

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ В РАСТРОВОМ ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ В РЕЖИМЕ СБОРА ОБРАТНО РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Создана модель формирования изображения в растровом электронном микроскопе (РЭМ) в режиме регистрации обратно рассеянных электронов (ОРЭ). Согласно этой модели формирование ОРЭ сигналов $V(t)$ осуществляется с помощью четырех механизмов

$$V(t) = A_1 V_1(t) + A_2 V_2(t) + A_3 V_3(t) - A_4 V_4(t).$$

Здесь $V_j(t)$, $j = 1, 2, 3, 4$ – описывают соответствующие механизмы, A_1 , A_2 , A_3 и A_4 – положительные величины, определяют вклады этих механизмов в формирование ОРЭ сигнала, t – координата сканирования.

$V_1(t)$ определяется взаимодействием пучка первичных электронов с рельефной структурой

$$V_1(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) F_1(x, y, t) dx dy,$$

где $S(x, y)$ – функция, описывающая рельеф поверхности, $F_1(x, y, t)$ – характеризует плотность распределения электронов в зонде РЭМ.

$V_2(t)$ определяется взаимодействием многократно рассеянных первичных электронов с рельефом

$$V_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) F_2(x, y, t) dx dy,$$

где $F_2(x, y, t)$ – характеризует плотность распределения многократно рассеянных первичных электронов.

$V_3(t)$ определяется многократно рассеянными вторичными электронами, взаимодействующими с рельефом

$$V_3(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) F_3(x, y, t) dx dy,$$

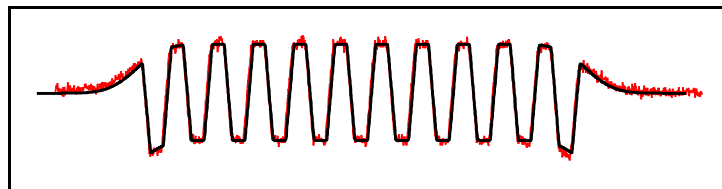
где $F_3(x, y, t)$ – характеризует плотность распределения многократно рассеянных вторичных электронов.

$V_4(t)$ определяется обратно рассеянными первичными и вторичными электронами, взаимодействующими с рельефом в процессе выхода электронов из поверхности структуры в вакуум

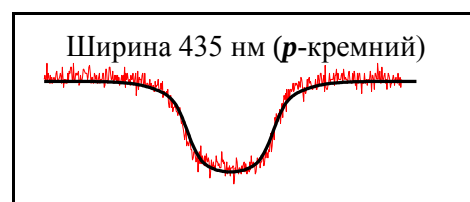
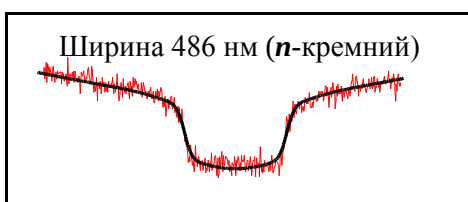
$$V_4(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) F_4(x, y, t) dx dy,$$

где $F_4(x, y, t)$ – характеризует плотность распределения электронов в пучке обратно рассеянных электронов.

Примеры реальных и модельных ОРЭ сигналов



Сигнал РЭМ, полученный при сканировании 11 канавок с большими углами наклона боковых стенок в кремниевой шаговой структуре (шаг 2 мкм), и наложенный на него модельный сигнал.



Сигналы РЭМ прямоугольных канавок в кремнии и наложенные на них модельные сигналы. Более подробно с моделью можно ознакомиться в работах [1-5].

ЛИТЕРАТУРА (для русской версии)

1. Новиков Ю.А. РЭМ-изображения микро- и наноструктур в режиме обратно рассеянных электронов. 1. Метод исследования. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2014. № 8. С. 46-57.
2. Новиков Ю.А. РЭМ-изображения микро- и наноструктур в режиме обратно рассеянных электронов. 2. Структуры с прямоугольным профилем. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2015. № 5. С. 78-89.
3. Новиков Ю.А. РЭМ-изображения микро- и наноструктур в режиме обратно рассеянных электронов. 3. Структуры с трапецевидным профилем и малыми углами наклона боковых стенок. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2015. № 10. С. 59-69.
4. Новиков Ю.А. РЭМ-изображения микро- и наноструктур в режиме обратно рассеянных электронов. 4. Структуры с трапецевидным профилем и большими углами наклона боковых стенок. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2016. № 2. С. 66-75.
5. Новиков Ю.А. РЭМ-изображения микро- и наноструктур в режиме обратно рассеянных электронов. 5. Модель формирования сигнала РЭМ. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2016. № 9. С. .

ЛИТЕРАТУРА (для английской версии)

1. Yu.A. Novikov, "Backscattered Electron Imaging of Micro- and Nanostructures: 1. Method of Analysis", *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **8**, No.4, 775–786 (2014).
2. Yu.A. Novikov, "Backscattered Electron Imaging of Micro- and Nanostructures: 2. Rectangular Structures", *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **9**, No.3, 496–507 (2015).
3. Yu.A. Novikov, "Backscattered Electron Imaging of Micro- and Nanostructures: 3. Structures with a Trapezoidal Profile and Small Side-Wall Inclination Angles", *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **9**, No.5, 1060–1069 (2015).
4. Yu.A. Novikov, "Backscattered Electron Imaging of Micro- and Nanostructures: 4. Structures with a Trapezoidal Profile and Large Side-Wall Inclination Angles", *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **10**, No.1, 221–230 (2016).
5. Yu.A. Novikov, "Backscattered Electron Imaging of Micro- and Nanostructures: 5. The Model of a SEM Signal Formation", *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **10**, No. ,– (2016).