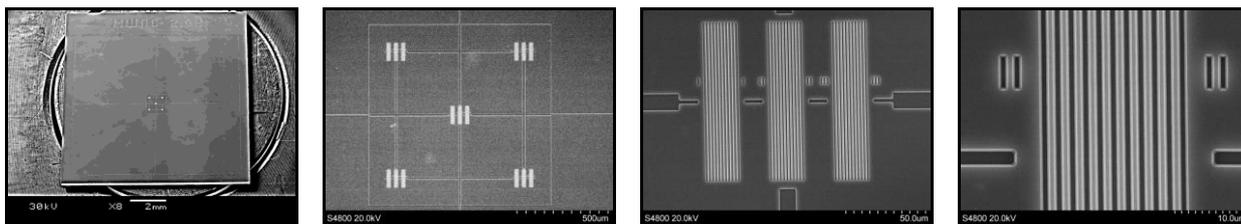
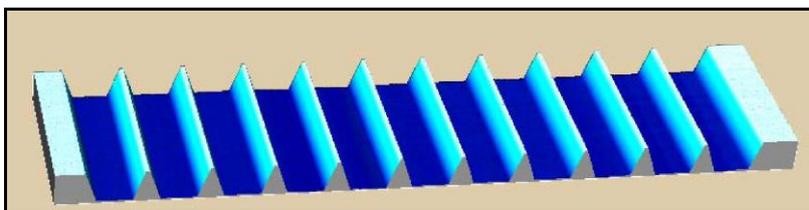


## ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ РАСТРОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ И АТОМНО-СИЛОВЫХ МИКРОСКОПОВ

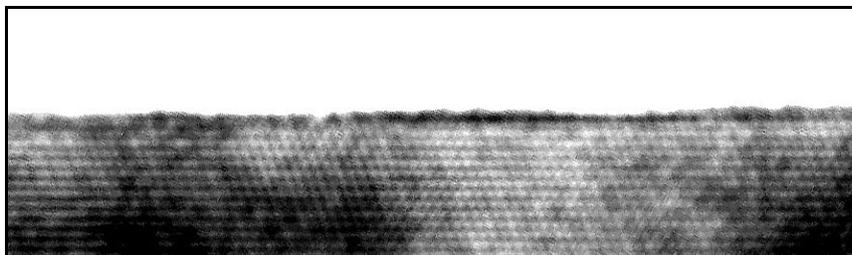
Создан и выпускается малой серией тест-объект **МШПС-2.0К**, предназначенный для калибровки растровых электронных микроскопов (РЭМ) и атомно-силовых микроскопов (АСМ). Тест-объект представляет собой кремниевый чип размером  $1 \times 1 \text{ см}^2$ , в центре которого на площади  $1 \times 1 \text{ мм}^2$  расположены 5 групп шаговых структур по 3 структуры в каждой группе. Шаговая структура состоит из выступов и канавок, боковые стороны которых совпадают с кристаллографическими плоскостями кремния  $\{111\}$ , а верх выступов и дно канавок совпадают с кристаллографическими плоскостями  $\{100\}$ . Шаг структуры составляет 2 мкм и аттестован с точностью 1 нм. Размеры верхних оснований выступов могут быть сделаны разными, лежащими в диапазоне 10 – 700 нм, а высоты выступов – в диапазоне 100 – 1200 нм, при одной и той же величине шага. Подробности использования тест-объекта приведены в списке литературы.



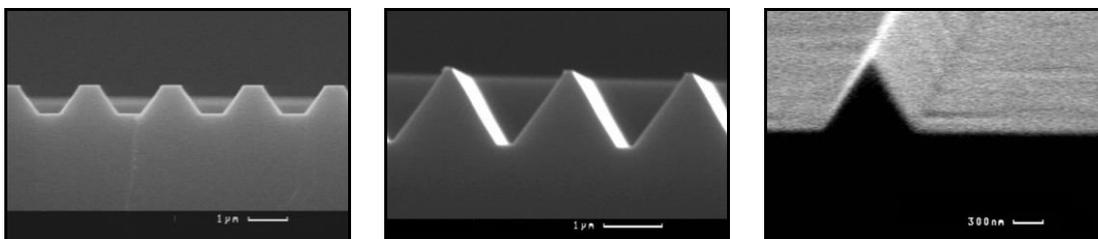
Тест-объект **МШПС-2.0К** и изображение его отдельных частей в РЭМ.



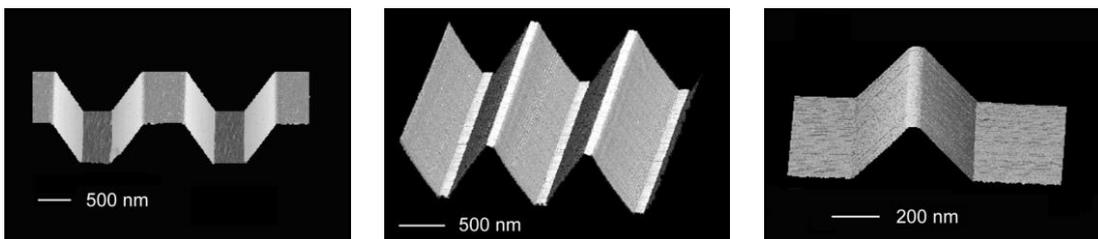
Изображение в АСМ шаговой структуры тест-объекта.



Изображение боковой стенки канавки тест-объекта в просвечивающем электронном микроскопе демонстрирует атомарную гладкость боковых стенок элементов тест-объекта.



Изображения в РЭМ сколов тест-объекта с разными ширинами и высотами выступов.



Изображения в АСМ элементов тест-объекта с разными ширинами и высотами.

**ЛИТЕРАТУРА (для русской версии)**

1. Волк Ч.П., Горнев Е.С., Новиков Ю.А., Озерин Ю.В., Плотников Ю.И., Прохоров А.М., Раков А.В. Линейная мера микронного, субмикронного и нанометрового диапазонов для измерений размеров элементов СБИС на растровых электронных и атомно-силовых микроскопах. // Микроэлектроника. 2002. Т. 31. № 4. С. 243-262.
2. Волк Ч.П., Горнев Е.С., Новиков Ю.А., Озерин Ю.В., Плотников Ю.И., Раков А.В. Измерение на растровых электронных микроскопах линейных размеров элементов микроструктур в широком диапазоне увеличений. // Микроэлектроника. 2004. Т. 33. № 6. С. 419-428.
3. Novikov Yu.A., Gavrilenko V.P., Rakov A.V., Todua P.A. Test objects with right-angled and trapezoidal profiles of the relief elements. // Proc. SPIE. 2008. V. 7042. P. 704208-1 – 704208-12.
4. Gavrilenko V.P., Novikov Yu.A., Rakov A.V., Todua P.A. Measurement of the parameters of the electron beam of a scanning electron microscope. // Proc. SPIE. 2008. V. 7042. P. 70420C-1 – 70420C-12.
5. Гавриленко В.П., Лесновский Е.Н., Новиков Ю.А., Раков А.В., Тодуа П.А., Филиппов М.Н. Первые российские стандарты в нанотехнологии. // Известия РАН. Сер. Физ. 2009. Т. 73. № 4. С. 454-462.
6. Новиков Ю.А., Раков А.В., Тодуа П.А. Калибровка атомно-силовых микроскопов. // Известия РАН. Сер. Физ. 2009. Т. 73. № 4. С. 473-484.
7. Новиков Ю.А. Измерение нелинейности сканирования в растровом электронном микроскопе. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2013. № 11. С. 70-74.
8. Новиков Ю.А. Плотность распределения электронов в зонде низковольтного РЭМ. // Микроэлектроника. 2014. Т. 43. № 5. С. 373-383.
9. Новиков Ю.А. Влияние наклона тест-объекта на калибровку РЭМ. // Микроэлектроника. 2015. Т. 44. № 2. С. 152–158.

**ЛИТЕРАТУРА (для английской версии)**

1. Ch.P. Volk, E.S. Gornev, Yu.A. Novikov, Yu.V. Ozerin, Yu.I. Plotnikov, A.M. Prokhorov, A.V. Rakov, “Linear Standard for SEM-AFM Microelectronics Dimensional Metrology in the Range 0.01-100  $\mu\text{m}$ ”, *Russian Microelectronics*, **31**, No.4, 207-223 (2002).
2. Ch.P. Volk, E.S. Gornev, Yu.A. Novikov, Yu.V. Ozerin, Yu.I. Plotnikov, A.V. Rakov, “SEM Linear Measurement in a Wide Magnification Range” *Russian Microelectronics*, **33**, No.6, 342-349 (2004).
3. Yu.A. Novikov, V.P. Gavrilenko, A.V. Rakov, P.A. Todua, “Test objects with right-angled and trapezoidal profiles of the relief elements”, *Proc. SPIE*, **7042**, 704208-1 – 704208-12 (2008).
4. V.P. Gavrilenko, Yu.A. Novikov, A.V. Rakov, P.A. Todua, “Measurement of the parameters of the electron beam of a scanning electron microscope”, *Proc. SPIE*, **7042**, 70420C-1 – 70420C-12 (2008).
5. V.P. Gavrilenko, E.N. Lesnovsky, Yu.A. Novikov, A.V. Rakov, P.A. Todua, M.N. Filippov, “First Russian Standards in Nanotechnology”, *Bul. Rus. Acad. Sci., Physics*, **73**, No.4, 433-440 (2009).
6. Yu.A. Novikov, A.V. Rakov, P.A. Todua, “Calibration of Atomic Force Microscopes”, *Bul. Rus. Acad. Sci., Physics*, **73**, No.4, 450-460 (2009).
7. Yu.A. Novikov, “Measurements of Scan Nonlinearity in a Scanning Electron Microscope”, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, **7**, No.6, 1081–1085 (2013).
8. Yu.A. Novikov, “Electron Distribution Density in a Low Voltage SEM Probe”, *Russian Microelectronics*, **43**, No. 5, 361-370 (2014).
9. Yu.A. Novikov, “Effect of test object slope on SEM calibration”, *Russian Microelectronics*, **44**, No.2, 132-138 (2015).