

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.382.049

Рымко
Вячеслав Михайлович

Формирование микроизображений методом бесшаблонной
иммерсионной литографии

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности I-41 80 03 нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель
Черных Александр Георгиевич
кандидат технических наук, доцент
кафедры микро- и наноэлектроники

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в микроэлектронной промышленности практически полностью определялся темпами развития литографии. Основным параметром, характеризующий совершенство и качество фотолитографии - это воспроизводимое и стабильно получаемое разрешение, или минимальный размер элемента.

Основное направление идет в сторону уменьшения длины волны источника излучения, что и является главным фактором, влияющим на скорость разработки и внедрения новых источников электромагнитного излучения, а также созданием оптических систем из новых прозрачных для короткого ультрафиолетового (КУФ) излучения материалов. Однако высокая стоимость новых источников излучения затрудняет их внедрение в промышленность, поэтому необходимо рассмотреть другие технологии, которые можно использовать уже сейчас.

Одним из методов является иммерсионная фотолитография. Суть иммерсионной фотолитографии состоит в том, что, так как длина волны света в воде меньше, чем в воздухе, экспонирование в воде позволяет увеличить разрешающую способность генераторов на 30-40%, ввиду увеличения показателя преломления, равного 1 для воздуха, до 1.343 для воды.

Так для экспонирующего излучения 351 нм эффективная длина волны в воде уменьшается до 261 нм. Это, в свою очередь, позволяет использовать существующий техпроцесс экспонирования для длины волны 351 нм, немного его изменив, что является значительно более дешёвым методом, нежели использование источников излучения меньшей длины волны.

На сегодняшний день метод иммерсионной литографии реализован только на степперах. По имеющимся данным установки лазерной бесшаблонной иммерсионной фотолитографии не выпускаются.

В магистерской диссертации будет рассмотрен метод иммерсионной фотолитографии, а также влияние иммерсионной жидкости на профиль структуры фоторезиста. Изучено влияние иммерсионной жидкости на фоторезист в зависимости от времени. Также будет рассмотрена технология получения образцов и маршрут их получения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации. Развитие микро- и наноэлектроники напрямую связано с уменьшением топологических норм при изготовлении микросхем. Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена необходимостью поиска относительно дешёвых методов формирования микроизображений, применимых как при серийном, так и при штучном производстве.

Цель и задачи исследования. Изучение формирования микроизображений методом иммерсионной фотолитографии.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Анализ современных методов формирования микроизображений.
2. Изучить методы бесшаблонной иммерсионной фотолитографии.
3. Изучить влияние среды на фоторезист при иммерсионном экспонировании.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является метод иммерсионной фотолитографии. Предметом влияния воды на фоторезист при иммерсионном экспонировании.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики.

Работа выполнялась в рамках задания 1 ГНТП «ОПТИЭЛ» «Разработать и освоить в производстве лазерную оптико-иммерсионную систему для формирования микро- и наноструктур».

Разработанная лазерная оптико-иммерсионная система встроена в состав лазерного генератора изображений ЭМ-5299-1 и обеспечивает при длине волны 351 нм получение минимального размера 250 нм.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Методика провидения совмещения.
2. Методика провидения фокусировки.
3. Отработка режимов проявления и экспонирования фоторезиста при иммерсионной литографии.

Личный вклад соискателя. Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Аналитическое исследование современных методов фотолитографии проводилось соискателем лично. Во время работы над диссертацией соискателем были исследованы зависимость поглощения фоторезистом воды от времени.

Разработка технической карты процесса иммерсионного экспонирования проводилась совместно с научным руководителем кандидатом технических наук Черных А. Г.

Апробация результатов диссертации. Основные теоретические результаты и законченные этапы диссертационной работы, а также результаты прикладных исследований были доложены на XXIV международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» ГрГУ, 2016.

Публикации. Основные положения работы и результаты диссертации изложены в опубликованной работе, представленной в материалах международной научно-практической конференции.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трёх глав, заключения и списка использованных источников, включающего 30 наименований. Общий объем диссертации составляет 63 страницы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы поиска фотокатализаторов для разложения воды под действием света, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** приводится аналитическое исследование современных методов формирования микро- и наноизображений. В ходе дальнейших исследований установлено, что наиболее перспективным методом получения микроизображений является метод иммерсионной фотолитографии.

Во **второй главе** рассмотрены предпосылки развития иммерсионной фотолитографии, генераторы изображений для бесшаблонной фотолитографии. Предложена оптико-иммерсионная система с многоканальным генератором изображений. Рассмотрены системы совмещения и фокусировки для метода иммерсионного экспонирования.

В **третьей главе** предложена технология иммерсионного экспонирования. Представлены результаты влияния среды на фоторезист. Доказана применимость фоторезиста для сухого экспонирования также к иммерсионному методу. Получены образцы изготовленные методом иммерсионной литографии. Представлена технологическая карта процесса иммерсионного экспонирования.

В **выводах** кратко изложены основные результаты магистерской диссертации, приведены результаты экспериментов по получению микроизображений методом иммерсионной литографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения аналитических исследований было определено влияние иммерсионной жидкости (воды) на фоторезист.

Было установлено, что метод иммерсионной фотолитографии является на сегодняшний день наиболее перспективным. Была проведена оценка технологии бесшаблонной иммерсионной литографии.

Показана перспективность применения в многолучевых генераторах изображений иммерсионного метода фотолитографии, когда экспонируемая пластина помещается в иммерсионную жидкость.

Разработана структурная схема функционирования лазерной оптико-иммерсионной системы при встраивании ее в многоканальный растровый генератор изображения ЭМ-5299-1. Выбрана система иммерсионного экспонирования при полном погружении пластины в иммерсионную жидкость (воду).

Проведено исследование изменения морфологии поверхности фоторезиста под воздействием воды. Были получены изображения поверхности фоторезиста до и после взаимодействия с водой.

Построен график поглощения воды фоторезистом, в зависимости от времени. Установлено, что поглощение воды имеет линейную зависимость от квадрата времени. Это можно рассматривать как хорошее согласование с законом Фика на начальной этап, в течение 5 часов.

Было проведено 3 контрольных осмотра пластин с фоторезистом, на промежутках времени 5, 9 и 12 часов нахождения их в воде, с помощью оптического микроскопа. Установлено, что фоторезист начинает отслаиваться, после 9 часов, что приводит к ухудшению качества рисунка.

На практике, время экспонирования фотошаблона или пластины на многолучевом генераторе изображений не превышает 3-4 часов. Следовательно, данный фоторезист отлично подходит для нужд бесшаблонной иммерсионной фотолитографии.

Получены образцы тестовых структур с помощью иммерсионной литографии. Установлено что максимально возможное разрешение при использовании установки находящейся в лаборатории университета составляет 250 нм.

Исходя из результатов представленных исследований можно говорить о применимости фоторезиста SP-1805 для иммерсионного метода экспонирования.

Результаты исследований были использованы при создании технологической карты процесса иммерсионного экспонирования.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. В. М. Рымко, В. И. Саратокина Влияние среды на фоторезист при иммерсионном экспонировании / Материалы XXIV Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» ГрГУ, 2016

Библиотека БГУИР