

# Модуль 1. Технология производства как один из важнейших этапов создания РЭС

---

## Лекция № 6.

### Тема: Технология изготовления печатных плат

- 6.1 Основные определения. Классификация ПП
- 6.2 Материалы ПП
- 6.3 Этапы производственного процесса ПП

## 6.1 Основные понятия

- Точные информационные системы создаются методами физико-химической технологии
- Современная технология микроэлектроники основана на двух принципах:
  - последовательном формировании тонких слоёв или плёнок при определённых режимах
  - создании топологических рисунков с помощью микролитографии.

# Печатная плата (ПП)

- важнейший узел электронных средств, который обеспечивает закрепление компонентов и их соединение в электрическую цепь для передачи сигналов по печатным проводникам.
- ПП стали доминирующим монтажным элементом в электронных приборах с 1952 г.



# Печатные платы могут быть

- односторонними (ОПП),
- двухсторонними (ДПП),
- многослойными (МПП).

# ОПП и ДПП

- представляют собой изоляционный материал с односторонним или двусторонним расположением печатных проводников.

# МПП

- необходимы соединительные изоляционные прокладки для электрической изоляции токоведущих покрытий.
- Совмещение рисунков проводников в МПП достигается с помощью отверстий в слоях или штифтов штампа

# Применение ПП

МПП

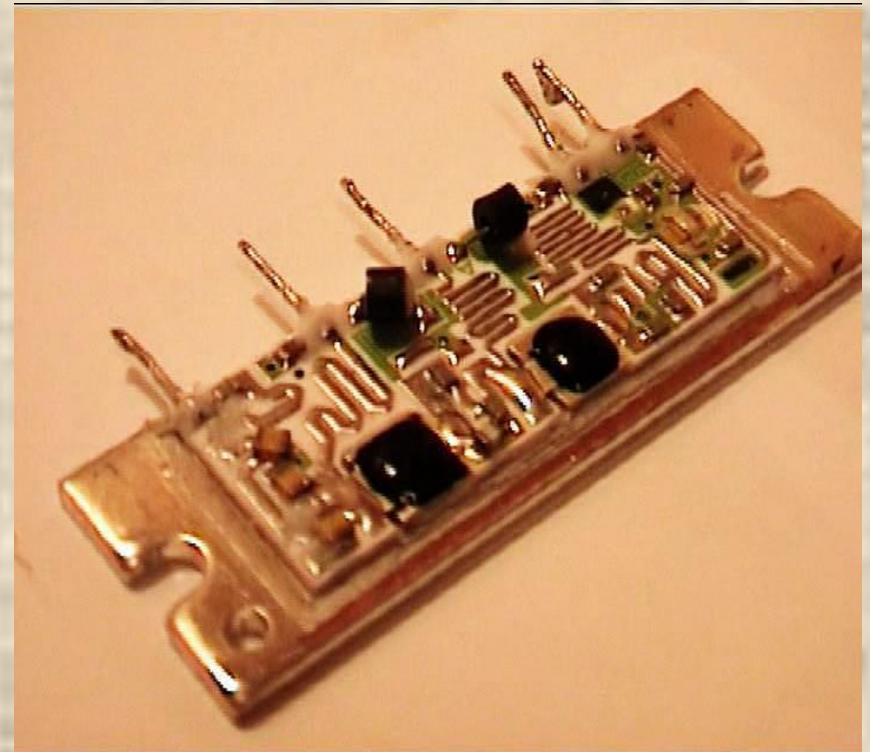
## ОПП и ДПП

- в бытовой электронике,
  - технике связи,
  - блоках питания,
  - в измерительной и высокочастотной технике,
  - в вычислительной технике.
- в технике управления автоматического регулирования,
  - вычислительной,
  - ракетной
  - авиационной.



# Печатные платы различаются по виду основания печатной платы.

- **Металлические печатные платы** имеют основания из **меди, титана, инвара**, покрытые изоляционным слоем.
- Такие платы используются для теплонагруженных модулей.
- Эта технология позволяет располагать плату на задней крышке прибора или на корпусе автомобиля.



- **Керамические печатные платы** изготавливают вжиганием пасты в керамические основания платы.
- Высокая теплопроводность основания, малые диэлектрические потери обеспечивают их для построения мощных и высокочастотных устройств.



# Гибкие печатные платы

- формируются на полиэфирной или полиимидной основе и позволяют уменьшить массу и объем электронной аппаратуры.
- На основе гибких плат создают уникальные сложные гибко-жесткие конструкции с повышенной надежностью.
- Гибкие печатные платы используются для создания разнообразных пленочных клавиатур.

## Важные достоинства полимерных плат:

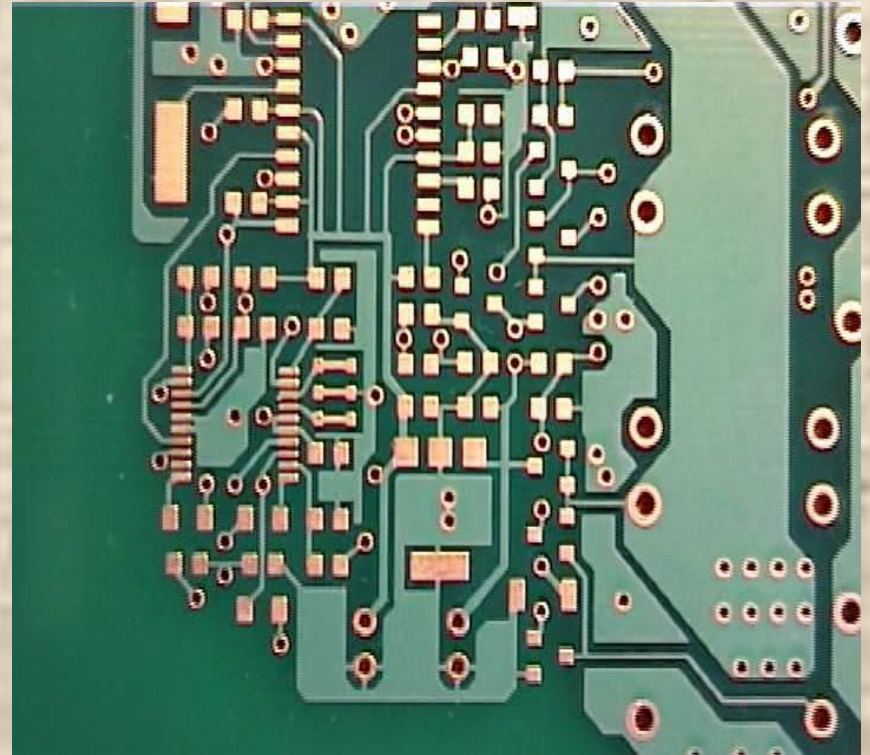
- малые габариты, вес,
- возможность одновременно изготавливать платы и формировать гибкий пленочный кабель.

# Печатная плата с защитным покрытием

На поверхность печатной платы наносят защитные покрытия на основе:

- канифоли,
- эпоксидных или полиэфирных смол,

которые устраняют возможность образования электрических мостиков между слоями проводников, возникающих вследствие загрязнения и влаги.





## 6.2 Материалы печатных плат

- Основа ПП - **диэлектрик**:
  - с высокой химической и термической стойкостью, минимальной деформацией и водопоглощением (до 0,5).
  - Удельное сопротивление не менее  $10^{10}$  Ом.
- В качестве диэлектрика ПП широко используются **стеклотекстолит (СТ)**, который получают пропиткой бесщелочных стеклянных тканей эпоксифенолформальдегидным лаком (ЭФФЛ) на вертикальных пропиточных машинах с сушкой ( $v = 0,8 - 1,2$  м/мин) и намоткой на барабан

# Стеклотекстолит фольгированный (СФ)

- получают склеиванием стеклотекстолита и медной фольги на гидравлических прессах,
- 3 слоя стеклотекстолита и подаваемая с двух сторон медная фольга, пропускают через нагретое прижимное устройство, при этом диэлектрический материал полимеризуется, а фольга плотно прижимается с обеих сторон.

# Гетинакс

- слоистый прессованный пластик на основе бумаги, пропитанной терморезистивной смолой.
- Фольгированный гетинакс обозначают ГФ.
- Содержание смолы СФ и ГФ 40 - 60%.



Медную фольгу толщиной 0,035 – 0,18 мм (35 – 180 мкм) изготавливают прокаткой либо электрохимическим осаждением. Несмотря на высокие механические свойства катаной фольги, она имеет ряд недостатков: примеси металлов, малая ширина (150 – 300 мм), местами выгорание меди из-за перегрева. Поэтому предпочтение отдаётся электрохимической фольге, которая получается при вращении барабана – катода из нержавеющей стали в растворе соли меди, при определённой плотности тока и скорости вращения. Покрывающий катод осадок меди определённой толщины при выходе барабана из электролита отдирается от поверхности, протягивается через промывное и сушильное устройство и наматывается на приёмную гильзу.

Для повышения температурной стойкости и адгезии фольги к диэлектрику производится электрохимическое оксидирование фольги: фольга обрабатывается в растворе NaOH при определённой плотности тока. Образуется на поверхности защитный слой  $\text{Na}_2\text{CuO}_2$ , который не препятствует пайке.

Чем точнее фольга, тем более тонкие проводники можно получить на печатных платах: 25 – 75 мкм.

# Новая керамика для изготовления печатных плат

недостатки фольгированных диэлектриков :

- большой непроизводительный расход меди,
- Длительность процесса;
- значительное количество сточных вод, содержащих кислые травильные растворы.
- в ряде случаев применение традиционных печатных плат из гетинакса и текстолита неприемлемо в силу их низкой термостойкости и вероятности возгорания.

Эти недостатки можно исключить, применяя основания из:

- алюмооксидной керамики на базе природного минерала **пирофиллита**
- **стеклокерамических материалов**

# Печатные платы способствуют

- повышению плотности монтажа,
- снижению длины проводников,
- уменьшению массы и габаритов приборов,
- снижению паразитных связей за счет использования экранирования и низкоомных проводников.



# При изготовлении ПП обеспечивают

# ПП

- используются групповые автоматизированные методы,
- снижаются ошибки при монтаже.

- простоту проверки
- хорошую ремонтпригодность, что повышает надежность и механическую стабильность приборов и устройств.

# К недостаткам печатных плат

- можно отнести нежелательные емкостные и индуктивные связи
- увеличенное время разработки

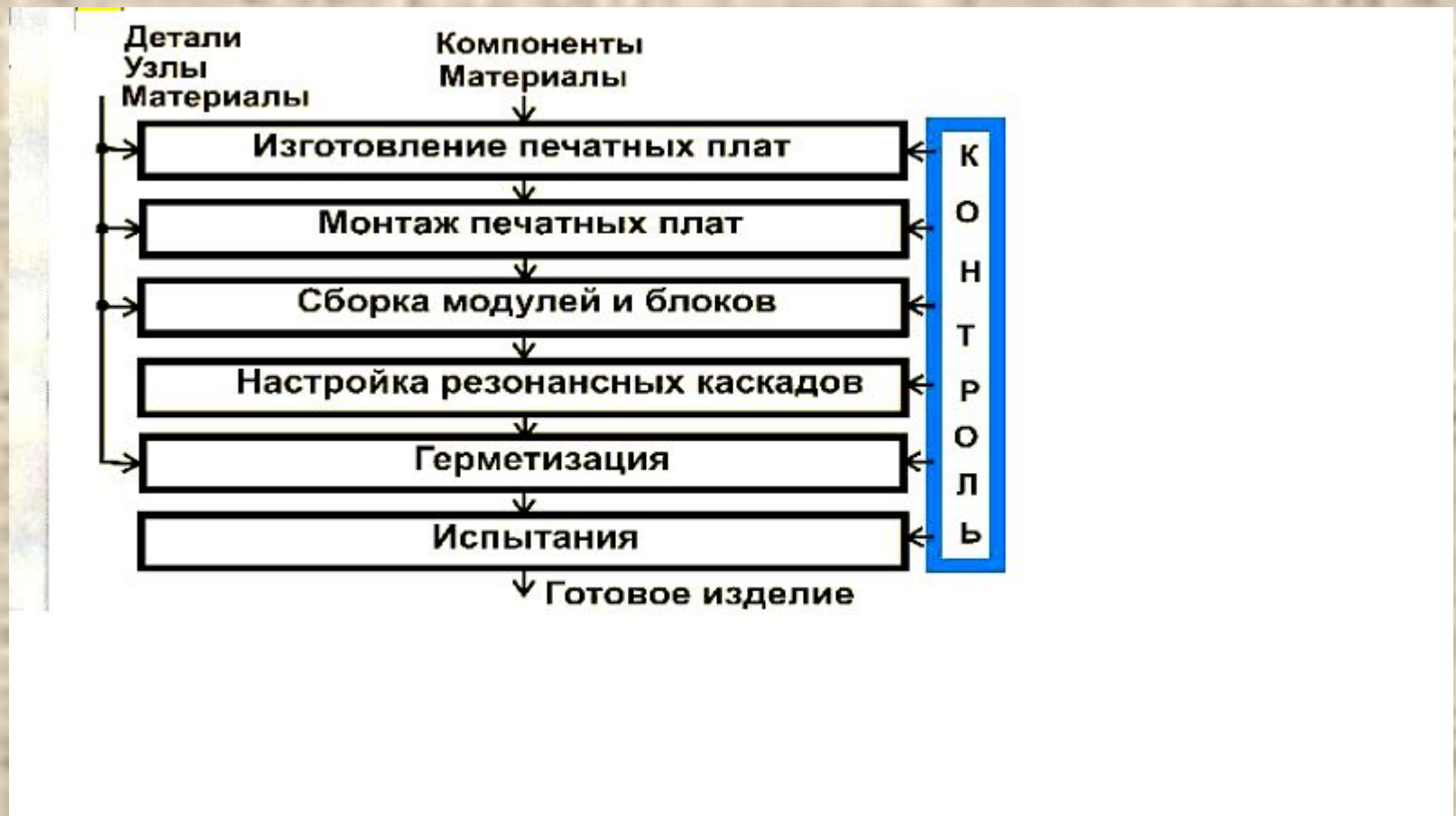
# Технологический процесс изготовления Электронных изделий



Технологический процесс изготовления  
Электронных изделий состоит из нескольких  
последовательных этапов:

- На печатные платы устанавливаются многочисленные компоненты: резисторы, конденсаторы, интегральные схемы, выводы которых соединены в Единую электрическую схему.
- Отдельные печатные платы и другие компоненты собираются в блоки, образуя законченную конструкцию.

# Производственный процесс изготовления электронных схем



## На этапе настройки

С помощью специальных настроечных элементов выходные параметры элементов доводятся до заданных значений.

## На этапе герметизации

осуществляется защита узлов и блоков от влияния внешней среды.

## На этапе испытаний

Изготовленную аппаратуру испытывают при воздействии вибраций, удара, высокой температуры, влаги.

На всех этапах изготовления осуществляется тщательный контроль операций.



# На первом этапе

- Нарезаются заготовки материала нужного размера.
- На заготовке сверлятся отверстия для установки компонентов и создания электрических соединений между слоями.
- На печатной плате могут располагаться до 1000 отверстий диаметром около 100 мкм.
- Стеклянная крошка, образующаяся при сверлении стеклотекстолита, является абразивным материалом, поэтому используются специальные твердосплавные сверла, вращающиеся со скоростью до 1500 оборотов в минуту. Точность установки сверла до 5 мкм.

# Линия гальванического осаждения меди

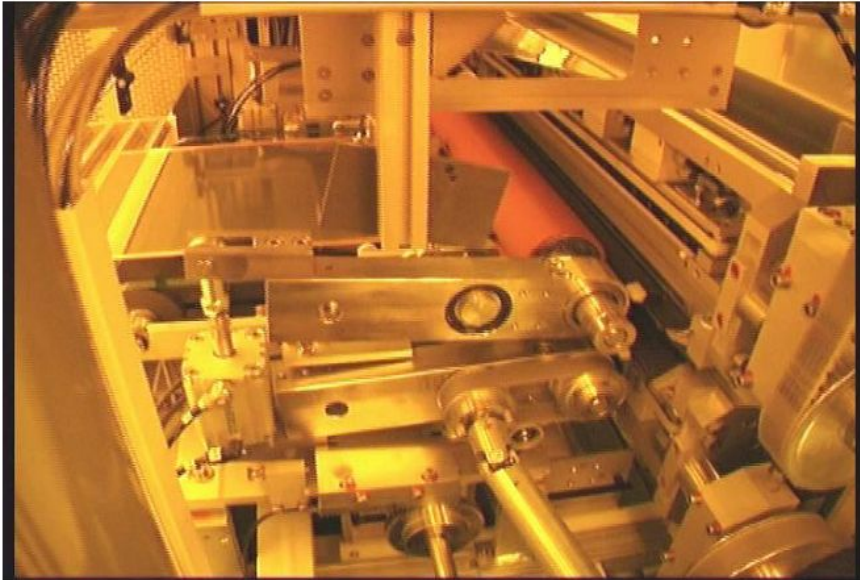
После промывки  
поверхности на  
диэлектрических  
стенках отверстий  
создается  
электропроводящий  
слой



- Электропроводящий слой создается промывкой плат в суспензии, содержащей электропроводящий графит, с последующей сушкой.
- Электропроводящий слой, нанесенный на стенки отверстий, позволяет выполнить электрохимическое осаждение меди толщиной до 20 мкм. Этот слой меди обеспечивает хороший электрический контакт между проводниками на разных сторонах платы.
- Гальваническое осаждение меди выполняется на линии Гальванического осаждения, состоящей из нескольких ванн.
- Современные технологии позволяют осаждать медь с высокой равномерностью в глубоких отверстиях при соотношениях толщины платы к диаметру отверстия до 10.



# Модуль нанесения фоторезиста



- Для создания рисунка проводников, контактных площадок, защитных масок на обе поверхности платы наносится пленочный фоторезист.

Заготовки платы перемещается из одного помещения в другое через шлюз.

- В модуле пленочный фоторезист ламинируется с двух сторон печатной платы.

- Для создания рисунка проводников, контактных площадок и масок используются фотошаблоны.
- Черные места на фотошаблоне образованы экспонированными участками фотопленки.
- Экспонирование осуществляется на фотоплоттере, в котором световой луч сканирует определенные участки пленки. Фотоплоттер управляется компьютером в соответствии с технологическим рисунком платы.
- После экспонирования пленка проявляется и сушится.





- На стадии экспонирования печатной платы свет проходит через прозрачные места фоторезиста и экспонирует фоторезист.
- Освещенные места фоторезиста приобретают способность растворяться в растворе проявителя.
- Экспонирование осуществляется с двух сторон через два совмещенных фотошаблона.
- Для того, чтобы фотошаблон и плата не изменяли свои размеры из-за нагрева экспонирующим светом установки экспонирования, предусматривают охлаждение платы.

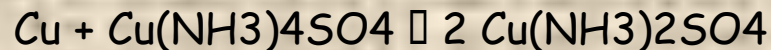


- **В модуле проявления** плата омывается с двух сторон струями проявителя, затем струями воды для промывки.
- Технологические параметры проявления задаются из единой компьютерной сети предприятия или с пульта.
- В конце движения в этом модуле плата сушится горячим воздухом.

# Модуль травления

После формирования резистивной маски выполняется травление медной фольги. Фоторезист защищает участки нижележащей пленки от травления.

В модуле травления осуществляется струйное травление платы с двух сторон. Травление ведется в медно-аммонийном растворе.



Плата движется по конвейеру и с двух сторон оmyвается струями травителя.

Закрытый рабочий объем камеры обеспечивает нормальные условия работы персонала. Непрерывно ведется корректировка состава травителя и электролитическая утилизация меди и травильного раствора.

- После травления фоторезистивная маска смывается в растворе органического растворителя.

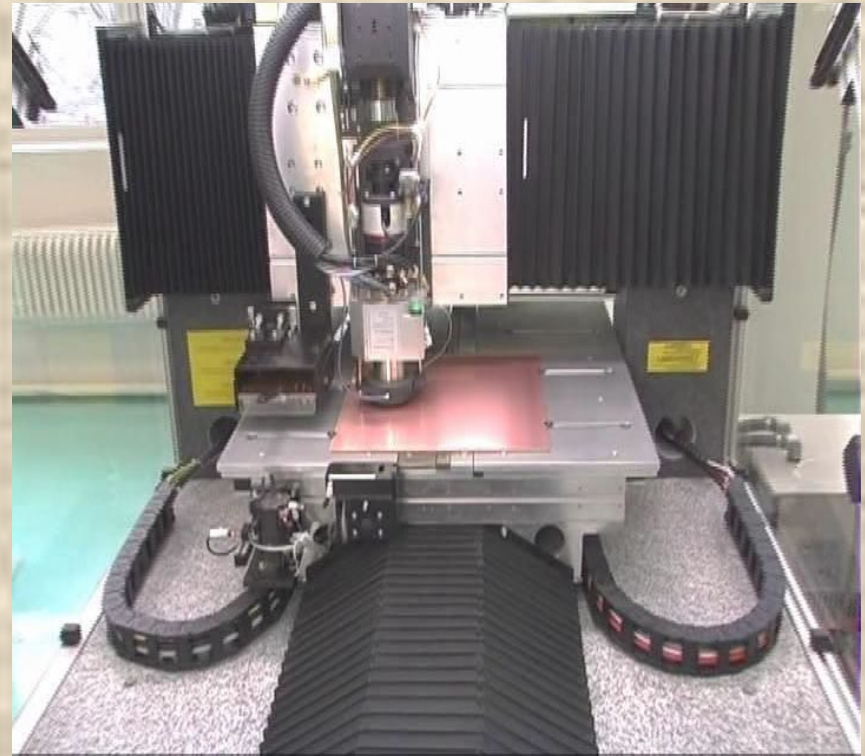
## Инфракрасная печь для сушки



- Затем промывается струями воды и сушится теплым воздухом.
- Наилучшее качество сушки достигается в инфракрасной печи



- После сушки в результате получается двухсторонняя печатная плата с металлизированными отверстиями.



# Коммуникационная система проводников создается

- Гальваническим осаждением,
- фотолитографией
- травлением пленок.

# Технологическая линия производства печатных плат





# Цеха по производству печатных плат оснащены

- автоматизированными линиями химической и электрохимической металлизации ,
- установками для нанесения фоторезистов ,
- станками с ЧПУ для механической обработки



# Оборудование с ЧПУ

применяют для изготовления

- фотошаблонов и трафаретов,
  - сверления отверстий в ПТП,
  - фрезерования плат,
  - автоматизированными стендами контроля плат.
- 
- В цехах лакокрасочных покрытий организуются технологические поточные линии, где окрасочные и сушильные камеры являются проходными, используются автоматические агрегаты- роботы "маляры" с распылителями



- Сборочные цехи оснащены переналаживаемыми конвейерными линиями; универсальными рабочими местами электромонтажников; специализированным оборудованием по подготовке, установке и пайке ЭРЭ и интегральных схем на печатных платах; стендами для контроля и регулировки функциональных параметров сборочных единиц блоков и стоек РЭА.
- На оборудовании с ЧПУ производят установку и пайку





## Вопросы к лекции 2

1. Что включает в себя производственный процесс?
2. Что такое технологический процесс?
3. Дайте определение операции и технологий операции?
4. Что такое технологический переход?
5. Что разрабатывается при проектировании новых технологических процессов?
6. Что происходит на первом этапе изготовления печатных плат?
7. Как создается электропроводящий слой?
8. Как происходит процесс нанесения фоторезиста?
9. Что такое процесс травления и как он осуществляется?
10. Каковы достоинства инфракрасной сушки?