

Производительная нечувствительная к дрейфу распределённая калибровка сканера зондового микроскопа в нанометровом диапазоне

Р.В. Лапшин^{1,2}

¹НИИ Физических проблем им. Ф.В. Лукина, 124460, г. Зеленоград, Россия

²Московский институт электронной техники, 124498, г. Зеленоград, Россия

Разработан практический способ распределённой калибровки сканера зондового микроскопа (см. Рис. 1), при котором поиск локальных калибровочных структур (ЛКС) и определение по ним локальных калибровочных коэффициентов (ЛКК) производится не в окрестности узлов сетки, равномерно покрывающей поле сканирования [1-3], а только в окрестности трёх точек этого поля (см. Рис. 2), расположенных по возможности на большом удалении друг от друга.

Допустимость калибровки по трём точкам обоснована тем, что регрессионные поверхности, проведенные через ЛКК, найденные в узлах упомянутой сетки, являются плоскостями [3]. Переход от сети точек к всего лишь трём точкам позволяет существенно увеличить производительность распределённой калибровки.

Для достижения высокой точности калибровка в окрестности каждой из трёх точек многократно повторяется (порядка $l=50\dots300$ раз). Найденные ЛКК вместе с абсолютными координатами ЛКС, которым они соответствуют, сохраняются в калибровочной базе данных (КБД). КБД позволяет исключить из измерений погрешности, вызываемые статическими нелинейностями, неортогональностями и взаимными паразитными связями манипуляторов сканера.

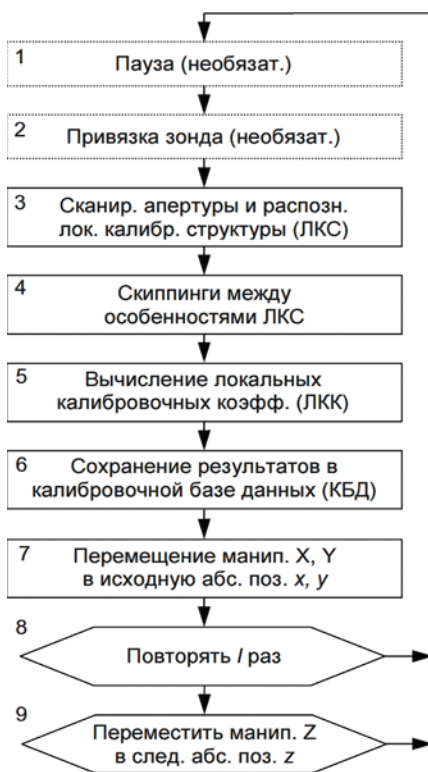


Рис. 1. Упрощённая блок-схема алгоритма производительной распределённой калибровки сканера зондового микроскопа.

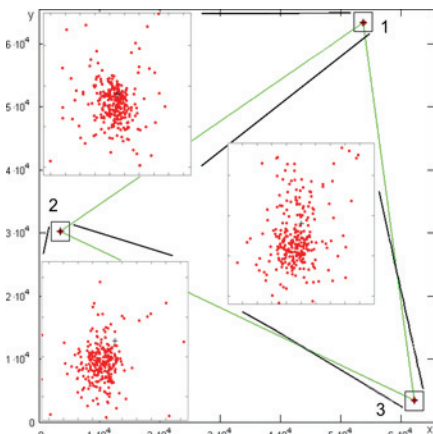


Рис. 2. Распределённая калибровка ХУ сканера по трём точкам.

бой ступени подвода зонда к образцу.

В качестве эталона длины используется постоянная кристаллической решётки высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ). С помощью предложенного метода определена вариация постоянной решётки на поверхности ВОПГ. Разработанный метод можно применять в любой разновидности сканирующего зондового микроскопа (СЗМ).

Измерения проводились на сканирующем туннельном микроскопе (СТМ) Солвер™ P4 (НТ-МДТ, Россия) на воздухе при комнатной температуре. В качестве иглы использовалась проволока NiCr диаметром 0.3 мм, срезанная механически.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (RFMEFI57814X0009).

1. R. V. Lapshin, Drift-insensitive distributed calibration of probe microscope scanner in nanometer range: Approach description, Applied Surface Science, 2015, 359, 629-636 (www.niifp.ru/staff/lapshin/#articles).

2. R. V. Lapshin, Drift-insensitive distributed calibration of probe microscope scanner in nanometer range: Virtual mode, arXiv:1501.05726, 2015 (arxiv.org/abs/1501.05726).

3. R. V. Lapshin, Drift-insensitive distributed calibration of probe microscope scanner in nanometer range: Real mode, arXiv:1501.06679, 2015 (arxiv.org/abs/1501.06679).

4. R. V. Lapshin, Feature-oriented scanning methodology for probe microscopy and nanotechnology, Nanotechnology, 2004, 15, 1135-1151 (www.niifp.ru/staff/lapshin/#articles).

5. R. V. Lapshin, Automatic drift elimination in probe microscope images based on techniques of counter-scanning and topography feature recognition, Measurement Science and Technology, 2007, 18, 907-927 (www.niifp.ru/staff/lapshin/#articles).

Распределённая калибровка базируется на методологии особенность-ориентированного сканирования (ООС) [4, 5], что позволяет исключить *in situ* негативное влияние на результаты калибровки тепловых дрейфов головки микроскопа, ползучесть и гистерезисов пьезоманипуляторов сканера, а также существенно ослабить влияние шумов систем регистрации и позиционирования. С целью выявления паразитных связей между Z-манипулятором и X, Y-манипуляторами сканера калибровка по трём точкам производится для 3-5 положений Z-манипулятора, устанавливаемых посредством гру-