**Новый метод определения контрастности электронного резиста с помощью оптического микроскопа**

*Князев М.А., Свинцов А.А, Зайцев С.И., Дубонос С.В.*

## 1. Введение.

В электронной литографии скорость проявления проэкспонированного полимера определяется законом Флори [1] и может быть записана следующим образом

$$v = v_0\left(\frac{D}{D_0}\right)^{\gamma} \qquad (1)$$

где $v$ скорость проявления резиста проэкспонированного с дозой $D$, а $v_0$ - это скорость проявления резиста проэкспонированного с дозой $D_0$, $\gamma$ параметр называемый контрастностью резиста.

Существующие на сегодня методы определения контрастности резиста обычно заключаются в том, что экспериментальным путем строится зависимость остаточной толщины резиста от дозы экспонирования (дозовая кривая), а затем подгонкой находится контрастность резиста. Для построения дозовой кривой обычно экспонируется тестовая структура, в которой существуют области, экспонируемые с разной дозой [2]. Затем после проявления либо с помощью АСМ, либо с помощью профилометра, либо с помощью лазерного элипсометра определяется остаточная толщина резиста в них и по этим данным строится дозовая кривая. процесс измерения остаточной толщины резиста занимает львиную долю в общем времени определения контрастности. Так же оборудование, используемое для определения остаточной толщины довольно дорого.

В этой работе предлагается новый метод определения контрастности резиста без измерения его остаточной толщины. Главная идея метода заключена в том, что для экспонирования подготавливает тестовая структура, которая проявится “правильно”, только в том случае если величина контрастности для которой она рассчитана, совпадает с реальной контрастностью резиста.

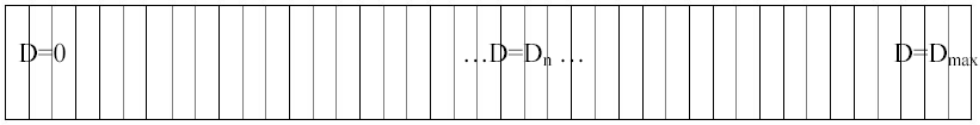


Рисунок 1. Схематическое изображение дозового клина.

## 2. Описание метода.

Тестовой структурой используемой в новом методе является дозовый клин. Это набор прямоугольников состыкованных друг с другом (рис.1). Доза экспонирования этих прямоугольников возрастает с права на лево, доза экспонирования крайне правого равна $D_{макс}$, а крайне левого ноль. Если в клине N прямоугольников, то доза экспонирования n-го прямоугольника (нумерация осуществляется слева на право) задается следующим выражением

$$D_n = D_{max}\left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \qquad (2)$$

Опираясь на (1) можно сделать вывод, что такой дозовый клин может иметь три типа профиля. Как показано на рис. 2, если $\gamma$ больше реальной контрастности $\gamma_{exp}$, то профиль клина будет вогнутым если $\gamma < \gamma_{exp}$,то профиль клина будет выпуклым, если $\gamma = \gamma_{exp}$, то профиль будет прямым. Т.е. “правильным” клином является тот, у которого прямой профиль.

Реальная тестовая структура должна состоять из дозовых клиньев рассчитанных для разных значений контрастности. На рис. 3 приведен результат проявления такой тестовой структуры снятой через красный фильтр в оптический микроскоп. Структура экспонировалась в резисте сополире P(MMA-MAA) и проявлялась в растворе ИПС- $H_2O$ 8:1, ускоряющее напряжение было 25кВ. Для экспонирования использовался СЭМ JEOL 840A, под управлением программно- аппаратного комплекса NanoMaker [3].

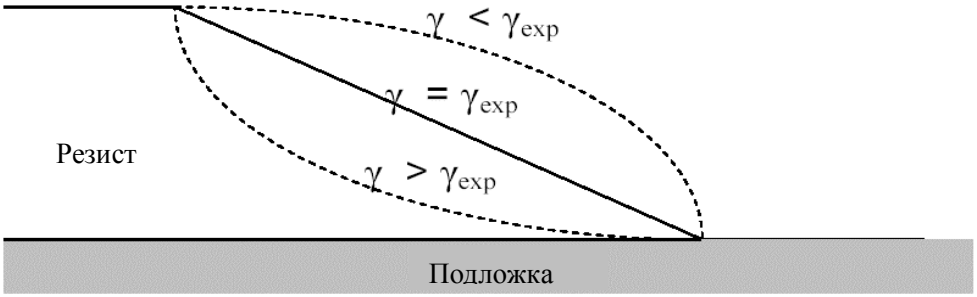

Рисунок 2 Возможные профили дозового клина.

По этому изображению можно сделать вывод о форме профиля дозового клина. Если он прямой то расстояние между темными участками на фотографии клина одинаково, если профиль вогнут, то расстояние между темными участками уменьшается с уменьшением дозы, а если выгнут, то наоборот растет. Из рисунка 3 видно, что контрастность для P(MMA-MAA) лежит в промежутке между 3 (клин рассчитанный для $\gamma$=3 выпуклый) и 3.5 (клин рассчитанный для $\gamma$=3.5 вогнутый). Таким способом были получены контрастности для резистов приведенных в Таблице 1.

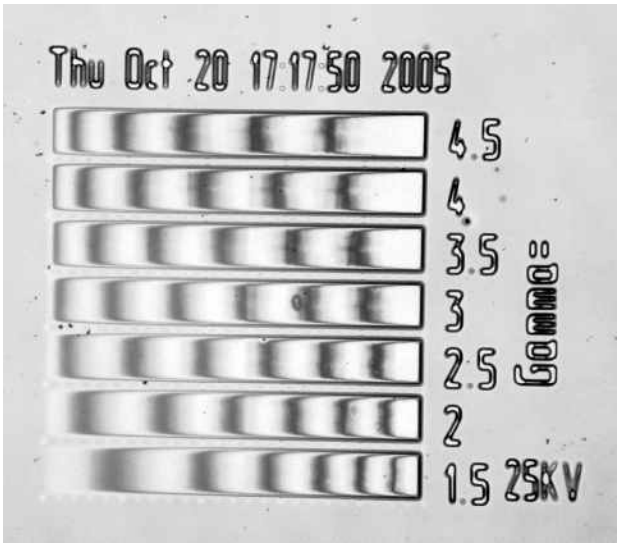

Рисунок 3 Фотография, полученная в оптическом микроскопе через красный светофильтр, тестовой структуры, проэкспонированной в P(MMA-MAA) и проявленной в ИПС- $H_2O$ 8:1.

Таблица 1 Контрастности резистов и их проявители.

| | P(MMA-MAA) Copolymer | ZEP-520 | ЭРП-40 | PMMA 950K |
|---|---|---|---|---|
| γ | 3< γ<3.5 | 9< γ<10 | 3< γ<3.5 | 6< γ<7 |
| проявитель | ИПС-$H_2O$ | бутилацетат | ИПС-$H_2O$ | ИПС-$H_2O$ |

**3. Выводы.**

Таким образом предложенный в данной работе метод определения контрастности электронных резистов является быстрым (от начала экспонирования до получения результата обычно проходит 30 минут) и довольно точным, простым в применении и не требующим специализированного оборудования.

**4. Литература**

1. A.R. Neureuther, D. F. Kyser and C. H. Ting. IEEE Trans. Electron Dev. ED-26, 686, 1979
2. M. Azam Ali, Kenneth E. Gonsalves, Ankur Agrawal, Augustin Jeyakumar, Clifford L. Henderson, Microelectronic Engineering, volume 70 , issue 1, p 19 – 29 (2003).
3. **http://www.nanomaker.ru**