

11;12
©1994

ПОСЛОЙНЫЙ АНАЛИЗ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ОБРАЗЦОВ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ ТОКА ОБРАЗЦА

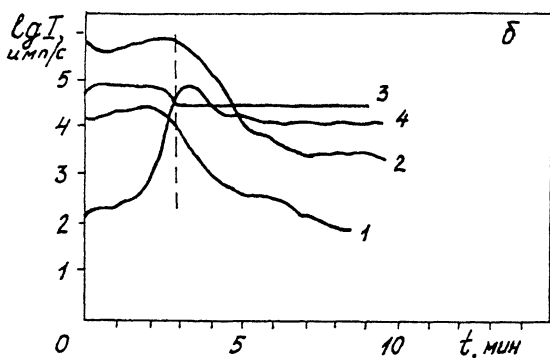
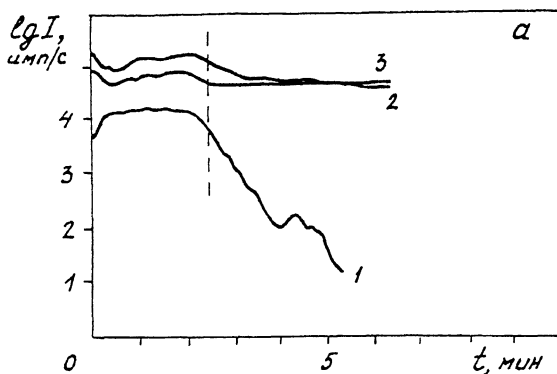
А.Б.Толстогузов, Т.И.Китаева

1. Послойный анализ (ПА) методом масс-спектрометрии вторичных ионов в настоящее время является апробированным способом определения концентрационных профилей распределения химических элементов по глубине исследуемых образцов. Суть его состоит в последовательном распылении поверхности ионным пучком с одновременной регистрацией сигнала распыленных вторичных ионов, сепарированных по величине отношения их массы к заряду.

Разработаны и успешно реализованы аппаратные и методические приемы, позволяющие устранить или свести к минимуму вклад в результаты ПА различных артефактов, связанных с влиянием стенок кратера распыления, эффектом гало, перепылением исследуемого вещества и т.д. [1].

Одним из наиболее трудноустраняемых артефактов остается эффект матрицы, выражающийся в изменении вероятности ионизации распыленных атомов на границах раздела тонкопленочных структур, особенно в случае применения в качестве зондирующих активных ионов кислорода. Удовлетворительные результаты здесь достигнуты при применении первичных ионов цезия с регистрацией сигналов тяжелых распыленных кластеров типа $(CsM)^+$, где M — исследуемая примесь, или при переходе к масс-спектрометрии нейтральных вторичных частиц [2,3].

2. Известно, что величина тока I_0 , протекающего в цепи образца в процессе ПА, в основном определяется величиной тока первичного ионного пучка I_1 и коэффициентом ионно-электронной эмиссии α_i : $I_0 \simeq I_1(1 + \alpha_i)$. Поскольку I_1 задается режимом работы ионной пушки, то изменения I_0 связаны в первую очередь с послойными изменениями вторично-эмиссионных свойств исследуемого образца. Таким образом, измеряя зависимость тока в цепи образца от времени распыления, можно получить дополнительную информацию об изменениях его состава и структуры, которая позволяет более правильно интерпретировать результаты традиционного послойного анализа методом масс-спектрометрии вторичных ионов.



Послойный анализ пленок нитрида кремния методом масс-спектрометрии вторичных ионов.

а) Подложка — кремний, площадь раstra — 600×600 мкм, электр. диафр. — 8% от площади раstra: 1 — $^{42}(\text{SiN})^+$, 2 — $^{30}\text{Si}^+$, 3 — ток; б) Подложка — арсенид галлия, площадь раstra — 1000×1000 мкм, электр. диафр. — 5% от площади раstra: 1 — $^{42}(\text{SiN})^+$, 2 — $^{29}\text{Si}^+$, 3 — ток, 4 — $^{75}\text{As}^+$ (штриховой линией обозначена граница раздела “пленка-подложка”).

Оригинальность предлагаемой нами методики состоит в том, что регистрация тока образца осуществляется в режиме “электронной диафрагмы” только из центральной части кратера сканирования, из которой ведется регистрация сигнала вторичных ионов. Это позволяет зафиксировать “тонкую структуру” тока образца, недоступную для измерений обычными методами, что особенно важно при ПА тонкопленочных структур, на границах раздела которых за счет большого градиента концентраций и влияния матричных эффектов динамические изменения сигналов оказываются наиболее ярко выраженными.

3. На аппаратном уровне методика ПА с дополнительной регистрацией тока образца была реализована следующим образом. В сканирующем ионном микрозонде “Шиповник”

[4] в цепь образца включался аналого-цифровой преобразователь с двойным интегрированием сигнала [5], условно именуемый преобразователем "ток-частота" (ПТЧ). Это устройство работало при величинах тока 10^{-6} – 10^{-10} А с коэффициентом передачи $K = 300$ Гц/нА. С выхода ПТЧ сигнал поступал в систему регистрации ионного микрозонда и обрабатывался там как "равноправный" сигнал вторичных ионов (с условной нулевой массой).

4. Результаты исследований пленок нитрида кремния на полупроводниковых подложках с помощью данной методики представлены на рисунке. Толщина пленки нитрида кремния на кремнии, полученной термическим методом, была около 30 нм. Аналогичная пленка на подложке из арсенида галлия толщиной менее 20 нм была выращена лазерным напылением. В качестве первичных ионов использовались положительные ионы кислорода с энергией 10 кэВ. В обоих случаях на границах раздела "пленка-подложка" наблюдалось характерное уменьшение коэффициента ионно-электронной эмиссии, что позволяло достаточно однозначно определять эти границы и фиксировать толщину исследуемых пленок. Аналогичные результаты были получены нами при ПА многослойных кремниевых структур для солнечных элементов, лазерных зеркал с чередующимися пленками двуокиси кремния и титана.

Дальнейшие исследования направлены на получение растровых цифровых микроизображений поверхности исследуемых образцов в токовом сигнале с целью получения дополнительной информации о локальных изменениях их состава и структуры [6].

Список литературы

- [1] Черепин В.Т. Ионный микрозондовый анализ. Киев, 1992. 344 с.
- [2] Anderle M., Moro L. // Surf. & Interf. Anal. 1990. V. 15. P. 535-530.
- [3] Moro L., Canteri R., Anderle M. // Surf. & Interf. Anal. 1992. V. 18. P. 765-772.
- [4] Волков С.С., Денисов А.Г., Кратенко В.И. и др. // Электронная промышленность. 1990. В. 10. С. 13-16.
- [5] Кратенко В.И., Сергеев Н.Н., Дуплин Н.И. и др. // Электронная промышленность. 1990. В. 10. С. 53-57.
- [6] Волков С.С., Китаева Т.И., Толстогузов А.Б. // Поверхность. 1993. В. 11. С. 64-70.

Научно-исследовательский
технологический институт
Рязань

Поступило в Редакцию
11 апреля 1994 г.