

## ФОТОРЕЗИСТЫ ФИРМЫ ELGA EUROPE. ВЫБОР, ПРИМЕНЕНИЕ

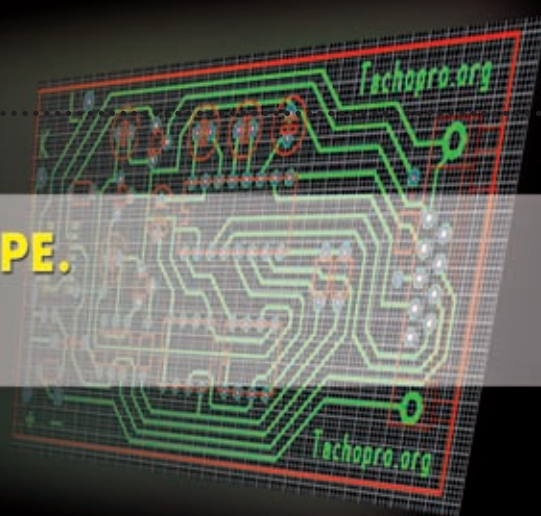
Компания Elga Europe, основанная в 1972 году, – всемирно известный поставщик продукции для фотопечати рисунка и защиты схемы, а также производитель сухих пленочных фоторезистов. Выпускаемые фирмой резисты применяют для формирования рисунка печатных плат перед последующей металлизацией (полуаддитивная технология) или перед травлением (изготовление слоев). Эти резисты с успехом используются для сквозного травления при изготовлении плоских профильных деталей.

Для создания рисунка типичных печатных плат рекомендуются следующие основные типы фоторезистов фирмы Elga: **ALPHA 300, ALPHA 800i, ALPHA 900, AR 200s, AM 100 серии Ordyl**. В дополнение к ним выпускаются серии резистов для специального применения: AF 200 E, U900 E, FP 300, BF 400, SY 300. Все фоторезисты имеют очень высокое разрешение (не менее 50 мкм проводник/зазор) и позволяют получить после экспонирования четкие отпечатки более темного цвета (фототропные фоторезисты). Разрешение фоторезиста зависит в основном от используемого при работе с резистом оборудования.

Все пять перечисленных основных типов резистов фирмы Elga удовлетворяют широкому диапазону требований заказчиков. При выборе резиста для заказчика учитываются следующие факторы: влажность и температура окружающей среды; топология рисунка; метод подготовки поверхности; требования высокой стойкости при нанесении финишных покрытий или при травлении внутренних слоев в щелочных растворах; тип применяемого оборудования (в первую очередь для операции снятия резиста). Резисты для изготовления стандартных печатных плат различаются по устойчивости к воздействию щелочных растворов, пластичности, методам удаления резиста (см. таблицу).

### ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ФОТОРЕЗИСТОВ

При хранении фоторезистов в помещениях без кондиционеров (высокие влажность и температура), чтобы избежать про-



К.Фавини, Elga Europe, Италия  
Н.Короткова, Петрокоммерц, Россия

блем, связанных с растеканием резиста по краям рулона и утончением резиста по краям отверстий печатной платы, рекомендуется применять более твердые резисты. Правда, в случае твердых резистов могут возникнуть трудности при ламинировании и при использовании тентинг-метода (тентинг-метод – формирование перед созданием рисунка всей требуемой толщины меди в отверстиях и на поверхности заготовки – предполагает длительное пребывание заготовки в гальванической ванне, т.е. резисты должны характеризоваться высокой адгезией к поверхности меди, что более свойственно пластичным резистам). Наиболее твердый резист, производимый компанией Elga Europe, – Alpha 800i.

Что касается оборудования для снятия резиста, то резист, распадающийся при удалении на мелкие частицы, можно обрабатывать на любых установках и в любых условиях. Однако применение резистов Alpha 300, AM 100 и AR 200S может вызвать проблемы с системой фильтрации циклонного типа из-за большого размера удаляемых частиц.

Дополнительных требований к установкам экспонирования нет, так как все предлагаемые резисты – высокочувствительные и могут применяться с лампами мощностью от 3 кВт.

Все резисты обладают высоким разрешением и позволяют получать высокую плотность элементов на печатной плате (HDI). Если требуется очень высокое разрешение (20 мкм), то используют специальные резисты, например FP300, а также соответствующее оборудование для экспонирования и проявления. Известно, что с уменьшением толщины резистов разрешение повышается.

Все перечисленные резисты имеют толщину 30, 40, 50 мкм. По требованию заказчика могут поставляться резисты толщиной 20 и 75 мкм. Для фоторезиста Alpha 300 стандартная толщина – 20, 30, 40, 50, 75 мкм. Минимальная толщина резиста – 15 мкм, максимальная – 100 мкм. Длина рулона составляет 150 – 300 м (для стандартного резиста) и 100 или 200 м (для резиста толщиной 75 мкм). Ширина рулона определяется требованиями заказчика (точность  $\pm 1$  мм).

### Свойства сухих фоторезистов фирмы Elga Europe

Области применения фоторезистов	Удаление (снятие) резиста		Тентинг и кислотное травление	Травление		Основные типы фоторезистов	Покрытие никель/золото	Химическое травление	
				Кислотное	Щелочное				
Фотоэкспонирование	$\alpha$ 800i**	$\alpha$ 800i	AM 100	AM 100	$\alpha$ 300	AM 100	$\alpha$ 300	AF 200 s	AR 200 s
	$\alpha$ 900	$\alpha$ 900	AR 200 s	AR 200 s	AM 100	AR 200 s	AM 100	AF 200 s	AR 200 s
	AR 200s	AR 200s	$\alpha$ 800i	$\alpha$ 900	AR 200 s	$\alpha$ 300	AR 200 s	$\alpha$ 900	$\alpha$ 900
	AM 100	AM 100	$\alpha$ 900	$\alpha$ 800i	$\alpha$ 800i	$\alpha$ 800i	–	$\alpha$ 900	$\alpha$ 900
	$\alpha$ 300	$\alpha$ 300	$\alpha$ 300	$\alpha$ 300	$\alpha$ 900	$\alpha$ 900	–	–	–
Прямое лазерное экспонирование (LDI)*	U 900						–	–	–
Ультравысокое разрешение < 20 мкм	FP 300		–	–	–	–	–	–	–
Спец. применения	BF 400		–	–	–	–	–	–	–
Микроэлектроника	SY 300		–	–	–	–	–	–	–

\* LDI – Laser Direct Imaging.

\*\* Резисты расположены по вертикали в соответствии с уменьшением значений основных параметров.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С СУХИМИ ПЛЕНОЧНЫМИ ФОТОРЕЗИСТАМИ

**Подготовка поверхности.** Химическая очистка с микро-травлением в кислотных растворах позволяет получить поверхность без деформаций, которые неизбежны при механической

подготовке на тонком ламинате. При этом с поверхности должен быть стравлен 1 мкм меди. Подготовленная поверхность сохраняет свойства около четырех часов. Важно помнить, что при химической подготовке поверхности повторное окисление происходит быстрее, чем при механической.

При тентинге и травлении резист наносится на металлизированную поверхность заготовки. Гальванически нанесенная медь очень чистая и не требует дополнительной химической очистки перед нанесением фоторезиста. Если оборудование для металлизации заготовок не обеспечивает требуемой чистоты, то проводится слабая очистка заготовки кислотой для удаления окислов. Металлизированная поверхность должна иметь гладкий и равномерный (высокая плоскостность) слой меди. На осажденном слое не должно быть пор. При наличии дендридов меди необходима дополнительная механическая зачистка.

При субтрактивном методе нанесения после химического осаждения меди с последующей затяжкой поверхность может быть подготовлена механическим или химическим способом. Максимальное время межоперационного хранения до операции нанесения фоторезиста составляет четыре часа. Если же время хранения больше, необходимо провести повторную подготовку поверхности.

Если производится прямая металлизация, резист наносят непосредственно на металлизированную поверхность сразу после того, как заготовка выйдет с линии. Поэтому многие производители размещают ламинатор максимально близко к линии прямой металлизации. Иногда после прямой металлизации дополнительной обработки следует избегать, чтобы не нарушить целостность металлизации в отверстиях, или когда микротравление уже является частью процесса прямой металлизации для удаления с поверхности частиц катализатора (графита, сульфида палладия). В противном случае медная поверхность будет очень гладкой и потребует специального сухого пленочного фоторезиста с очень хорошей адгезией.

**Нанесение фоторезиста.** Резист серии Ordyl можно использовать со всеми современными установками ламинирования. Нанесение фоторезиста – это технологическая операция, для которой чистота является существенным фактором. Заготовки, валик для нанесения фоторезиста и окружающая среда должны быть свободны от грязи и частиц пыли, которые могут привести к проколам в фоторезисте. Валики для ламинирования нужно периодически проверять и очищать с использованием изопропилового спирта, чтобы исключить повторяющиеся дефекты, которые возникают при нанесении фоторезиста на поверхность заготовки печатной платы (рис.1, 2).

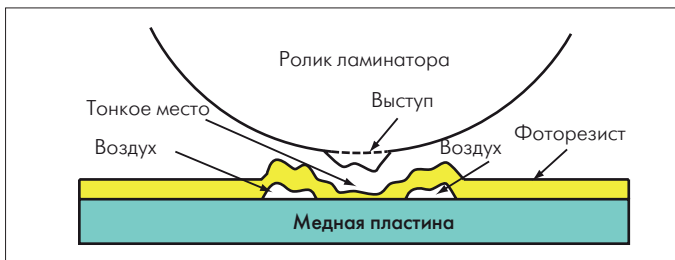


Рис.1. Дефект, вызванный выступом на валике

Процесс нанесения фоторезиста требует определенных условий. Чрезмерно высокая температура на валиках ламинатора или при подогреве заготовок может привести к сморщиванию резиста. Повышение температуры валика, подогрева и увеличение давления должны быть тщательно выверены, чтобы не произошло повреждения покрытия из-за того, что фоторезист будет затягиваться в сквозные отверстия. При тентинге может понадобиться уменьшение давления и температуры на валиках, чтобы покрытие на краях отверстий повреждалось меньше в результате затягивания фоторезиста в сквозные отверстия. Условия нанесения всегда должны соответствовать пластичности резиста.

Контроль температуры фоторезиста на заготовке на выходе из ламинатора – это метод, который применяется для проверки правильности нанесения фоторезиста. Температура платы на выходе зависит от ее толщины, конструкции ламинатора, наличия предварительного подогрева (pre-heater), температуры валиков, скорости нанесения резиста. Контроль температуры следует использовать для оценки качества, но не расценивать как техническое требование. Рекомендуемые температуры заготовок на выходе: внутренние слои 50–60°C, внешние слои 43–55°C, покрытые золотом 48–55°C. Температура заготовки на выходе контролируется термолентками.

Резист Ordyl может экспонироваться сразу же после нанесения, это не ухудшит его разрешение. Однако, так как размеры заготовки и фотошаблона меняются с изменением температуры, рекомендуется перед экспонированием охладить их до комнатной температуры. При конвейерной системе работы необходимо использовать накопитель, расположенный между ламинатором и установкой экспонирования, в котором заготовки охлаждаются до комнатной температуры. Максимальное время выдержки определяют эмпирически, так как оно будет варьироваться в зависимости от температуры и влажности в помещении, где хранятся заготовки, а также от типа (химического состава) фоторезиста. После операций металлизации сквозные отверстия перед ламинированием нужно хорошо высушить.

**Экспонирование.** Фоторезист Ordyl чувствителен в области от 300 до 450 нм, имеет максимальную чувствительность в ультрафиолетовой области на длине волны 350–380 нм. Для работы с таким резистом требуется неактивное желтое освещение в рабочем помещении.

Оптимальное время экспонирования определяют с помо-

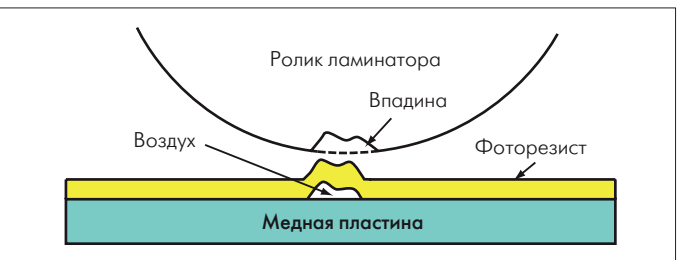


Рис.2. Дефект, вызванный впадиной на валике



щью ступенчатого клина Штоуффера. Существует линейная зависимость между проявлением ступеней клина Штоуффера и экспонированием. После проявления рекомендуется 7–8-я ступень по 21-ступенчатому клину, покрытая фоторезистом. При этом допускается частичное нарушение фоторезиста на ступени, но его остаток должен быть более 50%. Энергия экспонирования резиста Ordyl может варьироваться от 8 до 60 мДж/см<sup>2</sup>.

Увеличение энергии экспонирования приводит к увеличению полимеризации (что повышает устойчивость к дальнейшей химической обработке); увеличению времени проявления; уменьшению протравов при травлении; уменьшению коротких замыканий в процессах металлизации из-за нарушения фоторезиста в гальванических ваннах. Большая энергия экспонирования иногда приводит и к отрицательным последствиям: уменьшается разрешающая способность фоторезиста; увеличивается вероятность дефектов экспонирования (эффект расплывчатости, вуаль); возникают трудности с полным удалением фоторезиста. Проявление можно производить как сразу после экспонирования, так и через несколько дней (заготовки при этом следует хранить в темном месте). Интенсивность освещения при экспонировании должна быть выше 5 мВт/см<sup>2</sup>, чтобы получить требуемую энергию для засветки фоторезиста. Обычно новая УФ-лампа имеет интенсивность освещения около 18 мВт/см<sup>2</sup>. Чем больше

разрешение резиста, тем меньше ширина проводника при воздействии на него избыточной энергии экспонирования.

Процессы нанесения резиста и экспонирования очень чувствительны к загрязнениям. Посторонние частицы между резистом и медью (при нанесении резиста) понижают адгезию резиста и препятствуют его экспонированию. В результате могут появиться разрывы при травлении и короткие замыкания при электрохимической металлизации. Частицы размером 15 мкм и более, вызывающие дефекты, оседают на поверхность и не могут быть удалены общеобменной воздушной циркуляцией в рабочем помещении. Чтобы удалить эти частицы, требуется эффективная очистка помещения и оборудования, т.е. специальные «чистые» комнаты. Перед ламинированием и экспонированием для дополнительной очистки рекомендуется использовать адгезивные ролики для фотошаблонов и заготовок.

Для наиболее плотного соединения между фотошаблоном и поверхностью фоторезиста необходимы вакуумные рамы. Появление маленьких неподвижных интерференционных колец (колец Ньютона) на стекле рамки экспонирования – единственное доказательство прочного контакта между заготовкой, фотошаблоном и поверхностью вакуумной рамы. Рамы экспонирования стекло-стекло имеют более высокое разрешение и совмещение. Важно оптимизировать (подогнать) размер рамы и ее рабочую толщину с раз-

мером заготовки. Для рамок с фиксированными размерами пригодны маски-вкладыши для плат различных типоразмеров. Обычно толщина маски-вкладыша должна быть немного больше, чем заготовка, покрытая резистом.

**Проявление.** Условия проявления зависят от состава резиста и указаны в спецификации.

Общие условия проявления для резистов Ordyl следующие: давление проявителя 1,5–2,0 бар; температура проявителя 25–32°C; концентрация карбоната натрия 0,7–1,0%; концентрация карбоната калия 0,8–1,1%; брэк-поинт (break point – процентное отношение активной длины камеры, на которой удалился фоторезист, к общей длине камеры проявления) – 50–60%; давление распыления при промывке 1,5–2,0 бар; температура промывки 15–25°C; длина камеры промывки должна быть больше 0,5 длины камеры проявления.

Время проявления, требуемое для установления нужного брэк-поинта, зависит от состава раствора проявления. Время проявления уменьшается с увеличением концентрации проявителя, однако при высокой концентрации время может увеличиться. Для плат с тонкими проводниками рекомендуется более низкая концентрация. Время проявления уменьшается при повышении рабочей температуры раствора, но более высокая температура не всегда обеспечивает лучшие результаты. Время проявления зависит от типа и количества форсунок, давления распыления, расстояния между форсунками и заготовками, а также размера заготовок.

Вследствие увеличения насыщенности раствора проявления резистом увеличивается брэк-поинт, и это заставляет уменьшать скорость конвейера. При максимальной загрузке резиста в проявителе одним литром раствора можно обработать 0,2 м<sup>2</sup> резиста толщиной 40 мкм или 0,15 м<sup>2</sup> резиста толщиной 50 мкм. Замена насыщенного резистом раствора производится, когда величина pH будет ниже 10,2 или когда в проявителе загрузка резиста достигнет максимального объема. Насыщенность резистом раствора проявителя определяется подсчетом числа обработанных заготовок. Это общепринятая система в Европе. На каждые 0,2 м<sup>2</sup> проявленного резиста добавляется 1 л свежего раствора карбоната.

Промывку рекомендуется проводить в жесткой воде (150–300 ppm карбоната кальция или 3–6 мг-экв./л). Давление воды в форсунках должно быть 1,5–2,0 бар. Не рекомендуется промывать фоторезисты в мягкой воде, так как в такой воде процесс проявления имеет тенденцию к продолжению, что приводит к плохому качеству боковых стенок проводников. Если вода недостаточно жесткая, можно добавить в нее немного раствора сульфата магния. После промывки заготовку нужно тщательно высушить. Области поверхности платы, которые не высушили сразу после проявления, могут окисляться.

**Удаление фоторезиста.** Удалить фоторезист можно в 1–4%-ном растворе едкого калия или каустической соды. Вся операция должна быть настроена на брэк-поинт 50% и меньше; если значение брэк-поинта выше, возникает опасность неполного удаления резиста. Время удаления и размер частиц зависят в первую очередь от типа резиста.

Оптимальный промышленный раствор для снятия резиста должен содержать химикаты, позволяющие удалять резист быстрее и эффективнее, чем водные растворы NaOH или KOH. Такие растворы также минимизируют воздействие химикатов на олово/олово-свинец, при этом слой меди не окисляется. Сегодня растворы для снятия резиста активно используются при субтрактивном методе изготовления плат, поскольку с их помощью удается обеспечить малое воздействие химикатов на олово и лучшее качество снятия резиста, в случаях, когда требуется изготовить плату с высоким разрешением рисунка.

Фирма Elga Europe разработала два раствора для снятия резиста – Ordyl Stripper 5600 и Strip 300. Они рекомендуются для удаления резистов Ordyl. При удалении фоторезиста раствор насыщается, что замедляет процесс. Чтобы восстановить свойства раствора, нужна корректировка состава. Обычно она производится по количеству обработанных плат.

**Пеногаситель.** Из-за того, что в составе фоторезиста содержатся мономеры, при обработке плат в растворах проявления и раздубливания образуется пена. Если добавленного пеногасителя не достаточно, раствор продолжит пениться; если же количество пеногасителя чрезмерно, то на поверхности заготовки останется трудно смываемый маслянистый осадок. В первую очередь это относится к пеногасителю на основе силикона, поэтому мы настоятельно рекомендуем избегать материалов такого типа.

Очень важно правильно выбрать пеногаситель, поскольку существует опасность, что он вступит в нежелательную реакцию с солями рабочего раствора или компонентами резиста. Мы советуем использовать с резистом Ordyl продукт Antifoam C, так как они полностью совместимы. Пеногаситель добавляется в количестве 0,5 мл на 1 л рабочего раствора карбоната.

**Техническое обслуживание установок.** Модули установок проявления и удаления фоторезиста должны очищаться не реже одного раза в неделю.

Для профилактической очистки установок от остатков фоторезиста, пеногасителя и накипи солей компания Elga Europe разработала два специальных состава: щелочной CL-MDF-STI-EE и кислый CL-DF-STI-EE. Очистка проводится при температуре 20–30°C, длительность процесса составляет 30–129 мин. Остальные параметры соответствуют паспорту установки. Для этих целей также могут использоваться 3–5%-ный раствор NaOH или KOH и разбавленная серная кислота. ○