

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

1. Актуальность

Электронные технологии за последние два десятилетия перевернули мир. Мобильные устройства стали компактными, лёгкими, функциональными, телекоммуникационные сети позволяют передавать колоссальные объёмы информации. Эти изменения коснулись каждого человека на земном шаре. Дальнейшее развитие электронных технологий зависит от нового поколения технологов, которые в ближайшие годы придут в исследовательские центры и на производства электронных устройств. На производстве операционных усилителей для чувствительных и высокоточных приборов нередко используются плёночные резисторы, обеспечивающие высокую стабильность параметров. Достижение оптимальных параметров тонкоплёночных резисторов зависит не только от технологических возможностей оборудования, но и от квалификации и мастерства команды технологов и конструкторов предприятия.

2. Условие задачи

На рис. 1 приведена демоверсия топологии тонкоплёночного резистора. Резистор должен представлять собой алюминиевую проводящую дорожку (3) с шириной не менее $A = 1$ мм между двумя контактными площадками (1 и 2). Контактные площадки должны иметь форму прямоугольников или квадратов со значением длины любой стороны в диапазоне от 5 до 10 мм. От площадки отходит только одна проводящая дорожка перпендикулярно его стороне на расстояние не менее $D = 2$ мм от квадрата, после чего может изменять направление произвольно, при этом расстояние между двумя любыми точками проводящих дорожек B должно быть не менее 1 мм. Расстояние между любой крайней точкой квадрата и проводящими дорожками не менее $F = 3$ мм, расстояние между крайними точками контактных площадок не менее $E = 5$ мм.

Целью кейса является создание тонкоплёночного резистора максимального сопротивления, используя технологию фотолитографии. В ходе решения задачи учащиеся подробно познакомятся с технологией фотолитографии, в частности, на практике реализуют такие этапы производства, как создание фотошаблона, нанесение фоторезиста, экспонирование фоторезиста, удаление фоторезиста и травление алюминия.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

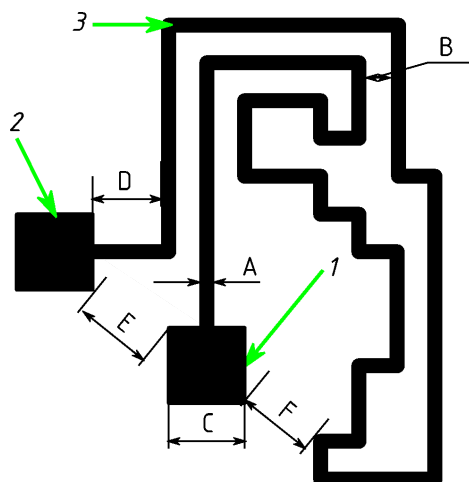


Рис. 1. Размеры основных элементов топологии резистора. А, В, С, D, E, F – размеры; 1, 2 – контактные площадки, 3 – проводник, обеспечивающий заданное сопротивление.

3. Техническое задание

Команде участников олимпиады предлагается сформировать тонкоплёночный резистор максимально возможного значения сопротивления на предоставленном гибком основании с габаритными размерами 8×8 см и односторонним покрытием алюминием толщиной 9 мкм.

Применяется технология формирования структуры на заготовке, представленной на рис. 2А), состоящей из диэлектрического гибкого основания 1, нанесённого на неё слоя алюминия 2, на котором размещается слой фоторезиста 3. В качестве решения поставленной задачи создаётся и реализуется технологический процесс, состоящий из последовательности операций формирования маски, нанесения фоторезиста, экспонирования, проявления фоторезиста, электрохимического травления алюминия.

Команда участников олимпиады в зависимости от результатов исследований и расчётов принимает решение о топологии маски и параметрах технологических операций. Топология маски формируется посредством формирования рисунка топологии с использованием ручного нанесения рисунка на прозрачную плёнку с помощью маркера. Размеры полученной маски не должны превышать 80×80 мм.

Экспонирование ультрафиолетовым светом фоторезиста производится с использованием УФ-лампы (рис. 2Б), в объём УФ-лампы размещается заготовка 2.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

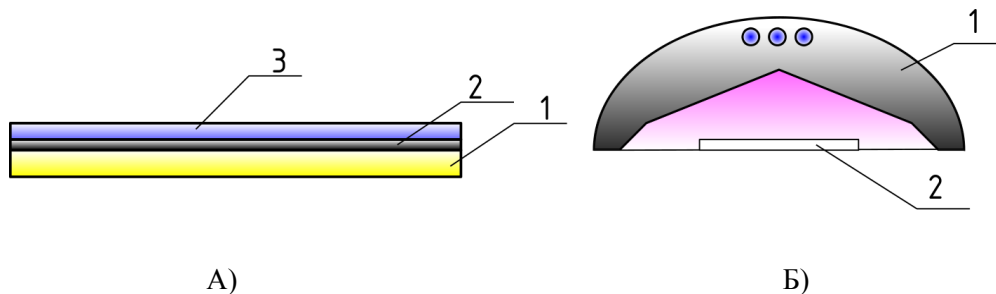


Рис. 2. А) заготовка: 1 – диэлектрическое гибкое основание, 2 – слой алюминия, 3 – плёнка фоторезиста; Б) УФ-лампа с заготовкой, 1 – УФ-лампа, 2 – заготовка

Для проявления фоторезиста применяется щелочной раствор, для травления алюминия применяется метод электролиза.

4. Оборудование и реактивы

Комплект оборудования, материалов и комплектующих каждой команды включает:

№	Наименование	Комплект
1	Плёнка для создания масок	4
2	Металлизированная заготовка	4
3	Заготовка плёночного фоторезиста в конверте	4
4	Листы офисной бумаги А4	4
5	Сода кальцинированная	1
6	Соль поваренная пищевая	1
7	Кислота лимонная	1
8	Средство для снятия лака	1
9	Скотч узкий 15 мм	1
10	Салфетки бумажные	30
11	Полотенца универсальные	4
12	Пинцет	1
13	Мультиметр цифровой	1

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

14	USB Flash-накопитель	1
15	Зажим (крокодил изолированный) красный с проводом	1
16	Зажим (крокодил) синий с проводом	1
17	Блок питания 12 В, мин. 1500 мА	1
18	Ножницы офисные	1
19	Клемма соединительная, 3 контакта	2
20	Удлинитель 220 В, 5 м	1
21	Контейнер пластиковый 180 × 210 × 170 для транспортировки воды	1
22	Контейнер пластиковый 105 × 210 × 170 для проявления фоторезиста	1
23	Контейнер пластиковый 140 × 210 × 170 для электролиза	1
24	Груз для прижима изделия при электролизе	2
25	Прижим при экспонировании изделия из стекла 4 мм, 10 × 10 см	1
26	Мерная пробирка 50 мл с делениями	1
27	Ложечка пластиковая	3
28	Палочки для размешивания деревянные	5
29	Ватные палочки	5
30	Средство для снятия лака	1
31	Перчатки резиновые	3
32	Очки защитные	1
33	Кисточка	1
34	УФ-лампа для экспонирования фоторезиста (коллективное использование)	1
35	Ламинатор Geha A4 Comfort (коллективное использование)	1

Требования:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

1. Предъявление технической и технологической документации. Расчёт длины проводящей дорожки, маска, технологический маршрут, режимы проведения технологических операций.
2. Осмотр топологии тонкоплёночного резистора. Контактные площадки сформированы и соединены непрерывной проводящей дорожкой. Соблюдены заданные ограничения взаимного расположения контактных площадок и проводящих дорожек.
3. Измерение значения сопротивления тонкоплёночного резистора.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ профиль
Финальный кейс
Тонкоплёночный резистор**

Критерии оценивания выполнения задания командой участников олимпиады

1. Проведение расчётов, проектирование, принятие технических и технологических решений – макс. 60 баллов.
 - а) предъявлен расчёт длины проводника – 20.
 - б) предъявлены маски для формирования топологии резистора – 20.
 - в) предъявлен технологический маршрут с разработанной последовательностью технологических операций с расчётными данными о режимах их проведения – 20.
2. Использование знаний физики преобразования материалов в технологических процессах – макс. 90 баллов.
 - а) предъявлен расчёт времени экспонирования фоторезиста при заданной интенсивности облучения и выбранных свойствах фоторезиста – 30.
 - б) предъявлен расчёт времени проявления фоторезиста при разработанной концентрации раствора для травления – 30.
 - в) предъявлен расчёт времени травления медного покрытия на пластине при разработанной концентрации раствора для травления – 30.
3. Реализация технологических операций – макс. 100 баллов.
 - а) продемонстрирован результат экспонирования и проявления фоторезиста по спроектированным маскам (топология резистора и контактных площадок на пластине) – 50.
 - б) продемонстрирован результат травления медного покрытия на поверхности пластины (зоны поверхности пластины, свободные от медного покрытия) – 50.
4. Проведение контроля результата на соответствие заданных требований – макс. 100 баллов.
 - а) продемонстрирован результат измерения сопротивления резистора и сопоставления с заданным значением – 50.
 - б) продемонстрированы критические размеры взаимного расположения контактных площадок и частей проводящей дорожки на соответствие заданных ограничений по топологии резистора – 50.