

# Технологический прорыв в технике экспонирования при производстве печатных плат.

## Прямое экспонирование составным светодиодным источником излучения

На рубеже 2009–2010 годов стремительно увеличилась популярность применения оборудования прямого экспонирования в производстве печатных плат. Впрочем, не всякий изготовитель может предложить на рынке оборудование, обладающее свойствами, привлекательными для потребителя: доступная цена, а также высокая производительность по травильному резисту и паяльной маске при сравнительно низких эксплуатационных издержках. В статье рассказывается именно о таком оборудовании, сочетающем перечисленные выше свойства, — установки прямого экспонирования серии Ledia фирмы Screen (Япония).

Перевод: Илья Лейтес

### Что такое прямое экспонирование

Прямое экспонирование в производстве печатных плат означает формирование рисунка на фоторезисте узкофокусированным лучом, вся операция выполняется по специальной программе. Техника прямого экспонирования обладает явными преимуществами по сравнению с традиционным контактным методом экспонирования.

Прямое экспонирование позволяет избавиться от фотошаблонов при выпуске печатных плат, что

приводит к снижению инвестиционных затрат и производственных издержек. Отсутствуют операции изготовления, контроля и хранения фотошаблонов, нет затрат на фотопленку. На рис. 1 показано требуемое количество операций для прямого экспонирования и традиционного контактного экспонирования.

В технологии прямого экспонирования вместо фотошаблонов применяются программы, которые не подвержены эксплуатационным воздействиям. И наконец, прямое экспонирование лишено физических ограничений по прецизионности формируемого рисунка, свойственных традиционному контактному экспонированию.

Наиболее ярко эти преимущества проявляются на производствах с широкой номенклатурой типономиналов печатных плат, с малым объемом партий каждого типономинала, что особенно характерно для российского рынка. Firmой Eurocirciut недавно проведены сравнительные тесты различных установок прямого экспонирования в условиях именно многономенклатурного производства. При этом наилучшие показатели продемонстрировала установка Ledia V5 LED DI. Данные результаты опубликованы в еженедельном обзоре новостей EIPC SpeedNews, выпуск 25 за сентябрь 2015 года (перевод напечатан в журнале «Технологии в электронной промышленности», № 7'2015).

Сегодня многие производители технологического оборудования предлагают на рынке оборудование прямого экспонирования для производства печатных плат. При этом, как правило, используются два конструктивных подхода: с применением в качестве источника излучения либо твердотельных

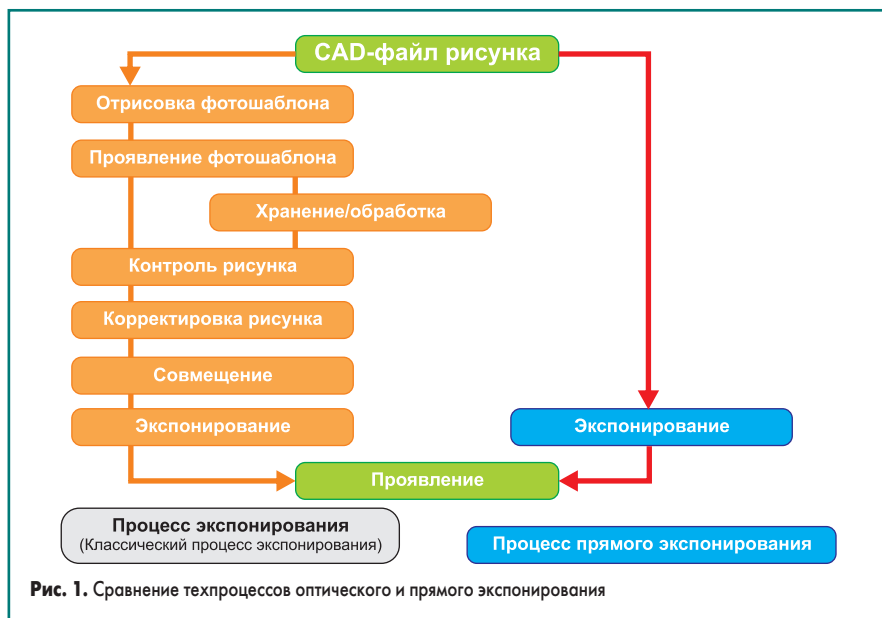


Рис. 1. Сравнение техпроцессов оптического и прямого экспонирования

кристаллических лазеров, либо светодиодов. Рассмотрим, как оба подхода влияют на технологические свойства установок прямого экспонирования.

**Технологические и конструктивные особенности источников излучения установок прямого экспонирования**

Источники экспонирования на кристаллических лазерах имеют монохромное излучение, генерируемое за счет перехода электронов между дискретными уровнями энергии. Поэтому они эффективно работают по травильным фоторезистам, которым нужна относительно небольшая энергия экспонирования, и резко снижают производительность при работе по паяльным маскам.

Особенностью светодиодов является значительная ширина спектра спонтанного излучения между разрешенными энергетическими зонами. Вот почему светодиоды наиболее эффективны в том случае, когда возникают требования к широкополосности источников экспонирования. Стандартные фоторезисты и резисты паяльных масок разрабатывались для экспонирования широкополосными источниками излучения на основе ртутных ламп, и после того как были созданы широкополосные светодиодные источники излучения, появилась возможность работать в технике прямого экспонирования одновременно и со стандартными травильными резистами (с энергией экспонирования 30–50 мДж/см<sup>2</sup>), и со стандартными паяльными масками (с энергией экспонирования 80 мДж/см<sup>2</sup> и более) с высокой производительностью.

Особенности различных типов источников излучения установок прямого экспонирования во многом определяют устройство их оптических систем (рис. 2).

Длина луча источника экспонирования на кристаллическом лазере (рис. 2а) может достигать 10 м, обеспечивая развертку на площадях заготовок печатных плат 635×660 мм, а это сказывается на точности, особенно при изменении температуры. Соответственно, в установки, использующие источники излучения на кристаллических лазерах, приходится вводить дополнительные компенсирующие устройства, что приводит к усложнению и удорожанию конструкции, снижению их эксплуатационной надежности.

Оптика для светодиодного источника (рис. 2б) имеет существенно более короткий луч (<1 м) — таким образом, удается не только упростить и удешевить конструкцию, но и существенно повысить точностные характеристики установки.

Кроме того, светодиодный источник имеет больший срок жизни, так как в отличие от кристаллического лазера действует только в момент экспонирования, а в остальное время (установка платы на рабочем столе, совмещение рисунков слоев, снятие платы, кратковременные перерывы в работе и т. п.) не работает. С учетом коэффициента загрузки оборудования время жизни светодиодного источника может достигать 40 000 ч.

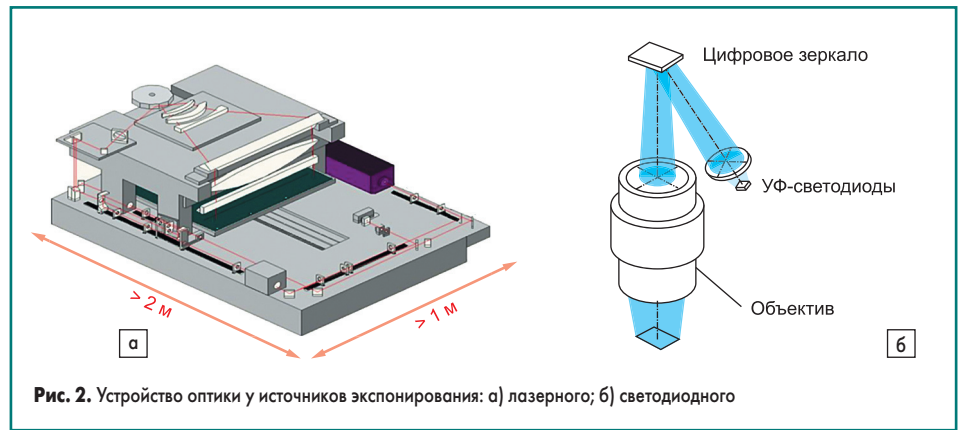


Рис. 2. Устройство оптики у источников экспонирования: а) лазерного; б) светодиодного

Все это позволяет утверждать, что установки прямого экспонирования со светодиодным источником излучения обладают значительными преимуществами по сравнению с установками, в которых предусмотрены источники излучения на основе кристаллических лазеров.

**Особенности установок прямого экспонирования серии Ledia**

В своих установках прямого экспонирования серии Ledia (рис. 3) фирме Screen удалось эффективно применить светодиодные источники излучения, что обеспечило ряд дополнительных уникальных технологических возможностей самих установок.

В установках прямого экспонирования Ledia источниками экспонирующего излучения являются ультрафиолетовые широкополосные светодиодные модули, совмещенные с оптической экспонирующей головкой. Можно устанавливать от трех до шести головок — от этого зависит ширина засвечиваемой полосы на заготовке и, следовательно, производительность. Установки прямого экспонирования Ledia — единственное на рынке оборудование прямого экспонирования, оснащенное составными широкополосными источниками экспонирования, которые могут содержать до трех светодиодов (365+385+405 нм) и позволяют добиться высокой производительности как на стандартных травильных фоторезистах, так и на стандартных резистах паяльной маски. Высокая производительность и универсальность достигается за счет хорошего совпадения полосы излучения составного широкополосного светодиодного источника излучения с полосами поглощения практически всех известных стандартных травильных резистов и резистов



Рис. 3. Внешний вид установки ПЭ Ledia

паяльной маски (рис. 4). Следует отметить, что даже при использовании в экспонирующих головках установок прямого экспонирования нескольких монохромных лазеров с разными длинами волн излучения в одной экспонирующей головке установки прямого экспонирования со светодиодным источником всегда будут превосходить их по производительности за счет своей широкополосности.

Технологи, работающие с жидкими паяльными масками, знают, что они обладают неприятным свойством неравномерной полимеризации по толщине. При экспонировании наружные слои полимеризуются сильнее, чем слои, прилежащие к основанию, и при последующей операции проявления этот эффект приводит к возникновению значительного подтравы (рис. 5), уменьшающего адгезию, что становится особенно ощутимым для прецизионных элементов рисунка.

Уникальной особенностью установок прямого экспонирования Ledia является то, что составной светодиодный источник излучения может быть отрегулирован таким об-

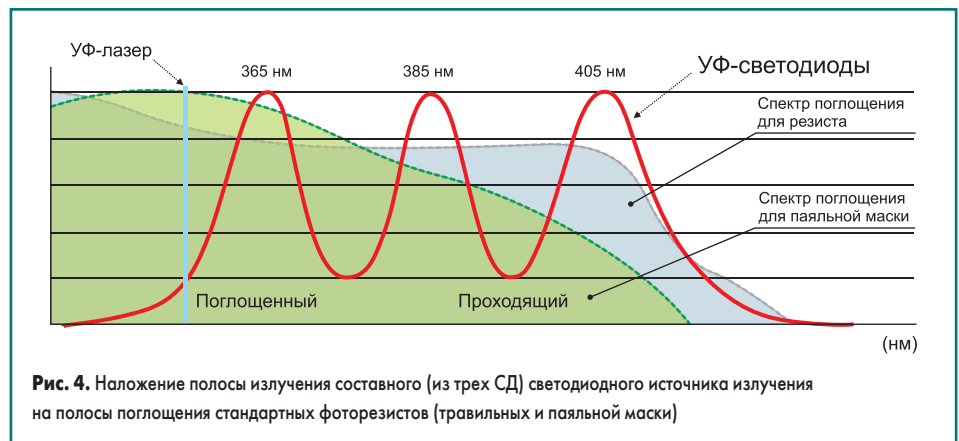
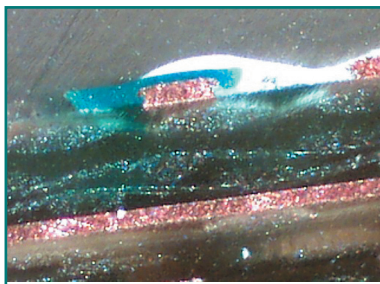
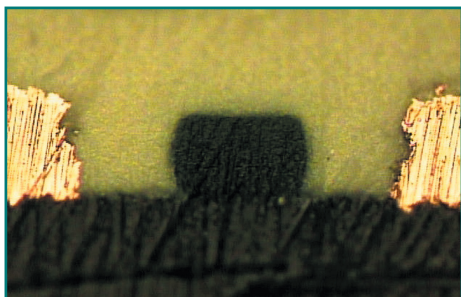


Рис. 4. Наложение полосы излучения составного (из трех СД) светодиодного источника излучения на полосы поглощения стандартных фоторезистов (травильных и паяльной маски)



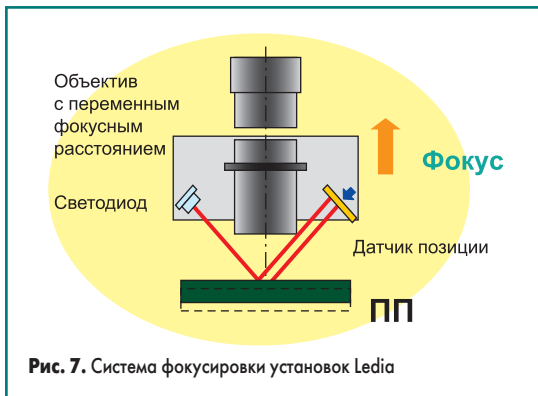
**Рис. 5.** Поперечный шлиф МПП с жидкой фотоформируемой ПМ после проявления



**Рис. 6.** Перемычка ПМ шириной 70 мкм в промежутке между ламелями, экспонированная на установке прямого экспонирования Ledia

разом (благодаря модуляции светодиодов), что полимеризация происходит равномерно по толщине. При проявлении подтрав отсутствует. Это позволяет формировать перемычки паяльной маски с минимальной шириной до 50 мкм в промежутках между ламелями. При монтаже компонентов наличие перемычек паяльной маски между ламелями с малым шагом значительно снижает вероятность возникновения мостиков припоя (рис. 6).

Вакуумный стол с секционированием зон присасывания и механическими зажимами в установках Ledia обеспечивает надежную фиксацию как тонких заготовок при экспонировании внутренних слоев, так и спрессованных МПП при экспонировании наружных



**Рис. 7.** Система фокусировки установок Ledia

слоев и рисунка паяльной маски. В стандартной комплектации вакуумный стол позволяет фиксировать в ручном режиме заготовки любого размера. Для компенсации коробления и надежной механической фиксации спрессованных МПП применяются тефлоновые прижимы, не повреждающие поверхность заготовки (что особенно важно при экспонировании паяльной маски). Таким образом сочетание вакуумного стола с тефлоновыми прижимами позволяет надежно фиксировать слои и платы на рабочем столе на всех технологических этапах, обеспечивая универсальность применения.

Фокусировка в пределах  $\pm 1$  мм становится при этом более чем достаточной. Принцип работы устройства фокусировки основан на отклонении от центра оптического датчика луча специального источника, отраженного от экспонируемой поверхности печатной платы, при изменении расстояния до этой поверхности (рис. 7).

Три видеокамеры совмещения позволяют работать с восемью и более реперными знаками на заготовке, что обеспечивает повышенную точность совмещения по плоскости и автофокусировку по оси Z.

Устройство калибровки проводит автоматическую калибровку машины при каждой смене проекта (типономинала) печатной платы и обеспечивает повышенную точность совмещения экспонированных слоев.

Видеокамеры совмещения, ПО установок, а также инновационная система подсветки обеспечивают:

- динамическое совмещение для каждой заготовки печатных плат на лету;
- поддержку широкого набора реперных знаков;
- автоматическую систему, которая обнаруживает реперные знаки на заготовке, сравнивает их реальное положение с данными, полученными от системы проектирования, выполняет выравнивание и масштабирование в течение процесса экспонирования как для линейных, так и для нелинейных размерных искажений;
- групповое масштабирование (глобальное и локальное — для обеспечения максимальной точности);
- систему присвоения каждой заготовке и фрагменту уникального номера, коэффициента масштабирования, даты и времени изготовления.

В рамках автоматизации техпроцесса установки Ledia могут быть оснащены устройством загрузки/выгрузки с 6-осевым роботом-манипулятором, оснащенным в том числе:

- позицией удаления пыли и снятия статики;
- встроенным устройством переворота заготовки;
- считывателем штрихкода для идентификации заготовок.

В заключение хочется обратить внимание читателей на то, что за сравнительно небольшой период с начала поставок установок прямого экспонирования Ledia (с 2012 по октябрь 2015 года) на производственных участках по всему миру размещено более 210 единиц подобного оборудования. Столь значительный объем продаж свидетельствует о высокой востребованности установок Ledia на мировом рынке. Это происходит благодаря прекрасному соотношению цены и качества, а также уникальным технологическим особенностям установок прямого экспонирования Ledia, о которых рассказано в данной статье.