



# Система непосредственного формирования рисунка топологии печатных плат с помощью лазера: необходимость применения, преимущества, примеры использования

**Постоянно повышающиеся требования рынка вынуждают разработчиков минимизировать размеры и увеличивать плотность расположения компонентов на печатных платах. Вследствие этого повышаются требования к печатным платам: уменьшаются минимальные диаметры отверстий, ширина печатных проводников, контактных площадок и расстояние между ними, увеличивается количество сигнальных слоев.**

**Евгений Матов,  
Станислав Гафт,  
к. т. н.**

test@ostec-smt.ru

## Введение

Потребность в системах непосредственного формирования рисунка топологии печатных плат лазером (Laser Direct Imaging — LDI) и объемы их продаж возрастают во всем мире, и особенно в тихоокеанском регионе. Все больше и больше компаний — производителей печатных плат (ПП) используют сегодня системы LDI в технологическом процессе, что обуславливают следующие обстоятельства:

- резкое увеличение номенклатуры в последнее время;
- резкое сокращение «времени жизни» печатной платы без модификаций;
- увеличение количества сигнальных слоев с одновременным повышением требований к нормам изготовления печатных плат;
- увеличение номенклатуры гибких печатных плат;
- увеличение номенклатуры комбинированных печатных плат;
- увеличение количества опытных образцов и партий с небольшим количеством.

В этих условиях оборудование для формирования рисунка топологии печатных плат должно обеспечивать:

- минимальную ширину печатных проводников и зазоров до 50 мкм;
- точное совмещение слоев при больших размерах групповых заготовок и уменьшающихся размерах отверстий, изготавливаемых различными способами (сверлением и лазером);
- высокую скорость и максимальную автоматизацию подготовки производства при невысокой ее стоимости.

В современных условиях все большую популярность приобретает технология непосредственного формирования рисунка с помощью лазера, имеющая по сравнению с традиционной следующие преимущества:

- нет необходимости изготавливать комплект фотомасок для каждой модификации печатной

платы — рисунок топологии переносится с помощью лазера непосредственно на фоторезист групповой заготовки;

- нет необходимости использовать фотомаски на стекле — LDI-технология обеспечивает высокую точность даже при больших размерах групповой заготовки;
  - высокая точность совмещения слоев;
  - равномерное экспонирование по всей площади групповой заготовки — залог высокого качества изготовления печатных проводников.
- В данной статье будут проанализированы причины, побудившие пользователей к использованию технологии LDI, и данные, полученные при эксплуатации систем LDI. Кроме того, будут рассмотрены конкретные примеры использования систем LDI для изготовления следующих продуктов:
- многослойные печатные платы с большим (более 20) количеством слоев;
  - послойно изготавливаемые печатные платы с отверстиями малого диаметра;
  - печатные платы с нормируемым импедансом;
  - гибкие и жестко-гибкие печатные платы.

## Производство многослойных печатных плат

**Требования.** Многослойные ПП (более 20 слоев) обычно изготавливаются относительно малыми партиями (не более 500 штук в партии). Основные проблемы, с которыми сталкивается производитель при изготовлении печатных плат данного типа, связаны с точностью совмещения шаблонов и стабильностью их размеров. Для достижения лучшей стабильности размеров многие производители пытаются использовать фотомаски на стекле, но такое решение имеет явные недостатки:

- высокую стоимость;
- необходимость организации специального места для хранения стеклянных фотомасок;
- менее комфортные условия работы по сравнению с пленочными шаблонами.

**Решение.** Система LDI предлагает великолепное решение для производства данного типа печатных

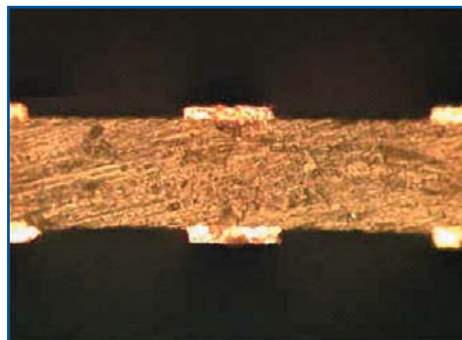


Рис. 1. Совмещение с точностью 5 мкм с помощью LDI

плат. При использовании этой технологии фотошаблоны не нужны. Запатентованные решения совмещения с ультрафиолетовыми реперными знаками в системе LDI обеспечивают отличные результаты совмещения (рис. 1). При этом технологический цикл изготовления печатных плат и их себестоимость снижаются за счет исключения изготовления фотошаблонов.

Опыт эксплуатации систем LDI показывает следующие результаты:

- повышение точности совмещения;
- сокращение технологического цикла изготовления новых изделий;
- повышение уровня автоматизации технологической подготовки производства для новых изделий;
- увеличение общей производительности;
- снижение себестоимости за счет исключения фотошаблонов.

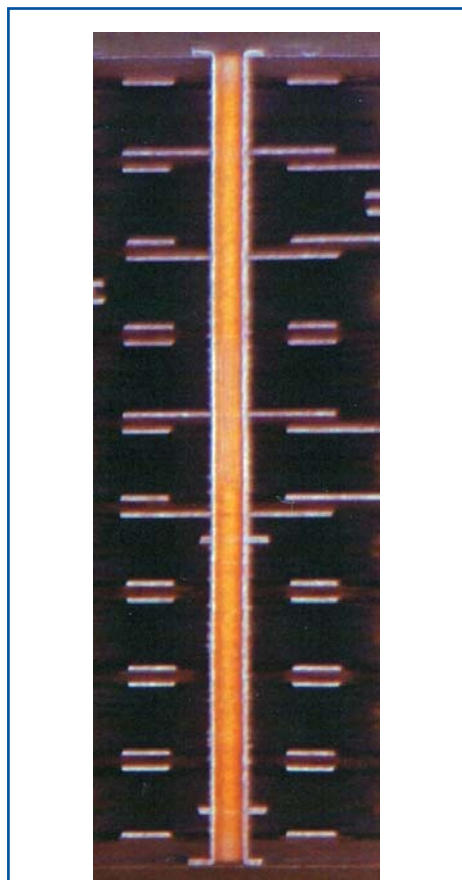


Рис. 2. Поперечное сечение 38-слойной печатной платы (внутренние слои экспонированы с использованием системы LDI)

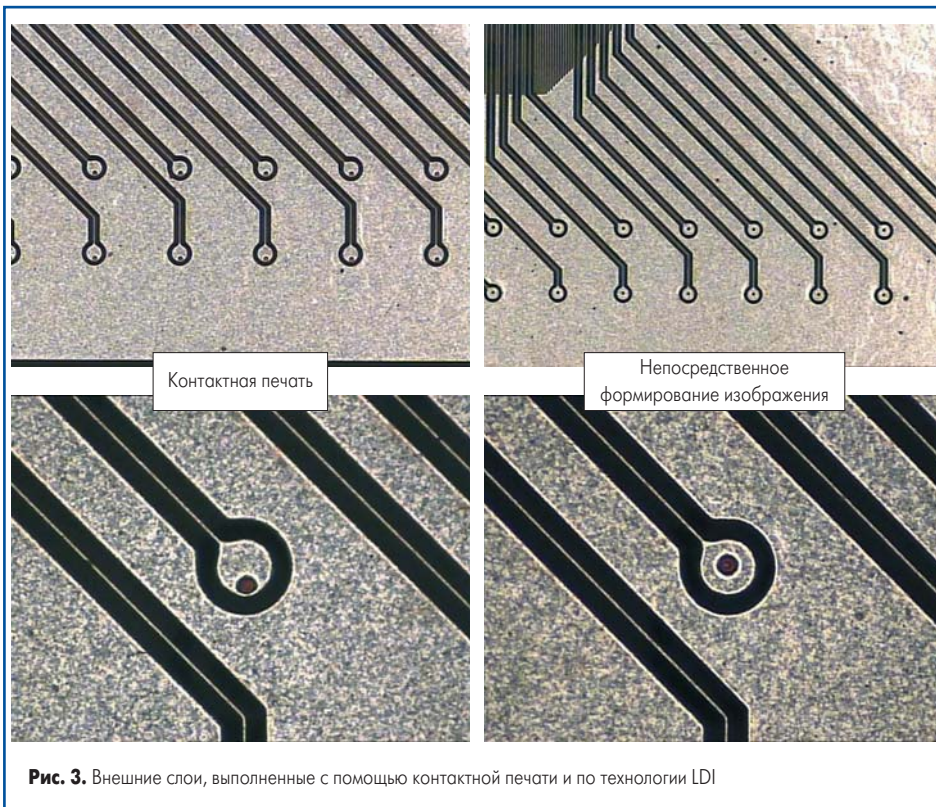


Рис. 3. Внешние слои, выполненные с помощью контактной печати и по технологии LDI

#### Послойно изготавливаемые печатные платы с отверстиями малого диаметра

**Требования.** Основным требованием при производстве печатных плат данного типа является обеспечение точного совмещения контактных площадок с отверстиями, изготавливаемыми с помощью лазера или на сверлильном станке. При экспонировании необходимо обеспечить точное совмещение центров контактных площадок с центрами отверстий.

**Решение.** Система LDI обеспечивает динамическое совмещение. Каждая групповая заготовка перед экспонированием измеряется, вычисляется масштабирующий фактор для каждой из осей X, Y и используется в процессе экспонирования. Результаты работы системы LDI и традиционной технологии (методом контактной печати) показаны на рис. 3.

**Отзывы производителей.** Реальные результаты использования системы LDI для экспонирования внешних и последовательно наращиваемых слоев показывают большое преимущество динамического совмещения. Пользователи систем LDI предоставили следующие данные:

- При ремонте внешних слоев до 60% печатных плат, изготавливаемых с применением контактной печати, имеют дефекты совмещения и требуют удаления внешнего слоя для ремонта. При использовании технологии LDI таких дефектов нет, поэтому ремонт не требуется.
- При использовании системы LDI для экспонирования внешних слоев повышается производительность 7–10%. Для слоев, экспонированных с использованием технологии LDI, система автоматической оптической инспекции не обнаружила дефектов совмещения.

#### Печатные платы с нормируемым импедансом

**Требования.** При производстве печатных плат данного типа решающим условием для достижения запланированного уровня качества выпускаемой продукции является точность формирования изображения на фоторезисте групповой заготовки. Заданные значения импеданса могут быть достигнуты только при высокой повторяемости результатов операции травления, которые, в свою очередь, зависят от высокой степени однородности экспозиции по всей площади групповой заготовки.

**Решение.** Системы LDI используют технологию широкоформатного сканирования (Large Scale Technology — LSO), гарантируя однородность экспонирования на всей поверхности групповой заготовки. Технология широкоформатного сканирования обеспечивает экспонирование групповой заготовки шириной до 610 мм за один проход. Специ-

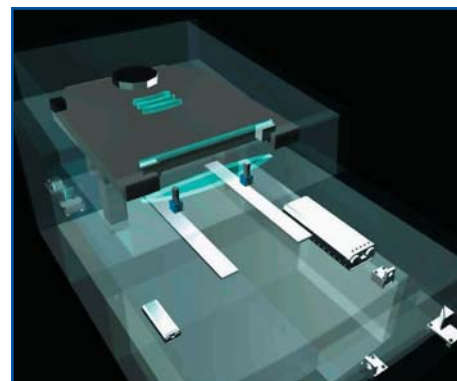
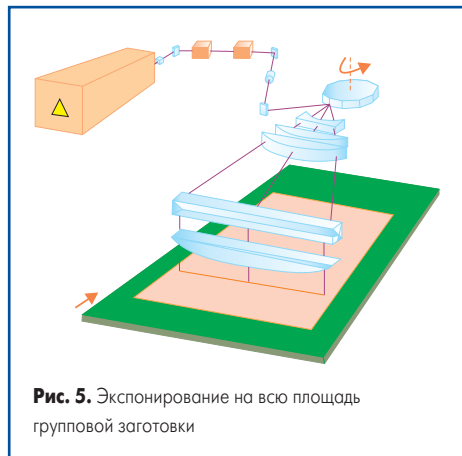


Рис. 4. Технология широкоформатного сканирования обеспечивает однородность экспонирования по всей площади групповой заготовки





**Рис. 5.** Экспонирование на всю площадь групповой заготовки

ально спроектированная оптическая система обеспечивает возможность экспонирования лазерным лучом изображения под постоянным углом 90° по всей площади групповой заготовки, гарантируя однородность экспозиции в центре и по краям платы. Большое фокусное расстояние (до 300 мкм) обеспечивает повторяемость экспонирования и малую величину отклонения толщины линий от заданной на всей поверхности групповой заготовки даже для внешних слоев со сложным рельефом.

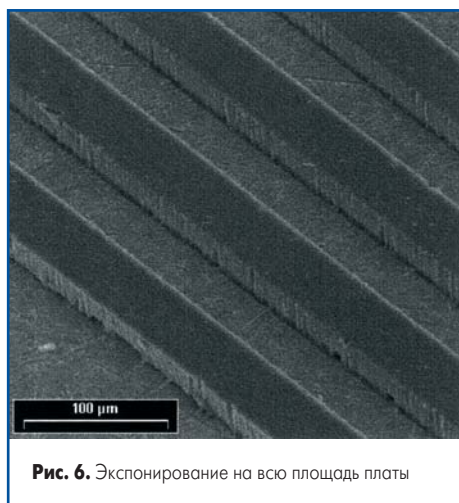
**Отзывы производителей.** В таблице отражены реальные результаты эксплуатации систем LDI, предоставленные использующими их различными производителями печатных плат. Анализ данных таблицы отражает основное преимущество систем LDI над контактными принтерами — меньшие величины отклонений ширины линий (вертикальных, горизонтальных и диагональных) от заданной. Практически все производители отмечают повышение качества печатных плат после травления при переходе к технологии LDI.

### Гибкие и жестко-гибкие печатные платы

**Требования.** В течение последних двух лет производители печатных плат во всем мире ощущают ужесточение требований к гибким и жестко-гибким ПП. Ужесточение требований касается точности совмещения слоев при нестабильной толщине базового материала для гибких плат и набора материалов с различной стабильнос-

**Таблица.** Повышение качества печатных плат при переходе к технологии LDI

	Принтер	Принтер	Принтер	LDI	LDI	LDI
Значение	53,87	54,79	53,31	64,00	63,70	63,45
Min	49,70	51,35	49,48	61,80	60,95	61,01
Max	58,04	58,22	57,14	66,19	66,45	65,89
Отклонение	8,34	6,87	7,66	4,39	5,50	4,88
Среднее	7,62			4,92		
	Принтер	Принтер	Принтер	LDI	LDI	LDI
Значение	55,41	54,23	54,21	61,61	62,57	63,44
Min	52,33	51,29	51,47	59,04	60,03	60,89
Max	58,49	57,17	56,94	64,18	65,11	65,99
Отклонение	6,16	5,88	5,47	5,14	5,08	5,10
Среднее	5,84			5,11		
	Принтер	Принтер	Принтер	LDI	LDI	LDI
Значение	55,21	54,28	54,01	61,61	61,52	61,75
Min	52,33	51,29	51,07	59,04	58,79	58,95
Max	58,09	57,27	56,94	64,18	64,25	64,55
Отклонение	5,76	5,98	5,87	5,14	5,46	5,6
Среднее	5,87			5,40		



**Рис. 6.** Экспонирование на всю площадь платы

тью в случае жестко-гибких плат. В результате возрастают трудозатраты на совмещение фотошаблонов, увеличивается их количество для одной платы или для одной группы.

**Решение.** Применение технологии LDI, обеспечивающей глобальное и локальное совмещение, позволяет снизить трудозатраты и себестоимость за счет отказа от изготовления фотошаблонов в процессе производства гибких и жестко-гибких печатных плат. Кроме того, большое фокусное расстояние (до ±300 мкм) систем LDI обеспечивает каче-

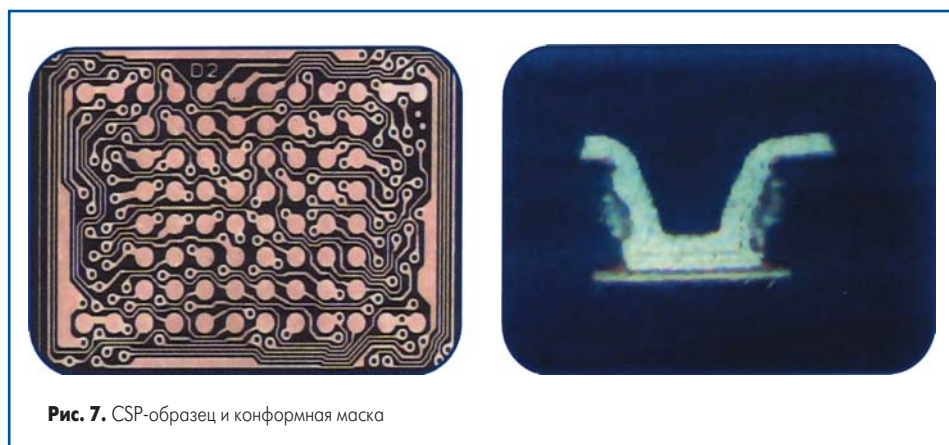
ственное экспонирование по всей площади даже для неоднородных материалов с нерегулярным рельефом, используемых при изготовлении гибких и, особенно, жестко-гибких печатных плат.

**Отзывы пользователей.** Производители гибких и жестко-гибких печатных плат, использующие системы LDI, отмечают, что им удалось преодолеть проблемы совмещения, которые возникали при использовании контактной печати. При этом было улучшено качество экспонирования, сокращено время подготовки и настройки, повышена производительность. Кроме того, производители отмечают, что с помощью одной системы LDI можно выполнить тот же объем работы, что и на трех принтерах, обслуживаемых четырьмя операторами.

Одним из наиболее весомых доказательств эффективности использования систем LDI при производстве гибких и жестко-гибких печатных плат является тот факт, что из более чем 100 систем, проданных на сегодняшний день во всем мире, почти 20 используются для производства именно этих типов ПП.

### Закключение

Более 100 систем LDI сегодня используются при производстве печатных плат во всем мире. Сочетание надежных и проверенных машин с современными технологическими решениями, такими, как динамическое совмещение, ультрафиолетовая маркировка для совмещения внутренних слоев без базовых отверстий, локальное масштабирование для снижения нелинейных искажений, большое фокусное расстояние и однородность экспонирования для всей поверхности групповой заготовки, обеспечивают высокотехнологичное решение для изготовления всех современных типов печатных плат: многослойных, гибких, жестко-гибких, печатных плат с нормируемым импедансом и изготавливаемых послойно с микроотверстиями.



**Рис. 7.** CSP-образец и конформная маска