# Разработка процесса изготовления печатной платы

|  |
| --- |
| Московский техникум космического приборостроения. **Курсовой проект**  **По технологии и автоматизации производства.**  **Разработка процесса изготовления**  **Печатной платы**  **Э41-95**  **Разработал:                     Демонов А. В.**  **Проверил:                       Шуленина**  **1998** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание.**    1.  Введение.    2.  Назначение устройства.    3.  Конструктивные особенности и эксплуатационные требования.    4.  Выбор типа производства.  4.1. Сравнительные характеристики методов производства и обоснование применяемого в данном проекте.  5.  Составление блок-схемы ТП изготовления печатной платы.  6.  Выбор материала, оборудования, приспособлений.  7.  Описание техпроцесса.  Приложение 1: Перечень элементов.  Приложение 2: Маршрутные карты ТП. | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | |  | | |  |  | | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | Лист | |
|  | |  | |  | | |  |  | | 2 | |
| Изм. | | Лист | | № документа | | | Подпись | Дата | |
| **1. Введение.**  В техническом прогрессе ЭВМ играют значительную роль: они значительно облегчают работу человека в различных областях промышленности, инженерных исследованиях, автоматическом управлении и т.д.    Особенностями производства ЭВМ на современном этапе являются:  ·  Использование большого количества стандартных элементов. Выпуск этих элементов в больших количествах и высокого качества – одно из основных требований вычислительного машиностроения. Массовое производство стандартных блоков с использованием новых элементов, унификация элементов создают условия для автоматизации их производства.  ·  Высокая трудоёмкость сборочных и монтажных работ, что объясняется наличием большого числа соединений и сложности их выполнения вследствие малых размеров.  ·  Наиболее трудоёмким процессом в производстве ЭВМ занимает контроль операций и готового изделия.  ·  Основным направлением при разработке и создании печатных плат является широкое применение автоматизированных методов проектирования с использованием ЭВМ, что значительно облегчает процесс разработки и сокращает продолжительность всего технологического цикла.  Основными достоинствами печатных плат являются:  ·  Увеличение плотности монтажа и возможность микро-миниатюризации изделий.  ·  Гарантированная стабильность электрических характеристик.  ·  Повышенная стойкость к климатическим и механическим воздействиям.  ·  Унификация и стандартизация конструктивных изделий.  ·  Возможность комплексной автоматизации монтажно-сборочных работ. | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | |  | |  | |  | | | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | Лист |
|  |  | | |  | |  | |  | | | 3 |
| Изм. | Лист | | | № документа | | Подпись | | Дата | | |
| **2. Назначение устройства.**    Данный раздел является связующим между разработкой принципиальной электрической схемы и воплощением этой схемы в реальную конструкцию. Проектируемое устройство предназначено для выполнения операции выравнивания порядков перед сложением чисел. Данная операция производится над числами с плавающей запятой в дополнительном коде. В современных ЭВМ одним из основных элементов является блок АЛУ, которое осуществляет арифметические и логические операции над поступающими в ЭВМ  машинными словами. Одной из них является операция выравнивания порядков. | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | |  | |  | |  | |  | | | МТКП. 420501.000 ПЗ | Лист | |
|  | | |  | |  | |  | |  | | | 4 | |
| Изм. | | | Лист | | № документа | | Подпись | | Дата | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **3. Конструктивные особенности**  **и эксплуатационные требования.**        ТЭЗ является составной частью ЭВМ – модулем второго уровня. В ЕС ЭВМ используют 5 модульных уровней, которые могут автономно корректироваться, изготавливаться и налаживаться. Каждому модульному уровню соответствует типовая конструкция, построенная по принципу совместимости модуля предыдущего с модулем последующим.  ·   Модули первого уровня: ИМС, осуществляющая операции логического преобразования информации.  ·   Модули второго уровня. ТЭЗ типовые элементы замены или ячейки. Связующей основой которых, является ПП - печатная плата.  ·   Модули третьего уровня – панели (блоки), которые с помощью плат или каркасов объединяют ТЭЗы или ячейки в конструктивный узел. На этом уровне может быть получена самостоятельно действующая мини-ЭВМ.  ·  Модули четвертого уровня - рамы или каркасы.  ·  Модули пятого уровня – объединение в стойки и шкафы.  Условия эксплуатации ЭВМ могут быть различными, они зависят в основном от климатических воздействий, которые необходимо учитывать при выборе материалов и конструктивных особенностей ЭВМ, кроме того, они определяют программу и объём контрольных испытаний. Для определения влияния окружающей среды на работу ЭВМ  рассматривают следующие зоны климата: умеренную, тропическую, арктическую, морскую. Для ракетной и космической аппаратуры учитывают специфику больших высот.  Данное устройство по условиям технического задания будет эксплуатироваться в условиях с повышенной температурой. Следовательно, в методике испытаний необходимо предусмотреть испытания на теплостойкость и тепло прочность.  Исходя из этого наиболее подходящим, является способ изготовления устройства  на печатной плате (ТЭЗ 2го уровня) с расположенными на плате микросхемами 555 серии. Так как печатная плата обладает большой поверхностью и будет быстрее охлаждаться, она имеет преимущество перед другими технологиями. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 5 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **4. Выбор типа производства.**  Типы производства: (Таблица 1.)  ·    Единичным называется такое производство, при котором  изделие выпускается единичными экземплярами. Характеризуется: Малой номенклатурой изделий, малым объёмом партий, Универсальным оснащение цехов, Рабочими высокой квалификации.  ·    Серийное – характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых повторяющимися партиями сравнительно небольшим объёмом выпуска. В зависимости от количества изделий в партии различают: мелко средне и крупно серийные производства.  ·   Универсальное – использует специальное оборудование, которое располагается по технологическим группам, Техническая оснастка универсальная, Квалификация рабочих средняя.  ·   Массовое производство характеризуется: узкой номенклатурой и большим объёмом изделий, изготавливаемых непрерывно; использованием специального высокопроизводительного оборудования, которое расставляется по поточному принципу. В этом случае транспортирующим устройством является конвейер. Квалификация рабочих низкая. Также различной может быть серийность: (Таблица 2.) | | | | | | | | | | | | |
|  | | Таблица 1.Тип  Производства | | | Количество обрабатываемых в год изделий одного наименования | | | | | |  | |
| Крупное. | | | | Среднее. | Мелкое. |  | |
|  | | Единичное | | | До 5 | | | | До 10 | До 100 |  | |
|  | | Серийное | | | 5-1000 | | | | 10-5000 | 100-50000 |  | |
|  | | Массовое | | | >1000 | | | | >5000 | >50000 |  | |
|  | | Таблица 2. | | | | | | | | |  | |
|  | | Серийность. | | | | Количество изделий в год. | | | | |  | |
| Крупные. | | | Средние. | Мелкие. |  | |
|  | | Мелкосерийное | | | | 3-10 | | | 5-25 | 10-50 |  | |
|  | | Среднесерийное | | | | 11-50 | | | 26-200 | 51-500 |  | |
|  | | Крупносерийное | | | | >50 | | | >200 | >500 |  | |
| В зависимости от габаритов, веса  и размера годовой программы выпуска изделий определяется тип производства.  Тип производства и соответствующие ему формы организации работ определяют характер технологического процесса и его построение. Так как по условию технического задания объём производства равен 100 изделиям в год, то производство должно быть среднесерийным. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 6 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **4.1** **Сравнительные характеристики методов производства и обоснование применяемого в данном проекте.** Достоинствами ПП являются:+увеличение плотности монтажа.+Стабильность и повторяемость электрических характеристик.+Повышенная стойкость к климатическим воздействиям.+Возможность автоматизации производства.Все ПП делятся на следующие классы:1. Опп – односторонняя печатная плата.Элементы располагаются с одной стороны платы. Характеризуется высокой точностью выполняемого рисунка.2. ДПП – двухсторонняя печатная плата.Рисунок распологается с двух сторон, элементы с одной стороны. ДПП на металлическом основании используються в мощных устройствах.3. МПП – многослойная печатная плата.Плата состоит из чередующихся изоляционных слоев с проводящим рисунком. Между слоями могут быть или отсутствовать межслойные соединения.4. ГПП - гибкая печатная плата.Имеет гибкое основание, аналогична ДПП.5.ППП - проводная печатная плата.Сочетание ДПП с проводным монтажом из изолированных проводов.Достоинства МПП:+ Уменьшение размеров, увеличение плотности монтажа.+ Сокращение трудоёмкости выполнения монтажных операций.Недостатки МПП:-      Более сложный ТП.По условиям технического задания устройство состоит из 53 микросхем. Следовательно, печатная плата должна быть многослойной. Существует 3 метода изготовления многослойных печатных плат:1. Металлизация сквозных отверстий.   Данный метод основан на том, что слои между собой соединяются сквозными, металлизированными отверстиями.Достоинства:*Простой ТП.**Высокая плотность монтажа.*   Большое колличество слоёв. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 7 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| 2. Попарное прессование.Применяется для  изготовления МПП с четным количеством слоёв.Достоинства:*Высокая надёжность.**Простота ТП.**Допускается установка элементов как с штыревыми так и с* *планарными выводами.*3. Метод послойного наращивания.Основан на последовательном наращивании слоёв.Достоинства:*Высокая надёжность.*Мпп изготавливают методами построенными на типовых операциях используемых при изготовлении ОПП и ДПП.Исходя из соображений технологичности производства, я выбираю метод металлизации сквозных отверстий, так как он наиболее подходит к выбранной мною схеме среднесерийного производства.Так как на среднесерийном производстве используется автоматизация производства, для разработки чертежей платы я использовал программы автоматической трассировки P-CAD, которая создала 4 слоя платы размером 160´180 мм. Из этого получается один двухсторонний слой и два односторонних слоя для внешних слоёв.Выходные файлы системы P-CAD позволяют значительно автоматизировать дальнейший технологический процесс в таких сложных операциях как сверление межслойных отверстий. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 8 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **5. Составление блок схемы типового техпроцесса.**  Правильно разработанный ТП должен обеспечить выполнение всех требований, указанных в чертеже и ТУ на изделие, высокую производительность. Исходными данными для проектирования технологического процесса  являются: чертежи детали, сборочные чертежи, специализация  деталей, монтажные схемы, схемы сборки изделий, типовые ТП.  Типовой ТП характеризуется единством  содержания, и последовательностью большинства технологических операций для группы изделий с общими конструктивными требованиями.  Типовой ТП разрабатываемый с учётом последних достижений науки и техники, опыта передовых производств, что позволяет значительно сократить цикл подготовки производства и повысить производительность за счёт применения более совершенных методов производства.  При изготовлении ЭВМ и их блоков широко применяют прогрессивные типовые ТП, стандартные технологические оснастки, оборудование, средства механизации и автоматизации производственных процессов.  Учитывается информация о ранее разработанных технологических процессах, особенностях и схемы изделия, типе производства.  Печатные платы – элементы конструкции, которые состоят из плоских проводников в виде покрытия на диэлектрическом основании обеспечивающих  Соединение электрических элементов.  Достоинствами печатных плат являются:  ·    Увеличение плотности монтажных соединений и возможность микро миниатюризации изделий.  ·    Гарантированная стабильность электрических характеристик  ·    Повышенная стойкость к климатическим и механическим воздействиям.  ·    Унификация и стандартизация.  Возможность комплексной автоматизации монтажно-сборочных работ.  Заданное устройство будет изготавливаться по типовому ТП.  Так как он полностью соответствует моим требованиям. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 9 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **5.1 Блок схема типового техпроцесса.** | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 10 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **5.2 Описание ТП.**    Метод металлизации сквозных отверстий применяют при изготовлении МПП.      Заготовки из фольгированного диэлектрика отрезают с припуском 30 мм на сторону. После снятия заусенцев по периметру заготовок и в отверстиях, поверхность фольги защищают на крацевальном станке и обезжиривают химически соляной кислотой в ванне.      Рисунок схемы внутренних слоёв выполняют при помощи сухого фоторезиста. При этом противоположная сторона платы должна не иметь механических повреждений и подтравливания фольги.      Базовые отверстия получают высверливанием на универсальном станке с ЧПУ. Ориентируясь на метки совмещения,  расположенные на технологическом поле.      Полученные заготовки собирают в пакет. Перекладывая их складывающимися прокладками из стеклоткани, содержащими до 50% термореактивной эпоксидной смолы. Совмещение отдельных слоёв производится по базовым отверстиям.      Прессование пакета осуществляется горячим способом. Приспособление с пакетами слоёв устанавливают на плиты пресса, подогретые до 120…130°С.      Первый цикл прессования осуществляют при давлении 0,5  Мпа и выдержке15…20 минут. Затем температуру повышают до 150…160°С, а давление – до 4…6 Мпа. При этом давлении плата выдерживается из расчёта 10 минут на каждый миллиметр толщины платы. Охлаждение ведётся без снижения давления.      Сверление отверстий производится на универсальных станках с ЧПУ СМ-600-Ф2. В процессе механической обработки платы загрязняются. Для устранения загрязнения отверстия подвергают гидроабразивному воздействию.      При большом количестве отверстий целесообразно применять ультразвуковую очистку. После обезжиривания и очистки плату промывают в горячей и холодной воде.      Затем выполняется химическую и гальваническую металлизации отверстий.      После этого удаляют маску.      Механическая обработка по контуру, получение конструктивных отверстий и Т.Д. осуществляют на универсальных, координатно-сверлильных станках (СМ-600-Ф2) совместимых с САПР.     Выходной контроль осуществляется атоматизированным способом на специальном стенде, где происходит проверка работоспособности платы, т.е. её электрических параметров. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 11 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **1.** Входной контроль осуществляется по **ГОСТ 10316-78**    2. Нарезка заготовок осуществляется станком с **ЧПУ** СМ-60-Ф2, потому, что этот станок управляется программой совместимой с системой **P-CAD**  3. Подготовка поверхности фольгированного диэлектрика: в данную операцию входят две подоперации, одна из них механическая обработка (это обработка с помощью абразивных материалов) и химическая (это обработка с помощью химикатов). На этом этапе заготовка очищается от грязи, окислов, жира и др. веществ.  4. Получение рисунка схемы. Данная операция основана на фотохимическом методе получения рисунка из-за того, что для данной ПП требуется высокая точность исполнения рисунка. В этой операции содержится 3 операции: нанесение ФР (ФР выбирается сухой, т.к. требуется высокая точность), экспонирование (здесь заготовка проходит через мощное УФ излучение, в процессе чего незащищенный слой ФР засвечивается, и полимеpизyется) и промывка заготовки в воде (для снятия засвеченного ФР).  5. Травление меди с пробельных мест. Данная операция основана на вытравливании незащищенной поверхности фольгированного ДЭ химическим методом. После травления снимается ФР с защищенной поверхности, затем проводится промывка от химикатов и сушка. После всего этого делается контроль. Проверяется пpотpавленность фольги, сверяется с контрольным образцом.  6. В операции сверления базовых и крепежных отверстий используется сверлильно-фрезерный станок CМ-600-Ф2 со сверлом D=3mm. Проделываются 4 отверстия для совмещения слоев платы.  7. Прессование слоев. Формируется пакет из 3х слоёв, слои совмещаются по базовых отверстиям, затем укладывается в пресс-форму и прессуется. Затем производится сушка всего этого пакета. Прессование производится автоматической линией, что обеспечивает полностью автоматизированное прессование.  8. Операция образование межслойных и монтажных отверстий. Эта операция производиться на станке с ЧПУ CМ-600-Ф2. После образование отверстий требуется очистить плату и края отверстий от заусенцев и прилипших крошек стеклотекстолита. Эта операция производиться гидроабразивным методом. Затем идет подтравливание диэлектрика, промывка от химикатов и сушка. По окончанию производиться контроль на правильность расположения отверстий и их форма.  9. После идет операция УЗ промывки, сенсибилизация и активация поверхности отверстий. После этого на авто операторной линии АГ-38 идет операция химического мед нения. Этим добиваются нанесения на поверхность отверстий тонкого слоя меди. | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 12 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| 10.   Затем идет операция гальванического осаждения меди. Операция проводиться на авто операторной линии АГ-44. На тонкий слой осаждается медь до нужной толщины. После этого производится контроль на толщину меди и качество её нанесения.  11.   Далее производиться обработка по контуру ПП. Эта операция производиться на станке CМ-600-Ф2 с насадкой в виде дисковой фрезы по ГОСТ 20320-74. В этой операции удаляется ненужный стеклотекстолит по краям платы и подгонка до требуемого размера.  12.   Затем методом сеткографии производиться маркировка ПП. операция производиться на станке CДC-1, который требуемым штампом произведет оттиск на ПП маркировки.  13.   Весь цикл производства ПП заканчивается контролем платы.  Здесь используется автоматизируемая проверка на специальных стендах.  Применяемое оборудование и режимы его использования сведены в таблицу3 | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 13 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
| **6.Выбор материала.**    Для производства Многослойных печатных плат используются различные стеклотекстолиты. Так как по условию моего технического задания устройство должно работать в условиях с повышенной температурой для производства внутренних слоёв платы я использую двухсторонний фольгированный стеклотекстолит с повышенной теплостойкостью СТФ-2. Для внешних слоёв печатной платы я использую аналогичный односторонний фольгированный стеклотекстолит с повышенной теплостойкостью СТФ-1.  **Основные характеристики:**    **Фольгированный стеклотекстолит СТФ:**  **Толщина фольги** *18-35 мм.*  **Толщина материала** *0.1-3 мм.*  **Диапазон рабочих температур** *–60 +150 с°.*  **Напряжение пробоя** *30Кв/мм.*  **Фоторезист СПФ2:**  **Тип** *негативный.*  **Разрешающая** **способность** *100-500.*  **Проявитель** *метилхлороформ.*  **Раствор удаления** *хлористый метилен.* | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  | | |  | МТКП. 420501.000 ПЗ | | | | Лист |
|  |  | |  |  | | |  | 14 |
| Изм. | Лист | | № документа | Подпись | | | Дата |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Операция | **Оборудование** | **Приспособления** | **Материал** | **Инструменты** | **Режимы** |
| 1 | Входной контроль | Контрольный стол | Бязь | Спирт | Лупа |  |
| 2 | Нарезка заготовок слоёв | Универсальный станок  СМ-600Ф2 | Дисковая фреза ГОСТ 20321-74 | Стеклотекстолит фольгированный |  | 200-600 об/мин  скорость подачи 0,05-0,1 мм |
| 3 | Подготовка поверхности слоёв | Крацевальный станок, ванна |  | Соляная кислота |  | 30°-40°  T=2-3 Мин |
| 4 | Получение рисунка схемы слоёв | Установка экспонирования, Ванна | Ламинатор | Сухой фоторезист СПФ2 |  | Т=1-1,5 Мин |
| 5 | Травление меди  (набрызгиванием) | Ванна | Ротор |  |  | 40°с. 12  Мин |
| 6 | Удаление маски | Установка струйной очистки |  | Горячая вода |  | 40°-60° |
| 7 | Создание базовых отверстий | Универсальный станок  СМ-600Ф2 | Сверло Æ3мм  Программа ЧПУ |  | Координатор | V=120 об/мин |
| 8 | Подготовка слоёв перед прессованием | Автооператорная линия АГ-38 |  | Стеклоткань с 50% термореактивной смолы |  |  |
| 9 | Прессование слоёв МПП | Установка горячего прессования |  |  | Координатор | 120-130°С. 0,5 Мпа  15-20 мин |
| 10 | Сверление отверстий | Универсальный станок  СМ-600Ф2 | Сверло Æ1мм |  | Координатор | V=120 об/мин |
| 11 | Подготовка поверхности перед металлизацией | Установка УЗ очистки. |  |  |  | 18-20 КГц |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 12 | Химическая металлизация отверстий | Ванна | Рамка крепления | Медь сернокислая CuSo4x5H2O |  |  |
| 13 | Гальваническая металлизация отверстий | Гальваническая ванна | Рамка крепления | Сернокислый электролит |  |  |
| 14 | Обрезка плат по контуру | Универсальный станок  СМ-600Ф2 | Дисковая фреза ГОСТ 20321-74 |  |  |  |
| 15 | Маркировка и консервация | Установка сеткографии   СДС-1 |  |  | Штамп |  |
| 16 | Выходной контроль | Установка автоматизированного контроля. |  |  | Программное обеспечение |  |