

ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Борис Иванович Павленко

Брянский государственный технический университет, студент
Россия, Брянск, bor-pavlenko@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена обзору наиболее актуальных технологий изготовления прототипов печатных плат. Рассматриваются достоинства и недостатки различных технологий, описывается необходимое оснащение для их реализации.

Ключевые слова: печатные платы, прототипы, технологии изготовления.

RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGIES FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

Boris I. Pavlenko

Bryansk State Technical University, student, Russia, Bryansk, bor-pavlenko@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to description of actual rapid prototyping technologies for printed circuit boards. The advantages and weaknesses of various technologies are considered, the necessary equipment for their implementation is described.

Keywords: printed circuit boards, prototyping technologies, fast prototyping.

Современная культура производства предоставляет разработчикам новые возможности и ставит перед ним новые задачи, решать которые без применения систем автоматизированного проектирования (САПР) становится сложно, неразумно, а зачастую и невозможно. Тем не менее, САПР является лишь одним из этапов реализации, по завершении которого необходимо приступить к изготовлению прототипа. Только реальный прототип может дать наиболее полное представление о возможных проблемах и ошибках, допущенных при проектировании [1].

Ассортимент технологий изготовления прототипов печатных плат на сегодняшний день очень широк: начиная от наиболее доступной ЛУТ, заканчивая технологиями, включающими в себя лазерные станки [2]. Архаичные технологии вроде нанесения защитной маски лаком от руки достойны упоминания, но не более.

Лазерно-утюжная технология является примером наиболее бюджетного способа изготовления прототипов печатных плат. Доступность оборудования и невысокая стоимость необходимых расходных материалов привели к тому, что эта технология стала наиболее распространённой в сфере любительской разработки электронных устройств. Тем не менее, как и другие методы изготовления прототипов здесь так же важно понимание процессов и тщательное соблюдение алгоритмов. Только в этом случае можно рассчитывать на приемлемое качество конечного образца.

К очевидным плюсам, несомненно, относится низкая стоимость начала применения и высокая скорость реализации, а также широкие возможности по выбору реагентов.

К минусам стоит отнести следующие моменты.

Требуются навыки. Результат напрямую зависит от накопленного опыта изготовителя.

Минимальной шириной дорожек декларируются 0.5 мм, однако на практике стабильно добиться такой точности можно только при использовании качественных, выверенных материалов и технологии производства.

В силу особенности технологии изготовление двусторонних печатных плат становится нетривиальной задачей. Так как в этом случае требуется совмещать рисунки масок обеих сторон вручную, а зачастую и практически вслепую. Совмещение сквозных отверстий в плате становятся серьёзным вызовом.

Металлизация переходных отверстий зачастую осуществляется с помощью проволоки малого сечения.

Затруднительно изготавливать платы со стороной свыше 15 см без использования особых нагревательных инструментов.

Невозможность мелкосерийного выпуска. Каждая изготавливаемая плата делается в единственном экземпляре, и для изготовления нового необходимо повторить весь цикл производства, начиная с печати.

Нанесение фоторезистивного слоя и применение фотошаблонов требует прежде всего изготовление самих фотошаблонов. Наиболее дешёвым вариантом в этом случае является печать фотошаблонов бытовыми принтерами на прозрачной плёнке. Применяются как струйные, так и лазерные. Струйные принтеры при этом обладают рядом преимуществ.

Во-первых, плотность рисунка. Светопроницаемость шаблона из плёнки – одна из главных проблем этой технологии. И рисунок, напечатанный струйным принтером, в среднем, выходит гораздо плотнее, чем на лазерном. Разумеется, различными методами можно бороться (например, наложением нескольких одинаковых фотошаблонов друг на друга) за плотность рисунка. Но все они заметно усложняют процесс. Два подряд распечатанных листа совершенно необязательно будут абсолютно идентичны.

Во-вторых, искажение рисунка. Печать на лазерном принтере подразумевает нагрев до высоких температур. В результате материал испытывает температурные деформации, а как следствие рисунок получается искажённым. Некоторые программные продукты позволяют вносить перед печатью корректировки. Но определять их приходится опытным путём, а изменение материала или температурных условий приводит к заранее непредсказуемому результату.

Экспонирование проводится как естественным солнечным светом, так и с помощью специального оборудования. На этом этапе важное значение имеет

боковой засвет, что особенно актуально для тонких дорожек и малых просветов.

В целом, плюсы можно выделить следующие:

- невысокая стоимость и широкий выбор оборудования и расходных материалов;
- возможность изготовления двусторонних плат;
- возможность повторного использования единой изготовленного фотошаблона.

Из минусов стоит отметить:

- возможные искажения рисунка при изготовлении фотошаблона;
- необходимость вручную совмещать фотошаблон и реперные точки на плате;
- минимальная ширина дорожек на плате около 0.3 мм ограничивается возможностями принтера (600-1200 dpi);
- хранение компонентов.

Прямое нанесение защитной маски позволяет сразу после печати перейти к этапу травления. Сюда можно отнести как разного рода плоттеры, наносящие рисунок определённым инструментом, так и специальные полимерные принтеры [3]. Отдельным подтипом можно включить принтеры, печатающие топологию токопроводящим полимером с включением серебра. В любом случае, это особое оборудование, работающее с плоским материалом.

Преимуществом технологии является малое количество промежуточных этапов перед травлением, а также наглядность процесса. Минусам стоит отнести необходимость приобретения специального оборудования или серьёзной реконструкции офисного, а также невысокое разрешение печати – как следствие, минимальная ширина дорожек около 1 мм. Помимо этого, не стоит списывать со счетов расходы на полимер и растворитель для последующего его удаления.

Лазерное создание топологии включает в себя экспозицию лазером фоторезистивного слоя, или прямое удаление меди с фольгированного стеклотекстолита. Эта технология подразумевает высокую точность, сложность и, как следствие, стоимость оборудования [4]. При подготовке оборудования требуется учитывать большое количество факторов, одной только фокусировкой лазерного луча настройки не ограничиваются. Сложность настройки и повышенные требования к персоналу, его эксплуатирующему, можно отнести к недостаткам метода. Однако, наладив станок, можно повторно получать практически неограниченное количество копий с высокой повторяемостью и возможностью плотного размещения компонентов.

Подводя итоги, можно сказать, что изготовление качественных и высокотехнологичных прототипов требует хорошо оснащённой лаборатории и высоко квалифицированный персонал, способный воплощать инженерные задумки в реальные решения.

Мы предлагаем следующую последовательность технологических операций с использованием следующего оборудования:

- 1) сверление отверстий на станке с ЧПУ;
- 2) щеточная очистка плат с помощью специальной установки;
- 3) металлизация отверстий методом гальванического осаждения меди;
- 4) создание топологии с помощью лазерного станка или нанесения маски фоторезистом.

Указанная методика позволяет в лабораторных условиях университета обеспечивать следующие проектные нормы:

односторонние печатные платы толщиной 1,5 и 2 мм;

однослойные двусторонние платы толщиной 1,5 мм;

металлизация отверстий;

минимальный зазор проводников — 0,3 мм;

минимальная ширина проводника — 0,3 мм.

Список литературы

1. *Горячев Н.В., Юрков Н.К.* – Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 26. С. 534-540.

2. *Сивагина Ю.А., Кочегаров И.И., Юрков Н.К.* Прототипирование печатных плат в лаборатории вуза // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-1. – С. 90-90; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=33721> (дата обращения: 17.10.2021).

3. *Боброва, Ю.* Обзор технологических возможностей трехмерной печати в производстве печатных плат / Ю. Боброва, О. Смирнова, Д. Мануков // Технологии в электронной промышленности. – 2019. – № 7(115). – С. 38-45.

4. *Семенов, П.* Технологические прорывы в производстве и макетировании печатных плат на Productronica-2017 / П. Семенов, В. Городов, М. Шальнева // Технологии в электронной промышленности. – 2018. – № 2(102). – С. 32-39.

Материал принят к публикации 12.10.21.