

## ТЕХПОДДЕРЖКА

# МИРОВОЙ ПРОВАЙДЕР ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ - ORBOTECH



Текст: Семен Хесин



Когда мы смотрим на какой-то продукт, например, на свой мобильный телефон, мы не всегда видим и понимаем путь, который пройден производителем для достижения конечного результата. В этой статье я хочу рассказать о компании Orbotech, потому что почти каждое электронное устройство в мире, в том числе и изделия, которыми мы пользуемся каждый день, изготовлены с помощью систем этой компании.

## Какой путь прошла компания и как смогла достичь значимых результатов?

Конкуренция – путь к прогрессу. Две фирмы – Orbot и Optrotech – с 1981 по 1992 год соревновались в производстве автоматических оптических систем, а потом приняли решение о слиянии в фирму Orbotech. Решение стало прочным фундаментом для создания огромной корпорации, которая быстро расширялась и открывала в своей деятельности новые продукты и рынки.

Давайте рассмотрим продукты компании Orbotech, относящиеся к бизнесу по печатным платам.

### АОИ

Первым продуктом компании стали установки автоматического оптического контроля. Чем плотнее трассировка печатных плат, тем труднее межоперационный контроль, и если он выполняется на микроскопе, то увеличивается риск пропуска дефектов из-за влияния человеческого фактора. Поэтому применение АОИ в данном случае – наиболее эффективно. Основная задача, которая стоит перед АОИ, – определить, что дефект, а что нет. На первый взгляд кажется, что надо выставить максимально жесткие настройки, чтобы ничего не пропустить. Однако это приведет к тысячам ложных дефектов помимо критичных. А ведь каждый «дефект» все равно должен быть просмотрен оператором, который примет финальное решение о том, какой дефект ложный, а какой нет; при этом, просматривая тысячи, он может просто пропустить реальные дефекты. Получается, что решение этой задачи всегда будет компромиссом между жесткостью настроек и количеством ложных дефектов?



1

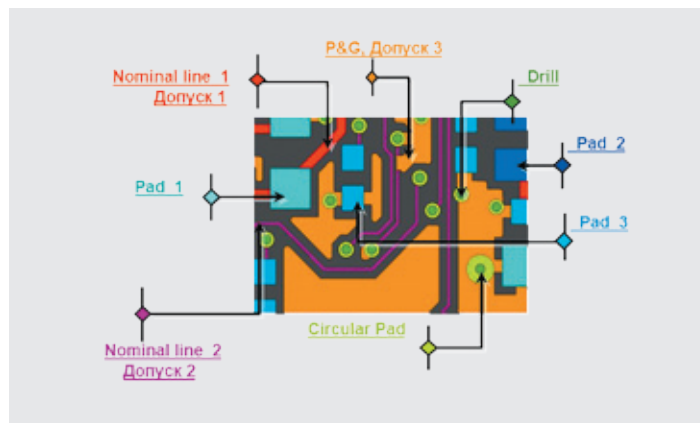
АОИ последней модели Dimension 6

### Orbotech сегодня – это:

- 40-летняя история
- 50 офисов по всему миру
- 3 000 сотрудников, из которых 600 работают в отделе R&D (разработчики и ученые)
- 4 бизнес направления:
  - › Печатные платы
  - › Дисплеи
  - › Солнечные панели
  - › ПО для распознавания банковских чеков
- Референс-лист по печатным платам (количество установок фирмы Orbotech, эксплуатируемых в данный момент в мире):
  - › Автоматическая оптическая инспекция (АОИ): более 5 000
  - › Прямое экспонирование: более 1 800
  - › Автоматическое оптическое формирование проводников (устранение КЗ и обрывов): более 600
  - › Прямое нанесение маркировки и маски: более 600
  - › САМ (Computer-aided manufacturing – программное обеспечение для подготовки технологического процесса производства изделий): более 13 000 рабочих мест

Orbotech не идет по пути компромиссов. Уменьшение количества ложных дефектов без пропуска критичных – это главная задача АОИ. 40-летний опыт компании позволил создать решения (рис 1), которые не имеют аналогов среди производителей оборудования. Их основные особенности:

- возможность классификации и установки разных допусков на разные подгруппы одних и тех же элементов (рис 2) – разные допуски на проводни-



2

Возможность классификации элементов печатной платы и задания разных допусков

T 1

Схема принятия решения на различных АОИ

Посмотрите на рисунок. Где дефект, а где не дефект?

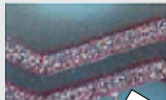


Оценка обычной АОИ в зависимости от настроек

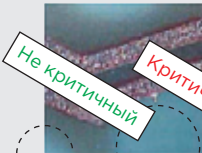
Дефекты не критичные

Не критичный  
Не критичный

Дефекты критичные

Критичный  
Критичный

Оценка АОИ Orbotech, которая «понимает» топологию и знает, где в дальнейшем будет отверстие, а где не будет

Не критичный  
Критичный

Будущее отверстие

ки, имеющие разную ширину, разные допуски на различные типы площадок и другое);

- программное обеспечение «понимает» структуру печатной платы, включая имеющуюся и будущую топологию (отверстия, маску, маркировку) (T 1);
- одновременный контроль заготовки в нескольких

(двух или трех) световых каналах за один проход в совокупности с программным обеспечением, которое позволяет анализировать сразу две или три картинки (рис 3). Важно, что просмотр платы осуществляется именно за один проход, т. к. альтернативное решение (смена светофильтров и повторные прогоны), используемое конкурентами, ведет к потере производительности и пропуску критичных дефектов.

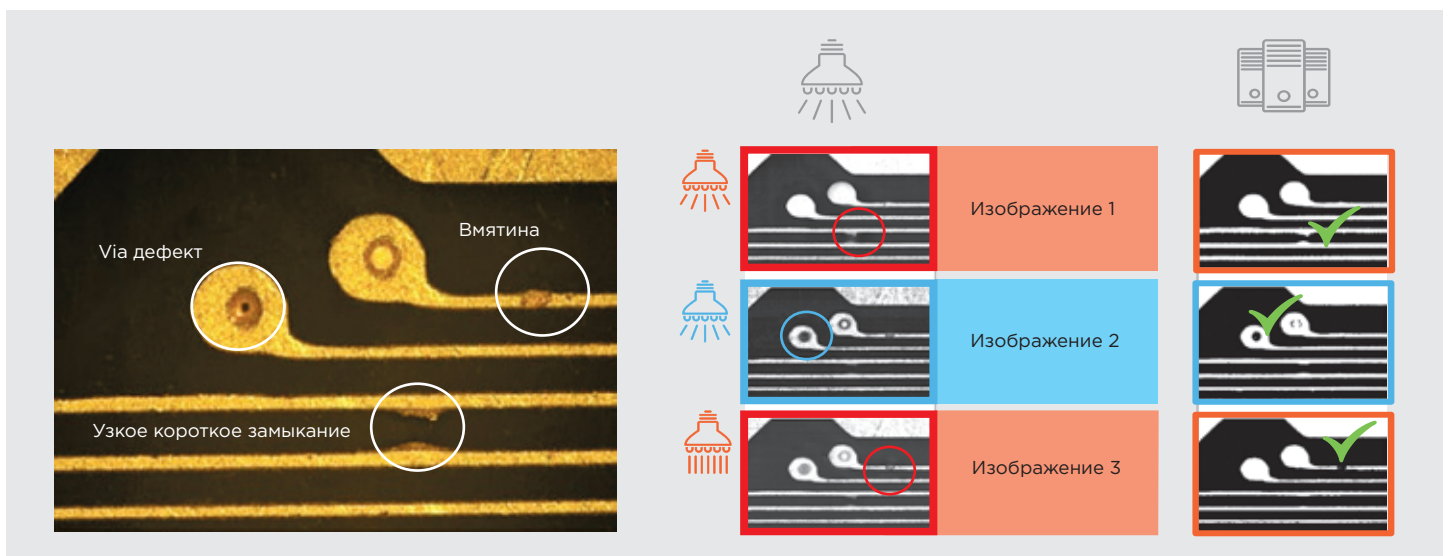
Перечисленные особенности позволяют находить критичные дефекты и пропускать ложные, таким образом предоставляя 100 % контроль при максимальной производительности.

### Автоматическое оптическое формирование проводников

Миниатюризация плат ведет к уменьшению проводника/зазора. И если экспонирование 50/50 мкм и менее – это реальная задача с высокой повторяемостью, то стабильные проявление и травление настолько прецизионного рисунка – задача весьма непростая. Долгие годы фирма Orbotech производила установку PerFix, которая позволяла устранять короткие замыкания, образовавшиеся в результате неидеальных режимов химической обработки. А 5 лет назад компания презентовала установку Precise (рис 4), которая позволяет не только подрезать лазером короткие замыкания (рис 5), но и напылять чистую медь на места протравов, восстанавливая проводники (рис 6). Технология не имеет аналогов в мире и сводит процент брака после получения рисунка слоев и готовых плат к нулю.

### Прямое экспонирование

С 1996 года компания Orbotech начала заниматься установками прямого экспонирования фоторезиста и защит-

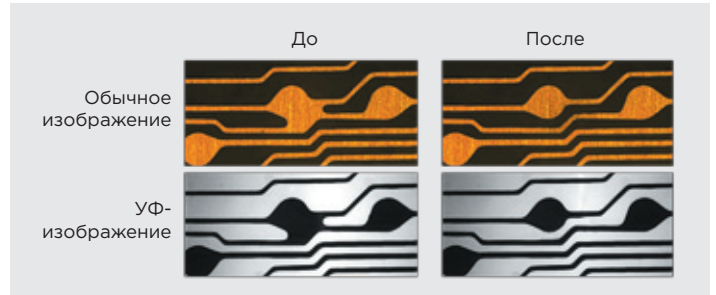


3

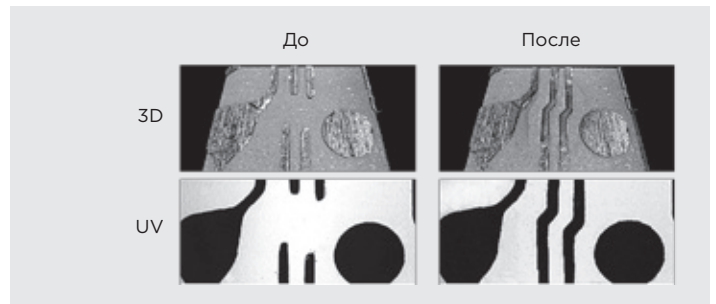
Фото трех различных дефектов в одной зоне (слева); изображения в этой зоне в разных световых каналах (по центру); отметка о том, какие дефекты обнаруживаются в соответствующих световых каналах (справа)



4 Установка Precise. 100 % выход годных заготовок печатных плат по топологии проводящего рисунка



5 Устранение коротких замыканий лазерной подрезкой

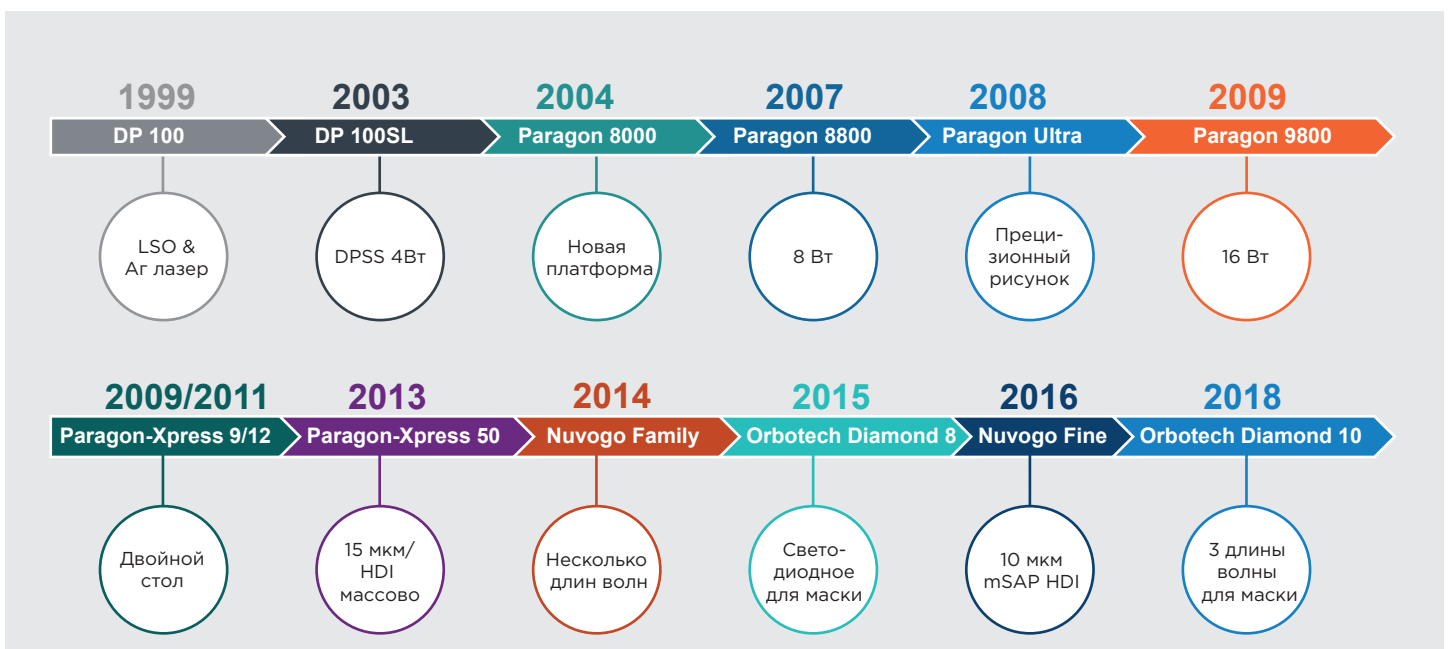


6 Устранение протравов с помощью напыления

ной паяльной маски печатных плат, купив разработки у известной немецкой фирмы Carl Zeiss. В то время еще не пришла эпоха цифровых фотоаппаратов и мобильных телефонов, а цеха печатных плат уже начали цифровизацию и переход от пленок (фотошаблонов) к цифровым технологиям – и этот переход до сих пор не закончился. Однако уже можно с уверенностью сказать, что прямое

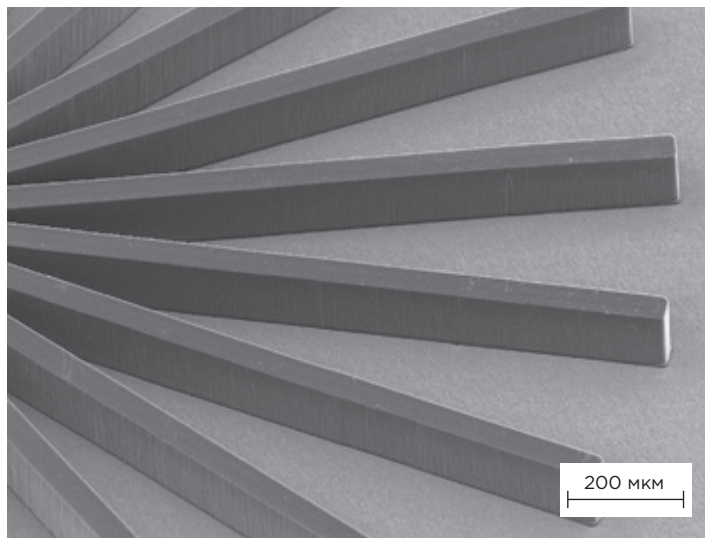
экспонирование – это обязательный этап развития любого цеха печатных плат.

Модельный ряд установок прямого экспонирования активно развивался (рис 7), и Orbotech первым внедрил такие технологии, как двойной стол, лазер нескольких длин волн, экспонирование прецизионного рисунка 10/10 мкм (рис 8) и другие.



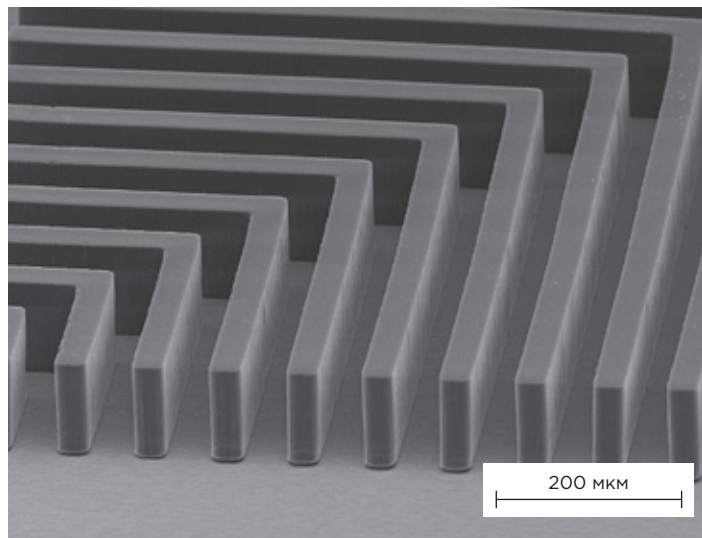
7 Развитие модельного ряда установок прямого экспонирования фирмы Orbotech





8

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



Новейшими моделями компании Orbotech стали установки Nuvogo и Diamond (рис 9).

Установки прямого экспонирования, предлагаемые компанией, при энергии экспонирования 35 мДж/см<sup>2</sup> (пример для фоторезиста) обеспечивают получение топологии рисунка 7 класса точности и выше на заготовке 610 x 820 мм с производительностью до 300 сторон в час. А при энергии экспонирования 300 мДж/см<sup>2</sup> (пример для паяльной маски) – любого рисунка, включая 7 класс на заготовке 610 x 457 мм с производительностью 120 сторон в час. Важно: при указании производительности мы даем финальные значения, учитывающие загрузку/разгрузку, совмещение при самых высоких точностях (рис 10), необходимую энергию экспонирования, минимальный проводник/зазор и размер заготовки.

А отличительной особенностью оптики установок Orbotech является самая большая глубина фокуса, которая позволяет максимально комфортно работать с гибкими короблеными платами. Компания является лидером по количеству эксплуатируемых систем прямого экспонирования печатных плат в мире – большинство частных и государственных производств печатных плат Европы, Азии, Америки используют именно Orbotech. Хотите прибыльное, высококачественное и высокопроизводительное производство – тогда вам нужно оборудование Orbotech.

### Прямое нанесение маркировки

Технология прямого нанесения маркировки позволяет значительно сократить количество операций для формирования маркировки, сэкономить площади, повысить точность и удобство работы. До недавнего времени эта технология



9

Прямое экспонирование от фирмы Orbotech – модель Nuvogo

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

10

Точность совмещения



1 1

Установка прямого нанесения маркировки Sprint 200

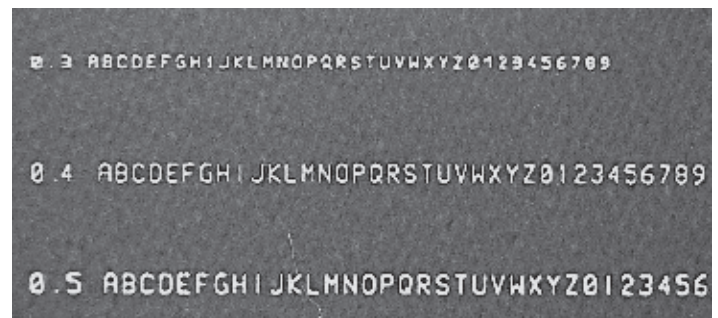
проигрывала традиционной трафаретной печати лишь в производительности. Однако с появлением последних моделей установок (Sprint 150/200/300) (рис 1 1) прямое нанесение догнало традиционную технологию по производительности. Следует также отметить, что здесь нанесенный рисунок уже предварительно отвержден, и для нанесения рисунка маркировки на вторую сторону достаточно перевернуть плату и вновь вставить в установку. Поэтому для многономенклатурных и мелкосерийных производств данный процесс дает даже бóльшую производительность при формировании маркировки по сравнению с традиционной технологией, где много времени тратится на изготовление трафарета.

Еще одной причиной развития этой технологии стали повышенные требования к сериализации и про-



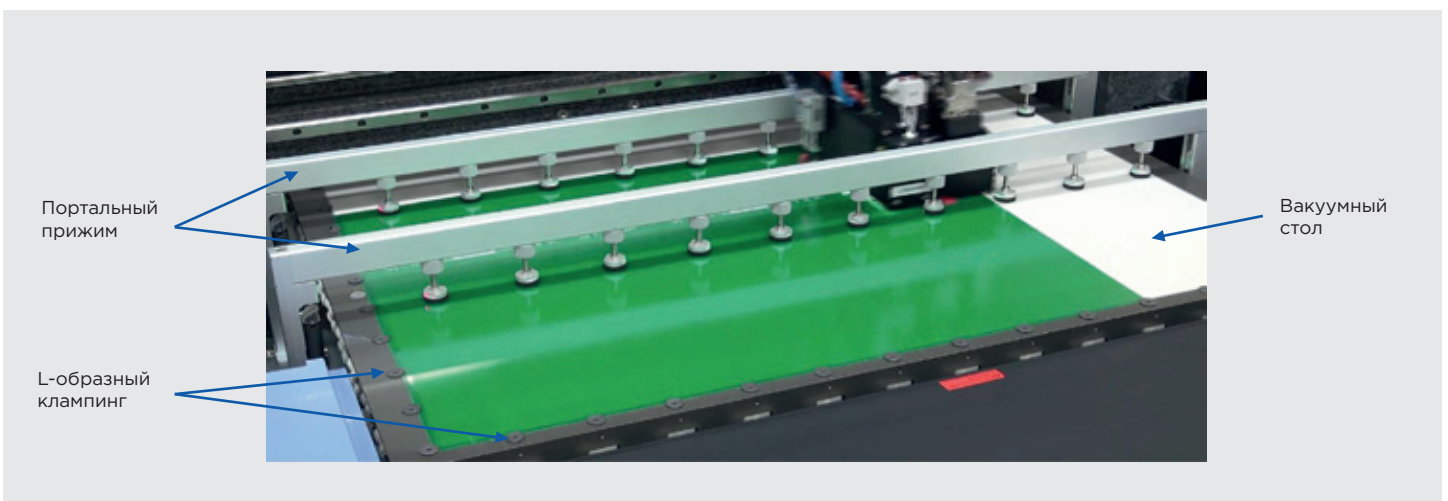
1 2

Сравнение качества нанесения с использованием технологии DotStream и без нее



1 3

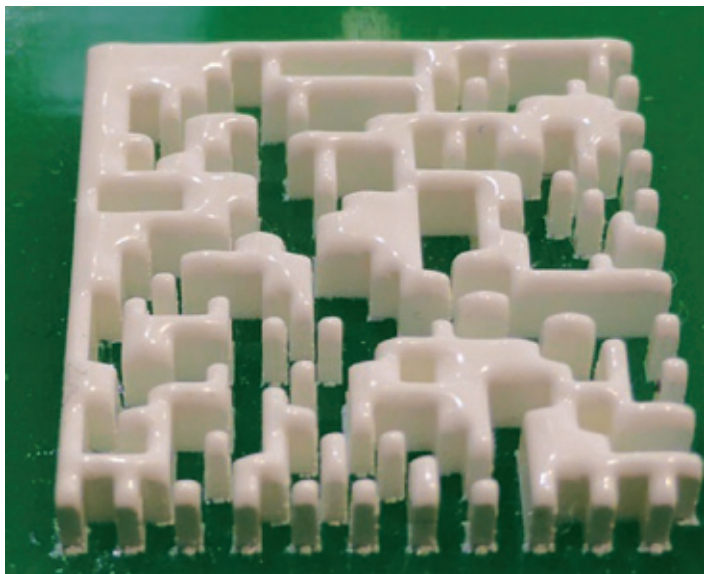
Демонстрация минимальных шрифтов серии установок Sprint



1 4

Система портального прижима





1 5

Возможности печати объемных структур. Высота печати до 5 мм

слеживаемости от конечных заказчиков – предприятий, которые осуществляют сборку изделий.

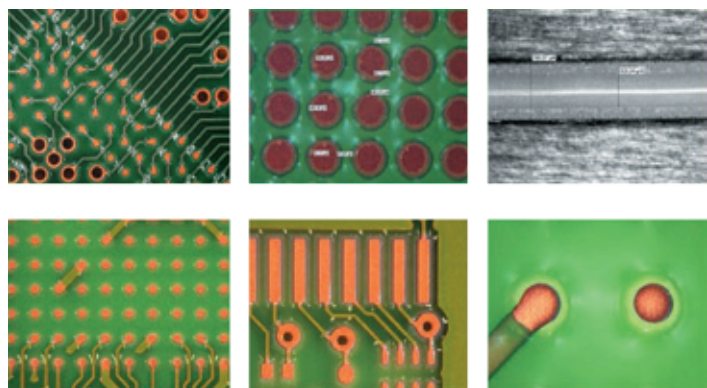
Orbotech развивает данную технологию с 1999 года. Отличительными особенностями установок серии Sprint являются:

- высокое качество печати благодаря технологии DotStream (рис 1 2, 1 3);
- длительный срок службы печатающих головок по сравнению с аналогичными решениями других компаний;
- технологические особенности оборудования, которые обеспечивают качество и удобство работы (рис 1 4).

Хорошей демонстрацией точности печати является печать объемных структур (рис 1 5).

### Прямое нанесение маски

Попытки создать установку прямого нанесения маски начались уже достаточно давно и являют логичным продолжением активного развития технологии прямого нанесения



1 7

Примеры напечатанной ЗПМ

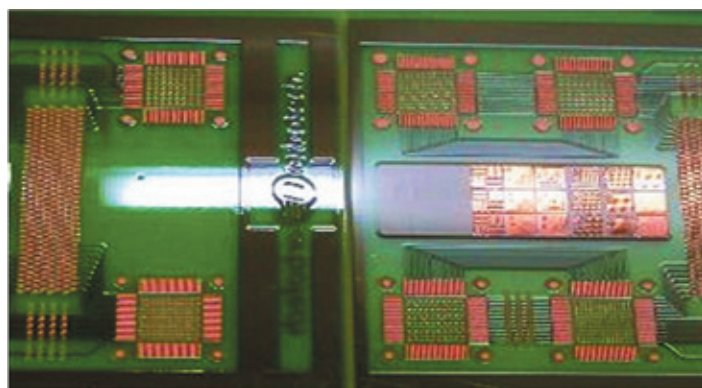


1 6

Установка прямого нанесения маски от компании Orbotech

маркировки. Однако в данном случае все гораздо сложнее, и большинство попыток не увенчались успехом и не привели к появлению коммерческого продукта, а лишь к прототипам и экспериментам на первых покупателях. Почему? Ответ кроется в конструктиве печатной платы. Маркировка обычно наносится на однородное покрытие, на маску. А маска наносится на два совершенно различных по свойствам покрытия: медь и стеклотекстолит. Долгое время это служило камнем преткновения для достижения покрытия, которое было бы достаточно стойким к финишным покрытиям, а также приемлемым с точки зрения внешнего вида. Компания Orbotech вела разработки подобной технологии более 5 лет, прежде чем выпустить на рынок готовый коммерческий продукт (рис 1 6), который бы давал достойный результат, отвечающий требованиям заказчиков, изготавливающих печатные платы для спецприменений и гражданских задач.

Ввиду того, что технология крайне молодая, при выборе оборудования для таких задач мы рекомендуем, в первую очередь, увидеть «живую» демонстрацию результатов (рис 1 7 и 1 8) – и готовы ее представить.



1 8

Возможность печати глянцевой и матовой поверхностей



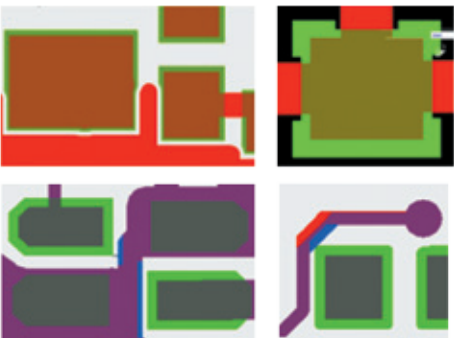
**T 2**

Часть отчета о сложности печатной платы (пример)

Анализ технологичности						
Слой	Минимальная ширина линии (мкм)	Минимальный зазор (мкм)	Минимальный гарантийный поясок (мкм)	Минимальное расстояние от отверстия до меди (мкм)	Площадь меди (дм <sup>2</sup> )	Толщина фольги (Базовая)
top	120	91.54	115	239.07	0.20 дм <sup>2</sup> 43.51%	18 мкм
12					0.39 дм <sup>2</sup> 86.83%	35 мкм
13	120	87	115	137.28	0.08 дм <sup>2</sup> 18.08%	18 мкм
14					0.38 дм <sup>2</sup> 82.77%	18 мкм
15					0.38 дм <sup>2</sup> 83.12%	18 мкм
16	120	124.73	115	160	0.04 дм <sup>2</sup> 8.93%	18 мкм
17					0.38 дм <sup>2</sup> 82.72%	18 мкм
18	120	87	115	160	0.06 дм <sup>2</sup> 13.38%	18 мкм
19					0.39 дм <sup>2</sup> 86.83%	18 мкм
bot	85	86.97	115	236.97	0.18 дм <sup>2</sup> 40.75%	18 мкм
Минимальное	85	86.97	115	236.97		

**T 3**

Необходимость использования InCam

НАИМЕНОВАНИЕ	СУТЬ КОРРЕКТИРОВКИ	ЦЕЛЬ
Динамическая компенсация подтравы		<p>Различные параметры компенсации подтравы по критериям формы и атрибутов</p> <p>Будут ли равномерно травиться одиноко стоящий проводник и ряд рядом стоящих? Конечно нет. ПО InCam позволяет скомпенсировать такие ситуации, чтобы избежать брака</p>
Ремонт сигнального слоя		<p>Оптимизирует гарантийный поясок, ширину проводника, минимальные зазоры, где это необходимо</p> <p>Разрешает все виды нарушений зазоров, в том числе: зазоры внутри шин подрезка полигонов</p>
Ремонт паяльной маски		<p>Подрезка медных полигонов/переразводка проводников для обеспечения перекрытия</p> <p>Улучшенная обработка встроенных и частичных вскрытий</p> <p>Улучшена комплексная подрезка вскрытий</p>

**Компания Frontline**

В печатных платах, как и в механическом производстве, есть САМ и САD-системы. Лидирующей фирмой по САМ-системам является Frontline (дочерняя компания Orbotech), основные продукты которой:

- InSight: ПО для оценки сложности печатных плат;
- InCam: ПО для подготовки данных к производству;
- InPlan: полная система технологического планирования процесса производства печатных плат;
- и т. д.: InCouplon, Insolver, InStack, InShop.

Расскажу немного об InCam. Первая задача InCam (в случае, если у вас нет InSight) – это понять, сможете ли вы сделать конкретную печатную плату. Для этого программное обеспечение автоматически показывает сложные моменты печатной платы оператору (**T 2**).

Вторая задача связана с подготовкой данных к производству. Зачастую бывает, что конструкторы разводят платы, не учитывая особенности общей и частной технологии производства печатных плат.



Если не обращать на это внимание, то процент выхода годных будет низок. Надо понимать, что технологии производства печатных плат не позволят сделать плату в нолях (с крайне жесткими допусками). Всегда будут рассовмещения, недотравы, перетравы и другие дефекты. Вопрос в их величине и в допуске, который задают конструктор, ТУ и ГОСТ. Общеизвестная мировая практика – готовить файлы к производству печатных плат с небольшими корректировками, не выходящими за рамки допусков, и учитывая при подготовке особенности конкретного производства, технологии и материалов. Это позволяет значительно повысить выход годных плат и облегчить производство. В **ТЭ** приведены примеры необходимости использования данного программного обеспечения.

Приведенные примеры – это лишь малая часть того, что может сделать InCam.

Особенно важно, чтобы такие корректировки ни в коем случае не нарушили целостность электрических цепей на этапе подготовки данных. Для этого программное обеспечение InCam сверяет список электрических цепей, проверив который до и после корректировок, мы сможем быть уверены, что не сделали ошибок при выполнении подготовки данных к производству.

Возможности компании Frontline также дают большие перспективы по улучшению и других продуктов Orbotech (АОИ, прямое экспонирование и т. д.).

Индустрия 4.0 – это следующий этап развития всех мировых производств. Orbotech вместе с Frontline являются первопроходцами и лидерами в этом на-

правлении для печатных плат. Сложность заключается в огромном количестве операций, оборудования, инструментов, материалов и технологий, которые присутствуют в печатных платах. Задача непростая, но очень интересная. Для этого у Frontline есть специальный продукт – InShop. В этой статье я не буду описывать его, потому что сегодня существует очень мало производств печатных плат, готовых к данному этапу модернизации. Но если ваше производство проявляет такую готовность, нам необходимо встретиться и побеседовать на эту тему более детально.

## Заключение

В данной статье кратко рассмотрены ключевые технологии, которыми обладает компания Orbotech. Но каждый продукт требует более подробного представления: отдельной статьи, презентации, детальной беседы и демонстрации возможностей. Задавайте вопросы сотрудникам ООО «Остек-Сервис-Технология» по электронной почте [ost@ostec-group.ru](mailto:ost@ostec-group.ru) – мы всегда готовы поделиться с вами нашими знаниями и опытом.

Orbotech – уверенный лидер индустрии печатных плат. Недаром ведущие мировые компании-производители электроники ставят своим поставщикам печатных плат условие: «Платы для нас должны быть изготовлены с обязательным применением оборудования компании Orbotech».

**А у вас оно уже применяется?**



