ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

Устройство для нанесения токоведущих линий на подложке для монтажа по толстоплёночной технологии ("Пастамашина").

Направление работы

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ

Выполнил: Обучающийся группы 3КСК-15-1 Третьяков П.А.	Научный руководитель: Слугин В.Г., начальник вычислительного центра

Содержание

ВВЕДЕНИЕ **3**

1. Теоретическая часть **4**

1.1. Толстоплёночная технология 4

Рис. 1.2: Технология создания печатных плат толстоплёночным монтажом 5

1.3. Технология проектирования плат по толстопленочной технологии 7

Рис.1.5: Структура и формат gerber файла 8

1.5 Апертуры 9

2. Практическая часть **11**

2.1. Создание уменьшенного прототипа 11

2.2. Разработка и моделирование полноразмерного образца 12

2.3 Программное обеспечение 14

ЗАКЛЮЧЕНИЕ **15**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **16**

ССЫЛКИ **16**

ВВЕДЕНИЕ

Концепт данного проекта заключается в ускорении прототипирования плат, создаваемых по толстоплёночной технологии в рамках цеха опытного производства завода "Полёт".

Цели:

- Сократить время производства опытного образца платы с двух-трёх дней до двух-пяти часов (в зависимости от сложности изделия.)

Задачи:

- Разработать дизайн устройства, позволяющий его воспроизводить.
- Создать опытный образец.
- Провести тестирование.
- Разработать программное обеспечение для подготовки файлов к "печати" на устройстве.

Для достижения поставленных целей необходимо исследовать существующие проекты, решающие поставленные в рамках данной работы задачи.

Далее необходимо создать уменьшенный прототип на основе существующих решений для проверки концептуальной идеи и возможности старта разработки программного обеспечения.

Следующим этапом является проектирование полноразмерной модели с использованием САПР. Затем изготовление деталей с использованием 3D-печати и лазерной резки. По завершению изготовления деталей -- сборка, подгонка, доработка модели в САПР; финальное изготовление деталей рабочей модели; сборка, настройка, отладка.

1. Теоретическая часть

1.1. Толстоплёночная технология

Печатная плата (ПП) – это важнейший узел электронных средств, который обеспечивает закрепление компонентов и их соединение в электрическую цепь для передачи сигналов по печатным проводникам.

ПП стали доминирующим монтажным элементам в электронных приборах с 1952 г. Эдисон уже в 1906 г. описал способ изготовления проводников на изоляторе с помощью металлического порошка. Термин “Печатная плата” относятся к тому времени, когда при помощи трафаретной печати на керамические подложки наносили пастой из металлического порошка (AG, CO, связующими) по желаемому рисунку проводников которые после сушки и отжига отверждались и спекались. Однако эта технология нашла широкое распространение, лишь в последнее время в микроэлектронике в виде толстопленочной технологии, а также при изготовлении керамических коммутационных плат. Первый шаг к новой технике монтажа был сделан в 1925 г., когда Ф. Т. Гармону в США был выдан патент, в котором описана техника травления. Но быстрое развитие этой технологии началось позднее, когда англичанин Айслер разработал ее новый вариант, а именно субтрактивный метод, который применяется до сих пор.

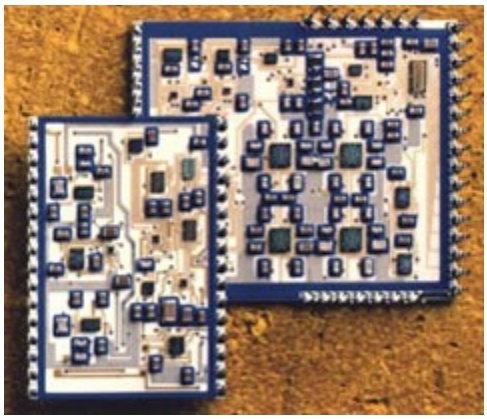


Рис. 1.1: Платы, выполненные толстоплёночным монтажом.

Толстые плёнки толщиной в несколько десятков микрометров применяют для

изготовления пассивных элементов: резисторов, конденсаторов, проводников и контактов.

В основе толстоплёночной технологии лежит использование дешёвых и высокопроизводительных процессов, требующих небольших единовременных затрат на подготовку производства, благодаря чему она оказывается экономически целесообразной и в условиях мелкосерийного производства. Высокая надёжность толстоплёночных элементов обусловлена прочным (свыше 50 кгс/см^2) сцеплением с керамической подложкой, которое достигается процессом вжигания пасты в поверхностный слой керамики.

В целом толстоплёночная технология состоит из ряда последовательных идентичных циклов, структурная схема которых приведена ниже. При формировании каждого слоя (резистивного, проводящего, диэлектрического и т.п.) используют соответствующие пасты, которые через сетчатый трафарет наносят на подложку, подвергают сушке и вжиганию. По завершении формирования всех слоёв резисторы и конденсаторы могут проходить подгонку (обычно лазерную) до заданной точности.

Рис. 1.2: Технология создания печатных плат толстоплёночным монтажом

В основном используется трафаретная печать.

Трафарет представляет собой проволочную сетку из нержавеющей стали или капроновой нити с нанесенным на нее фотоспособом защитным рисунком. Сетка вмонтирована в металлическую рамку. Керамическая подложка устанавливается под трафаретом с зазором,

Рис. 1.3: Схема переноса пасты с трафарета на подложку (а) и структура сетчатого трафарета (б).

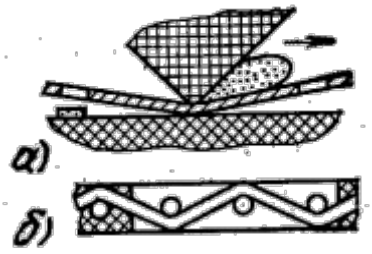


Рис. 32 Схема переноса пасты с трафарета на подложку (а) и структура сетчатого трафарета (б).

обеспечивающим деформацию сетки в пределах ее упругости (рис. 32). Для этого размеры сетки должны быть существенно больше размеров рисунка. После нанесения дозированного количества пасты движением ракеля паста продавливается через открытые участки трафарета и переносится на подложку. Таким образом, контакт трафарета с подложкой происходит по линии, движущейся вместе с ракелем.

Сушка полученного отпечатка преследует цель удалить летучие компоненты технической связки.

В керамике в отожженном состоянии можно создавать отверстия для соединения нижних проводящих слоев коммутационной структуры.

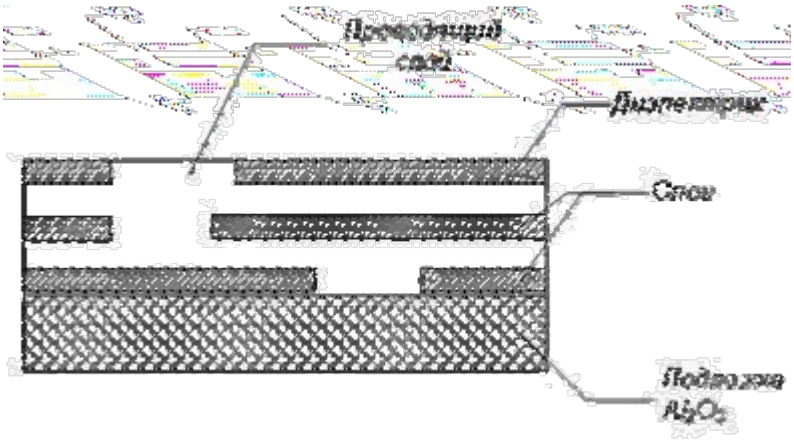


Рис.1.4: Процесс послойного наращивания

При использовании толстопленочной технологии изоляционные и проводящие составы наносятся с помощью трафаретной печати и затем вжигают. Выбор материалов для подложек очень ограничен из – за высоких тепловых нагрузок. Большей частью используют Al_2O_3 или BeO.

1.3. Технология проектирования плат по толстопленочной технологии

На производстве для разработки используется P-CAD 2001, создание платы производится послойно, проводники, резисторы, конденсаторы, места для монтажа поверхностно монтируемых компонентов. Каждая часть представляет собой векторный полигон, каждый из которых можно редактировать для получения необходимой формы.

После чего производится экспорт в формат gerber, нас интересует только нижний токопроводящий слой, его изображение визуализированное из файла gerber приведено ниже.

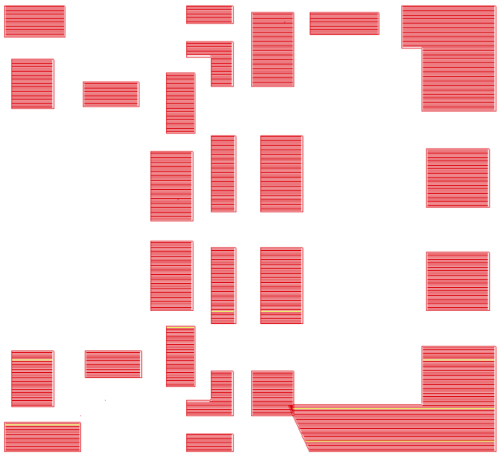


Рис.1.5: Структура и формат gerber файла

Gerber оперирует тремя типами данных:

1. параметры
2. функциональные коды;
3. Координаты.

Параметры определяют характеристики gerber-файлов. Параметры, определяющие

характеристики всего gerber-файла, должны располагаться в его начале, остальные – в соответствующем месте. Блоки данных, содержащие параметры, являются «объявлениями параметров», заключаются между символами «%», и их длина не может быть более 4096 символов. Объявления параметров состоят из двух-символьного параметрического кода, определяющего назначение параметра, и следующих за ним параметрических данных. В большинстве случаев параметры состоят из одного блока данных. При этом символ конца блока данных (звёздочка, "*") должен располагаться непосредственно перед символом «%». Параметры макроапертур могут состоять из нескольких блоков данных. Для хорошей читаемости, разработчики gerber рекомендуют каждый блок данных начинать с новой строки.

Примеры объявлений параметров:

%FSLAX23Y23*%

%LPD*%

%AMA1bo*

1,1,0.00591,-0.02829,0.02477*%

Функциональные коды определяют действия, необходимые для прорисовки топологии слоя. Они состоят из буквенного символа D, G или M и двух цифр. Например, D01 или M02.

Координаты определяют текущую точку, в которой необходимо совершить текущее действие. Координаты записываются в форме:

[X(число)][Y(число)][I(число)][J(число)].

«X» и «Y» – координаты по осям X и Y, «I» и «J» — сдвиг по тем же осям. Квадратные скобки указывают на то, что каждую из координат или сдвигов возможно опустить. Вместо опущенной координаты подразумевается соответствующая координата из предыдущего блока данных. Вместо опущенного смещения подразумевает ноль. Примеры задания координат:

X5298Y5923

X5303

Y5924

X+100I-50

X200Y200I50J50

1.5 Апертуры

Апертура – основной инструмент формирования топологического рисунка, она представляет собой «пятно» определённой формы. С её помощью фотоплоттер прорисовывает все элементы топологии за исключением полигонов (а в случае формата RS-274-D – и полигоны тоже). Можно сказать, что это аналог карандашей, но с той разницей, что апертуры отличаются друг от друга не цветом, а формой. Апертуры делятся на два типа – стандартные и макроапертуры.

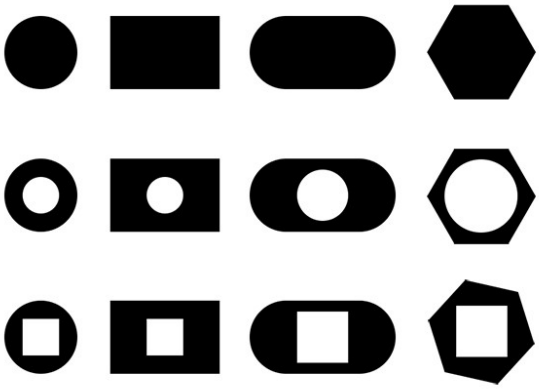


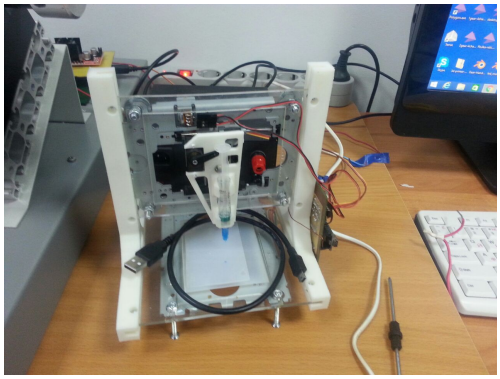
Рис. 1.6: Пример апертур.

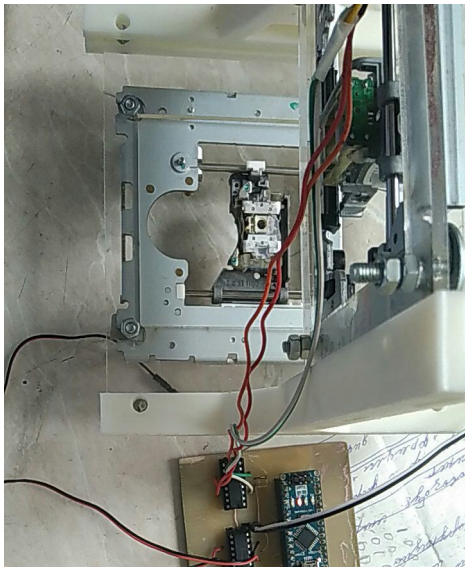
2. Практическая часть

2.1. Создание уменьшенного прототипа

Идея создания простого прототипа пришла сразу же по получении задания, требования к прототипу были следующие - управляться в системе команд G-code по интерфейсу USB и протоколом UART.

За основу была взята конструкция из старых сидиромов, для их использования необходимо было создать печатную плату для расположения драйверов шаговых двигателей микроконтроллера и всей необходимой обвязки.





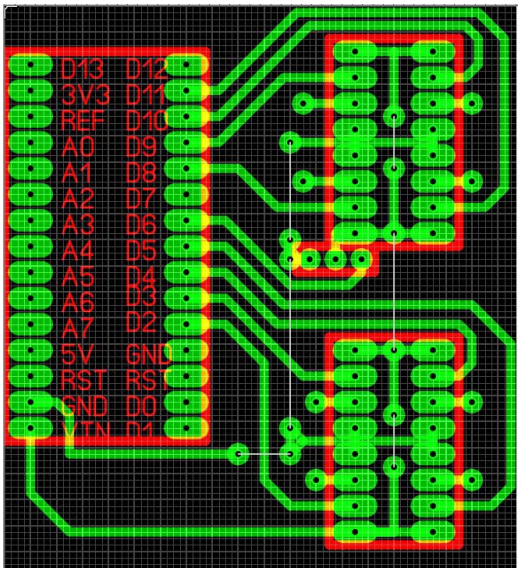


Рис. 2.1: Уменьшенный прототип системы.

Под этот прототип был положен старт разработки программного обеспечения для преобразования gerber файлов в формат G-code и дальнейшей его отправки на исполнение на построение. В качестве инструмента для дозирования и нанесения токопроводящей пасты был использован медицинский шприц. При постепенном надавливании на него состав будет дозированно выдавливаться и наносится на поверхность.

2.2. Разработка и моделирование полноразмерного образца

В качестве САПР был выбран AutoCAD

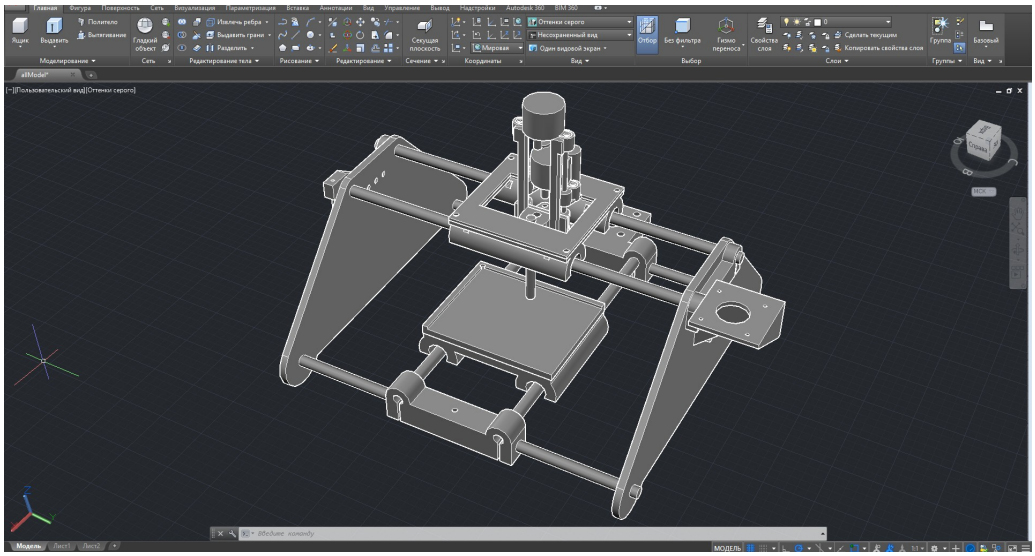


Рис.2.2: Модель системы в САПР AutoCAD.

По завершению моделирования была произведена раскладка элементов и подготовка их к воплощению.

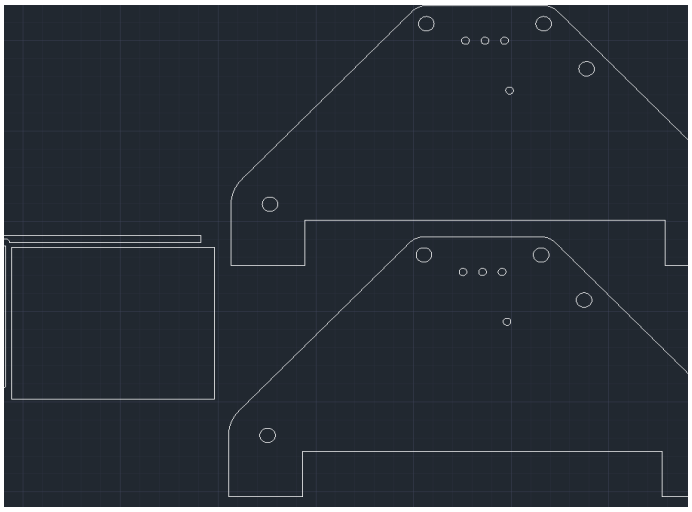


Рис. 2.3: Детали для резки на лазере.

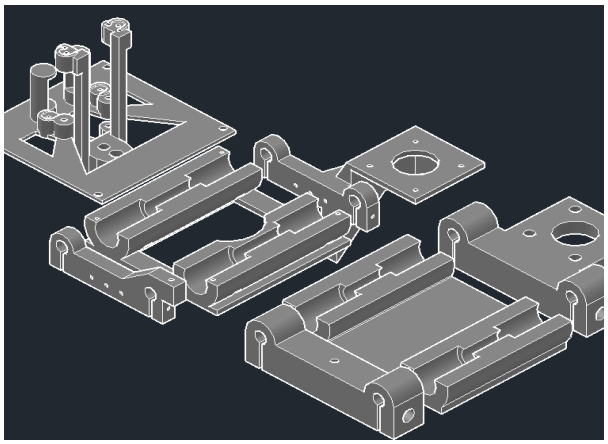


Рис. 2.4: Детали для 3D печати.

Не все возможно учесть при проектировании по этому некоторые модели были доработаны в последствии.

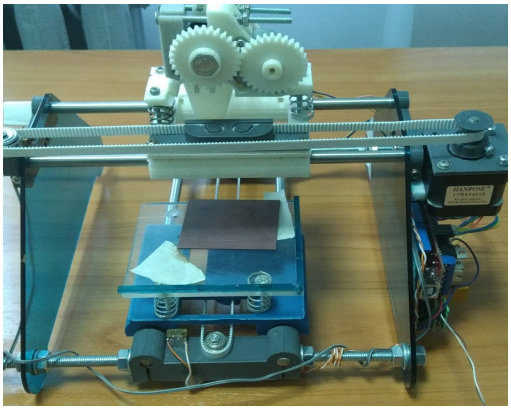


Рис. 2.5: Вид устройства на 14.04.2018

На рабочем столе можно видеть упор, предназначенный для точного позиционирования подложки. Концевые выключатели позволяют не потерять положение стола в плоскости XY, за счет чего появляется возможность произвести несколько проходов с промежуточной сушкой и вжиганием, без расползания слоев.

2.3 Программное обеспечение

Для преобразования gerber файла в команды G-Code был написан скрипт на языке python

код размещен на GitLab ссылку на него можно найти в приложении, по описанной в теоретической части структуре gerber файла идет разбор сначала параметров документа, затем восстановление знаков, за тем преобразование в G-Code и расчет экструзии так как gerber не подразумевает никаких состояний излучателя кроме включено и отключено, нажим на шток шприца рассчитывается по теореме пифагора, производится определение последней точки , новой точки, расчет расстояния между ними, за тем умножение этого расстояния на коэффициент заполнения (переменная `infill` в коде) и последним этапом будет преобразование его из относительной системы координат в глобальную. Полученное число и будет являться перемещением для оси E. Со стороны самого механизма расположен обычный контроллер для 3D принтра, с внесенными доработками под нажи задачи, в микроконтроллер прошита прошивка Marln, а для связи с устройством используется софт для 3D печати Repetier Host. Подробный разбор кода конвертора будет осуществлен в порядке по необходимости (спроси расскажу)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект находится в стадии активной разработки, на данный момент достигнута точность перемещения 0.01мм от необходимой 0.1мм ведутся разработки в сторону повышения качества переходов между отдельными полигонами, и оптимизация G-Code.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Г. Красов, Г.Б. Петраускас, Ю.С. Чернозубов., "Толстопленочная технология в СВЧ микроэлектронике" -- М:"Радио и связь", 1985 г.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/G-code - описание стандарта G-Code
3. http://sapr-journal.ru/stati/format-gerber-obshhij-obzor/ - описание структуры gerber файла
4. http://elanina.narod.ru/lanina/ind/student/tehnology/text/page15.htm - толстопленочная технология
5. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/223/u_lectures.pdf - толстопленочная технология
6. https://pythonworld.ru/ - справочник python

ССЫЛКИ

1. https://www.repetier.com/ - Repetier Host
2. https://github.com/MarlinFirmware/Marlin - прошивка для МК
3. https://gitlab.nntc.nnov.ru/tretjakov_petr/pastemachine/tree/master - проект