

- [1] Swartz S.L., Wood V.E. // Condensed Mater News. 1992. Vol. 1. N 5. P. 4-13.
 [2] Ramesh R., Chan W.K., Wilkens B. // J. Electron. Mater. 1992. Vol. 21. N 5. P. 513-518.
 [3] Соболев Э.Н., Богратишвили В.Н., Журилин А.Н., Свиридов А.П. // Обзоры по высокотемпературной сверхпроводимости. 1990. Вып. 3. С. 94-131.
 [4] Grabowski K.S., Horwitz J.S., Chisey D.B. // Ferroelectrics. 1991. Vol. 116. P. 19-33.

10; 11
 © 1994 г.

Журнал технической физики, т. 64, в. 10, 1994

О КОРРЕКЦИИ ВЛИЯНИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПРИ ОЖЕ-СПЕКТРОСКОПИИ ШЕРОХОВАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.М. Ильин

Физико-технический институт АН Республики Казахстан,
 480082, Алмааты, Республика Казахстан
 (Поступило в Редакцию 9 декабря 1993 г.)

Электронная оже-спектроскопия получает все большее распространение в исследованиях проблем материаловедения. При этом объектами анализа часто становятся поверхности с высокой степенью шероховатости, возникающей после различных обработок или после разрушения образцов в специальных оже-спектрометрах с целью изучения *in situ* элементного состава поверхностей разрушения [1]. Во многих случаях характеристики неровностей таковы, что при зондировании поверхностей условия для прохождения вторичных электронов, эмиттированных из пятна фокуса зонда, в энергоанализатор в значительной степени зависят как от геометрических особенностей используемого анализатора, так и от локального строения исследуемой области. Таким образом, представляется совершенно необходимым учитывать возможную потерю электронов вторичной эмиссии на пути к анализатору из-за взаимодействия с неровностями поверхности.

В настоящей работе рассматривается математическая модель для расчета экранирующего эффекта от микронеровностей двух видов: впадин в виде ямок, аппроксимированных поверхностью полусферы, и фасеток, образующих двугранный угол. Принято, что размер эмиттирующего пятна намного меньше размера впадины и оно может быть аппроксимировано точечным источником. Геометрические условия, накладываемые на распространение детектируемого пучка, соответствуют цилиндрическому зеркалу [2], наиболее распространенному в практике оже-спектроскопии типу энергоанализатора. При наклоне центральной траектории к оси анализатора $\alpha_0 = 42.3^\circ$ углы, ограничивающие расходимость пучка, приняты равными $\pm \Delta\alpha = 3^\circ$. На рис. 1 схематические показаны основные элементы поверхностной структуры, принимаемые во внимание, и соотношения между характерными размерами. Азимутальный растров входного окна анализатора (в плоскости, перпендикулярной оси OY) выбран равным 180° , что соответствует

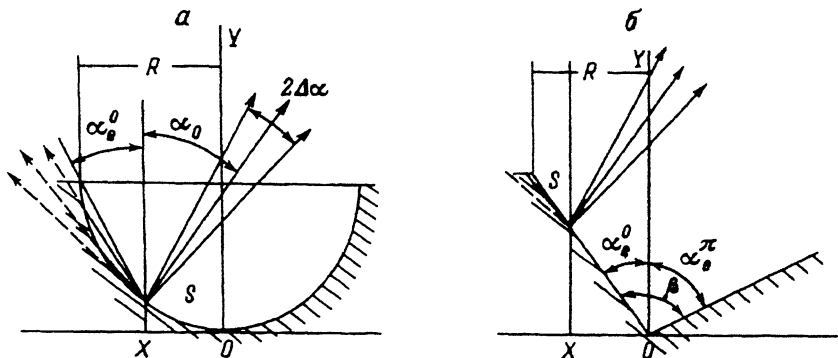


Рис. 1. Поперечные сечения впадин.

a — полусферическая ямка: R — радиус сферы, α_e^0 — угол экранирования при $r = (OX)/R$ и $\varphi = 0$, S — положение точечного зонда; *b* — фасетки с двугранным углом β : α_e^0 и α_e^π — углы экранирования при $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi$ соответственно.

типичной конструкции прибора. Выражение для доли телесного угла, удовлетворяющей условиям, накладываемым электронно-оптической схемой энергоанализатора, может быть аппроксимировано следующим образом:

$$\Psi(r, \varphi) = \begin{cases} \frac{\alpha_e(r, \varphi) - \alpha_0 + \Delta\alpha}{2\Delta\alpha} & \alpha_0 - \Delta\alpha < \alpha_e < \alpha_0 + \Delta\alpha, \\ 1 & \alpha > \alpha_0 + \Delta\alpha, \\ 0 & \alpha_e < \alpha_0 - \Delta\alpha. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $r = OX/R$ — безразмерная переменная, определяющая расстояние эмиттирующей точки от центра впадины; φ — азимутальная координата точки выхода траектории из впадины. Выражения для $\alpha_e(r, \varphi)$ для выбранных видов впадин приведены в [2]

$$\text{arctg} \left(\frac{1 + r^2 - 2r \cos \varphi}{1 - r^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{ямка}), \quad (2a)$$

$$\text{arctg} \frac{\left(\frac{1}{\cos^2 \varphi} + r^2 \mp 2r \right)^{\frac{1}{2}}}{(1 - r) \text{ctg} \alpha_e^0} \quad (\text{фасетки}). \quad (2б)$$

В формуле (2б) используется знак $-$ при $\varphi < \pi/2$, $+$ — при $\varphi > \pi/2$. На рис. 2, *a, б* приведены результаты расчетов величины $\Phi(r, \varphi)$. Значение α_e^0 в (2б) при расчете выбрано равным 35° , $\alpha_e^\pi = 55^\circ$.

Приведенные на рис. 2 зависимости показывают, что при сканировании по поверхности впадин эффективный телесный угол, определяемый как геометрией анализатора, так и положением зонда внутри впадины, в определенных случаях существенно ограничивается по величине и для некоторых сочетаний (r, φ) становится сильно анизотропным. Для фасеточной структуры характерным является наличие “открытых” направлений (сектор $\pi/3 < \varphi < \pi$). Полученные результаты

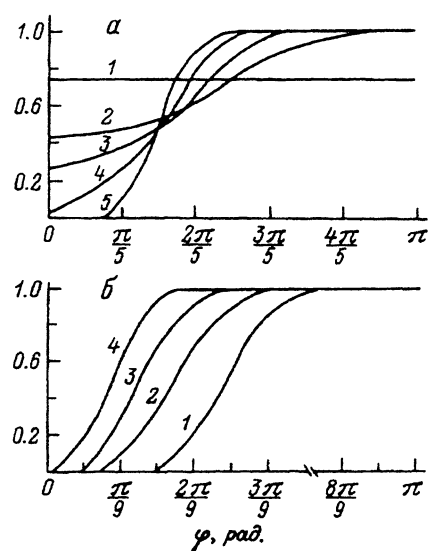


Рис. 2. Зависимости $\Phi(r, \varphi)$ (по оси ординат) в интервале $0 < \varphi < \pi$ (значения угла φ по оси абсцисс).
 а — полусферическая ямка: 1 — $r = 0$, 2 — 0.1, 3 — 0.2, 4 — 0.3, 5 — 0.4; б — двугранный угол $\beta = 90^\circ$, $\alpha_e^0 = 35^\circ$: 1-4 — то же, что и на рис. 2, а.

позволяют учесть влияние микронеровностей рассмотренного вида на уменьшение уровня сигнала вторичных электронов и на возникновение угловой анизотропии, а также получить интегральные характеристики изменения оже-сигнала (численным интегрированием зависимостей рис. 2). В частности, результаты создают основу для коррекции оже-спектров, получаемых при изучении донных областей ямок вязкого разрушения, содержащих включения [1].

Одно из следствий рассмотренного здесь эффекта экранирования проявляется при сканировании поверхности, содержащей неровности, в режиме регистрации оже-электронов определенной энергии. Уменьшение сигнала на выходе энергоанализатора всегда воспринимается обрабатывающим устройством как снижение концентрации данного элемента в области зондирования. Это приводит к ошибкам в интерпретации результатов измерения, создавая ложный контраст на растровых изображениях шероховатой поверхности в оже-электронах определенного элемента. Коррекция таких изображений с учетом полученных данных позволяет существенно повысить точность измерений.

Список литературы

- [1] Ильин А.М. и др. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1984. № 6. С. 132-135.
 [2] Методы анализа поверхностей / Под ред. А. Зандерны. М.: Мир, 1979. 214 с.