

Работа в программе Nanomaker.

Электронный пучок сканирует поверхность электронного резиста, повторяя шаблон, заложенный в управляющий компьютер. В ИПТМ РАН разработано специальное программное обеспечение <http://www.nanomaker.com/>, контролирующее процесс переноса заданного рисунка на поверхность подложки с резистом (Рис. 1) и позволяющее зарисовать разные типы структур (рис. 2).

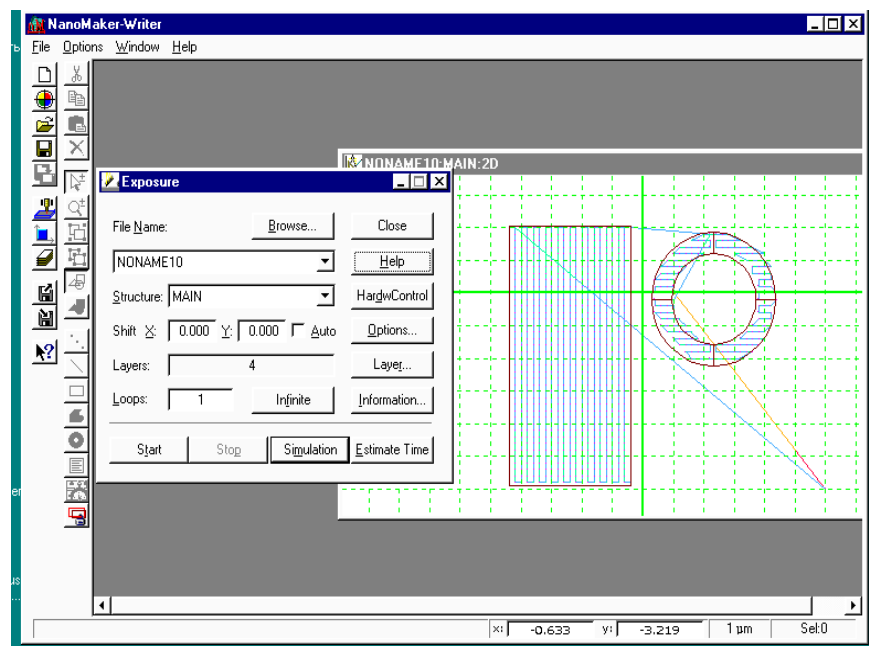


Рис.1 Электронный луч сканирует поверхность согласно заданным структурам.

При создании дизайна структуры в редакторе Nanomaker нужно учитывать ее размеры и характерный размер наименьшего элемента. В соответствии с этим подбирается нужное увеличение и рабочее расстояние, и таким образом, устанавливаются границы поля рисования. Центр поля рисования совпадает с координатами (0,0) в поле редактора.

Для увеличения $\times 800$, например, физическое поле сканирования (то есть отображаемое на мониторе сканирующего микроскопа) составляет $\sim 100 \times 100$ мкм, а для увеличения $\times 200$ размер поля $\sim 400 \times 400$ мкм. Все структуры следует рисовать в соответствующем поле.

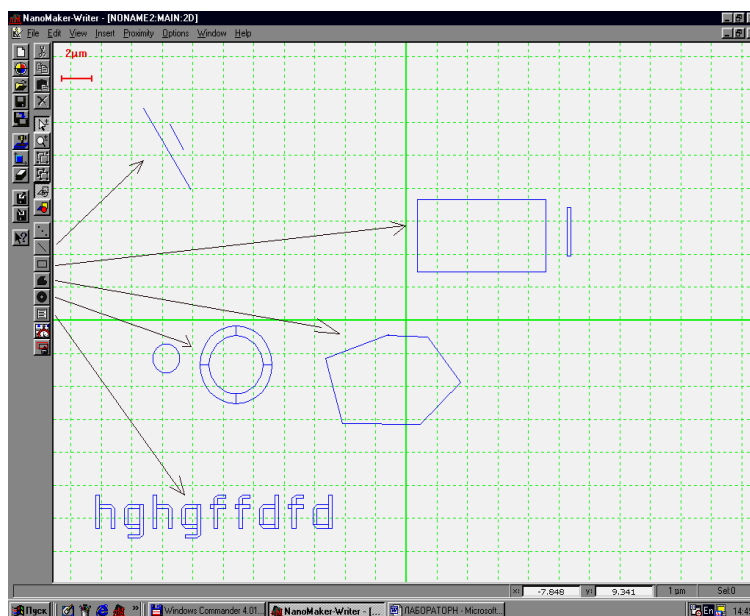


Рис. 2. Возможные типы структур для зарисовки.

Пример - подготовка файла “дозовый тест” в редакторе Nanomaker.

На сайте <http://www.nanomaker.com/> можно найти подробные инструкции по использованию Nanomaker. Ниже описан один из примеров зарисовки - "дозовый тест". Для подбора оптимальной дозы облучения в литографической практике такой тест проводят с набором одинаковых прямоугольников, которые засвечиваются затем с разными дозами.

Для начала дизайна структуры откройте редактор Nanomaker и создайте новый файл: File- New Data Base. Сохраните созданный файл на диске, выберите расширение GDB. Нарисуйте прямоугольник (кнопка Rectangle на панели слева) размером, например, 5×7 мкм. Нажмите кнопку Select Mode на панели слева и выделите созданный прямоугольник. Далее необходимо задать слой в котором будет находиться этот прямоугольник, и дозу экспонирования в процентах. Для этого в меню Edit-Change Attributes.... в появившемся окне выбираем операцию SET и для дозы ставим 100 в строке Dose[%], в строке Layer number ставим, например, 1. Нажимаем ОК, теперь наш прямоугольник находится в слое 1 и имеет дозу, равную 100%.

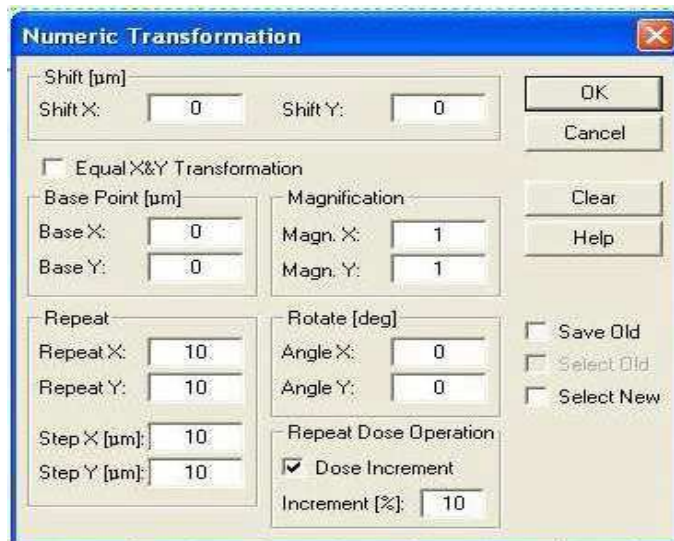


Рис.3. Создание матрицы из элементов 10×10 с шагом 10 мкм по обеим осям и линейным возрастанием дозы на 10%.

Далее необходимо создать массив из таких прямоугольников с линейно увеличивающейся дозой от 100% до 1000%, например матрицу из прямоугольников, размером 10×10. Для этого снова выделяем исходный прямоугольник и идем в меню Edit - Transform – Numeric.

Появляется окно Numeric Transformation (рис.3), в котором нужно задать операцию повторения структуры 10 раз по оси X (Repeat X: 10) и 10 раз по оси Y (Repeat Y: 10) с шагом 10 мкм по оси X (Step X [мкм]) и аналогично по оси Y, задаем также линейное увеличение дозы от элемента к элементу, равное 10% (Dose Increment). Нажмите ОК. На экране появится матрица из прямоугольников. При помощи сочетания клавиш Alt+G можно посмотреть дозу и номер слоя каждого элемента.

Проверьте, что доза возрастает линейно от элемента к элементу. При помощи той же команды Edit- Transform - Numeric... переместите весь массив в центр начала координат, предварительно его выделив. Можно так же добавить какую-нибудь надпись, чтобы обозначить верх структуры, например, Dose Test, это делается при помощи кнопки Text на панели слева, в появившемся окне вводится желаемая надпись. Пример дозового теста показан на рис.4.

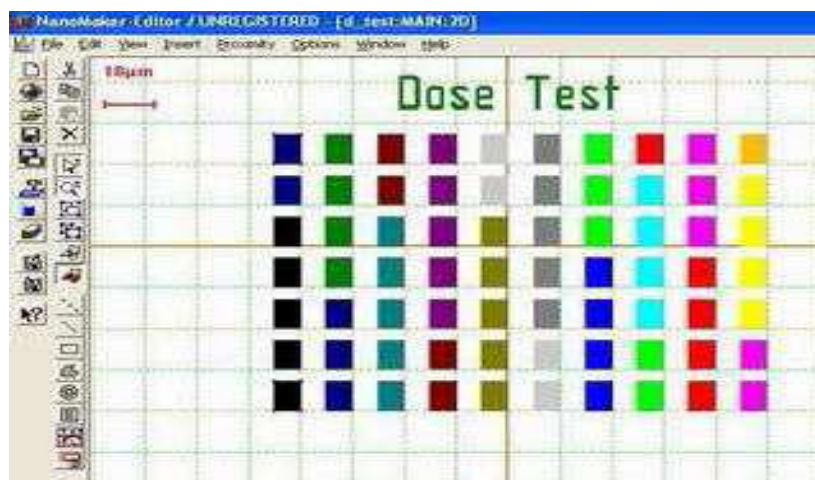


Рис.4. Пример дозового теста - матрицы 10×7 с шагом 10 мкм по обеим осям и линейным возрастанием дозы.

При изготовлении структур для контактных измерений на подложке необходимо прежде всего разместить площадки для бондирования (к которым впоследствии бондируются, то есть припаиваются ультразвуком макроскопические проводки). В области между этими площадками размещают саму исследуемую наноразмерную структуру (например, нанопроволоку) и промежуточные контакты между ней и площадками. На рисунке 5 приведены два примера зарисовок таких структур.

Для подготовки к задаче практикума "Сканирующий электронный микроскоп и литография" нужно подготовить два файла - дозовый клин и собственную структуру. Во втором случае можно взять за основу файл Г.Позднякова (размещен в dropbox) и модифицировать его, оставив неизменными площадки. Предусмотрите также указание своего имени или фамилии (по аналогии с тем, как это сделано на рис. 5 для структуры с двумя контактами).

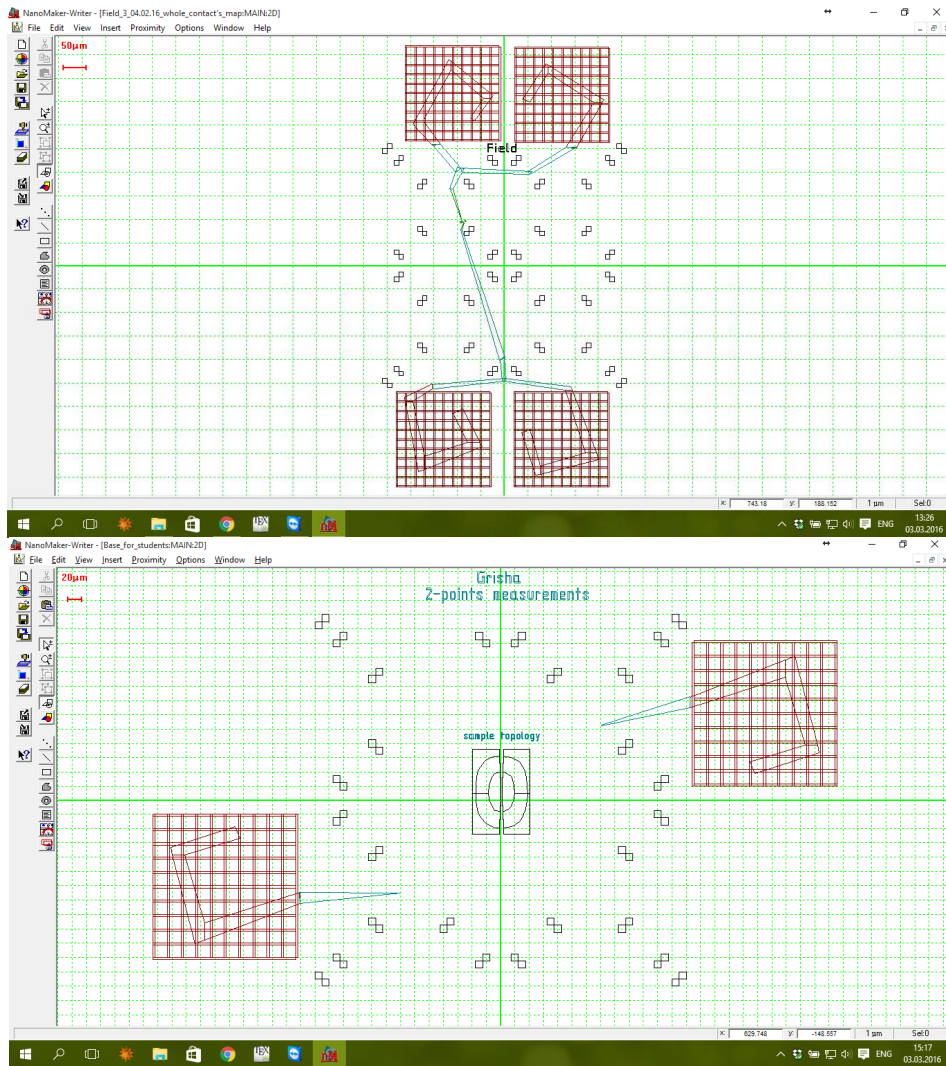


Рис.5. Примеры зарисовок структур для контактных измерений с четырьмя (вверху) и двумя (внизу) контактами.