

ТЕХНОЛОГИИ

ПРЯМОЕ ЭКСПОНИРОВАНИЕ. КАК ДОСТИЧЬ ПОСТАВЛЕННОГО РЕЗУЛЬТАТА?

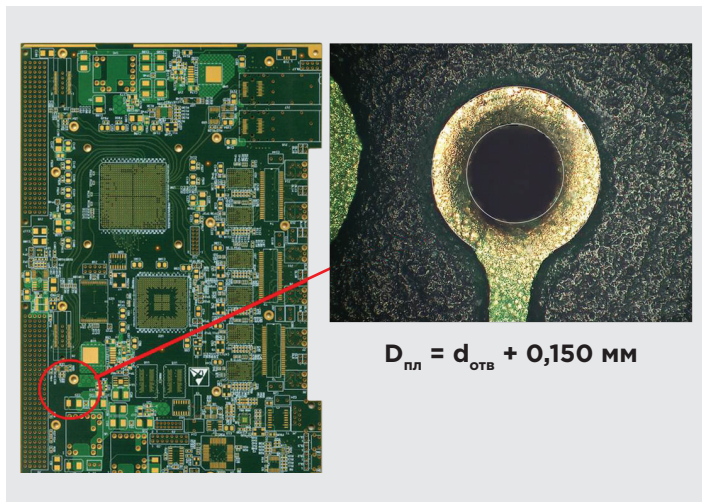


Текст: Семен Хесин



Сегодня большинство фотографий делают на цифровые фотоаппараты, хотя еще совсем недавно велись споры между любителями пленочных и цифровых фотоаппаратов о том, что же лучше! В печатных платах, где также присутствует фотолитография, прямое экспонирование без использования фотошаблонов уже давно доминирует на рынке. Отсутствие необходимости в фотошаблонах позволяет увеличить сложность изготавливаемых печатных плат, снизить трудоемкость производства, повысить выход годных, сократить цикл изготовления, что ведет к уменьшению стоимости печатных плат. На данный момент практически на каждом предприятии, имеющем производство печатных плат, уже есть установки прямого экспонирования, поэтому можно сказать, что прямое экспонирование – неизбежный этап модернизации любого предприятия печатных плат.

Несмотря на это, рынок установок прямого экспонирования до сих пор находится в стадии становления, появляются и уходят производители оборудования, совершенствуются технологии. Выбор оборудования в таких условиях непросто, а ответственность крайне высока ввиду важности технологического процесса. Попробуем в этом разобраться.

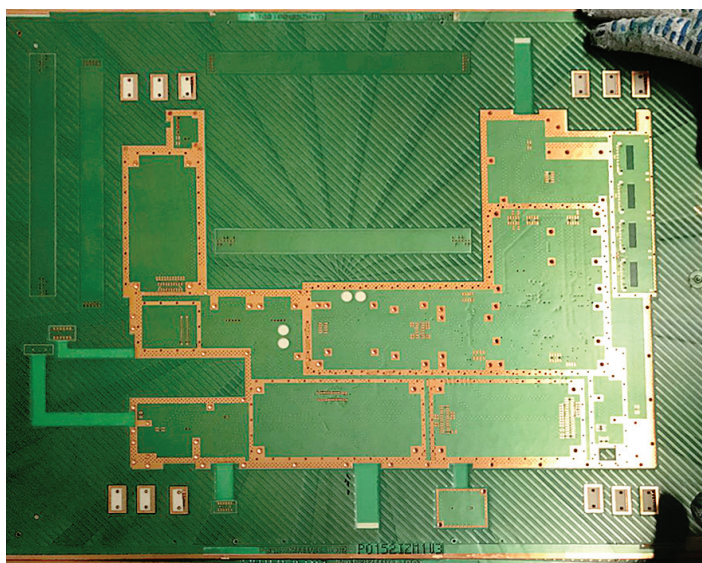


1

Плата с проектными нормами выше 7 класса точности: диаметр отверстия 0,2 мм, диаметр контактной площадки 0,35 мм

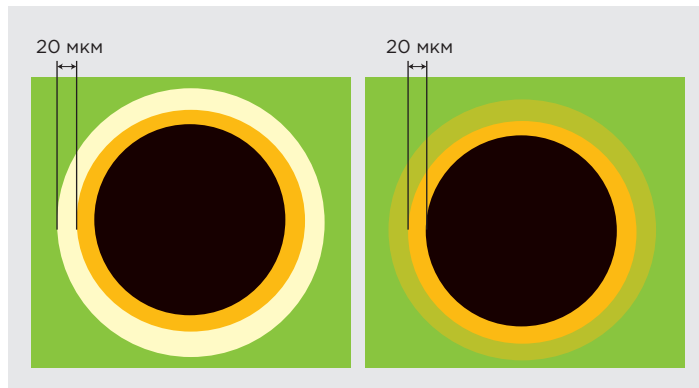
Толчком к развитию технологии прямого экспонирования в печатных платах стали требования по уменьшенному шагу выводов компонентов, приводящие к увеличению точности изготовления печатных плат. Шаг микросхемы вынуждал изготовителей повышать точность совмещения по защитной паяльной маске, что на фотошаблонах было довольно трудной задачей. Поэтому изначально эта технология нужна была именно для прецизионного экспонирования маски, а уже потом для экспонирования топологии проводящего рисунка. Не все изготовители оборудования справились с задачей экспонирования защитной паяльной маски (ЗПМ).

На текущий момент в конструкторской документации на платы все чаще встречаются жесткие нормы проектирования как с точки зрения параметров топо-



3

Пример гибко-жесткой печатной платы, где требовалось применение разных масштабов. Параметры платы: ГЖ-МПП, 18 слоев, 2 гибких кабеля по 4 слоя каждый, несколько уровней жестких частей, глухие отверстия, размер платы 500 x 500 мм



2

Высвобождение маски на плате 20 мкм

логии – проводник/зазор, так и точности совмещения ЗПМ. Давайте рассмотрим несколько примеров.

Остек-Сервис-Технология помогает создавать цеха печатных плат «под ключ». Первый пример касается одной из выпускных работ по контракту с заказчиком – это изготовление платы с проектными нормами выше 7 класса точности по ГОСТ Р 53429-2009. При контактной площадке 350 мкм диаметр отверстия был 200 мкм при размере МПП 300 x 200 мм и толщине 1,8 мм (рис 1).

Иногда встречаются задачи с крайне малым освобождением защитной паяльной маски, что также накладывает высокие требования на точность совмещения, обеспечиваемую оборудованием (рис 2).

Изготовление плат со слоями в разных масштабах (что необходимо для стабильного производства любых плат выше 4-го класса включительно) вынуждает нас использовать прямое экспонирование и тщательно подходить к выбору оборудования (рис 3).





4

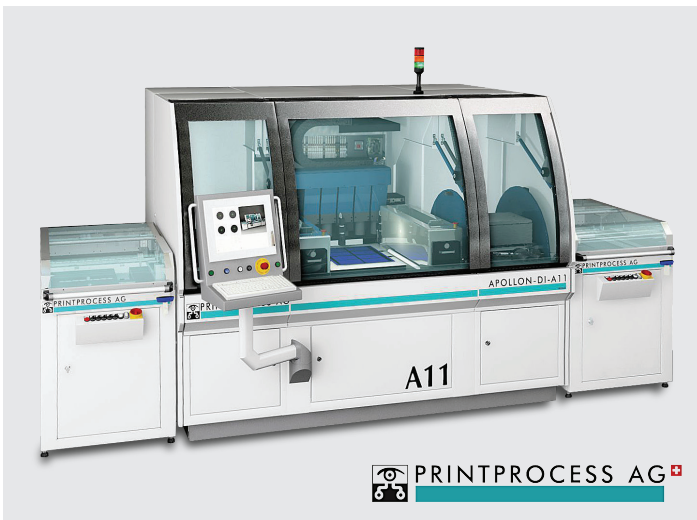
Лазерное прямое экспонирование фирмы Orbotech

Рынок оборудования для прямого экспонирования

На данный момент оборудование для прямого экспонирования можно разделить на две большие категории: с лазерным источником света и светодиодным источником света.

Среди установок с лазерным источником света однозначным лидером является фирма Orbotech, Израиль (рис 4). Высокая надежность, производительность и круглосуточный сервис обеспечивают работоспособность более 1600 установок в мире. Несколько установок успешно эксплуатируются и в России.

Среди установок со светодиодным источником света большинство использует покупную однотипную оптику. Самостоятельно проектировали оптику и модули только три фирмы – PrintProcess, Швейцария (рис 5), Orbotech (под свою установку Diamond) и ведущая японская фирма. Японское оборудование в Европе и России распространения не получило, а швейцарское и израильское, наоборот, встречается на всех мировых рынках, в том числе и в России.



5

Светодиодное прямое экспонирование фирмы PrintProcess, модель Apollon

Ключевые составляющие успеха оборудования PrintProcess и Orbotech

1. ОПЫТ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ОПТИЧЕСКОМ СОВМЕЩЕНИИ ТОПОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Фирма PrintProcess обладает более чем 30-летним опытом в изготовлении систем автоматического оптического совмещения (установки Exproamat, Targomat, Exproaligner). Установки прямого экспонирования Apollon были первыми в России, сейчас они позволяют получать контактные площадки под BGA-компоненты с минимальным шагом 0,3 мм и менее (рис 6).

Одним из первых в мире изготовителей систем прямого экспонирования была фирма Carl Zeiss, разработки которой на ранних стадиях приобрела фирма Orbotech. Огромные инвестиции в разработки, более 600 инженеров-разработчиков и исследователей фирмы Orbotech достигли невероятных результатов.

Почему же все фирмы так стремятся достичь высокой точности совмещения? Обратимся к формулам расчета точности:

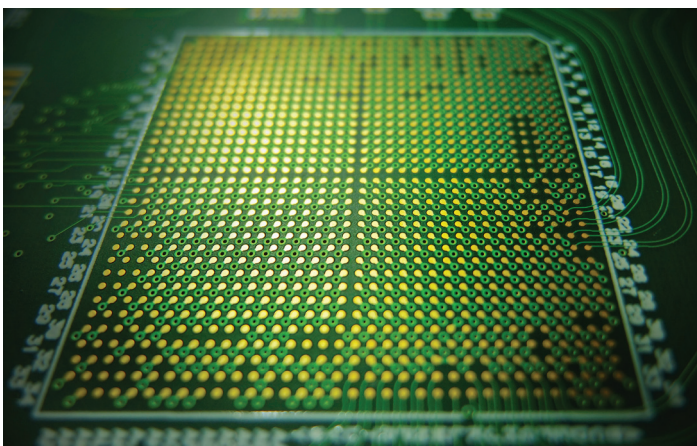
$$\text{Точность} = \sqrt{(\Delta \text{ Минимальный размер элемента})^2 + (\Delta \text{ Точность оптического-механической системы совмещения})^2}$$

Если подставить паспортные значения оборудования:

$$\text{Точность Apollon (PrintProcess), Orbotech} = \sqrt{(2,1)^2 + (5)^2} = 5,4 \text{ мкм}$$

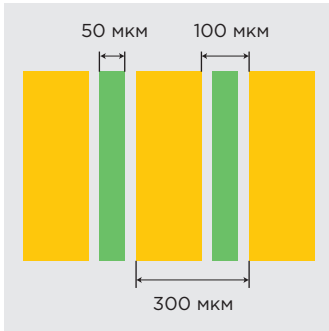
$$\text{Точность других систем} = \sqrt{(3,5)^2 + (25)^2} = 25,24 \text{ мкм}$$

Если точность совмещения составляет 25 мкм, то при малейшем смещении мостика будет образовываться нахлест на контактную площадку и, соответственно, брак на финишной операции. Только точность совмеще-

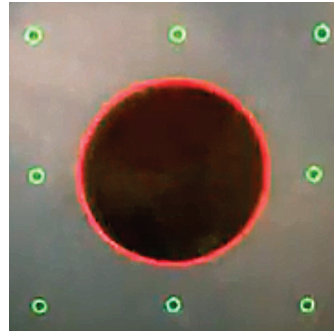


6

Пример точности совмещения на контактных площадках под BGA-компонент



7
Требования по мостику паяльной маски при шаге выводов компонентов 300 мкм



8
Комбинированные реперы для совмещения

ния 5 или 10 мкм позволяет с высоким выходом годных выполнять жесткие проектные нормы (рис 7).

Точность совмещения систем PrintProcess и Orbotech может быть дополнительно увеличена путем совмещения по комбинированным реперам (рис 8). Такие ситуации возникают, когда необходимо получить совмещение относительно и сквозных, и глухих отверстий. Причем можно задавать процент влияния в расчете.

Опыт компаний в совмещении топологий стал ключевым моментом в успехе изготовления оборудования прямого экспонирования (рис 9).

2. ОПТИКА

Важнейшим критерием принятия решения при приобретении установки прямого экспонирования является оптическая система.

Только представьте – расчет оптики на суперкомпьютере для установки прямого экспонирования Apollo занял несколько недель, в объективах PrintProcess ис-

		Другие компании
Компания PrintProcess специализируется на проектировании и изготовлении систем совмещения МПП и имеет 30-летний опыт	Компания Orbotech специализируется на проектировании и изготовлении прямого экспонирования уже более 25 лет	Имеют опыт изготовления фотоэплоттеров, сверлильных станков и другого оборудования и не имеют опыта в совмещении структур печатных плат
Appolon-DI ±5 мкм	Diamond ±5 мкм	±25 мкм

9
Сравнение опыта компаний изготовителей оборудования

пользовались материалы сапфир и CaF₂, обладающие высоким светопропусканием более 88 %. А отличительной особенностью оптики установок фирмы Orbotech является самая большая глубина фокуса, которая позволяет максимально комфортно работать с гибкими коробленными платами.

Другие установки на основании DLP используют кварц со светопропусканием 70 % (рис 10), что приводит к перегреву головки прямого экспонирования. Из-за этого пиксели на заготовке не сходятся и, как следствие, во время настройки такого оборудования приходится урезать матрицу экспонирования. Налицо потеря производительности и несоответствие заявленным в рекламе характеристикам.

		Другие компании
Оптика собственной разработки		Покупная оптика
УФ-оптика (HG). (критерий – высокий контраст и прозрачность для УФ)		Стандартная УФ-оптика. Критерий – низкая цена
Материал линз: CaF ₂ + сапфир		Материал линз: кварц
Светопропускание в УФ: более 88 %		Светопропускание в УФ: более 70 %



1 1

Нюансы оборудования

3. РЕАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

На участках экспонирования у мировых производителей печатных плат поддерживается 6 или 7 класс чистоты, что соответствует отечественному ГОСТ Р 50766-95. К сожалению, в России не всегда удается достигнуть таких значений. Поэтому в наших реалиях как никогда актуальны установки Apollo с системой очистки заготовки от пыли перед ее входом в камеру экспонирования и непосредственно перед экспонированием (рис 1 1), а также с обеспыленной средой в самой камере за счет избыточного давления и НЕРО-фильтров. Также камера экспонирования выполнена в закрытом виде, что позволяет повышать класс чистоты внутри установки. На территории РФ есть опыт эксплуатации таких установок в категории помещения «офис».

4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ/АВТОМАТИЗАЦИЯ

Установки прямого экспонирования, предлагаемые нашей компанией, при энергии экспонирования

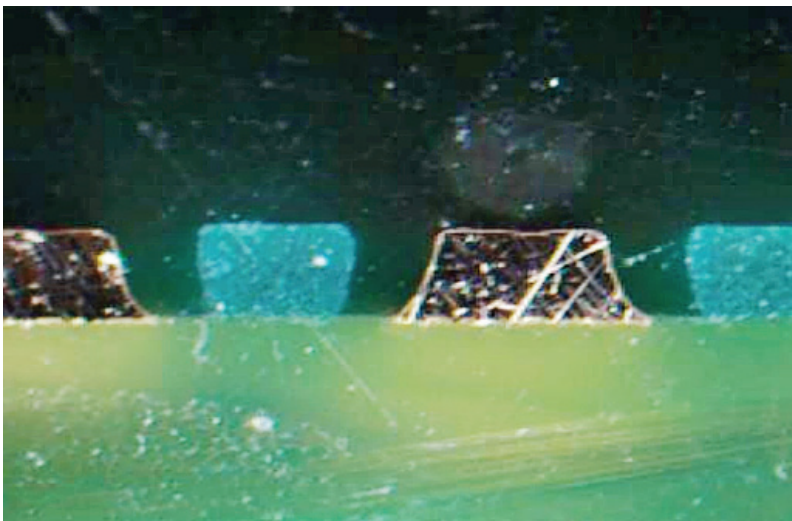


1 2

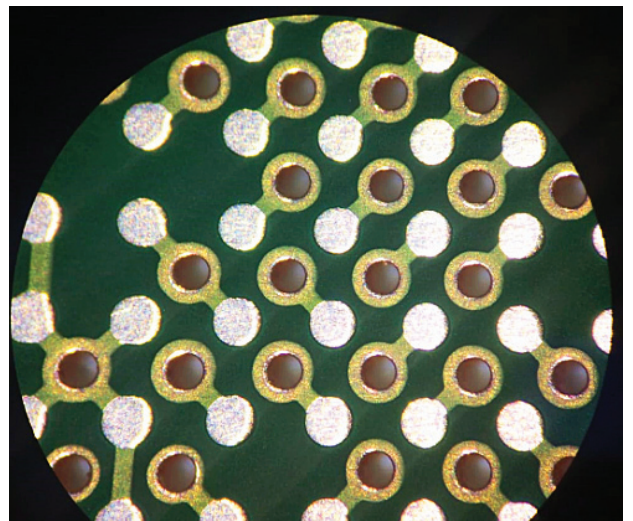
Фрагмент линии изготовления слоев

35 мДж/см² (пример для фоторезиста) обеспечивают получение топологии рисунка 7 класса точности на заготовке 610 × 820 мм с производительностью до 300 сторон в час. А при энергии экспонирования 300 мДж/см² (пример для паяльной маски) обеспечивают получение любого рисунка, включая 7 класс на заготовке 610 × 457 мм с производительностью 120 сторон в час. Важно: что при указании производительности мы даем финальные значения, учитывающие загрузку/разгрузку, совмещение, необходимую энергию экспонирования, минимальный проводник/зазор и размер заготовки.

В области автоматизации компании PrintProcess и Orbotech предлагают решения по полной автономности загрузки/разгрузки и переворота, что дает возможность интегрировать их в автоматическую линию изготовления слоев или формирования топологии по маске. У нас уже есть опыт внедрения линий, где человек не касается заготовок от момента загрузки в линию

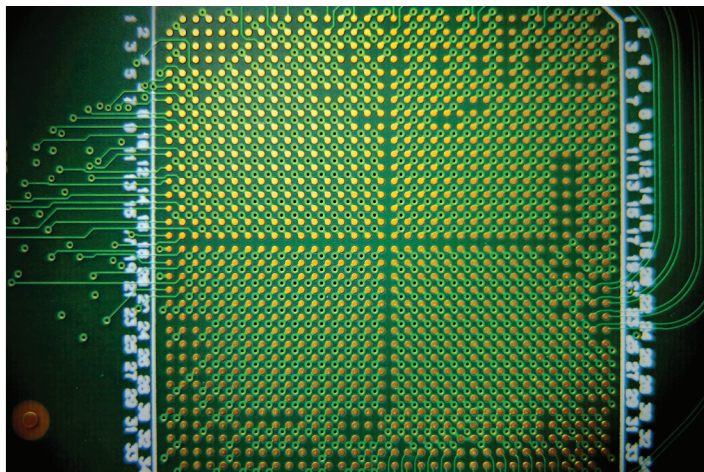


1 3

75 мкм линии, 50 мкм толщина маски, 350 мДж/см²

1 4

Прецизионное совмещение



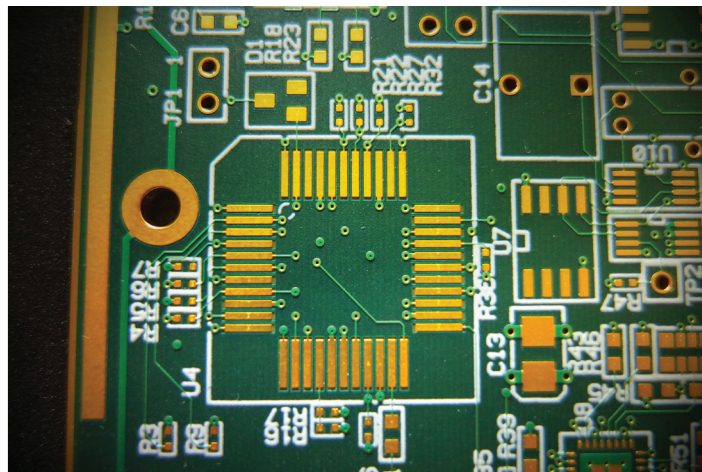
1 5

Прецизионное совмещение

подготовки поверхности до момента разгрузки с линии снятия фоторезиста/металлорезиста (рис 1 2).

Опыт компании «Остек-Сервис-Технология» в России

Остек-Сервис-Технология – единственная компания в России, которая обладает широчайшим опытом по установке, обслуживанию и модернизации оборудования, что дает увеличение производительности за счет увеличения количества головок экспонирования, а также перевода установки на более высокий уровень автоматизации. Мы внедрили более 30 установок прямого экспонирования на территории РФ. Наши сервисные инженеры регулярно проходят обучение у производителей систем прямого экспонирования, поэтому запуск, модернизация и обслуживание оборудования могут проходить без привлечения иностранных специалистов. Также у нас организован склад запасных частей для установок прямого экспонирования, поэто-



1 6

Жесткие проектные нормы. Мостики маски 50 мкм

му их срок поставки равен сроку поставки от Москвы до вашего города.

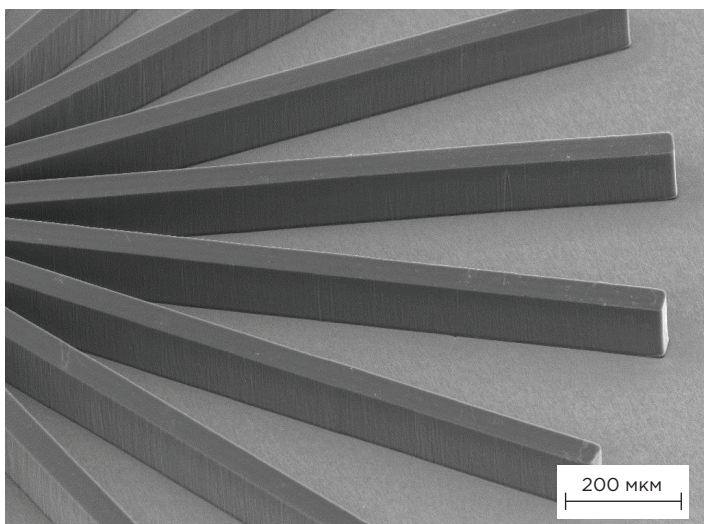
Результаты от внедрения установок прямого экспонирования хорошо видны на платах, которые изготавливают наши заказчики (рис 1 3-1 7).

Заключение

В начале статьи мы обозначили ряд актуальных и непростых задач, которые стоят перед изготовителями печатных плат. Для их реализации специалисты ООО «Остек-Сервис-Технология» имеют готовые и проверенные в России решения.

Однозначными лидерами в мире по оборудованию для прямого экспонирования печатных плат являются фирмы PrintProcess и Orbotech благодаря прецизионному совмещению, лучшей оптике, самой высокой производительности и высокому уровню автоматизации. И это уже подтверждено на целом ряде предприятий России.

Вам остается только сделать правильный выбор!



1 7

Приемка оборудования за рубежом. Проводник / зазор 20 мкм, высота фоторезиста 50 мкм

