

ПРИМЕНЕНИЕ RP-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОТОТИПИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Е. Б. РОМАНОВА, Т. И. ВЕСЕЛОВА

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: eva_rom@mail.ru

Проанализированы достоинства и недостатки технологий быстрого прототипирования электронных средств. Рекомендованы системы автоматизированного проектирования для формирования 3D-моделей электронных средств в формате STL. На основе сравнительного анализа RP-технологий приведены рекомендации по созданию прототипов печатной платы, печатного узла и блока.

Ключевые слова: RP-технологии, быстрое прототипирование, электронные средства, печатные платы, САПР.

Введение. В настоящее время 3D-моделирование и прототипирование по RP-технологии (Rapid Prototyping — быстрое прототипирование) являются неотъемлемыми составляющими при разработке технологических и конструкторских форм изделий. Раньше для запуска продукции в производство реальная физическая модель изготавливалась по разработанной электронной модели посредством механической обработки деревянной или пластмассовой заготовки (иногда из легкого металла) на оборудовании с числовым программным управлением, что требовало значительных денежных и временных затрат. Сейчас процесс создания физической 3D-модели изделия благодаря устройствам быстрого прототипирования значительно упростился, что позволяет ускорить выпуск готовой продукции.

Развитие RP-технологий обеспечит в ближайшем будущем возможность печати не только самих плат и блоков, но и находящихся на печатной плате электрорадиоэлементов с заданными геометрическими параметрами, так как точность печати достигнет микро- и нанометров при широком выборе материалов [1].

Анализ существующих RP-технологий показывает, что для прототипирования электронных средств (ЭС) наиболее подходящими являются следующие:

- многоструйное моделирование (MJM — Multi Jet Modelling),
- выборочное лазерное спекание (SLS — Selective Laser Sintering),
- стереолитография (SLA — Stereo Lithography Apparatus),
- выборочное тепловое спекание (SHS — Selective Heating Sintering),
- моделирование методом послойного наплавления (FDM — Fused Deposition Modeling).

Технологии быстрого прототипирования электронных средств. Проанализируем достоинства и недостатки вышеназванных технологий.

Многоструйное моделирование (MJM). *Достоинства:* высокая точность печати; минимальная толщина наносимого слоя 16 мкм; высокое качество детализации изготавливаемой модели изделия; наружная поверхность моделей гладкая. *Недостатки:* высокая стоимость.

Выборочное лазерное спекание (SLS). *Достоинства:* возможность использования монолитных недорогих и нетоксичных материалов; широкий спектр используемых порошков — от литейного воска до полимеров — для соединения сложных и/или крупных деталей; отсутствие необходимости использования поддержек модели. *Недостатки:* высокая шероховатость, пористость моделей; возможное изменение плотности моделей; необходимость чистки всей камеры при изменении материала.

Стереолитография (SLA). *Достоинства:* высокая точность печати; толщина слоя 15 мкм; возможность получения мелких элементов и деталей практически неограниченной сложности; возможность заполнения острых краев моделей полимером, что уменьшает расщепление. *Недостатки:* длительное время постобработки (16 ч и более); использование ограниченного количества типов полимеров и их высокая стоимость; необходимость наращивания специальных подпорок и переборок для получения нависающих элементов и соответственно необходимость их удаления после синтеза прототипа, что может привести к его порче; необходимость зачистки поверхности.

Выборочное тепловое спекание (SHS). *Достоинства:* минимальная толщина стенки модели изделия 1 мм; возможность печати сложных объектов с высоким качеством детализации; возможность повторного использования оставшегося после печати материала, что удешевляет процесс. *Недостатки:* низкая энергетическая отдача, вследствие чего выбор расходных материалов невелик.

Моделирование методом послойного наплавления (FDM). *Достоинства:* низкая стоимость методов изготовления модели; возможность быстрой смены материалов; высокая производительность; погрешность изготовления модели — менее ± 127 мкм. *Недостатки:* наличие швов между слоями; необходимость создания подпорок для поддержки нависающих элементов; возможные колебания температуры в течение цикла обработки, приводящие к расслоению модели [2].

Применение технологий быстрого прототипирования. В настоящей статье рассмотрены несколько задач, которые можно решить с помощью RP-технологий, а именно:

- создание прототипа печатной платы,
- создание прототипа печатного узла,
- создание прототипа блока.

Для создания прототипа изделия по RP-технологии необходимо преобразовать модель в формат *.STL.

STL-формат (STereoLitography, Surface Tessellation Language, Standard Triangulation Language) — это формат, в котором для представления формы цифровой 3D-модели используется последовательность треугольников (фасетов). Эта модель также называется триангуляционной. Данный формат позволяет описывать только поверхность трехмерных объектов, не учитывая цвет, текстуру и другие общие для CAD-систем параметры. Спецификация STL предусматривает как текстовое, так и бинарное представление.

Для создания прототипа печатной платы и печатного узла по RP-технологии необходимо использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат, поддерживающие трехмерное моделирование, например такие, как: Altium Designer, CADSTAR, DipTrace, KiCad. САПР печатных плат не поддерживают формат *.STL, поэтому следует конвертировать модель в машиностроительные САПР, поддерживающие этот формат.

Сравнительный анализ [3] позволил выявить несколько САПР-систем, обеспечивающих возможность триангуляции моделей печатных плат, печатных узлов и блоков, а именно — CATIA, PowerSHAPE, ProENGINEER, SolidWorks. Эти САПР рекомендуется использовать при прототипировании компонентов ЭС [4].

Создание прототипа печатной платы. Прототип печатной платы с отверстиями и вырезами (без проводников) не может быть использован для сборки готового печатного узла (вследствие отсутствия проводников), но может быть установлен в готовый корпус блока. При этом необходимо:

- убедиться в том, что установка платы возможна, т.е. контур платы и отверстия с вырезами выбраны верно;
- проверить зазоры между стенками корпуса блока, его выступающими частями и краями платы.

Для прототипирования печатной платы рекомендуется использовать FDM- и SLA-технологии.

Различные по характеристикам изделия могут быть получены из близких по свойствам расходных материалов. Для сравнительного анализа FDM- и SLA-технологий были исследованы различные применяемые при их реализации материалы и оценены параметры каждого из прототипов изделий, полученных с использованием данных материалов. По средним значениям параметров вычислялся (в относительных единицах) суммарный средний балл по всем показателям (см. таблицу) [5].

Материал/ технология	Относительный показатель точности печати	Показатель качества изготовления прототипов мелких деталей	Прочность модели	Гладкость поверхности модели	Функциональность модели
ABS-пластик	3	2	2	1	3
Поликарбонат	3	1	3	1	3
FDM	3	1,66	2,66	1	3
Accura 50	3	3	1	3	2
Somos 14120	3	3	2	3	2
Somos 7120	2	3	1	3	2
SLA	2,66	3	1,66	3	2

При прототипировании печатных плат основными показателями являются точность печати и гладкость поверхности. Суммарный балл по этим показателям для FDM-технологии равен 4, а для SLA-технологии — 5,66, следовательно, *стереолитография является оптимальной технологией для создания прототипа печатной платы.*

Создание прототипа печатного узла. Прототип печатного узла представляет собой физическую модель платы с установленными на ней корпусами электронных компонентов, при этом электрическая функция платы выполняться не будет. Такой прототип можно установить в готовый корпус блока. При этом необходимо:

— убедиться в том, что установка прототипа возможна, т.е. плата и электронные компоненты не задевают стенки корпуса блока и не мешают установке/снятию его элементов (крышек, стенок);

— проверить зазоры между стенками корпуса блока, его выступающими частями, краями платы и электронными компонентами.

Для прототипирования печатного узла рекомендуется использовать MJM-, SLS- и FDM-технологии.

При использовании MJM-технологии для печати применяются термопластики, воски и фотополимерные смолы. В первых двух случаях материалы затвердевают за счет постепенного охлаждения, а в случае фотополимеров каждый нанесенный слой обрабатывается ультрафиолетовым излучением для полимеризации (затвердевания). Для создания прототипа печатного узла, однако, не рекомендуется использовать воски, так как они не обеспечивают требуемой точности печати.

Рекомендуемые материалы для печати:

— VisiJet Crystal — полупрозрачный пластик, идеален для быстрого прототипирования;

— VisiJet X — очень прочный материал, аналогичный ABS-пластику [5].

Для создания прототипа печатного узла с помощью SLS-технологии используются различные виды порошков из полиамида, полистирола или пластиков.

Для реализации FDM-технологии используются нейлон, полистирол, полиэтилентерефталат, ABS-пластик, и именно *FDM-технология является оптимальной для создания прототипа печатного узла.*

Создание прототипа блока. Прототип блока не может выполнять электрическую функцию, но может быть использован для контроля установки блока в конструктивный модуль верхнего уровня (стойку или шкаф).

Для прототипирования блока рекомендуется использовать SHS- и FDM-технологии.

Единственное существенное отличие SHS-технологии от технологии SLS заключается в использовании тепловой печатающей головки, а не лазерной. Выбор материалов в данном случае ограничен, но для прототипирования блока и его проверки на соответствие параметрам для установки в конструктивный модуль верхнего уровня SHS-технология вполне приемлема.

При реализации FDM-технологии используется большой ассортимент материалов, различных по механическим свойствам и отличающихся экологичностью и доступностью. Таким образом, благодаря универсальности, *FDM-технология является оптимальной для создания прототипа блока.*

Заключение. Представленный анализ вариантов решения задач прототипирования электронных средств подтверждает возможность и целесообразность использования RP-технологий для создания прототипов изделий, отвечающих требованиям, предъявляемым к готовой продукции; кроме того, RP-технологии позволяют анализировать ошибки при проектировании и сократить время на запуск изделия в производство. Прототипы составляющих электронных средств можно проверить на функциональность, а также можно протестировать работоспособность изделия в условиях эксплуатации.

Следует отметить, что методы и технологии прототипирования постоянно совершенствуются и становятся более доступными для использования в промышленности, обеспечивая, таким образом, экономию времени и средств на изготовление новой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков А. И. САПР технологических процессов: Учебник. М.: Изд. центр „Академия“, 2007. 272 с.
2. Энциклопедия 3D-печати [Электронный ресурс]: <<http://3dtoday.ru/wiki/>, свободный>.
3. Дин А. SLT-формат для быстрого прототипирования. Часть I. Вывод в формате STL // CAD/CAM/CAE Observer. 2005. № 5 (23). С. 64—69. [Электронный ресурс]: <<http://www.cadcamcae.lv/arch/n23.htm>>.
4. Обзор и сравнение 3D-технологий [Электронный ресурс]: <<http://3dpr.ru/sravnenie-tehnologij-3d-pechati>>.
5. Сравнение технологий 3D-печати [Электронный ресурс]: <<http://3dpr.ru/sravnenie-tehnologij-3d-pechati>>.

Сведения об авторах

- Ева Борисовна Романова** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: eva_rom@mail.ru
- Татьяна Игоревна Веселова** — магистр; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: veselova_tatyana@mail.ru

Рекомендована кафедрой проектирования и безопасности компьютерных систем

Поступила в редакцию 19.01.15 г.

Ссылка для цитирования: Романова Е. Б., Веселова Т. И. Применение RP-технологий при прототипировании электронных средств // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 5. С. 401—405.

APPLICATION OF RP-TECHNOLOGIES IN ELECTRONIC PROTOTYPING

E. B. Romanova, T. I. Veselova

ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia
E-mail: eva_rom@mail.ru

Advantages and disadvantages of rapid prototyping technology of electronic means are analyzed. The use of CAD systems is suggested for generating 3D-models of electronic means in STL format. A comparative analysis of rapid prototyping methods is carried out, recommendations on application of the methods to printed circuit boards, assemblies, and units manufacturing are formulated.

Keywords: RP-technology, rapid prototyping, electronic, printed circuit boards, CAD.

Data on authors

- Eva B. Romanova** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: eva_rom@mail.ru
- Tatiana I. Veselova** — Graduate Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: veselova_tatyana@mail.ru

Reference for citation: *Romanova E. B., Veselova T. I.* Application of RP-technologies in electronic prototyping // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie*. 2015. Vol. 58, N 5. P. 401—405 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-5-401-405