

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
(ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН)

**МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНА С ПОМОЩЬЮ
ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
ЛИТОГРАФИИ e_LiNE ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ RAITH**

Москва
2011

Оглавление

| | | |
|---|--|---|
| 1 | Назначение и описание метода..... | 3 |
| 2 | Основные параметры системы электронной литографии..... | 3 |
| 3 | Используемое оборудование и материалы..... | 4 |
| 4 | Методика изготовления фотошаблона | 4 |
| 5 | Контроль качества | 5 |
| 6 | Требования по технике безопасности..... | 5 |
| 7 | Литература..... | 6 |

1 Назначение и описание метода

Фотошаблоны широко используются в технологии производства интегральных микросхем и являются одним из основных элементов для фотолитографии. Для изготовления фотошаблонов используется метод электронной литографии. Преимуществами электронной литографии являются высокое разрешение, и возможность мобильного изменения экспонируемых структур простой модификацией компьютерной программы, что весьма важно при экспериментах с созданием масок различной топологии. Основным элементом любой электронно-лучевой установки, предназначенной для выполнения операций экспонирования рисунков топологических слоев в технологическом процессе электронной литографии, является электронно-оптическая система. Именно с ее помощью формируется пучок заряженных частиц с программно осуществляемыми изменениями его технологических параметров. Совмещение рисунка топологии на соседних полях в пределах одного технологического слоя обеспечивается прецизионной измерительной системой на основе лазерного интерферометра. Дизайн топологии микроструктур должен разрабатываться таким образом, чтобы элементы схемы с критическими размерами не попадали на границы полей.

2 Основные параметры системы электронной литографии

В 2010 году в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН запущена в эксплуатацию система электронно-лучевой литографии Raith e_LiNE для изготовления структур субмикронных размеров. Система электронной литографии объединяет в себе сканирующий электронный микроскоп (произведенный компанией Carl Zeiss с использованием колонны для формирования электронного пучка Gemini) и систему электронной литографии производства Raith (состоящей из лазерной интерферометрической платформы и цифро-аналогового преобразователя для управления отклонением электронного луча). Система электронной литографии Raith e_LiNE может использоваться как для исследования топографии и электронных свойств микро- и нанообъектов, так и для создания объектов с предельными размерами ~20 нм в режиме прямой литографии и в режиме создания фотошаблонов.

Размер электронного пучка составляет 2 нм для ускоряющего напряжения 20 кВ; минимальный размер структуры для резиста с ультравысоким разрешением HSQ составил 20 нм; ток катода 5 пА - 20 нА; ускоряющее напряжение 100 В - 30 кВ; совместимость с форматами GDSII, DXF, CIF, ASCII, BMP.

3 Используемое оборудование и материалы

Для выполнения исследования используется следующее оборудование:

1. Система электронной литографии e_LiNE производства компании Raith.
2. Пластины маскированные для фотошаблонов на основе щелочного стекла размером 102 x 102 мм.
3. Электронрезист Shipley SAL-601 негативный или аналог.
4. Электронрезист Shipley UV5 DUV позитивный или аналог.
5. Центрифуга для нанесения пленки электронрезиста.
6. Электрошкаф сушильный с поддерживаемой температурой до 130°C (для электронрезистов в пп.3,4).
7. Раствор для проявления пленки электронрезиста на основе тетраметиламмония гидроксид пентагидрата (для электронрезистов в пп.3,4).
8. Раствор для травления хрома на основе аммоний церий(IV) нитрата.
9. Установка для сухого травления в кислородной плазме.

4 Методика изготовления фотошаблона

Для изготовления фотошаблонов используются два основных типа резиста – позитивный и негативный. В позитивном резисте экспонированные участки удаляются при обработке; для негативного резиста в соответствующих проявителях удаляются те участки, которые не были экспонированы. Выбор резиста зависит от ряда факторов – назначение фотошаблона, характерный размер деталей, адгезия, защитные свойства резиста.

Перед нанесением пленки резиста требуется первичная обработка подложки (которая может включать в себя специфические требования производителей резиста) для улучшения адгезии и исключения попадания проявителя в пространство между резистом и подложкой.

Электронрезист Shipley SAL601 Область применения: электронная литография. Негативный резист. В работе использовался для создания фотошаблонов. Процедура использования:

1. Очистка подложки: ацетон, изопропанол
2. Нанесение резиста SAL601 4000 об/мин, 1 мин
3. Задубливание, печь, 90°C, 30 мин

4. Экспонирование: 30 кВ, $3 \cdot 10^{-6}$ Кл/см²
5. Задубливание, печь, 110°C, 20 мин
6. Проявление MF322, 9 мин
7. Промывка H₂O. Сушка
8. Плазма O₂, 50 Вт/248 см², 30 сек
9. Травление Cr жидкостное 1-2 мин
10. Плазма O₂, 250 Вт/248 см², 2 мин

Shipley UV5 DUV Область применения: электронная и УФ литография. Позитивный резист. В работе использовался для создания фотошаблонов. Процедура использования:

1. Очистка подложки: ацетон, изопропанол
2. Нанесение резиста UV5 4000 об/мин, 1 мин
3. Задубливание, печь, 130°C, 30 мин
4. Экспонирование: 30 кВ, $9 \cdot 10^{-6}$ Кл/см²
5. Задубливание, печь, 130°C, 20 мин
6. Проявление MF322, 2-3 мин
7. Промывка H₂O. Сушка
8. Плазма O₂, 50 Вт/248 см², 30 сек
9. Травление Cr жидкостное 1-2 мин
10. Плазма O₂, 250 Вт/248 см², 2 мин

5 Контроль качества

Контроль качества изготовленного фотошаблона осуществляется визуально при помощи оптического микроскопа (совмещение на границах полей, контроль ухода размеров). Контролируемые параметры зависят от топологии рисунка фотошаблона.

6 Требования по технике безопасности

Измерения выполняется лаборантом, прошедшим проверку знаний по технике безопасности, в т.ч. по правилам безопасности при работе в физической лаборатории, пожарной безопасности и промышленной санитарии и сдавшим экзамен на право допуска к самостоятельной работе на используемых в методике установках.

Электробезопасность при работе с электроустановками соблюдается по ГОСТ 12.1.019-79.

Помещение лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Исполнители должны быть проинструктированы о мерах безопасности при работе с технологическим оборудованием, с системой электронно-лучевой литографии, техникой безопасности при работе в чистом помещении.

7 Литература

Правила техники электробезопасности.

Инструкция по эксплуатации системы электронно-лучевой литографии RAITH e_LiNE.