

Нанесение маркировки прямым струйно-капельным методом

Выбирай умом, а не сердцем!

Когда мы слышим о трафаретной печати, то невольно представляем себе мрачные помещения, большое количество оборудования, измазанный краской станок и отвратительный запах. А есть ли альтернатива? Оказывается, есть! В данной статье показаны преимущества нового технологического процесса прямого струйно-капельного нанесения маркировки на печатную плату с одновременной УФ-сушкой, а также экономическая эффективность применения соответствующего оборудования.

Михаил Одноворцев

mikle@elserv.ru

У производителей печатных плат, в частности, имеющих государственный заказ (в том числе и на конечное изделие двойного применения), бытует мнение, что главное — это получить конечный результат, то есть изготовить требуемую печатную плату или изделие, удовлетворяющее требованиям заказчика, особенно если под этот заказ выделяются финансы для модернизации производства под новое изделие. А вопрос экономической эффективности производства отходит на второй план. Конечно, очень трудно оценить экономическую отдачу от ракет, танков, самолетов, кораблей, спутников и т. д., но необходимо разумно отнестись к выбору технологических процессов и соответствующего оборудования, принимая во внимание, что размер выделяемых финансовых средств все-таки ограничен.

Правильный выбор технологических процессов и необходимого для них оборудования при модернизации производства или создании нового может позволить эффективно решить вопрос изготовления нового изделия и образовать большой задел на будущее по производительности на многих технологических операциях, а также по классу точности изготавливаемых печатных плат с возрастающими требованиями к их конструкции и надежности.

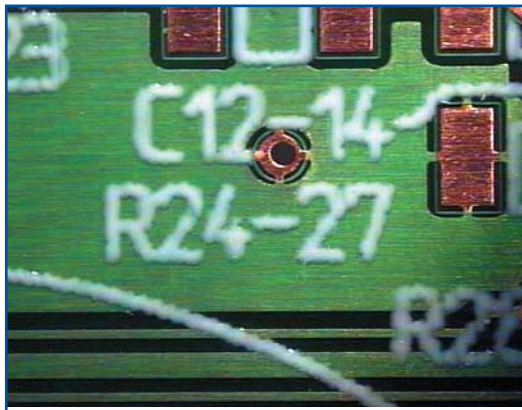


Рис. 1

Кроме всего прочего, многие производители печатных плат «боятся» новых технологических процессов, так как стандартные, классические процессы уже отработаны на производстве, а новые требуют не только внедрения, но и обучения персонала производственного участка, а нередко и утверждения данного процесса у представителя заказчика.

Некоторые технологические операции, в том числе и нанесение маркировки (рис. 1), не влияют на конструкцию, а следовательно, и на надежность печатной платы и могут быть беспрепятственно утверждены у представителя заказчика. Эта особенность некоторых технологических операций дает возможность изготовителю печатных плат рассматривать более широкий спектр различных вариантов технологических процессов и соответствующего технологического оборудования для получения качественного конечного результата.

Классический вариант технологического процесса получения маркировки печатных плат — это по-



Рис. 2



Рис. 3. Установка прямого струйно-капельного нанесения маркировки NewPrint или NewPrint D.S. «Double Speeds»

Таблица 1. Технические характеристики установок серии NewPrint прямого струйно-капельного нанесения маркировки фирмы New System

| Требования к толщине печатной платы | |
|--------------------------------------|---|
| Минимальная толщина | 0,1 мм |
| Максимальная толщина | 7,0 мм |
| Условия эксплуатации и подсоединения | |
| Температура | 20 ± 2 °C |
| Относительная влажность | 50 ± 10% |
| Электропитание | 220 В, 50 Гц, 20 А |
| Сжатый воздух | 5 бар |
| Совмещение | |
| Автоматическое | С помощью CCD-видеокамеры |
| Маркировочная краска | |
| Тип краски | УФ-отверждаемые белые чернила (Pro-Jet Ultra White Z1A) |
| Программное обеспечение | |
| Операционная система | Windows 98 с программным обеспечением для принтера |
| Сетевые протоколы | TCP/IP, IPX и т. д. |
| Процессор растрового изображения | |
| Тип | Программное обеспечение New System |
| Формат входных файлов | Gerber RS274-D, RS274-X, DPF |
| Аппаратные средства | |
| Центральный процессор | 800 МГц или выше |
| Оперативная память | 256 Мбайт или больше |
| Жесткий диск | 40 Гбайт или более |
| Подключение к локальной сети | Да |
| Многооконное CNC-управление | Да |
| Плата захвата изображения | Да |
| Контроллер впрыска чернил | Да |
| Перемещение по осям | |
| Количество осей | 2 |
| Разрешающая способность | 0,001 мм |
| Повторяемость | ±0,003 мм |
| Разрешение при печати | |
| Минимально | 360 dpi |
| Максимально | 720 dpi |

лучение изображения методом трафаретной печати, нанесение маркировочной краски с помощью ракеля на установке трафаретной печати (рис. 2) через трафаретную печатную форму (ТПФ) на печатную плату. Этот технологический процесс и будет в дальнейшем сравниваться с новым процессом прямого струйно-капельного нанесения маркировочной краски на печатную плату.

Таблица 2. Сравнение моделей установок серии NewPrint

| Модели | NewPrint | NewPrint D.S. | NewPrint G4SL |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Время печати изображения размером 610×457 мм | | | |
| Разрешение 360×360 dpi | 29 с | 14 с | 7 с |
| Разрешение 720×360 dpi | 44 с | 28 с | 14 с |
| Разрешение 720×720 dpi | 88 с | 56 с | 28 с |
| УФ-лампы | | | |
| Количество ламп | 1 | 2 | 2 |
| Тип ламп | Ртутная | Ртутная | Ртутная |
| Печатающая головка | | | |
| Размер пятна, мкм | 70 | 70 | 70 |
| Величина капли, пл | 30 | 30 | 30 |
| Скорость перемещения по оси, мм/с | 250–500 | 250–500 | 250–500 |
| Количество струй | 500 | 500 | 1000 |
| Область печати | | | |
| Максимальная область, мм | 630×510 | 630×510 | 760×600 |
| Габаритные размеры и вес | | | |
| Длина×Ширина×Высота, мм | 1500×1160×1240 | 1500×1160×1240 | 1600×1435×1300 |
| Вес, кг | 1000 | 1015 | 1300 |



Рис. 4. Установка прямого струйно-капельного нанесения маркировки NewPrint G4SL

Вариант нанесения фоточувствительной маркировочной краски через сетчатый трафарет на печатную плату будем считать частным случаем получения изображения методом трафаретной печати, применимым только для прототипного производства печатных плат, и из дальнейшего рассмотрения в качестве отдельного и независимого способа получения маркировочного изображения исключим. Хотя, надо признать, данный способ получения маркировочного изображения на печатных платах имеет полное право на существование и достоин отдельной публикации.

Далее мы проведем сравнение прямого струйно-капельного метода нанесения маркировки на примере установок серии NewPrint фирмы New System (рис. 3–4, табл. 1–2) и технологии получения изображения методом трафаретной печати на примере комплекта оборудования, позволяющего получать маркировку на заготовке размером 610×457 мм.

Технологические операции формирования маркировки. Время технологического цикла изготовления

Время подготовки и нанесения маркировки различными методами на стандартную заготовку размером 610×457 мм показано в таблице 3. Обратите внимание, что время прямого нанесения маркировочной краски капельно-струйным методом указано вместе с временем УФ-сушки, потому что данная операция выполняется практически одновременно в одном цикле с нанесением маркировочной краски, так как модуль УФ-сушки

Таблица 3. Время подготовки и нанесения маркировки различными методами на стандартную заготовку размером 610×457 мм

| № | | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|---|--|--------------------------|--|
| 1 | Подготовка информации | ~ 0,5 ч | ~ 0,5 ч |
| Изготовление фототаблона | | | |
| 2 | Формирование топологии маркировочного слоя на фоточувствительном слое серебросодержащей пленки с помощью лазера фотоплоттера | ~ 5 мин | – |
| | Проявление фототаблона в проявочном процессоре | ~ 5 мин | – |
| | Контроль фототаблона на соответствие чертежу или исходным данным | ~ 10 мин | – |
| Изготовление трафаретной печатной формы (ТПФ) | | | |
| 3 | Натяжение сетки на рамку с последующей склейкой | ~ 1 час (минимум) | – |
| | Нанесение фоточувствительной эмульсии на сетку | ~ 1 мин | – |
| | Предварительная сушка фоточувствительной эмульсии | ~ 10 мин | – |
| | Экспонирование фоточувствительной эмульсии через фототаблон | ~ 10 с | – |
| | Проявление ТПФ | ~ 5 мин | – |
| | Сушка ТПФ | ~ 20 мин | – |
| 4 | Нанесение маркировочной краски | ~ 15 с | от 7 до 88 с (разные модели) |
| 5 | УФ-дублирование маркировочной краски | от 15 до 120 с | |

встроен в установку и находится рядом с подвижной печатающей головкой.

Как видно из таблицы 3, время формирования маркировки (поз. 4 и поз. 5) для обоих методов практически одинаково, что позволяет утверждать, что оба метода имеют практически одинаковую производительность на этапе формирования маркировки печатных плат. Но существенным их различием является значительное время подготовки и изготовления ТПФ при нанесении маркировки трафаретной печатью, что значительно ухудшает гибкость данного метода для многономенклатурного производства. Отсутствие технологических

**Таблица 4.** Сравнения характеристик обрабатываемых плат и получаемой маркировки

| | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|---|--------------------------|--|
| Максимальная область печати, мм | 630×510 (или более) | 630×510 |
| Минимальная толщина платы, мм | 0,1 | 0,1 |
| Максимальная толщина платы, мм | до 25 | 7 |
| Точность позиционирования по осям X и Y, мкм | ±10 | ±3 |
| Минимальная ширина линии/зазора маркировки, мкм | 150* | 70 |

* Данная величина взята из опыта работы, хотя в полиграфической промышленности для гарантии целостности линии принято значение 300 мкм, что не является необходимым требованием для маркировки печатных плат

операций для изготовления фотошаблонов и ТПФ при прямом струйно-капельном методе нанесения маркировки позволяет использовать его в любом производстве, в том числе и в многономенклатурном.

Технические характеристики и параметры получаемого маркировочного изображения

Из таблицы 4 видно, что струйно-капельный метод прямого нанесения значительно выигрывает у трафаретной печати по точности позиционирования и получению минимальной ширины проводника, что может указывать на невозможность применения трафаретной печати для маркировки печатных плат высокого класса точности. Кроме того, некоторой сложностью может явиться получение ТПФ с топологией, необходимой для получения минимальной ширины линии и зазоров, так как необходимо учитывать допуски на размеры элементов рисунка на фотошаблоне (для процесса проявления ТПФ), а также возможного растекания маркировочной краски при трафаретной печати через ТПФ. Установка Legend Printer лишена данных недостатков, так как имеет прямое высокоточное струйно-капельное нанесение маркировки и одновременную УФ-сушку сразу после нанесения маркировки. Установка имеет программируемые настройки на различную ширину линий и зазоров, что позволяет применять ее для печатных плат как высокого, так и низкого класса, используя низкое разрешение печати и тем самым увеличивая скорость нанесения маркировки.

Стоит отметить, что эти преимущества прямого струйно-капельного формирования изображения фирма New System применила для формирования защитной паяльной маски и прямого нанесения резиста для получения топологии проводящего слоя, реализовав эти решения в своих установках Solder Mask Printer и Etch Resist Printer соответственно. Технологические решения, использованные в этих установках, имеют свои преимущества и недостатки, с которыми мы постараемся познакомить вас в следующих статьях.

Площади производственных помещений. Вентиляция и вытяжные системы. Отходы

Для трафаретной печати необходимо следующее оборудование:

- фотопринтер;
- проявочный процессор;
- оборудование для контроля фотошаблонов;
- оборудование для резки фотопленки;
- шкаф для хранения фотошаблонов;
- устройство натяжения сеток;
- установка нанесения эмульсии;
- сушильный шкаф для ТПФ;
- установка экспонирования ТПФ;
- установка проявления ТПФ;
- шкаф для хранения ТПФ;
- установка заточки ракелей;
- установка УФ-дублирования маркировки;
- установка нанесения маркировки.

Невозможность использования оборудования для изготовления ТПФ и трафаретной печати в одном помещении вынуждает изготовителей печатных плат размещать его на разных участках производства, а это площади, которые можно было бы сэкономить (табл. 5).

Таблица 5. Сравнение необходимых производственных площадей

| | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|---|--------------------------|--|
| Участок подготовки информации, м ² | от 10 | от 10 |
| Участок изготовления фотошаблонов, м ² | от 30 | – |
| Участок контроля фотошаблонов, м ² | от 10 | – |
| Участок изготовления ТПФ, м ² | от 30 | – |
| Участок нанесения маркировки, м ² | от 20 | от 10 |
| Итого, м ² | от 100 | от 20 |

На участок трафаретной печати накладываются почти такие же требования по взрыво- и пожаробезопасности, как на участок лакокрасочных покрытий, с вытекающими отсюда требованиями к расположению помещений, пожарной охране и охране труда. Струйно-капельный метод нанесения маркировки не имеет никаких отходов материалов и растворов (табл. 6), что делает его исключительно чистым процессом и позволяет использовать соответствующее оборудование в помещении с обычными требованиями по пожаро- и взрывобезопасности, а также с более низкими требованиями по охране труда.

Таблица 6. Сравнение технологий по наличию отходов материалов

| | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| Раствор проявления фотошаблонов | + | – |
| Раствор фиксажа для фотошаблонов | + | – |
| Серебросодержащая пленка | + | – |
| Раствор проявления ТПФ | + | – |
| Раствор от регенерации ТПФ | + | – |

Таблица 7. Сравнение необходимости применения вентиляционных систем

| | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Участок подготовки информации | общеобменная | общеобменная |
| Участок изготовления фотошаблонов | общеобменная | – |
| Участок контроля фотошаблонов | общеобменная | – |
| Участок изготовления ТПФ | общеобменная/органическая | – |
| Участок нанесения маркировки | общеобменная/органическая | общеобменная |

Использование большого количества оборудования и различные технологические процессы при трафаретной печати требуют применения разных вытяжных и вентиляционных систем (табл. 7).

Кроме того, не стоит забывать о поддержании необходимой температуры и влажности в этих помещениях, что приводит в итоге к увеличению энергозатрат на участках трафаретной печати по сравнению с помещением, где установлена только установка прямого струйно-капельного нанесения маркировки.

Сравнение расходов

Все перечисленные выше преимущества оборудования фирмы New System для прямого струйно-капельного нанесения маркировки относятся к технической и технологической области, но является ли использование данного оборудования в производстве печатных плат экономически оправданным? Наш ответ: да, является!

Мы провели расчет прямых расходов и себестоимости маркировки на 1 дм² заготовки для трафаретной печати и прямого струйно-капельного метода, а также спланировали амортизационные отчисления на 5 лет (табл. 9). Исходные данные для расчетов приведены в таблице 8.

Наглядно зависимость себестоимости маркировки от количества типов плат для двух различных методов представлена на графике. Если номенклатура изделий, то есть количество типов печатных плат при типичных параметрах производства превышает 250 в год, то применение прямого струйно-капельного

Таблица 8. Исходные данные для расчета расходов на производство

| Наименование | Значение | Примечание |
|---|----------|----------------------|
| Годовой фонд времени | 4000 | (2 смены) |
| Годовой объем выпуска ПП (по платам) | 400 000 | дм ² /год |
| Требуемая производительность (по платам) | 1,00 | м ² /ч |
| Годовая номенклатура | 500 | типов/год |
| Вид плат | ДПП | |
| Количество слоев маркировки | 2 | |
| Срок амортизации оборудования | 5 | лет |
| Стоимость комплекта оборудования для трафаретной печати | 128 000 | долл. США |
| Стоимость комплекта оборудования для прямого метода | 256 000 | долл. США |

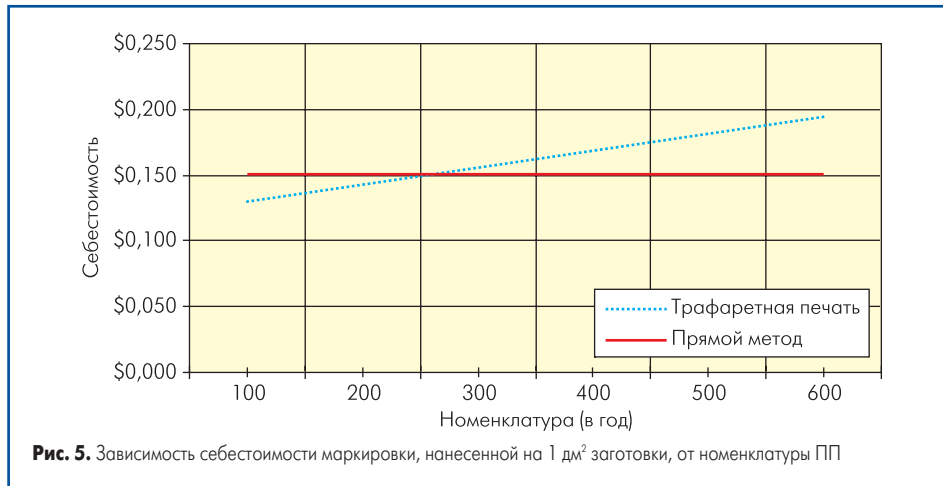


Рис. 5. Зависимость себестоимости маркировки, нанесенной на 1 дм² заготовки, от номенклатуры ПП

нанесения маркировки становится более рентабельным, чем трафаретная печать.

График изменения себестоимости маркировки, нанесенной на 1 дм² заготовки, при трафаретной печати и прямом струйно-капельном нанесении в зависимости от количества типов печатных плат показан на рис. 5.

Выводы

Для тех, у кого хватило терпения дочитать до конца, или для тех, кто любит читать с конца статьи.

Установки прямого струйно-капельного нанесения маркировки отличаются высоким разрешением печати и точностью позиционирования,

высокой скоростью формирования рисунка маркировки, чистотой технологического процесса и отсутствием химических отходов и материалов. Эта технология позволяет минимизировать трудозатраты, затраты на энергоресурсы и использовать минимальные производственные площади с обычными значениями температуры и влажности. А самое важное — стоимость оборудования позволяет ему окупиться в короткие сроки.

Все вышеперечисленные технико-экономические характеристики не только указывают на неоспоримые преимущества струйно-капельного метода нанесения маркировки по сравнению с трафаретной печатью, но и подчеркивают высокую технологичность этого

Таблица 9. Расчет расходов на производство

| Наименование | Метод трафаретной печати | Струйно-капельный метод прямого формирования |
|--|--------------------------|--|
| Фотошаблоны, \$/дм ² | 0,0007 | 0,0000 |
| Маркировочная краска, \$/дм ² | 0,0041 | 0,0036 |
| Трудозатраты, \$/дм ² | 0,0450 | 0,0180 |
| Энергоресурсы, \$/дм ² | 0,0032 | 0,0011 |
| ТПФ, \$/дм ² | 0,0638 | 0,0000 |
| Прямые расходы, \$/дм ² | 0,1167 | 0,0227 |
| Амортизация оборудования, \$/дм ² | 0,0640 | 0,1280 |
| Себестоимость, \$/дм ² | 0,1807 | 0,1507 |

процесса, а также высокую экономическую эффективность его использования в современном производстве печатных плат.

Р.С. В заключение автор хотел бы выразить пожелание. Так как прогресс технологий производства электронных модулей во всем мире, в том числе и печатных плат, не стоит на месте, и на рынке появляются предложения новых технологий, производителям печатных плат России (где парк оборудования не обновлялся десятилетиями) стоит быть менее консервативными в выборе и обратить свое внимание на действительно прогрессивные и экономически оправданные технологии, а не продолжать топтаться на месте, приобретая новое, но морально устаревшее по современным мировым технологическим меркам оборудование.