

Коррекция эффекта близости при формировании фотонных кристаллов методом электронно-лучевой литографии

К. А. Конфедератова^{1,2}, Е. Е. Родякина^{1,2}

¹Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090, проспект ак. Лаврентьева, 13

²Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, 630090, ул. Пирогова, 2

В настоящее время одним из актуальных направлений развития нанотехнологий является разработка метаматериалов, например, таких как фотонные кристаллы (ФК), структура которых характеризуется периодическим изменением показателя преломления в пространственных направлениях. Одним из наиболее точных способов создания наноструктур является метод травления через маску из резиста, сформированную с помощью электронно-лучевой литографии (ЭЛЛ).

Механизм экспонирования, вследствие взаимодействия электронов с образцом, является сложнейшим процессом. При этом появляется такая проблема, как эффект близости, оказывающая негативное влияние на разрешающую способность ЭЛЛ.

Эффект близости в ЭЛЛ описывается функцией близости:

$$f(r) = \frac{1}{\pi(1+\eta)} \left[\frac{1}{\alpha^2} \exp\left(\frac{-r^2}{\alpha^2}\right) + \frac{\eta}{\beta^2} \exp\left(\frac{-r^2}{\beta^2}\right) \right],$$

Коэффициенты α – размер первичного пучка с учетом рассеяния его в резисте при прямом прохождении, β – характерный размер области рассеяния электронов материале подложки, η – коэффициент обратно рассеянных электронов. Доза, поглощенная резистом, представляет собой свертку функции близости с дозой экспонирования.

Распространенным решением ЭБ является модификация дозы экспонирования с учетом ЭБ, с использованием итерационную схемы со стандартными уравнениями и с уравнением, предложенным Вотсоном. Для успешной коррекции нужно точно определить параметры α , β и η для конкретного образца.

В работе изучался эффект близости при формирования методом ЭЛЛ ФК на основе кремний на изоляторе (КНИ). На подложке (КНИ) методом ЭЛЛ создан наноразмерный рисунок в позитивном резисте (полиметилметакрилате) из упорядоченных массивов однородных по размеру отверстий в широком диапазоне размеров и периодов. Получены зависимости распределения размеров отверстий в резисте от параметров экспонирования: периода в массиве, дозы, размера поля рисования без перемещения стола.

Определены коэффициенты для коррекции эффекта близости для ФК α , β , η . Показано, что минимальное стандартное отклонение от среднего значения радиуса элементов в массиве равному радиусу, заданному в шаблоне, достигается при коррекции ЭБ с использованием коэффициентов β и η , полученных экспериментально, и итерационного уравнения, предложенного Вотсоном.