

УДК 537.534.3

Растровая ионная пушка. Холин Н.А., Максимов С.В., Смирнов А.С., Волков И.Г. // Научное приборостроение. Приборы и средства автоматизации для научных исследований. Л.: Наука, 1987, с. 62-64.

Описана растровая ионная пушка, предназначенная для послойного анализа образцов, очистки образцов и снятия зарядов с поверхности полупроводников методом ионного облучения.  
Лит. - 3 назв., ил. - 2.

## РАСТРОВАЯ ИОННАЯ ПУШКА

В настоящее время широкое распространение получили приборы для исследования поверхности твердых тел методами оже-электронной спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, дифракции медленных и быстрых электронов, вторичной ионной масс-спектрометрии, спектроскопии рассеянных ионов. Одним из важнейших узлов данных приборов являются источники ионов, предназначенные для послойного анализа образцов, их очистки, снятия зарядов с поверхности полупроводников и диэлектриков методом ионного облучения. Для этих целей в НТО АН СССР была разработана растровая ионная пушка со следующими параметрами: рабочий газ - аргон, энергия ионов 200-3000 эВ, ток пучка при остаточном давлении в аналитической камере  $2 \cdot 10^{-5}$  Па - не менее 1,5 мкА, диаметр пучка при токе 1 мкА - не более 1 мм, максимальная площадь раstra на расстоянии 60 мм от последнего электрода пушки -  $5 \times 5$  мм<sup>2</sup>.

На рис.1 представлена конструкция растровой ионной пушки, которая включает

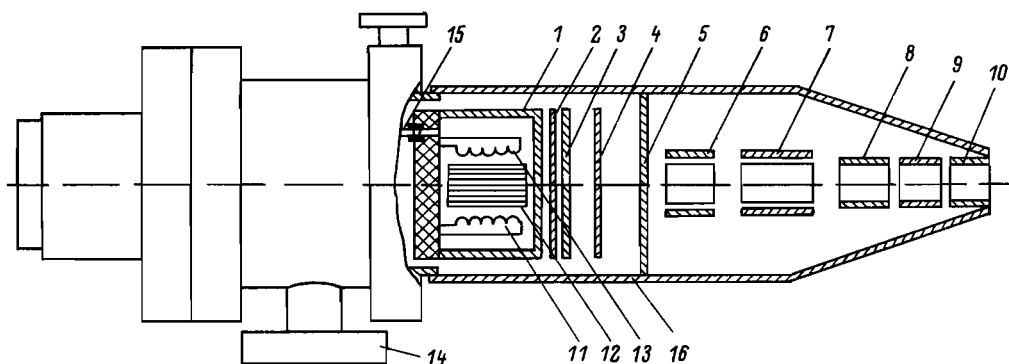


Рис.1. Конструкция растровой ионной пушки.

в себя ионизационную камеру 1, ионно-оптическую систему 2-10, систему дифференциальной откачки и напуска газов. Ионизационная камера представляет собой источник ионов с ионизацией электронным ударом и осцилляцией электронов, увеличивающей эффективность их использования. Энергия ионов определяется положительным потенциалом, подаваемым на камеру и на электроды внутри камеры. Электроны, эмиттируемые раскаленным вольфрамовым катодом 11, ускоряются электростатическим полем сетки 12, потенциал которой выше потенциала катода на величину 150-300 В, и, пролетая внутри сетки, ионизируют находящийся в камере газ. Электроны, вылетевшие за пределы бесполевого пространства внутри сетки, под действием разности потенциалов 150-300 В, приложенной между камерой и сеткой высокой прозрачности, тормозятся, изменяют направление движения и вновь пролетают внутри сетки, повторно участвуя в процессе ионизации рабочего газа. Для увеличения ресурса работы источника ионов в камере установлен дополнительный катод 13, который включается при перегорании основного.

Ионы, образовавшиеся внутри сетки, вытягиваются полем электрода 2, проникающим внутрь камеры через отверстие диаметром 4 мм. Полученный ионный пучок формируется и фокусируется с помощью системы из двух аксиально-симметричных одиночных

линз, в которых управляющее положительное напряжение приложено к средним электродам 4, 9, а крайние электроды 3, 5, 8, 10 заземлены. Первая линза работает в двух режимах, обеспечивая или максимальный ток ионов, когда промежуточное изображение кроссовера формируется в плоскости диафрагмы 5, или минимальный диаметр пучка, если пучок расфокусирован в области диафрагмы, и через диафрагму проходит только самая центральная часть пучка. Объективная линза, состоящая из трех цилиндров 8, 9, 10 одинакового диаметра фокусирует на образец полученное первой линзой изображение. Между линзами установлена система двойного отклонения 6, при которой отклонение пучка первой парой отклоняющих пластин 6 сопровождается отклонением пучка второй парой пластин 7 в противоположную сторону. Расчет одиночных линз проводился по эмпирическим формулам (1, 2) и уточнялся путем экспериментальных проб и вариаций параметров. Двойное отклонение для пластин длиной  $L_1$  и  $L_2$  рассчитывалось по формуле (3)

$$y = \frac{b}{2d} (L_2 - L_1) \frac{V_{откл}}{V_{ион}}$$

при условии, что пучок всегда проходит через центр линз

$$L_1 l_1 = (L_2 - L_1) l_2,$$

где  $l_1$  — расстояние между центрами отклоняющих пластин;  
 $l_2, b$  — расстояния от центра линзы до центра пластин 7 и до образца, соответственно.

Растровая конная пушка имеет систему дифференциальной откачки области, ограниченной диафрагмой 5, через фланец 14 с помощью паромасляного насоса. Отверстие в диафрагме обеспечивает перепад давлений между аналитической и ионизационной камерами один порядок. Напуск аргона в источник ионов производится через трубку 15 с внутренним диаметром 2 мм через клапан точной регулировки, осуществляющей дозировку рабочего газа.

Ионная пушка установлена на фланце Ду63, расстояние от фланца до электрода 10—180 мм. Конструкция и детали удовлетворяют требованиям работы в условиях сверхвысокого ( $10^{-8}$  Па) вакуума. Все детали (исключая экран 16) изготовлены из немагнитных материалов, ионизационная камера и электрод 2 выполнены из молибдена марки МЧВ1.

Растровая конная пушка использовалась для послойного анализа и очистки поверхности образцов в электронном спектрометре ЭТ5101, предназначенном для исследования поверхности твердых тел методами растровой оже-электронной спектроскопии и дифракции медленных электронов. Рис.2 показывает профили концентрации Ta, C и O, полу-

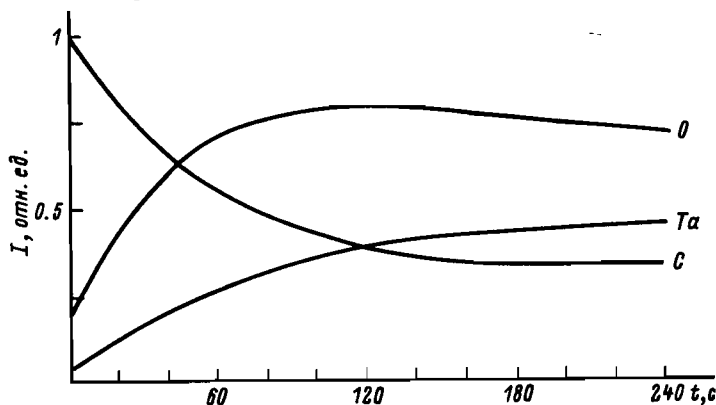


Рис.2. Профили концентраций тантала, углерода и кислорода, полученные при травлении танталового образца.

ченные на танталовом образце, покрытом слоем углерода, в течение 4-х мин. при энергии ионов 3 кВ, диаметре пучка 1,5 мм, токе 2 мкА и остаточном давлении в аналитической камере  $7 \cdot 10^{-5}$  Па.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кноль М., Эйхмейер И. Техническая электроника, Т.2, М.: Энергия, 1971.
2. Бонштедт Б.Э., Маркович М.Г. Фокусировка и отклонение пучков в электронно-лучевых приборах. М.: Сов.радио, 1967.
3. Черепин В.Т. Ионный зонд. Киев: Наук.думка, 1981.