

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«МАТИ - Российский государственный технологический
университет имени К. Э. Циолковского»

11-я Всероссийская с международным участием
научно-техническая конференция

**«БЫСТРОЗАКАЛЕННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ»**

27-28 ноября 2012 года

СБОРНИК ТРУДОВ

Москва 2012

напряжение горения разряда, т. е. в области с минимальным расстоянием анод-катод $L_{ка}$, и обеспечиваются наиболее благоприятные условия для замыкания тока разряда на поверхность анода.

Таким образом, перемещение катодных пятен 3 по обрабатываемой поверхности (S_k) определяется исключительно местом взаиморасположения анода относительно катода, а зона перемещения катодных пятен ограничивается геометрическими размерами приемной поверхности анода S_a .

Перемещение катодных пятен по обрабатываемой поверхности происходит хаотически и поэтому уменьшение приемной поверхности анода 2 ограничивает поверхность их существования площадью эквивалентной $\sim S_a$. Этот факт повышает как скорость нарастания температуры на обрабатываемом участке катода, так и скорость распыления поверхности.

Время нахождения анода относительно обрабатываемой поверхности определяется плотностью теплового потока q , выделяющегося в катодных пятнах. В результате этого катодные пятна 3 (температура в которых превышает температуру кипения, материала на котором они существуют) обеспечивают как испарение поверхностного слоя, так и разогревают обрабатываемую поверхность до температур, при которых в областях близлежащих к их местоположению, наблюдается химическое разложение диэлектрических пленок. При рассмотрении тепловых задач, искомыми величинами являются распределение температуры в катоде, изменение глубины прогреваемого слоя и закон изменения во времени фазовых переходов. При рассмотрении воздействия перемещающегося катодного пятна на обрабатываемую поверхность при наличии процессов плавления, кристаллизации и сублимации решение тепловой задачи сводится к задаче с подвижной границей (задача Стефана).

Таким образом, рассматриваемый режим работы испарителя может быть использован при решении различных технологических задач.

КОНТРАСТ ИЗОБРАЖЕНИЯ В РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ В РЕЖИМЕ РЕГИСТРАЦИИ УПРУГО ОТРАЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Барченко В.Т., Пронин В.П., Лосев А.С., Лучинин В.В.
«СПбГЭТУ ЛЭТИ» - Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет»

197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5,
тел.: 8-921-900-97-35

E-mail: vtbarchenko@mail.ru

Важнейшим элементом нанотехнологий является диагностика наноструктур - определение морфологии, однородности, элементного состава, толщины и т.д.

Одной из эффективных современных методик диагностики является методика растровой электронной микроскопии (РЭМ). Как правило, в РЭМ регистрируются либо относительно медленные вторичные электроны (в первую очередь для диагностики морфологии), либо неупруго отраженные электроны (в значительной степени определяющие элементный состав), либо характеристическое рентгеновское излучение, позволяющие определить средний элементный состав диагностируемой приповерхностной области. При этом толщина диагностируемой области определяется глубиной проникновения упруго и неупруго рассеянных электронов ℓ_0 первичного пучка. Эту глубину можно оценить по формуле:

$$\rho \ell_0 = 6 \cdot 10^{-6} \frac{A}{Z} E_p^{1,4},$$

где ρ , г/см³; ℓ_0 , см; E_p , кэВ; A - атомный вес, Z - номер химического элемента [1].

В области средних энергий первичных электронов ($E_p \sim 1-30$ кэВ), характерных для РЭМ, эта глубина варьируется от десятков до тысяч нанометров. Диагностика систем с меньшей толщиной при этом не

является эффективной. Диагностика наносистем может быть более эффективной при регистрации в РЭМ группы упруго отраженных электронов.

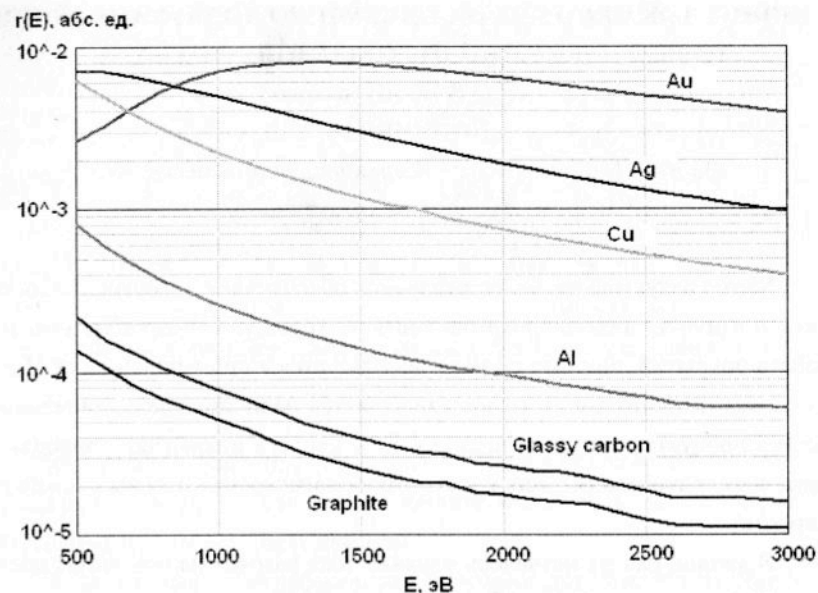
Преимуществами такой методики являются:

1) относительная простота моделей упругого отражения электронов, моделей кратного и однократного рассеяния, позволяющих достаточно точно рассчитать интенсивности пучков упруго отраженных электронов однородных и неоднородных многокомпонентных систем различной толщины [2];

2) относительная простота определения глубины анализа, которая определяется из $\lambda_T = \frac{\lambda_Y \lambda_H}{\lambda_Y + \lambda_H}$, где λ_Y и λ_H – длины пробегов электронов относительного упругого и неупругого взаимодействия электронов с твердым телом. В исследуемом диапазоне энергий λ_T варьируется от нескольких нанометров до сотен нанометров.

3) весьма сильная контрастность изображения по Z в режиме регистрации упруго отраженных электронов в сравнении с режимом регистрации неупруго отраженных электронов. В настоящей работе в рамках модели кратного рассеяния были рассчитаны абсолютные коэффициенты упругого отражения электронов в геометрии адекватной геометрии детекторов упруго рассеянных электронов в диапазоне энергий 500–3000eV, для нормального угла падения электронов на однородную однокомпонентную мишень с Z от 4 до 82. На рисунке приведены некоторые из рассчитанных на основе базы данных NIST [3] значений абсолютных коэффициентов упруго отраженных электронов для нормального угла падения на поверхность в диапазоне углов рассеяния от 180 до 170 градусов.

Как видно, перепад коэффициентов упруго отраженных электронов для легких (углерод) и тяжелых (золото) элементов составляет при $E_p > 1$ кэВ не менее двух порядков. При регистрации неупруго отраженных электронов такой перепад составляет менее одного порядка.



4) еще одним преимуществом регистрации упруго отраженных электронов является относительно небольшая «груша рассеяния», что обеспечивает получение большего разрешения в РЭМ в сравнении с разрешением как при регистрации медленных, так и неупруго отраженных электронов.

Литература

1. Бронштейн И.М., Фрайман Б.С. Вторичная электронная эмиссия. – М.: Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1969.
2. Электронная спектроскопия: современное состояние и перспективы развития / Под общей ред. Ю.А. Быстрова. – СПб.: Изд-во СПбГУ «ЛЭТИ», 2010.
3. Powell C.J., Jablonski A. NIST electron elastic-scattering cross-section database. Version 3.1, Standard Reference Data Program Database 64, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2003.