

УДК 621.3.649.77+66.022.373+678.745.2

И.И.Глоба, Н.Р.Прокопчук
(БГТУ, г.Минск)

ПОЗИТИВНО-НЕГАТИВНЫЕ ФОТОРЕЗИСТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ЛИТОГРАФИИ

В современной технологии микроэлектроники широко используют позитивные фоторезисты, светочувствительной компонентой которых являются о-нафтохинондиазиды. Это связано с оптимальным сочетанием в них высокой чувствительности к экспонирующему излучению с хорошей разрешающей способностью и устойчивостью при жидкостном и плазменном травлении технологических слоев. Значительным преимуществом позитивных резистов по сравнению с негативными является также использование сравнительно малотоксичных воднощелочных проявителей.

Однако, на практике часто ряд фотолитографических операций (например, вскрытие контактных окон) выгоднее осуществлять при использовании негативных фоторезистов, хотя последние, как правило, уступают позитивным фоторезистам по своей разрешающей способности. Отсутствие равноценных негативных резистов обусловило появление так называемой инверсной фотолитографии, благодаря которой негативное (инвертированное) изображение получается на позитивных фоторезистах.

Важным преимуществом технологии инвертирования изображения является возможность управления формой профиля проявленного рельефа, обеспечения точного воспроизведения заданных размеров в проявленном рельефе и прямоугольной формы профиля. По инверсной технологии, можно достаточно легко, при необходимости, например, при реализации взрывной литографии, получить и отрицательный клин проявления. Существенным преимуществом инверсной технологии фотолитографии является, несомненно, и возможность сокращения ассортимента фоторезистов, особенно закупаемых по импорту.

Инверсное изображение на позитивных фоторезистах, состоящих, как правило, из пленкообразующего компонента (фенолформальдегидной смолы) и диазохинонового светочувствительного компонента (эфира нафтохинондиазосульфокислоты), может быть получено путем экспонирования через шаблон, термообработки при 120-130 °С и проявления. Известны позитивные фоторезисты, в которых негативное изображение может быть получено после повторного экспонирования пленки фоторезиста по всему полю без шаблона. Однако разрешающая способность фоторези-

ста, достигаемая при этом, невысокая, процесс инвертирования критичен вследствие слабой дифференциации растворимости экспонированных и неэкспонированных участков изображения. Толщина получаемых резистивных масок составляет 0,05-0,6 мкм, что в значительной мере ограничивает возможности их использования.

Данная работа направлена на разработку высокотехнологичного позитивно-негативного фоторезиста, позволяющего в широких пределах варьировать толщину фоторезистивных масок, не требующего дополнительного технологического оборудования и дающего возможность управлять, при необходимости, формой профиля проявленного рельефа, а также термостойкость получаемых фоторезистивных масок. Инверсные светочувствительные композиции получали добавлением инвертирующих добавок в промышленные позитивные фоторезисты (ФП-051Ш, ФП-051Т, ФП-051МК, ФП-25 и др.) и светочувствительные композиции на основе полиамидокислотных связующих и нафтохинондиазидов. Установлено, что наиболее выраженный инвертирующий эффект вызывает добавление в светочувствительные композиции 0,15-0,9 мас.% 1,2,3-бензотриазола.

Можно предположить, что формирование инверсного рельефа в позитивных светочувствительных материалах, как промышленных фоторезистах, так и полиимидных композициях, при добавлении 1,2,3-бензотриазола протекает через стадию образования активного состояния при экспонировании УФ-излучением и термически нестойкого промежуточного соединения с хинондиазидным компонентом фоторезиста, продукты разложения которого взаимодействуют при термообработке с полимерным связующим фоторезистов с образованием труднорастворимых продуктов. Выбор количества добавляемой инвертирующей добавки обусловлен тем, что при снижении количества 1,2,3-бензотриазола ниже 0,15 мас.% инверсия изображения ухудшается, снижается воспроизводимость литографического процесса. Содержание инвертирующей добавки, превышающее 0,9 мас.%, приводит к резкому возрастанию дефектности получаемых негативных масок, появлению проколов, обусловленных, вероятно, растворением избыточной инвертирующей добавки, не прореагировавшей при второй термообработке, при проявлении или образованием легкорастворимых продуктов взаимодействия в процессе введения избыточного количества бензотриазола.

Выбрана оптимальная последовательность технологических операций - нанесение и сушка фоторезистивной инверсной композиции, экспонирование через фотошаблон, вторая термообработка, экспонирование без фотошаблона, проявление в водощелочном проявителе - и оптимальные режимы их проведения для различных типов композиций. Проведены исследования по использованию полученных инверсных фоторезистов в

процессах взрывной фотолитографии, установлено, что их применение позволяет формировать металлизацию толщиной 0,5 - 2,0 мкм и повысить выход годных на операции фотолитографии с 82,0 до 95,0 - 97,5%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

УДК 541.664

Д.Н.Свирский
(ВГТУ, г. Витебск)

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЙ ФОТОПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ КОМПАКТНОЙ СИСТЕМЫ RAPID PROTOTYPING

В настоящее время во всех промышленно развитых странах при разработке и производстве новой продукции широко используются технологии и оборудование «быстрого прототипирования» (rapid prototyping), позволяющие в кратчайшие сроки с заданной точностью автоматически воссоздать в конструкционном материале образ спроектированного изделия сколь угодно сложной формы. Однако подобное оборудование, в частности основанное на методе стереолитографии – управляемого избирательного отверждения фотополимерного материала под действием лазерного излучения УФ-диапазона, стоит несколько сот тысяч долларов, что делает его приобретение нереальным для подавляющего большинства отечественных производителей. Следует также отметить, что цена килограмма сырья (фотоактивного полимера) составляет не менее 100 долларов.

Между тем сотрудниками Витебского государственного технологического университета разработана оригинальная версия RP-технологии [1, 2], основанная на методологических принципах послойного синтеза и компактности (ресурсонеизбыточности), что делает ее весьма конкурентоспособной и привлекательной для средних и малых промышленных предприятий. Базовые физико-технологические решения описаны в десятке изобретений, в частности [3, 4]. Разработанная технологическая схема, включающая нанесение фотополимерной композиции на гибкую ленту, позволяет использовать составы повышенной вязкости и, следовательно, более реакционно способные. Появляется также возможность высокой степени наполнения жидкой фотополимерной композиции различными порошковыми материалами.

В работах [5 – 7] в той или иной степени детально изложены результаты экспериментального исследования режимов технологического про-