

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Университет ИТМО
Факультет систем управления и робототехники

**ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 3
по дисциплине**

«Метрология, обеспечение качества и сертификация»

**Тема: Обработка экспериментальных данных по определению
времени проявления фоторезиста в технологии
фотолитографии на основе регрессионного анализа**

Работу выполнили:
Нодири Хисравхон
Руотси Ян

Преподаватель:
Рассадина Анна Александровна

Санкт-Петербург
2025

Цель работы:

1. Определить коэффициенты регрессии полинома первого порядка, описывающего модель проявления фоторезиста в технологии фотолитографии.

Вариант 18

№ Время проявления
фоторезиста, T_{π} , с

1 28

2 70

3 56

4 20

Таблица 1. Результаты экспериментального определения времени проявления фоторезиста согласно матрице планирования эксперимента

Фактор	Нулевые уровни варьирования	Интервалы варьирования
Толщина фоторезиста	$H_0 = 0.45 \text{ мкм}$	$\Delta H = 0.1 \text{ мкм}$
Время экспонирования	$T_{\vartheta 0} = 145 \text{ с}$	$\Delta T_{\vartheta} = 60 \text{ с}$
Концентрация щелочи в проявителе	$F_0 = 0.6\%$	$\Delta F = 0.2\%$

Таблица 2. Факторы, их нулевые уровни и интервалы варьирования

Ход работы

1. Найдём уровни варьирования с помощью формулы $\Delta x = x_{i0} - x_{i\min} = x_{i\max} - x_{i0}$

$$H_{\min} = H_0 - \Delta H = 0.45 - 0.10 = 0.35 \text{ мкм}$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta H = 0.45 + 0.10 = 0.55 \text{ мкм}$$

$$T_{\vartheta \min} = T_{\vartheta 0} - \Delta T_{\vartheta} = 145 - 60 = 85 \text{ с}$$

$$T_{\vartheta \max} = T_{\vartheta 0} + \Delta T_{\vartheta} = 145 + 60 = 205 \text{ с}$$

$$F_{\min} = F_0 - \Delta F = 0.6 - 0.2 = 0.4\%$$

$$F_{\max} = F_0 + \Delta F = 0.6 + 0.2 = 0.8\%$$

2. Составим матрицу планирования дробного факторного эксперимента (ДФЭ) без кодирования значений

№	H, мкм	T_{ϑ} , с	F, %	T_{Π} , с
1	0.35	85	0.8	28
2	0.55	85	0.4	70
3	0.35	205	0.4	56
4	0.55	205	0.8	20

Таблица 3. Матрица планирования ДФЭ без кодирования значений

3. Теперь закодируем значения факторов с помощью формулы $x_{i\delta} = \frac{(x_i - x_{i0})}{\Delta x_i}$

Очевидно, что все значения выше нулевого уровня кодируются как +1, а все значения ниже нулевого уровня — как -1.

№	h	t	f	T_{Π} , с
1	-1	-1	+1	28
2	+1	-1	-1	70
3	-1	+1	-1	56
4	+1	+1	+1	20

Таблица 4. Матрица планирования ДФЭ с кодированием значений

4. Определим коэффициенты регрессии по формулам ниже

$$a_0 = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N}, \quad a_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} y_n}{N}$$

$$a_0 = \frac{28+70+56+20}{4} = 43.5 \text{ с}$$

$$a_1 = \frac{-28+70-56+20}{4} = 1.5 \text{ с}$$

$$a_2 = \frac{-28-70+56+20}{4} = -5.5 \text{ с}$$

$$a_3 = \frac{28-70-56+20}{4} = -19.5 \text{ с}$$

5. Запишем уравнение регрессии с коэффициентами, которые мы получили выше
Модель проявления фоторезиста может быть записана в виде:

$$T_{\text{пп}} = a_0 + a_1 h + a_2 t_{\text{з}} + a_3 f,$$

где h — толщина фоторезиста, $t_{\text{з}}$ — время экспонирования, f — концентрация щелочи в проявителе.

Запишем модель с коэффициентами, вычисленными на предыдущем шаге:

$$T_{\text{пп}} = 43.5 + 1.5h - 5.5t_{\text{з}} - 19.5f$$

Выводы

Проведённый эксперимент можно отнести к дробным активным факторным и экстремальным экспериментам. В каждом опыте варьировались все независимые переменные, что характерно для активного факторного эксперимента, а цель оптимизации фотолитографии указывает на экстремальный характер. Исследование позволило определить влияние различных факторов на процесс проявления фоторезиста.

Наибольшее влияние на процесс оказала концентрация щелочи в проявителе, наименьшее — толщина фоторезиста. Увеличение толщины фоторезистора приводит к увеличению времени его проявления. В то же время увеличение как времени экспонирования, так и концентрации щёлочи способствует уменьшению времени проявления фоторезиста.