

Позитивные фоторезисты и способы их нанесения

К. Н. Ухов^{1}, Е. Г. Бобылева¹*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: uhovkvn@mail.ru

Аннотация. В данной статье проводится анализ позитивных фоторезистов, а именно их характеристик и способов нанесения. Главная цель статьи – это поиск новых способов нанесения позитивных резистов, определение наиболее распространенного способа нанесения, определение экономически выгодных способов, а также установить актуальность применения позитивных фоторезистов. Рассмотрены сильные и слабые стороны каждого из способов нанесения позитивных фоторезистов. В ходе анализа позитивных фоторезистов обосновано их широкое применение в отличие от негативных фоторезистов, а также приведена их сравнительная характеристика, плюсы и минусы каждого. Данная тема в первую очередь актуальна для микроэлектроники и оптического приборостроения.

Ключевые слова: фоторезист, фотолитография, нанесение

Positive photoresists and methods of their application

K. N. Uhov^{1}, E. G. Bobileva¹*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: uhovkvn@mail.ru

Abstract. This article analyzes positive photoresists, namely their characteristics and methods of application. The main purpose of the article is to search for new ways of applying positive resists, to determine the most common method of application, to determine cost-effective methods, as well as to establish the relevance of the use of positive photoresists. The strengths and weaknesses of each of the methods of applying positive photoresists are considered. During the analysis of positive photoresists, their widespread use in contrast to negative photoresists is justified, and their comparative characteristics, pros and cons of each are given. This topic is primarily relevant for microelectronics and optical instrumentation.

Keywords: photoresist, photolithography, application

Введение

Фоторезист представляет собой светочувствительный материал. Он используется для получения конкретного рисунка на поверхности материала с помощью фотолитографии. Фоторезисты по принципу своей работы делятся на 2 вида: позитивные и негативные. Фотолитография – один из методов получения конкретного рисунка на поверхности материала, широко используемый в микроэлектронике и других видах микротехнологий, а также в производстве шкал и сеток. Один из основных приёмов планарной технологии, используемой в производстве полупроводниковых приборов. Актуальность данной темы заключается в определении наиболее перспективных методов нанесения резистных покрытий, которые смогут улучшить такие показатели как: разрешающая способность резиста,

толщина пленки резиста, выход годных изделий. Цель планируемой работы – определение положительных и отрицательных свойств различных методов нанесения резиста и их перспективы, поиск новых методов нанесения резиста [1 – 14].

Методы и материалы

Первоначально необходимо определить существующие способы нанесения фоторезистов. При обращении к литературе по микрофотографии выделены следующие способы нанесения: окунание, центрифугирование, нанесение валиком, аэрозольное напыление. После выделения основных способов следует приступить к поиску новых способов либо же к модернизации существующих [15 – 20].

Результаты

В ходе анализа позитивных фоторезистов обосновано их широкое применение. К плюсам позитивных резистов относится высокая разрешающая способность, которая позволяет применять иконтактный способ печати, и проекционный способ. Также позитивные фоторезисты позволяют использовать водорастворимые проявители при их обработке.

К недостаткам позитивных резистов относится высокая стоимость, меньшая чувствительность, чем у негативных резистов.

Главным недостатком негативных резистов, являющийся причиной перехода многих фирм на использование позитивных фоторезистов – это его недостаточная разрешающая способность относительно позитивного. Также, из-за чувствительности негативных резистов к кислороду для их обработки требуются специальные условия. Для проведения процесса фотофотографии с негативными резистами необходимо создать вакуум, либо проводить процесс в азотной среде.

Сравнительная характеристика способов нанесения представлена в табл. 1.

Таблица 1

Плюсы и минусы способов нанесения

| Способ нанесения фоторезиста | Положительные свойства | Недостатки способа |
|------------------------------|--|--|
| Окунание | Простота процесса, низкая стоимость | Низкая однородность пленки, высокая толщина пленки |
| Нанесение валиком | Простота процесса, низкая стоимость, экономия материала | Низкая однородность пленки, низкая чистота поверхности |
| Центрифугирование | Высокая однородность пленки, регулируемая толщина пленки | Дорогостоящий способ, низкое использование материала |
| Аэрозольное напыление | Экономия материала | Низкая однородность пленки |
| Испарение в вакууме | – | Невозможность напыления фоторезистов из-за их сшивания при нагреве |

Из всех способов нанесения резистов (окувание, центрифугирование, аэрозольное распыление, нанесение валиком) доминирует центрифугирование как наиболее динамичный способ, дающий наиболее однородные пленки и обеспечивающий равномерность пленки по толщине в пределах ± 10 нм. Выбор растворителей и/или добавок для фоторезистов с целью уменьшения лучевого разбега и исключения разделения фаз в пленке очень важен для высококачественных резистов, используемых для оптического экспонирования.

Можно отметить, что методы нанесения аэрозольным спреем и валиком также используются, но эти методы дают худшую однородность покрытий. Но преимуществом этих методов перед центрифугированием является большая экономия материала при использовании.

С экономической точки зрения центрифугирование – очень дорогостоящий способ нанесения покрытий. Из 10 мл нанесенного резиста (2,5 гр сухого вещества) только 1 мг остается на пластине в виде пленки, потери же резиста составляют свыше 99,9 %.

Вакуумному испарению фоторезиста тяжело конкурировать с другими методами нанесения. Большинство резистов при нагревании «сшиваются», что препятствует дальнейшему испарению.

Заключение

В качестве вывода можно выделить, что на данный момент способ нанесения центрифугированием дает покрытия с самой однородной пленкой. Для увеличения разрешающей способности резистных покрытий необходимо уменьшать толщину пленки. Но с уменьшением толщины пленки возрастает количество дефектов покрытия. Повышение надежности и увеличение выхода годных будут связаны с дальнейшим уменьшением количества проколов в пленках, повышением чистоты поверхности приборов, возможностью точного управления условиями технологической среды. Разработка методов контроля толщины, статических и динамических методов определения окончания травления неопределима как для отладки технологического процесса, так и для оперативного контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аваев, Н. А. Основы микроэлектроники / Аваев Н. А., Наумов Ю. Е., Фролкин В. Т. – М.: Радио и связь, 1991. – 288с. – 70 000 экз. – ISBN 5-256-00692-4 - Текст : непосредственный.
2. Щука, А. А. Электроника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 752 с. – ISBN 978-5-9775-0160-6.
3. Колесов, Л. Н. Введение в инженерную микроэлектронику. – М.: Советское радио, 1974. – 280 с. – 20 000 экз.
4. Моро У. МикролитогRAFия. В 2 ч. / У. Моро. М. : Мир, 1990. 1239 с.
5. Кручинин, Д. Ю. Использование обратной фотолитографии для формирования топологии на призмах / Д. Ю. Кручинин, О. Б. Яковлев // «Прикладная оптика – 2010». В 3 т. Т. 2. Оптические технологии и материалы. СПб. : ООР, 2010. С. 172–173.
6. Ведерников, В. М. Лазерная технология изготовления круговых шкал и кодовых дисков / Ведерников В. М. [и др.]. Новосибирск, 1986. 39 с.

7. Лавринцев, В. П. Введение в фотолитографию / под ред. В. П. Лавринцева. М. : Энергия, 1977. 400 с.
8. Френель, О. Избранные труды по оптике / О. Френель; пер. с англ. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 608 с.
9. Полещук, А. Г. Изготовление элементов дифракционной оптики с помощью полутонной и растровой технологий / А. Г. Полещук // Автометрия. – 1991. – № 3. – С. 66–76.
10. Федотов, А. Я. "Фотолитография и оптика" /Федотов, А. Я., Поль Г. М.: "Советское радио", 1974 – 391 с.
11. Физика субмикронной литографии. / Валиев К. А. // М.: Наука, 1990. – 528с.
12. Россоленко, А. Н. Литографии в микроэлектронике/ А. Н. Россоленко, Т. Е. Голикова, В. Н. Зверев
13. Сойфер, В. А. Методы компьютерной оптики / Сойфер В. А. // М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2003.
14. Волков, А. В. Методы формирования микрорельефа для синтеза дифракционных оптических элементов / А. В. Волков // Вестник СГТУ, Физ.-мат. науки, 1999, выпуск 7, 127– 140с.
15. Сойфер, В. А. Оптические преобразования / В. А.Сойфер // СГАУ Самара – 2007, 18- 19с.
16. Миронов, В. Л Основы сканирующей зондовой микроскопии / В. Л. Миронов – 2004.
17. Волков, А. В. Формирование микрорельефа ДОО с использованием достижений микроэлектроники / А. В. Волков, Р. В. Скиданов // СГАУ, институт систем обработки изображений РАН, 66с.
18. Корольков, В. П. Полутонные фотошаблоны на основе DLW-стекол / Корольков, В. П, Малышев А. И., Никитин В. Г., Полещук А. Г., и др. // Автометрия. 1998. № 6. С.27-37.
19. Каледин, Б. Ф. Производство оптико-электронных приборов. /Каледин Б. Ф. Мальцев М. Д., Скороходов А. И. - М.: Машиностроение, 1981. 98 с
20. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники. М.: Высш. школа, 1983. 384 с.

© Е. Г. Бобылева, К. Н. Ухов, 2022