОЭС).

В связи с этим в данной работе методами ИФС и ОЭС (в сочетании с ионным распылением) проведены измерения профилей распределения концентрации Al, имплантированного в Si с энергией 40 кэВ при дозах $3 \cdot 10^3$, $1 \cdot 10^3$, $3 \cdot 10^2$, $1 \cdot 10^2$ мКл/см². Послыонный анализ методом ИФС проводился на сверхвысоковакуумной установке в процессе бомбардировки мишеней вдоль нормали к поверхности ионами K⁺ с энергией $E=8$ кэВ и плотностью тока $j=200$ мкА/см². Отклонения величин E и j от указанных значений в течение записи профилей не превышали 1%. Усредненная по сечению пучка скорость травления поверхности, найденная на основании измерения толщины распыленного слоя, составляла величину $v=4,5$ Å/с. Зависимости $J(t)$ записывались на резонансной линии AlI396,2 нм. Излучение фокусировалось с помощью кварцевой линзы на входную щель монохроматора МДР-2, оптическая ось которого была параллельна поверхности образца. Детектирование осуществлялось с помощью охлаждаемого фотоумножителя ФЭУ-106, работающего в режиме счета отдельных фотонов. Постоянная времени системы регистрации излучения τ составляла 1,5 с. Таким образом, величина $vt \approx 7$ Å, определяющая послыонное разрешение в начальный момент бомбардировки, не превышала его физический предел [6]. С ростом t , как будет видно из последующего, послыонное разрешение ухудшалось. Анализ идентичных образцов методом ОЭС проводился на сканирующем оже-микроспектрометре марки РН1-20-055 «Perkin — Elmer», который обеспечивал послыонное разрешение ~ 10 –20 Å.

Полученные нами данные методами ИФС и ОЭС удовлетворительно согласуются между собой. На рисунке приведены результаты анализа имплантационного профиля, соответствующего дозе внедренных атомов алюминия $1 \cdot 10^{13}$ мКл/см². Спектро-