

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 19.08.2016 14:54:14

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf75e943df4a4851fda56d089

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



Проректор по учебной работе,

О.Г. Локтионова

2016 г.

РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДНОСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология производства электронных средств» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Курск 2016

УДК 621.396

Составитель В.В.Умрихин

Рецензент

Доктор технических наук, доцент *А. Ф.Рыбочкин*

Разработка маршрутной технологии изготовления односторонней печатной платы: методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология производства электронных средств» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В.Умрихин. Курск, 2016. 34 с.: ил. 6. Библиогр.: с. 34.

Содержат методические рекомендации по разработке маршрутной технологии изготовления односторонней печатной платы. Указывается порядок выполнения лабораторной работы.

Предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»..

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить характеристики односторонней печатной платы (ОПП).
2. Изучить технологические операции и процессы изготовления ОПП.
3. Ознакомиться с методами контроля качества ОПП.

2. Теоретическая часть

2.1. Основные определения

Печатная плата (ПП) (англ. *printed circuit board, PCB*, или *printed wiring board, PWB*) – изделие, состоящее из плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырезами и системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используют для установки и коммутации электрорадиоизделий (ЭРИ) и функциональных узлов в соответствии с электрической принципиальной схемой (рис.2.1).

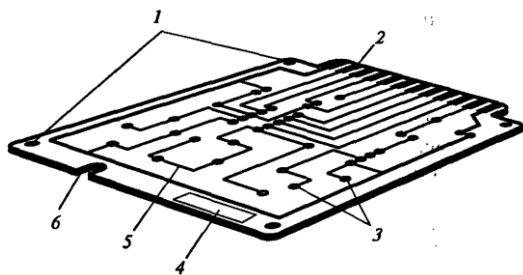


Рис.2.1. Печатная плата: 1 – крепежное отверстие; 2 – концевые печатные контакты; 3 – монтажное отверстие; 4 – место маркировки ПП; 5 – печатный проводник; 6 - ориентирующий паз

Рисунок печатной платы – конфигурация проводникового и (или) диэлектрического материала на печатной плате.

Проводящий рисунок - конфигурация проводящего материала. Проводящий рисунок ПП должен быть четким, с ровными краями, без вздутий, подтравливания, разрывов, отслоений, следов инструмента и остатков технологических материалов. Для улучшения паяемости и повышения коррозионной стойкости на поверхность проводящего рисунка наносят электролитическое, химиче-

ское или органическое покрытие, которое должно быть сплошным, без разрывов и отслоений.

Непроводящий рисунок – конфигурация диэлектрического материала.

Проводящий проводник (дорожка) – одна проводящая полоска в проводящем рисунке.

Крепежные отверстия – отверстия для крепления ПП в модулях более высокого конструктивного уровня (панелях, блоках).

Монтажные отверстия – отверстия для установки и пайки ЭРИ. На внутреннюю поверхность металлизированных монтажных отверстий наносят медное покрытие толщиной не менее 25 мкм и покрытие для обеспечения паяемости, которые должны быть сплошными, без пор и включений, пластичными, с мелкокристаллической структурой, быть прочно сцепленными с диэлектриком, иметь определенное сопротивление, выдерживать токовую нагрузку 250 А/мм² в течение 3 с при нагрузке на контакты 1-1,5 Н и четыре перепайки выводов ЭРИ без изменения внешнего вида и отслоений.

Концевые печатные проводники – ряд печатных контактов, расположенных на краю ПП и предназначенные для сопряжения с соединителем прямого сочленения.

Ориентирующий паз – паз на краю ПП, который используют для ее правильной установки и ориентации в ЭС.

Маркировка ПП – совокупность знаков и символов на ПП, необходимая для ее идентификации и контроля.

Основание ПП – элемент конструкции ПП, на поверхности или в объеме которого выполняется проводящий рисунок. Диэлектрическое основание ПП должно быть однородным по цвету, монолитным по структуре, не иметь посторонних включений, внутренних пузырей, раковин, сколов, расслоений и трещин.

Материал основания ПП – материал (диэлектрик), на котором выполняют рисунок ПП.

Печатный монтаж – способ монтажа, при котором электрическое соединение ЭРИ, экранов, функциональных узлов между собой выполнено с помощью элементов печатного рисунка: проводников, контактных площадок и т.п.

Односторонняя печатная плата (ОПП) – ПП, на одной стороне которой выполнены элементы проводящего рисунка (рис.2.2), а на другой – размещаются ЭРИ.

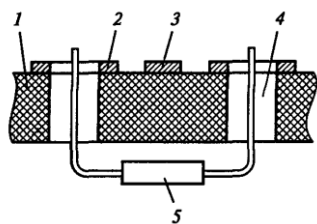


Рис.2.2. Фрагмент устройства на ОПП: 1 - диэлектрическое основание; 2 - контактная площадка; 3 – печатный проводник; 4 – отверстие; 5 - ЭРИ

Ширина печатного проводника – поперечный размер печатного проводника в любой его точке, видимый в плане (рис.2.3).

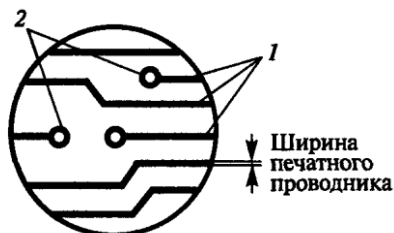


Рис.2.3. Печатные проводники и контактные площадки: 1 – печатные проводники; 2 – контактные площадки

Контактная площадка – часть проводящего рисунка, используемая для соединения токопроводящего рисунка схемы (печатных проводников с металлизацией монтажных отверстий) и для установки и пайки (сварки) ЭРИ (рис.2.3). Контактные площадки монтажных отверстий должны равномерно смачиваться припоем в течение 3-5 с и выдерживать не менее трех перепаек без расслоения диэлектрика, отслаивания и вздутий. Не допускаются разрывы контактных площадок, так как при этом уменьшаются токонесущая способность проводников и адгезия к диэлектрику.

Односторонние печатные платы - наиболее употребляемые конструктивные элементы бытовой и промышленной техники, с помощью которых обеспечивается:

- система печатных проводников для объединения электронных компонентов в конкретную электрическую схему;
- размещение электронных компонентов;

- монтаж электронных компонентов путем соединения их со схемой связей;
- монтаж разъемных соединительных компонентов;
- монтаж дискретных связей (проволочных, кабельных, шлейфовых);
- распределение тока между электронными компонентами.

Эти функции осуществляются реализацией системы взаимозависимых монтажных, трассировочных, конструкционных, электрических, конструктивно-технологических, эксплуатационных, надежности и экономических характеристик.

Основные монтажные характеристики ОПП:

- количество монтируемых микросхем, разъемных соединителей, резисторов, конденсаторов и т.д.;
- количество объединяемых выводов электронных и электрических компонентов;
- площадь посадочного места микросхем;
- шаг контактных площадок для присоединения выводов микросхем;
- вид монтажа выводов компонентов (поверхностный монтаж, монтаж в отверстия);
- размещение контактных площадок для монтажа ремонтных проводников:
- размещение и форма специальных реперных знаков для автоматизированного совмещения выводов микросхем и контактных площадок;
- размещение компонентов на одной стороне.

Основные трассировочные характеристики односторонних печатных плат:

- количество каналов для размещения сигнальных проводников;
- количество сигнальных проводников;
- плотность проводников;
- топология посадочных мест микросхем;
- длина сигнальных проводников в плате;
- размер рабочего поля платы;
- толщина платы;

- размеры проводников и зазоров;
- толщина проводников;
- топология контактных площадок;
- материал проводников;
- материал изоляции;
- форма контактных площадок для поверхностного монтажа компонентов.

Основные конструкционные характеристики ОПП представлены на рис.2.4.

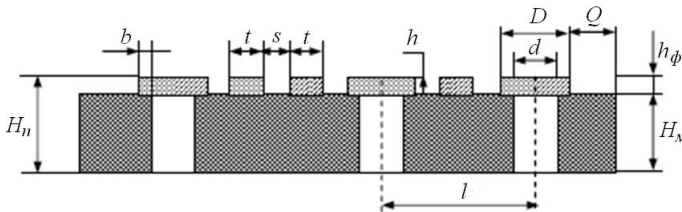


Рис.2.4. Конструкционные характеристики ОПП: H_n - толщина печатной платы (толщина материала основания ПП – фольгированного или нефольгированного, включая проводящий рисунок без дополнительного химического или гальванического покрытия); H_m - толщина материала ПП; b – расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки (гарантийный пояс); D - диаметр контактной площадки; Q - расстояние от края ПП, выреза, паза до элементов проводящего рисунка; d — диаметр отверстия; t — ширина печатного проводника; s — расстояние между краями соседних проводников; l — расстояние между центрами отверстий; h_ϕ — толщина фольги; h — толщина проводящего рисунка

Основные электрические характеристики ОПП:

- погонное сопротивление проводников на постоянном токе;
- погонная индуктивность проводников;
- величина постоянного тока питания, распределяемого шинами питания и земли;
- равномерность распределения напряжения питания по полю платы.

2.2. Материалы для изготовления ПП

Фольгированные диэлектрики. Одним из основных факторов, определяющих качество и надежность печатных плат, является материал, из которого они изготовлены.

Используются диэлектрики марок: гетинакс, стеклотекстолит типа СТФ, FR4 и др. В производстве проводится всесторонний входной контроль и отбраковка диэлектриков перед запуском в работу.

Трафаретные краски. Краски предназначены для изготовления печатных плат на фольгированных диэлектриках. Краски трафаретные печатные защитные щелочесмываемые серии СТЗ.12,1-51 краски трафаретные для непитающих поверхностей серии ТНФП, фотополимеризующиеся композиции ФПК-ТЩ, краски трафаретные гальваностойкие СТЗ.13 и СТЗ.5. В случае необходимости ТНФП разбавить уайт-спиритом.

Пленочные фоторезисты. Пленочный фоторезист применяется в производстве печатных плат для получения защитных изображений при формировании проводящего рисунка печатных плат способами: травлением по защитному изображению в медной фольге на диэлектрике.

Пленочный фоторезист представляет собой сухой фотополимерный слой заданной толщины, заключенный между двумя прозрачными пленками: лавсановой - основой и полиэтиленовой - защитной, толщиной 25 мкм каждая. Толщина фотополимерного слоя задается в пределах от 15 до 72 мкм.

Поставляется пленочный фоторезист в рулонах, готовый для использования.

Основное достоинство пленочных фоторезистов - это способность обеспечивать воспроизведение четких изображений.

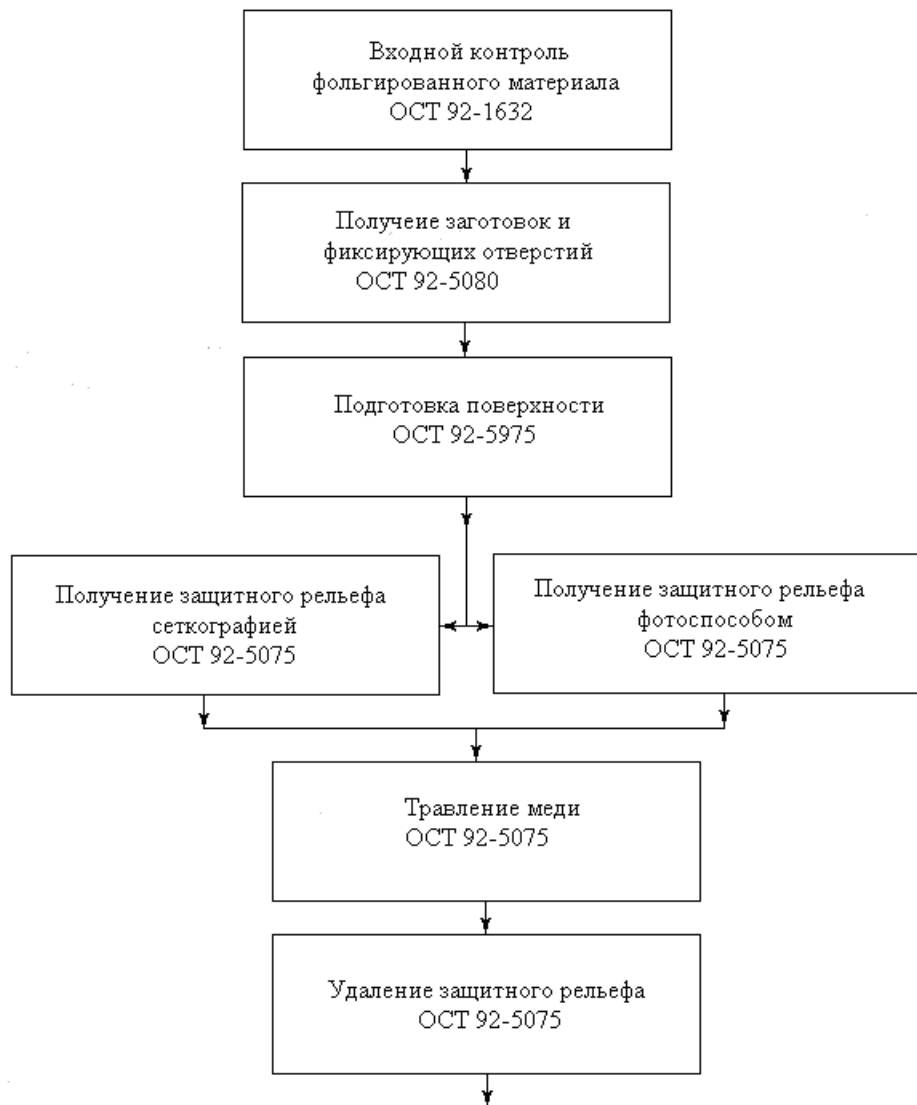
Эти фоторезисты имеют одинаковую структуру - фотополимерные слои негативного действия, чувствительные к экспозиции в ультрафиолетовом диапазоне спектра (320 - 400 нм). По способу проявления фоторезисты подразделяются на органопроявляемые и водощелочного проявления.

2.2. Технологические схемы изготовления ОПП

ОПП преимущественно изготавливают на одностороннем фольгированном диэлектрике субтрактивным химическим методом.

Субтрактивный метод (*sabtractio* – отнимать) получения проводящего рисунка заключается в избирательном удалении участков медной фольги путем химического травления.

Для изготовления ОПП обычно применяют следующие субтрактивные методы: негативный метод с применением трафаретной печати; негативный метод с применением фотопечати; позитивный метод с применением металлорезиста. Технологические схемы изготовления ОПП этими методами представлены на рис. 2.5 и рис. 2.6.



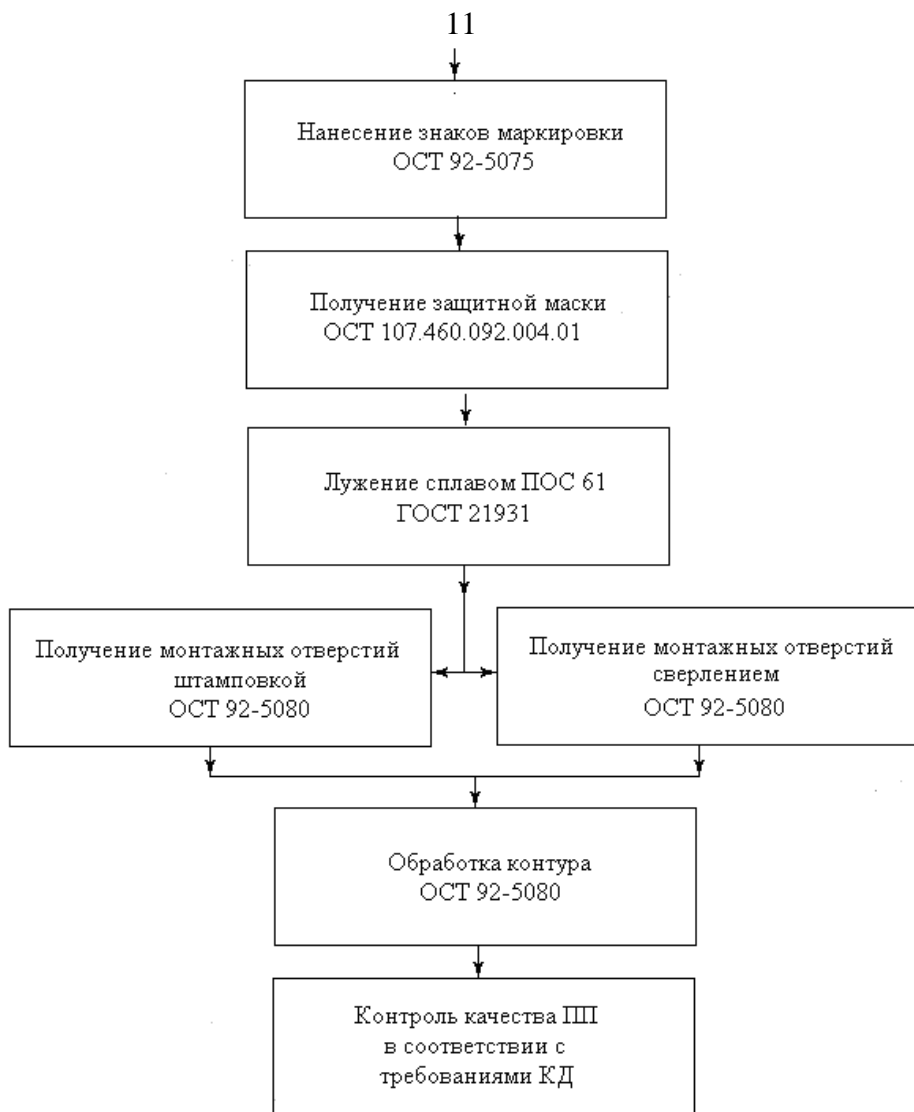


Рис.2.5. Схема изготовления ОПП субтрактивным негативным методом с применением сеткографии или фотоспособа



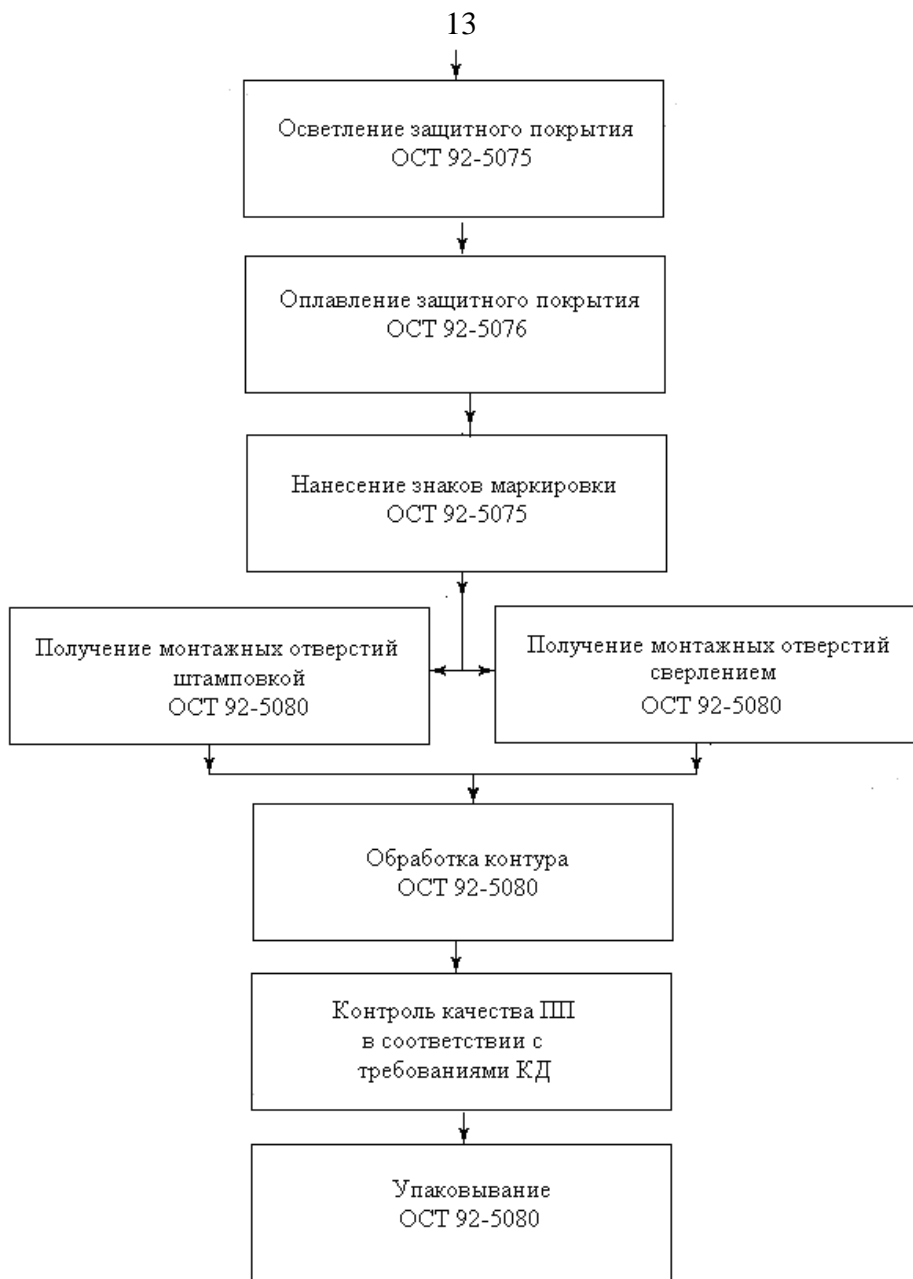


Рис.2.6. Схема изготовления ОПИ субтрактивным позитивным методом с применением металлорезиста

2.2. Технологические операции производства ПП

2.2.1. Изготовление фотошаблонов печатной платы

Изготовление печатной платы начинается с изготовления фотошаблона рисунка.

Фотошаблон рисунка ПП – это фотографическое воспроизведение оригинала рисунка на пленке или стекле в масштабе 1:1. Фотошаблон (ФС) устанавливают на поверхность ПП, на которую предварительно нанесена фоточувствительная пленка. Изображение переносится способом контактной печати экспонированием УФ-излучением.

Качество ФС зависит от точности геометрических размеров, расположения и резкости краев элементов топологии, оптической плотности темных и светлых участков, от свойств применяемых фотоматериалов.

В качестве ФС применяют:

- фотографические пленки с эмульсионным слоем;
- фототехнические пленки с эмульсионным слоем;
- диазоматериалы (пленки чувствительные к УФ частям света);
- бессеребряные светочувствительные материалы.

2.2.2. Входной контроль

Во время входного контроля фольгированного диэлектрика проверяют:

- размеры листа и состояние его поверхности;
- прочность сцепления фольги перед и после действия гальванических растворов, расплавленного припоя;
- коробление листов и их способность к механической обработке: штамповке, сверлению отверстий, прессовке и др.;
- поверхностное сопротивление, электропроводность и др.

Выполняя визуальный осмотр листов, устанавливают наличие царапин, проколов, пузырей и других повреждений.

Прочность сцепления фольги с диэлектриком характеризуется усилием, необходимым для отрыва полоски фольги от ее основы.

Коробление и изгиб диэлектрика проверяют погружением материала в расплавленный припой. При этом выявляются трещины на поверхности листа и дефекты сцепления между слоями.

Штампруемость материала определяют его способностью поддаваться механической обработке без образования сколов по граням отверстий и трещин в перемычках между отверстиями.

Способность материала к сверлению определяют пробным сверлением нескольких отверстий различного диаметра. Изготовление шлифа просверленного отверстия позволяет установить наличие прожига во время сверления и оплавления поверхности отверстия или наличие шероховатости из-за торчащих волокон в отверстиях, затрудняющих проведение металлизации отверстий.

2.2.3. Получение заготовок печатной платы

К заготовительным технологическим операциям изготовления ПП относят следующие операции:

- раскрой материала;
- получение заготовок ПП;
- получение базовых и технологических отверстий.

Заготовкой ПП называют материал основания ПП определенного размера, который подвергается обработке на всех стадиях технологического процесса изготовления ПП. Заготовка имеет технологическое поле, на котором расположены технологические и базовые отверстия, тест-купоны с контрольной информацией и т.п.

Тест-купон (англ. test coupon) - часть заготовки печатной платы, предназначенная для оценки качества изготовления печатной платы, прошедшая с ней все технологические операции и отделяемая перед испытаниями.

Базовые отверстия необходимы для точного расположения (базирования) заготовки в процессе обработки ее на операциях высокой точности (сверление отверстий, получение защитного рельефа, совмещение слоев в многослойных ПП и т.д.).

Технологические отверстия используют для механического закрепления заготовок ПП на подвесках во время операций металлизации отверстий, меднения и пр.

Для получения заготовки ПП из листа исходного материала применяют штамповку – в крупносерийном и массовом производстве, а в условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства применяют резку на гильотинных ножницах, роликовых ножницах или дисковой пиле.

Базовые и технологические отверстия получают или пробивкой на операции резки заготовок, или сверлением.

2.2.4. Подготовка поверхности печатной платы

Эта технологическая операция осуществляется со следующими целями:

- удаления заусенцев, частиц смолы, механической пыли и частиц из отверстий после сверления;
- получение равномерной шероховатости поверхности заготовки ПП для обеспечения прочного и надежного сцепления (адгезии) с фоторезистом;
- активирование поверхности заготовки перед химическим меднением;
- удаление оксидов, масляных пятен, пыли, грязи, следов от пальцев и т.п.

На производстве применяют следующие способы подготовки поверхности и отверстий заготовки ПП:

1 – *механический*. Может осуществляться вручную с помощью абразивного порошка (при мелкосерийном производстве) или на линиях подготовки конвейерного типа (при крупносерийном и массовом производстве). Преимущества – отсутствие химикатов, простота очистки сточных вод, дешевизна. Недостатки – механическое повреждение поверхности, плохое удаление органических веществ с поверхности.

2 – *химический*. Этот способ подготовки применяется для очистки слоев МПП перед прессованием и отверстий перед металлизацией. Она осуществляется на модульных линиях. Главные преимущества – в отсутствии механического загрязнения поверхности и отверстий, поверхностных напряжений и деформаций, царапин и т.п., обеспечение хорошей шероховатости. Недостатки – чрезмерное удаление металла с поверхности заготовки, высокие

расходы на очистку сточных вод. Осуществляется на модульных линиях.

3 – *комбинированный*. Здесь после этапа механической и химической очистки проводится активация поверхности заготовки ПП в растворах соляной кислоты и последующая промывка. Все технологические операции осуществляется на модульных линиях.

4 – *электрохимический*. Преимущества способа – равномерное удаление органических покрытий, незначительное удаление меди с поверхности, однородная шероховатость по всей площади поверхности, отсутствие деформаций, экологическая безопасность, невысокая себестоимость. Недостатки – большие расходы на очистку сточных вод.

5 – *плазмохимический*. Применяется для очистки от смолы и стекловолокна отверстий малых диаметров после сверления. Под воздействием плазмы происходит испарение смолы. Преимущества – тщательное удаление смолы и стекловолокна в отверстиях, не требуется очистка сточных вод, т.к. она не используется. Недостаток – низкая производительность, высокая стоимость оборудования, энергоёмкость метода, необходимость последующей очистки от золы.

2.2.7. Нанесение защитного рельефа на печатную плату

Эта операция предназначена для переноса изображения рисунка печатных проводников на материал основания ПП. Он может осуществляться следующими наиболее популярными способами:

- фотохимическим (фотолитография);
- сеткографическим (сеткография, трафаретная печать, шелкография);
- офсетной печатью.

Защитный рельеф может быть негативным или позитивным. Негативный защищает от вытравливания токопроводящие элементы ПП. Позитивный наносится на участки ПП на которых не должно быть меди, а токопроводящие элементы защищаются от вытравливания устойчивыми в травильных растворах либо метал-лорезистом, либо полимерным травильным резистом.

Выбор способа получения защитного рельефа определяется конструкцией ПП, классом точности ПП, плотностью монтажа, технологическим процессом изготовления ПП.

Фотохимический метод имеет высокую разрешающую способность. Суть метода заключается в контактном копировании рисунка схемы с фотошаблона на заготовку ПП, покрытую светочувствительным слоем – фоторезистом. Наиболее часто применяется сухой пленочный фоторезист, состоящий из трех слоев: защитной полиэтиленовой пленки, среднего слоя, чувствительного к УФ-излучению и оптически прозрачной лавсановой пленки, предназначенной для защиты фоторезиста от окисления на воздухе. Их накатывают нагретым до 120°C валиком на устройстве – ламинаторе.

Сеткографический метод заключается в получении рисунка схемы путем продавливания специальных кислотостойких быстро сохнущих трафаретных красок ракелем через сетчатый трафарет, на котором рисунок схемы образован ячейками сетки, открытыми для продавливания, и последующим закреплением краски в результате испарения растворителя. Трафарет изготавливают из синтетических тканей, из латунных или бронзовых сеток или сеток из нержавеющей стали.

Офсетная печать применяется в массовом и крупносерийном производстве, обладает высокой производительностью и автоматизацией, но невысокой точностью получения рисунка. Для офсетной печати изготавливается клише (форма) из алюминия или пластмасс с изображением рисунка схемы. В него закатывается трафаретная краска и офсетным валиком краска переносится на подготовленную поверхность заготовки ПП.

2.2.8. Травление меди с пробельных мест

Травление – процесс разрушения металла (меди) в результате химического воздействия жидких или газообразных травителей на участки поверхности заготовки ПП, незащищенные защитной маской.

В качестве *травильных резистов* применяют трафаретную краску, сухой пленочный фоторезист, металлорезист (олово, свинец, олово-свинец, золото).

В качестве *травильных растворов* применяют:

- Хлорное железо FeCl_3 . Обладает высокой скоростью травления, малым боковым подтравливанием, высокой четкостью контура рисунка, малым содержанием токсичных веществ, низкой стоимостью, хорошо отработанной технологией регенерации и утилизации. Недостатки: сложность отмывки заготовки от оксида железа и несовместимость с металлорезистом олово-свинец.

- Хлорная медь CuCl_2 . Достоинства: малое боковое подтравливание, высокая скорость травления, простота приготовления, отмывки и регенерации, низкая стоимость, высокое насыщение раствора медью. Недостаток: несовместимость с металлорезистом олово-свинец.

- Хлорит натрия NaClO_2 . Достоинства: высокая скорость травления, незначительное боковое подтравливание, совместимость с металлорезистом олово-свинец. Недостаток: неустойчивость и саморазложение раствора, несовместимость с трафаретными красками.

- Персульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Достоинства: низкая стоимость, устойчивость сплава олово-свинец и серебра, простота приготовления и регенерации. Недостатки: большое боковое подтравливание проводников, необходимость стабилизации теплового режима и т.д.

2.2.9. Получение монтажных и переходных отверстий

Для получения монтажных и переходных отверстий в заготовке ПП применяют следующие способы:

- сверление на станках с числовым программным управлением;

- механическая пробивка (если в дальнейшем отверстие не будет подвергаться металлизации);

- сверление на лазерной установке (для отверстий малого диаметра, глубоких отверстий или глухих отверстий).

Наиболее распространенные способы – это сверление и пробивка.

Операция получения монтажных и переходных отверстий является очень ответственной и к качеству выполнения отверстий предъявляются следующие требования:

- в отверстиях должны быть гладкие стенки, без заусенцев;
- предельные отклонения центров отверстий относительно узлов координатной сетки должна составлять $\pm 0,015$ мм.
- точность сверления отверстий должна быть порядка $\pm 0,01$ мм;
- диаметр отверстия, которое будет подвержено металлизации, должен быть на 0,01 мм больше, чтобы скомпенсировать толщину осаждаемой меди и металлорезиста.

2.2.10. Нанесение паяльной маски

Введение в конструкцию ПП паяльной маски является необходимым условием, т.к. обычная стеклоэпоксидная основа печатных плат не обладает достаточной теплостойкостью при температурах пайки (220-240 °С), и без паяльной маски за время, необходимое для проведения пайки (0,5-2,5 мин.) может происходить поверхностная деструкция материала диэлектрика.

По методу формирования рисунка паяльные маски делятся на два типа:

1) Паяльные маски, рисунок которых формируется методом трафаретной печати. Как правило, это составы на эпоксидной основе, отверждаемые термически или ультрафиолетовым (УФ) излучением. При относительной дешевизне основным их недостатком является низкая разрешающая способность и необходимость использования сеткографического трафарета.

2) Паяльные маски, рисунок которых формируется фотолитографическим методом (фоторезистивные паяльные маски). Такой способ позволяет формировать рисунок маски любой сложности. Фоторезистивные паяльные маски в последнее время получили наибольшее распространение. Для этих целей применяются сухие и жидкие фоторезистивные материалы.

Сухая паяльная маска (СПМ) выпускается в виде пленки толщиной 50, 75, 100 и 150 мкм и по свойствам и методам использования очень похожа на сухой пленочный фоторезист (СПФ), используемый для получения рисунка ОПП. СПМ имеет, однако, два существенных отличия, определяющие особенности ее нанесения, формирования и использования:

1. СПМ является конструкционным материалом и должна выдерживать не только технологические, но и эксплуатационные воздействия во время всего срока эксплуатации ОПП.

2. СПМ наносится на рельеф, образованный сформированным наружным слоем ОПП.

Для нанесения СПМ необходимо специальное оборудование - вакуумный ламинатор - особое устройство с вакуумной подогреваемой камерой, обеспечивающее плотное прилегание толстой пленки СПМ на рельеф ОПП. Толщина СПМ выбирается из условия прокрытая необходимой высоты рельефа.

$$H_{\text{СПФ}} = 0,7h_{\text{рельефа}}$$

Следует всегда иметь в виду, что основной проблемой при нанесении СПМ является ее адгезия к поверхности ОПП, поэтому перед ламинированием поверхность ОПП должна быть тщательно очищена от всякого рода органических и неорганических загрязнений. Надо также помнить, что адгезия СПМ к покрытиям, изменяющим агрегатное состояние в процессе технологических обработок или эксплуатационных воздействий, может резко ухудшаться. Речь идет в первую очередь о покрытиях оловянно-свинцовыми и другими легкоплавкими припоями. Предпочтительным является нанесение СПМ на «голую» медь, допустимым - на никель, золото.

После ламинирования следуют стандартные операции экспонирования и проявления. Существуют СПМ, как органического, так и водно-щелочного проявления. Последние получают все более широкое распространение в связи с более простой процедурой регенерации промывочных вод и утилизации проявочных растворов.

После формирования рисунка паяльная маска подвергается операции задубливания, которая заключается в окончательной полимеризации материала СПМ для набора им в полном объеме защитных свойств, обеспечивающих механическую, термическую и климатическую защиту поверхности ОПП от технологических и

эксплуатационных воздействий. Окончательное задубливание может быть термическим или смешанным: термическим и УФ.

К недостаткам СПМ можно отнести ограничение по разрешающей способности:

- 0,3 мм - для толстых (100-150 мкм) пленок СПМ;
- 0,2 мм - для тонких (50-75 мкм) пленок СПМ.

Этого недостатка лишены жидкие паяльные маски.

Жидкая паяльная маска (ЖПМ) отличается от СПМ только способом нанесения, обеспечивающим покрытие ОПП равномерным тонким слоем. Для ЖПМ применяют два способа нанесения:

- методом трафаретной печати через чистую (без маски) сетку - этот метод является мало производительным и используется в мелкосерийном производстве;

- методом полива в режиме «занавеса» - этот метод требует специального оборудования, создающего падающий ламинарный поток – «занавес», и используется в крупносерийном производстве.

ЖПМ наносится тонким слоем 20-30 мкм и в связи с этим практически не имеет ограничений по разрешению при всех ныне мыслимых рисунках монтажного слоя.

Остальные операции: экспонирование, проявление, окончательное задубливание - аналогичны СПМ.

2.2.11. Горячее лужение (оплавление).

Операция заключается в нанесении паяемого покрытия на контактные площадки (КП), к которым в дальнейшем будут присоединены выводы компонентов. Покрытие должно быть равномерным, чтобы не нарушить дозировку припоя на КП, и сохраняющим паяемость в течение всего времени межоперационного хранения ПП. Производится эта операция окунанием ПП в расплавленный припой (как правило, оловянно-свинцовую эвтектику - ПОС-61) на несколько секунд, а затем протаскиванием платы между двумя узкими соплами, через которые продувается горячий воздух, сдувающий излишки припоя с поверхности ПП и из отверстий. Толщина покрытия и равномерность его определяется пра-

вильным выбором расстояния до сопел и их наклоном относительно плоскости платы.

При описываемых операциях ПП подвергается значительному термическому воздействию, близкому к термоудару, что приводит к проявлению скрытых дефектов, заложенных на предыдущих этапах изготовления, то эти операции можно считать методом 100% технологических испытаний, обеспечивающих отбор плат с повышенной надежностью и эксплуатационной стойкостью.

При субстративном способе изготовления платы, с использованием олово-свинца в качестве металлорезиста, то же назначение имеет операция оплавления, которая производится до нанесения паяльной маски.

Назначение этой операции состоит в следующем: получение плотного мелкодисперсного покрытия сплавом олово-свинец для уменьшения окисления, обеспечения паяемости, защиты проводников от коррозии и электрокоррозии, исключения необходимости горячего обслуживания.

На производстве применяется жидкостное и инфракрасное оплавление. Жидкостное оплавление обладает рядом недостатков, таких как быстрое загрязнение жидкости, сложность ее утилизации, пожароопасность, сложность отмывки заготовки ПП после оплавления.

При инфракрасном оплавлении путем подбора условий нагрева и охлаждения покрытия олово-свинец создается возможность перевода пористого гальванически осажденного покрытия олово-свинец в сплав, что увеличивает срок сохранения паяемости платы и повышает антикоррозионные свойства покрытия.

2.2.12. Маркировка ПП

Маркировка, наносимая на ПП подразделяется на основную и дополнительную (ГОСТ 2.314-68).

Основная маркировка наносится обязательно и должна содержать:

- обозначение ПП или ее условный шифр;
- дату изготовления (год, месяц) и т.д.

Дополнительная маркировка наносится при необходимости и может содержать:

- порядковый или заводской номер ПП;
- позиционное обозначение навесных ИЭТ;
- изображение контуров навесных ИЭТ;
- цифровое обозначение первого вывода навесного ИЭТ и

т.д.

Операция, заключающаяся в нанесении на поверхность ОПП специальной краской обозначений компонентов и их посадочных мест. Наносится методом трафаретной печати. Качество определяется допустимым разрешением по толщине линий (0,15 мм минимум), размером выполняемых шрифтов (1,3 мм минимум) и достигается оптимальным выбором вязкости краски и параметров сетки.

По содержанию маркировка необходима в большей степени при наладке, ремонте, визуальном контроле узлов, собранных на ОПП. Однако в малосерийном производстве, когда размещение компонентов на ОПП (особенно плотной) производится полуавтоматически или вручную, наличие маркировки существенно облегчает процедуру размещения компонентов.

2.2.13. Обработка печатной платы по контуру

Операция обработки заготовки ПП по контуру является одной из заключительных в процессе изготовления ПП. Она состоит в том, что с помощью механической обработки (штамповки, обработки на дисковой пиле, фрезерования или скрайбирования) удаляется технологическое поле заготовки ПП. Скрайбирование может осуществляться и с помощью лазера.

2.2.14. Испытания печатной платы

Программа и методика испытаний ПП определяется конструкцией ПП, назначением и условиями эксплуатации ПП, и проведение испытаний ПП должно проводиться в соответствии с ГОСТ 23752.1-92.

На производстве проводят следующие *испытания*:

1 – *Общий осмотр ПП*. Проводится для проверки внешнего вида, геометрических параметров проводников, плоскостности ПП и т.п. Осмотр проводится с помощью увеличительных луп и визуально.

2 – *Электрические испытания ПП*. Проводятся с целью определения сопротивления проводников, сопротивления межслойных соединений, целостности проводников, отсутствия коротких замыканий; определение электрической прочности изоляции, способности выдержать испытательный ток и напряжения и т.д.

3 – *Механические испытания ПП*. Определяется качество адгезии проводников, прочность на отрыв контактных площадок, определение отклонений от плоскостности и способности выдерживать изгиб и т.п.

4 – *Испытания металлических покрытий*. При этом виде испытаний оценивают: пористость покрытий, толщину гальванических покрытий, паяемость ПП и металлизированных отверстий и т.п.

5 – *Испытания на воспламеняемость*. Здесь определяются характеристики воспламеняемости жестких ПП при контакте с раскаленной проволокой, с удаленным металлом, при воздействии горелки, стойкости при воздействии растворителей и флюсов.

6 – *Кондиционирование ПП*. Проводят предварительное кондиционирование в нормальных атмосферных условиях, при температуре 125°С, в климатических условиях и при использовании ускоренного старения «Пар/кислород».

7 – *Испытания ПП на тепловой удар*. Определяют последствия теплового удара при погружении в жидкость или в песочную баню; воздействие теплового удара при пайке паяльником, пайке погружением; испытание на расслоение ПП при термоударе.

2.2.15. Контроль печатной платы

В производстве ПП контроль проводится по совокупности электрических, механических и других параметров.

При *электрическом* контроле проверяется целостность проводников, наличие коротких замыканий, качество изоляции и т.п.

При *оптическом* контроле используют визуальный контроль с помощью увеличительных линз и специальные компьютерные системы оптического контроля. Этот контроль позволяет выявить следующие дефекты: неточности в расположении и геометрии печатного рисунка, в качестве выполнения краев проводников, металлизации переходных отверстий; наличие проколов, выступов, царапин на проводниках.

При проверке многослойных ПП применяют *рентгеновские* методы контроля. Они позволяют обнаружить свищи в слоях МПП, определить качество металлизации в слоях, качество просверленных отверстий.

2.2.16. Устранение неисправностей печатной платы

Ремонт ПП проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 27200-87 по существующему на предприятии технологическому процессу, согласовав его с заказчиком и зафиксировав сведения о произведенном ремонте в соответствующей документации.

На ПП могут быть отремонтированы монтажные и переходные отверстия, контактные площадки, печатные проводники; устранены короткие замыкания, восстановлены отсутствующие электрические связи.

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

3.1. В соответствии с конструкторской документацией на функциональное устройство разработать маршрутную карту на единичный технологический процесс изготовления односторонней печатной платы для данного устройства.

3.2. Вид субтрактивного метода изготовления ОПП (негативный метод с применением трафаретной печати; негативный метод с применением фотопечати; позитивный метод с применением металлорезиста) задается преподавателем.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Какие методы изготовления ОПП Вы знаете?

4.2. Какова последовательность формирования проводников на ОПП при изготовлении субтрактивным негативным методом с использованием пленочного фоторезиста?

4.3. Какова последовательность формирования проводников на ОПП при изготовлении субтрактивным негативным методом с использованием трафаретной печати?

4.4. Какие методы нанесения паяемого покрытия на контактные площадки ОПП Вы знаете?

4.5. Как наносится маркировка на поверхность ОПП?

4.6. Какие материалы применяются для изготовления ОПП субтрактивным методом?

4.7. Назовите и поясните основные характеристики ОПП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОСТ 92-5075-99г. Платы печатные. Типовые технологические процессы получения проводящего рисунка

2. ОСТ 92-5074-97г. Платы печатные. Общие требования к типовым технологическим процессам изготовления

3. ОСТ 92-5080-99г. Платы печатные. Типовые технологические процессы механической обработки

4. ОСТ 92-5205-2000г. Платы печатные. Общие требования к элементам систем базирования

5. ОСТ 92-5078-99г. Платы печатные. Типовые технологические процессы электрохимического получения металлических покрытий

6. ОСТ 92-5076-99г. Платы печатные. Типовые технологические процессы оплавления

7. Каталог оборудования для производства печатных плат.
<http://www.ostec-st.ru/pcb/catalogue/>

8. ГОСТ 3.1428-91. ЕСТД. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) изготовления печатных плат

9. Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения 1.85.151. М.: Изд-во стандартов.-1987г.

10. ОСТ 92-1739-98г. Платы печатные. Массив технологических операций и переходов изготовления.

11. ОСТ 4Г0.005.232-80 Обозначения элементов в радиоэлектронной аппаратуре. Правила и способы нанесения.

Разраб.	Проверил	Изм.	Лист	д. докум.	Подпись	Дата
				XX.02188.00021		
				XX7.105.060		XX.10188.00021
Н. контр.				Плата		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа
Б					Код, наименование оборудования	СМ Прор. Р УТ КР ЮИД ЕН ОП К шт. Т шт. Т шт.
К/М					Наименование детали, сб. единицы, материала	Обозначение, код
01					Технические требования	ОПП ЕВ ЕН КИ Н.расх.
02					Технические требования к изготовлению печатной платы по	ОСТ 92-5074
03						
04					Требования к помещению и рабочим местам по изготовлению печ. платы по	ОСТ92-8605-75
05						
06					Межоперационное перемещение печатных плат осуществлять в таре	7574-8412
07						
08					Требования безопасности по	ОСТ 92-5074
09						
A10	129	15	005	2113	Вырезка	XX.60240.00141
B11						16923 3 I I I I,0
012					Вырезать заготовку печатной платы из полос	
13						
A14	129	29	010	0015	Подготовка исходных материалов	XX.60200.03001
B16					Комплект рабочих мест "Уникум"	92.02.26.132 16923 3 I I 2 I I,0
МК						

		Изм. Лист № докум.		Подпись		Дата	
		Изм. Лист № докум.		Подпись		Дата	
		XXX.02188.00021				4	
		XXX.105.060		XXX.I01880002I			
A	Шек. Уч. РМ	Отпр. Код, наименование операции	Обозначение документа				
B	Код, наименование оборудования	СМ Проф. Р УТ КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Т.пз.
K/M	Наименование детали, сб.ед. или мат	Обозначение, код		ОПШ	ЕВ	ЕН	КМ
A01	129 48 030 4120 Сверлильная	XXX.60240.0004I					
B02	38 121I 1802 Станок вертикально-	17335	3	I	I	I	I,0
03	сверлильный						
004	Сверлить 2 фиксирующих отв. в заготовке печатной платы, выдерживая диаметр 4H14						
T05	39 1260 0012 Сверло, 39311I 002I	Калибр-пробка гладкий, 39 331I 000I		Штангенциркуль			
06							
A07	129 48 035 2109 Вырубка						
B08	38 211100 1708 Пресс механический	18969	3	I	I	I	I,0
009	Вырубить из заготовки печатную плату согласно чертежу						
T10	7444-4854 Штамп						
II							
A12	129 48 040 Контроль внешнего вида	XXX.60203.00015					
B13		12926	2	I	I	I	I,0
O14	Произвести контроль внешнего вида на отсутствие дефектов						
I5							
МК							

		Изм. Лист № докум.		Подпись		Дата										
		XX.X.02188.00021		XX7.105.060		XX.I018800021										
Изм.	Лист № докум.	Подпись	Дата	Обозначение документа												
A	Цех Уг	ИРМ Юпер	Кол.	наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	И.Н	ОП	К.шт.	Т.пз.	Т.шт.	
B	Код, наименование оборудования			наименование детали, со.ед. или мат			Обозначение, код						УШ	ЕВ	КМ	Н.раск
К/М																
A01	129	48	045	3210	Контроль линей-											
02				но-угловых размеров												
B03	39	3550	0012	Плита	проверочная	12926	3	I	I	I						I,0
004				Произвести контроль линейно-угловых параметров печатной платы на соответ. чертежу												
T05	39	3310	0001	Штангенциркуль, 39	3320	0315	Штангенрейсмас, 39	3560	0002	Угольник						
06				поверочный, 39			4411	0140	Угломер							
07																
A08	129	48	050	0035	Проверка сопро-											
09				водительской документации												
B10							12926	2	I	I	I					I,0
011				Проверить правильность оформления технологического паспорта на соответствие												
12				технологическому процессу изготовления печатной платы												
I3																
A14	129	31	055	0650	Упаковывание	XXX,60240,00050										
B15							18366	2	I	I	I					I,0
МК																

