



Окрашивание фоторезистов

Большинство фоторезистов содержат красители, которые не имеют функционального значения в формировании изображения в процессе фотолитографии. Единственным исключением может быть использование окраски для сдвига диапазона светочувствительности фотополимера или вспомогательное окрашивание фоточувствительных систем. И еще, цвет и изменение цвета могут сыграть полезную роль в процессе изготовления печатной платы.

Карл Дейтс

Цвет фоторезиста как визуальное средство оценки процесса изготовления печатных плат

Красители использовались в композициях фоторезистов для того, чтобы помочь человеческому глазу определять состояние резиста, для лучшего визуального контроля однородности и укрупненности подложки жидкими фоторезистами, для облегчения выравнивания сухих пленочных резистов на заготовке в процессе ламинирования, для визуализации изображения («явная картинка») на скрытом полимеризованном рисунке для визуального контроля совмещения изображения, а также для того, чтобы иметь хороший визуальный контраст проявленного рисунка (контраст к меди).

Прежде жидкие смеси заранее окрашивались или погружались в раствор красителя после нанесения защитного покрытия. Глубина цвета была индикатором распределения толщины защитного рельефа. Дефекты рельефа, такие как проколы, определялись в этом случае лучше. Функция цвета была не так важна при использовании сухих пленочных фоторезистов, хотя цвет помогал судить о правильности распределения масочного слоя на плате. Окрашивание методом погружения возродилось в недавно представленном немецкой компанией Atotech процессе прямого лазерного формирования изображения для прецизионных печатных плат. Нечувствительный к свету органический кислотостойкий масочный слой методом погружения наносится на металлизированную поверхность платы и сквозные отверстия, после чего также методом погружения окрашивается для контраста с медью, а затем просушивается. Потом формируется рисунок путем выжигания покрытия лазером. После щелочного травления масочное покрытие снимается в слабой кислоте.

Ранее использовалось множество цветов фоторезистов, но наиболее популярными стали голубой и зеленые оттенки. Они воспринимаются наиболее контрастно по отношению к розоватому цвету медной поверхности. Розово-желтый цвет меди и голубовато-зеленый оттенок масочного слоя близки

к паре цветов, называемых комплиментарными, то есть воспринимаемых человеком наиболее контрастно. Типичные красители принадлежат к семейству триарилметановых пигментов.

После экспонирования масочный слой имеет скрытую картину полимеризованных и неполимеризованных областей без визуального контраста, если раствор не содержит красителей. Визуальный контраст проявленных областей полезен для производства при проверке совмещения рисунка с базовыми отверстиями или отверстий с проводниками. Если подверженный обработке масочный слой имеет более насыщенный цвет, то его можно отнести к «явной картинке». И наоборот, если проявленный цвет светлый, то он называется «неявной картинкой». Если кто-нибудь действительно хочет углубиться в данную тему, я бы порекомендовал книгу Яромира Козара по светочувствительным системам [1], которая содержит главу по фотохимическому образованию и разрушению красителей.

Типичным носителем цвета или исходного цвета является пигмент лейко (белый) из семейства триарилметановых пигментов. Лейко может быть бледным, бесцветным составом, который окисляется в процессе обработки и образует цвет (например, лейко кристалльно-фиалковый и лейко малахитово-зеленый [2]). Триарилметил лейко нитриллы преобразовываются в различные цветные подвиды под воздействием ультрафиолетового излучения. Также существуют цветные исходники лейко, которые преобразуются в цвет под воздействием кислоты — лактоновые производные от триарилметановых пигментов.

Для образования «явной картинки» необходимо, чтобы пигмент или исходный пигмент был химически изменен во время обработки на бесцветные изотопы. Пример такого химического воздействия найден в близкой к изготовлению фотошаблонов технологии диазо: устойчивая диазонная соль, часть исходного состава, теряет диазонную группу (N₂) во время экспозиции для формирования производной фенола, которая не поддается соединению со связующей молекулой, и формирует азокраситель в аммиачном растворе.

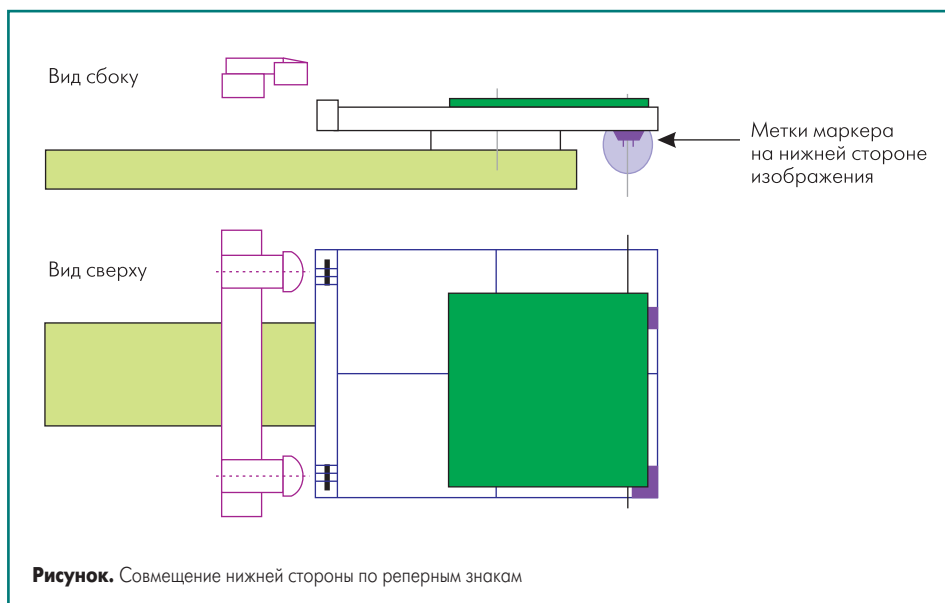


Рисунок. Совмещение нижней стороны по реперным знакам

Оба подхода с «явным» и «невным» изображениями были предложены для промышленных целей, но «явная картинка» распространена больше. Тем не менее, «невная картинка», возможно, имеет преимущества в разрешении или минимизации возможной проблемы в некоторых приложениях: иногда окрашенный, подверженный воздействию масочный слой оставляет нежелательные пятна после очистки подложки.

Важно, чтобы цвета и пигменты имели низкие абсорбционные окна в области 35–410 нм, чтобы малая часть энергии излучения не участвовала в процессе фотоинициации радикальной полимеризации [3].

Некоторые цвета действительно помогают вызвать полимеризацию [4]. В цветоактивированных системах цвета могут влиять на процесс переноса электрона, обычно электрон переносится с активизатора на фотозвужденный цвет. Однако эти системы, как правило, не используются в фоторезистах, так как срок их жизни недостаточен.

Цвет фоторезиста и системы автоматического воздействия

Системы автоматического экспонирования, которые для совмещения используют CCD-камеры, настраиваются по минимуму прозрачности окон в окрашенных фоторезистах, чтобы облегчить процесс совмещения. Таким образом, встает вопрос, какой же переизбыток цвета в фоторезистах можно допустить для процесса экспонирования. Желтый (неактиничный) свет освещает покрытую защитной маской плату снизу, просвечивает через базовые отверстия и воспринимается CCD-камерами на другой стороне платы как световой сигнал, контрастируя с темными сплошными областями платы. Теоретически, существует верхний предел цветовой плотности масочного слоя, после которого света, попадающего на CCD-камеру, оказывается недостаточно. Тем не менее, источник света имеет собственную автоматическую настройку яркости во время настройки программы для оптимизации контраста, а CCD доста-

точно чувствительны, чтобы не иметь проблем с цветовой плотностью типичных промышленных фоторезистов. Зеленоватые фоторезисты передают больше желтого света, чем голубоватые, следовательно, дают больший контраст CCD-камерам.

Цвет фоторезиста и автоматическая оптическая инспекция

Некоторые производители плат предпочитают контролировать проявленное изображение заготовки платы до травления. Эта процедура позволяет легко выявить дефекты разводки, возникшие в результате обработки. Этот контроль может быть полезным в режиме поиска дефектов, и цвет рисунка становится предметом исследований. В этом случае необходимо различать АОИ отражательного типа и (лазерного) флуоресцентного типа АОИ.

Что касается голубых и зеленых [5] сухих пленок, которые поглощают волны длиной 660 нм, то они работают нормально. Фильтр, использующийся в АОИ, — оранжевый, поэтому рисунок кажется машине черным, в то время как медь — яркой. Фоторезисты красного цвета в наши дни являются редким подвидом, так как их сложнее тестировать; однако они могут использоваться с зеленым фильтром в АОИ. Одно из преимуществ их применения заключается в проверке травленной платы и ее покрытия. Если поверхность маски глянцевая, то контраст ухудшается. Это происходит из-за того, что блики от масочного покрытия генерируют более сильный сигнал, чем блики от меди. Очевидно, матовая поверхность рисунка будет создавать меньше проблем. Очень тонкие ма-

сочные покрытия также имеют преимущество, потому что более тонкие защитные слои поглощают меньше света, чем более толстые.

Что касается флуоресцентного типа АОИ [6], контроль рисунка на сплошных областях меди до травления не имеет описанных проблем. Флуоресценция возбуждается посредством 442 нм (He-Cd) лазера. Обычно контроль осуществляется после травления и очистки. Диэлектрик иногда имеет флуоресцентные усилители, выделяющие свечение в диапазоне 525–575 нм. Медь же будет отражать достаточно большую часть света в диапазоне 442 нм, и для того чтобы медь выглядела черной, детектор АОИ фильтрует эту длину волны. Для возможности контроля защитного рельефа на меди маска должна поглощать в области 442 нм волн и флуоресцировать в диапазоне 525–575 нм. Опыт показывает, что это реально.

Совмещение при формировании изображения

Для совмещения предпочтительно использовать бесштифтовую систему совмещения (система совмещения без базовых отверстий). Это достигается посредством использования «явной картинки» фоторезиста. Заготовка располагается на столе машины для экспонирования сверху (см. рис.).

Как только образовался вакуум, маркеры, находящиеся внутри стола, начинают передавать изображение цели на нижней стороне заготовки. CCD-камеры выравнивают заготовку на столе и совмещают с верхним фотошаблоном с помощью реверсивного привода. После переворота заготовки CCD-камеры обнаруживают реперные знаки на нижней стороне, совмещают их, после чего производится экспонирование.

Литература

1. Jaromir Kosar, Light Sensitive Systems. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc. 1965.
2. Radiation Curing: Science and Technology / S. Peter Pappas. N.Y.: Plenum Press. 1992.
3. P. Walker. Dry Film Resist Technology // Journal of Applied Photographic Engineering. Vol. 4. No. 1. Winter 1978.
4. Bruce M. Monroe and Gregory C. Weed Photoinitiators for Free-Radical-Initiated Photoimaging Systems // Chem. Rev. (American Chemical Society). 1993. 93.
5. Information: courtesy of David Birnbaum, Orbotech, Yavne, Israel.
6. Information: courtesy of Scott Doden, Orbotech, Santa Ana, CA.