

Разработка технологии изготовления слоя металлизации микропроцессора нового поколения

1. Актуальность

Проблема создания полупроводниковых элементов и МЭМС (микроэлектромеханических) устройств новых поколений является одной из самых актуальных и может равняться по своей величине лишь с добычей полезных ископаемых, выработкой электроэнергии, производством продуктов питания, обеспечением комфортной среды и безопасности.

Главной операцией, предвосхитившей бурное развитие индустрии, стала фотолитография. Конечно, можно каждый раз создавать рисунок заново с использованием каких-либо технологий печати, как это делалось в книжной отрасли на заре тиражирования, хотя даже сейчас есть такое актуальное направление, как наноимпринтная литография, а также более экзотические способы формирования шаблонов на основе самособирающихся наноструктурных плёнок. Однако наиболее широкое применение нашла технология формирования рисунка элементов схемы и даже объёмных устройств с использованием фоторезиста — светочувствительного вещества, меняющего свои физико-химические свойства под воздействием излучения. Спектр воздействия для создания объёмных структур обычно лежит в области ближнего ультрафиолета, практически можно использовать излучение Солнца, кварцевой лампы и даже сушилки для ногтей.

Данный кейс представляет собой пример технологий, которые позволяют реализовать фотолитографию как с использованием виртуальной модели производственного процесса, так и с демонстрацией его физической модели на основе заготовки с плёночным сухим фоторезистом.

2. Условия задачи

Целью кейса является формирование на металле шаблона, соответствующего рисунку маски, которая используется для экспонирования фоторезиста.

В ходе решения задачи учащиеся подбирают те параметры технологического оборудования и последовательность операций, которые необходимы для создания работоспособной металлической модели, содержащей рисунок из металлических областей и областей свободных от металла на заготовке, представляющей собой слоистую структуру из пластиковой подложки и нанесённого листа металла с покрытием фоторезистом. Наряду с этим, участники кейса проверяют и демонстрируют технологию фотолитографии в виртуальной Web-лаборатории.

3. Техническое задание

1. Разработать технологический маршрут формирования рисунка из металла на подложке, содержащей покрытые неповреждённым металлом области и открытые области в соответствии с заданным шаблоном.
2. Рассчитать параметры каждой технологической операции.
3. Задать правильную последовательность операций с верными параметрами, продемонстрировать работоспособность физического образца;
4. Рассчитать параметры и продемонстрировать процесс фотолитографии в виртуальной лаборатории.
5. Сформировать сложный рисунок из двух проводников и подключить лампочку. Если лампочка светится, значит литография считается успешной не только по наличию рисунка.

Оборудование и материалы

1. Маска в виде напечатанного на принтере рисунка на плёнке (2 экз).
2. Прижимное стекло или прозрачный пластик.
3. Заготовка из пластика с металлом и нанесённого на него фоторезистом.
4. Зажимы для фиксации маски на заготовке.
5. Источник УФ-излучения (лампа для сушки ногтей, солнце со светофильтром, кварцевая бактерицидная лампа, лампа «чёрный свет» (лампа Вуда), матрица УФ-светодиодов).
6. Защитные тёмные пляжные очки с UV-фильтром.
7. Соль.
8. Кальцинированная сода или пищевая сода
9. Батарейка большая (А) 1.5В или источник питания USB (выход компьютера, зарядка для мобильного телефона и др.) 5В с выводами красного и чёрного проводов (+ -).
10. Компьютер с произвольным браузером из серий Firefox, Opera, Edge, Chrome версии 2020 года.

Требования

1. Демонстрация работы виртуальной модели (модель адекватно отражает процесс литографии, получен образец требуемой геометрии).
2. Наличие в отчёте обоснования выбора параметров моделирования каждой технологической операции и выбора материалов.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Технологический профиль
Командный кейс

- 3.** Физическая модель, представляющая собой вытравленный из металла шаблон, в соответствии с заданными требованиями.

Ограничения

1. Виртуальная модель предоставляет заданные ограничения по параметрам, которые можно определить интерактивно, исходя из прилагаемой литературы.
2. Заготовка представляет собой диэлектрическую подложку величиной 150-300 мкм. с нанесённой на неё слоем алюминиевой фольги толщиной 9-11 мкм, на фольге имеется плёнка сухого фоторезиста заданного вида (позитивный или негативный). Заготовка имеет длину и ширину минимум 50x50 мм, максимум - 120x120 мм.
3. Время экспонирования, проявления, удаления фоторезиста и травления металла определяется расчётным путём и экспериментально.
4. Рисунок представляет собой произвольные линии, фигуры с минимальной толщиной 1 мм. и зазором между контурами не менее 1 мм.
5. Заключительная фигура должна быть протестирована с использованием демонстрации электропроводности с использованием батарейки, источника от 1.5В до 5В и лампочки/светодиода от 10 мВт до 500 мВт.

4. Шаблон пояснительной записки

Пояснительная записка в своей структуре должна отражать последовательное описание создания металлической пластины с заданным рисунком. Дополнительно прилагаются результаты визуальной оценки образцов.

Содержание

для виртуальной системы проектирования:

- последовательность операций в виде их наименований;
- перечень технологического оборудования с привязкой к технологическим операциям;
- перечень параметров и их расчёт (формулы, результаты подбора, графики, иллюстрирующие выбор);
- перечень взаимосвязей между операциями (раскрывающими суть переходов, для чего они нужны).

для физического образца:

- фотографии макета в двух состояниях — до травления и после травления фоторезиста;
- фотографии образца до и после травления металла;
- фотографию контроля образца с линейкой;
- оценка качества полученного образца;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Технологический профиль
Командный кейс

- перечень технологических операций для изготовления физического образца;
- перечень инструментов и оборудования;
- последовательность выполнения операций;
- расчёты параметров, методов измерений температуры, размеров и т. д.;
- задание технологических параметров: методика формирования заданной температуры;
- протокол проведения операций по времени действий. Фиксация начала и завершения операции, описание эффектов.

Структура пояснительной записки включает описание вышеперечисленных критериев объемом не больше 2 страниц печатного текста (с приложением фотографий образцов). Работа выполняется шрифтом Times New Roman, размер – 12, межстрочный интервал – 1,5, красная строка – 1 см, выравнивание текста – по ширине. Перенос слов не допускается. Все прилагаемые таблицы или рисунки должны быть подписаны с указанием пояснения в тексте.

Отчёт формируется в редакторе Microsoft Word / OpenOffice. Наименование текстового файла должно содержать фамилию и инициалы авторов, школу, например: Школа111_Иванов_А.М.docx. Титульный лист проекта имеет следующие заголовки:

Разработка технологии изготовления акселерометра

Фамилия И.О. авторов

курсивом класс, школа, адрес электронной почты автора