

ЛЕКЦИЯ

Печатные платы

Печатная плата - изоляционное основание с нанесенным на него печатным монтажем.

Использование ПП повышает надежность аппаратуры, обеспечивает повторяемость параметров схем от образца к образцу.

Основной элемент ПП – *печатный проводник* – участок токопроводящего покрытия, нанесенный на изоляционное основание.

Система печатных полупроводников образует **печатный монтаж**.

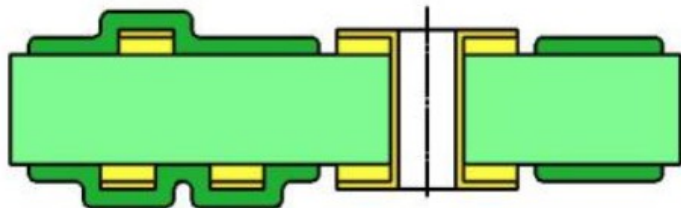
Иногда на одной ПП используют различные технологические процессы нанесения токопроводящих или изоляционных покрытий.

Система печатных проводников и радиоэлементов, нанесенных на основание образует **печатную схему**.

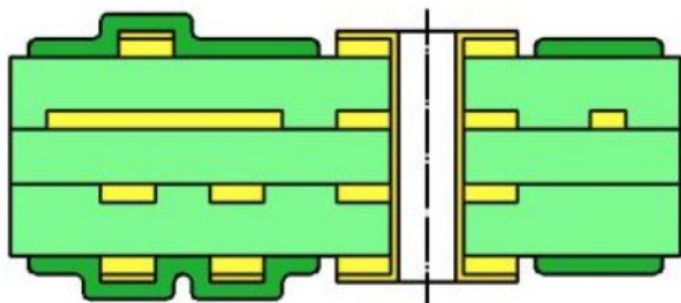
Типы печатных плат



Односторонняя печатная плата



Двусторонняя печатная плата



Многослойная печатная плата

Односторонние печатные платы

- простые задачи (блоки питания, пульты)
- малая стоимость

Двусторонние печатные платы

- Самые распространенные,
- относительно просты,
- умеренная стоимость,
- хорошая коммутационная способность.

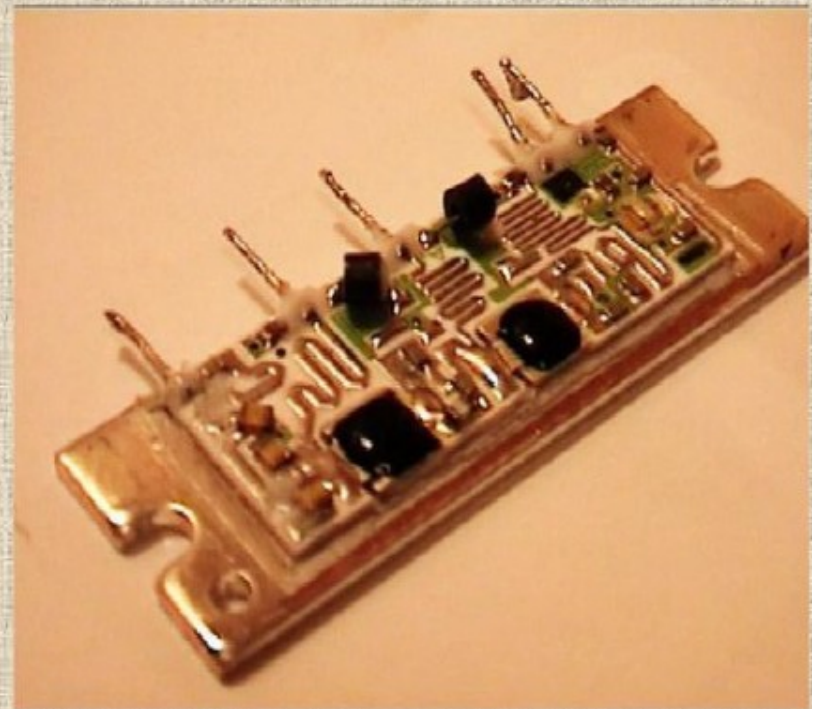
Многослойные печатные платы

- дороже своих конкурентов,
- высокая плотность монтажа электрон- ных компонентов,
- возможность коммутации современных микросхем с высокой плотностью выводов (например, BGA).

..

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

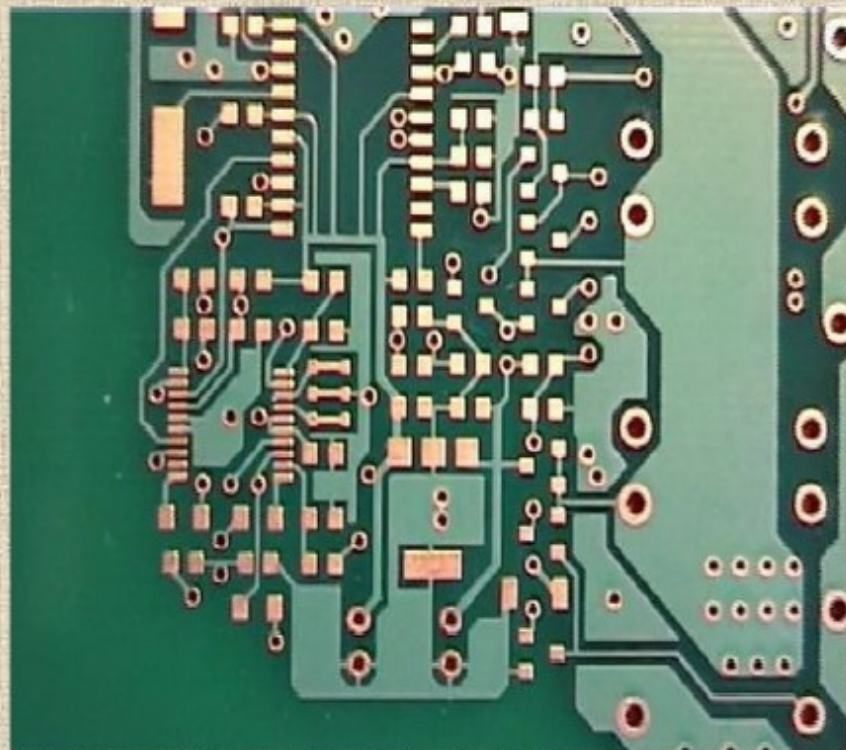
- формируются на полиэфирной или полиимидной основе и позволяют уменьшить массу и объем электронной аппаратуры.
- На основе гибких плат создают уникальные сложные гибко-жесткие конструкции с повышенной надежностью.
- Гибкие печатные платы используются для создания разнообразных пленочных клавиатур.

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.



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

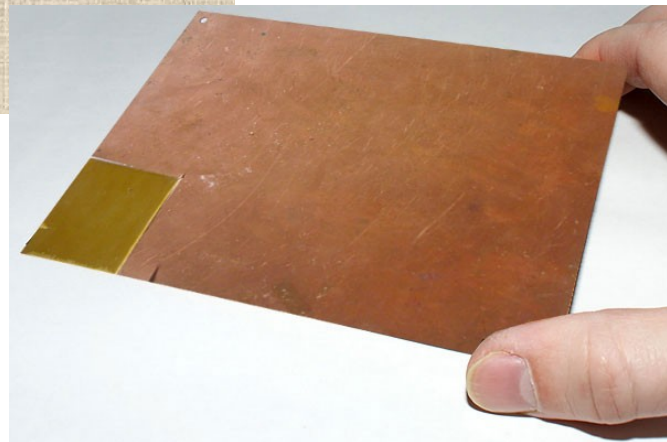
Стеклотекстолит фольгированный (СФ)

- 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 Na_2CuO_2 , который не препятствует пайке.

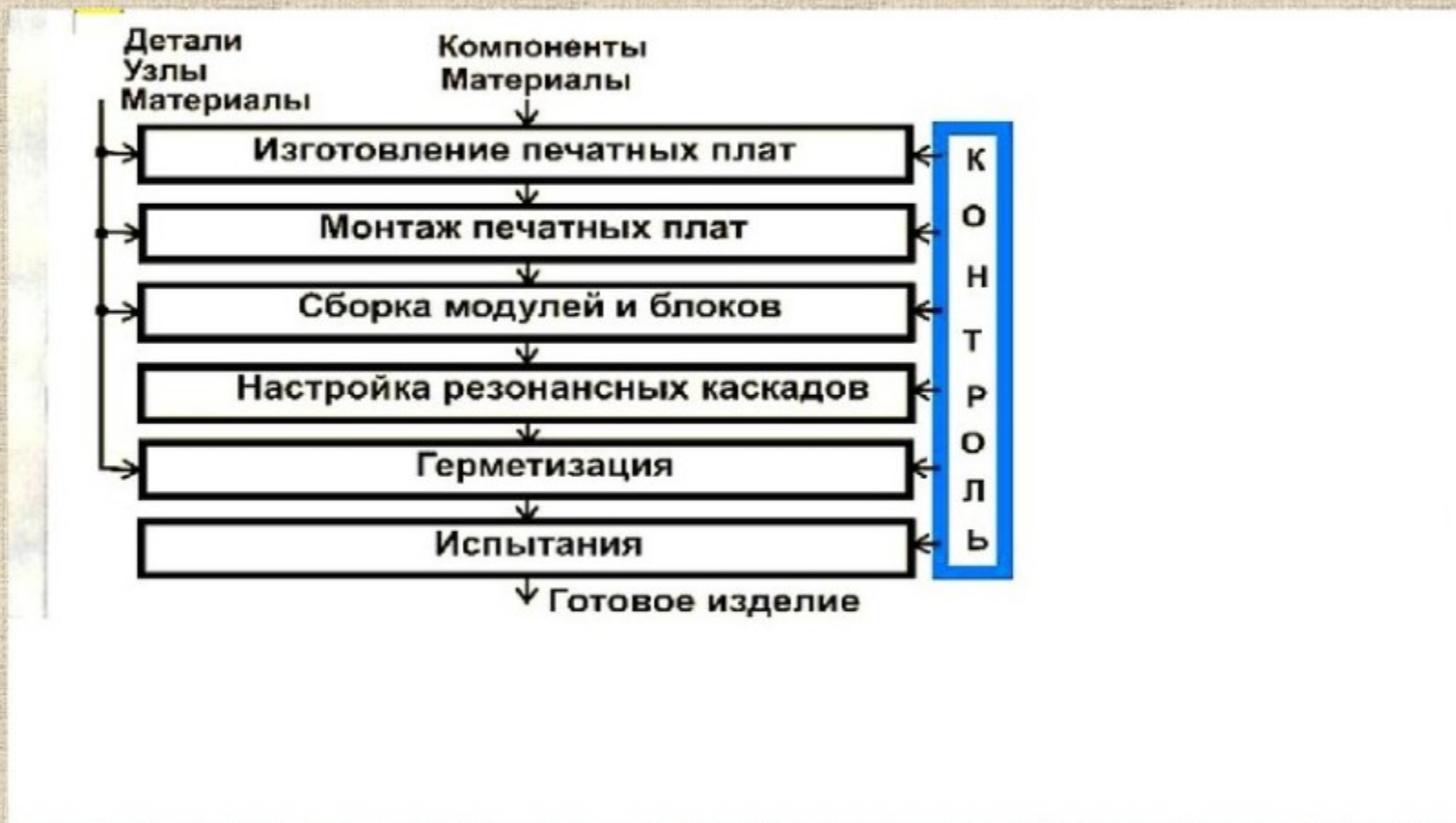
Чем точнее фольга, тем более тонкие проводники можно получить на печатных платах: 25 – 75 мкм.

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.

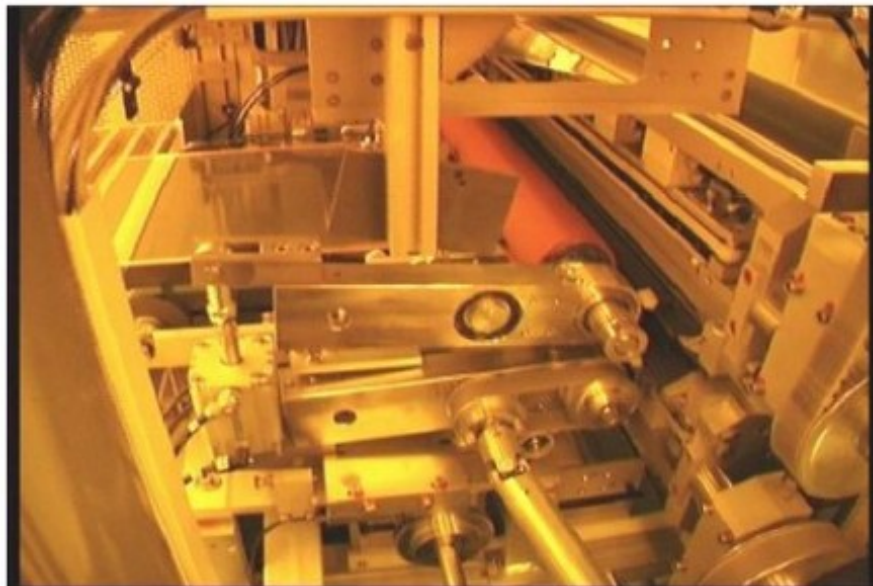
Линия гальванического осаждения меди

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

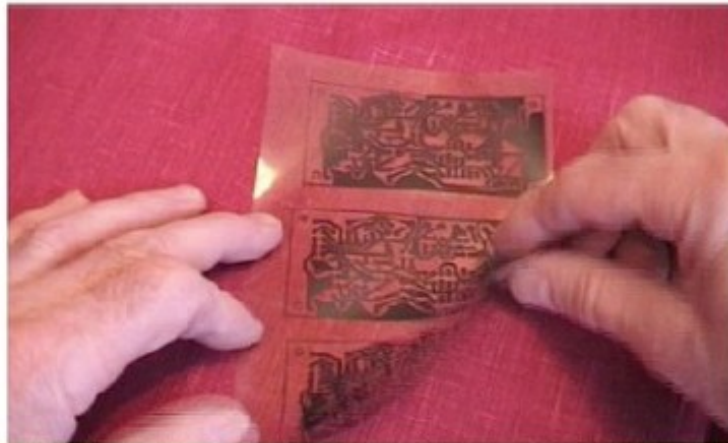


- Для создания рисунка проводников, контактных площадок, защитных масок на обе поверхности платы наносится пленочный фоторезист.

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.



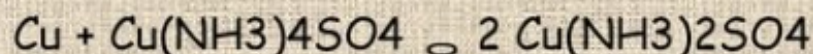
- На стадии экспонирования печатной платы свет проходит через прозрачные места фоторезиста и экспонирует фоторезист.
- Освещенные места фоторезиста приобретают способность растворяться в растворе проявителя.
- Экспонирование осуществляется с двух сторон через два совмещенных фотошаблона.
- Для того, 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 омывается 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.



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 ПП,
 - 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?

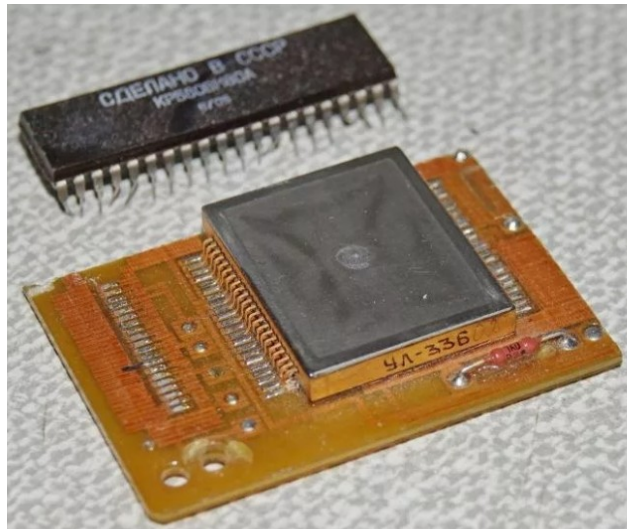
Интегральные микросхемы

Интегральные микросхемы (**ИМС**) – электронные изделия, состоящие из активных элементов (транзистры, диоды) и пассивных элементов (резисторы, конденсаторы, дроссели) и проводов их соединяющих.

По технологии изготовления

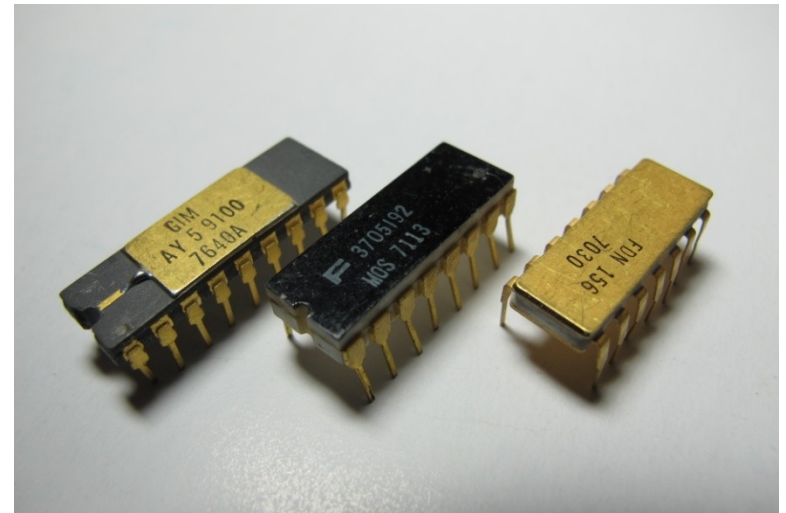
Гибридные

(пленки, нанесенные на поверхность диэлектрических материалов)



Полупроводниковые

(все элементы монтируются в полупроводниковом материале)



Немного истории....

ИМС была изобретена в 1959 году американскими инженерами Д. Килби и **Р. Нойсом**, будущим основателем корпорации **Intel**. Независимо друг от друга, но практически одновременно, они предложили компоновать отдельные электронные элементы на общем (интегральном) основании, изготовленном из полупроводниковых материалов. В 1961 году компания Fairchild Semiconductor, которую возглавлял Р. Нойс, первой в мире наладила коммерческое производство полупроводниковых микросхем, и с тех пор в электронной технике вместо большого числа транзисторов стали применяться микросхемы. Размеры электронных устройств резко уменьшились, появились новые функциональные возможности.



«Сердце» интегральной микросхемы — кристалл особо чистого **полупроводникового материала** (чаще всего кремния).

К определённым точкам кристалла присоединяются выводы микросхемы (иногда их несколько десятков), которые припаиваются к печатной плате электронного устройства.

В кристалле с помощью специальных методов (диффузия, напыление, травление и др.) создаются *транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы*. Некоторые электронные компоненты невозможно ввести в интегральные микросхемы (конденсаторы большой ёмкости и специального назначения, разъёмы, датчики и индикаторы, а также мощные полупроводниковые приборы) их подсоединяют отдельно.

Существуют и **плёночные микросхемы** на керамической подложке, на которой формируют элементы путём осаждения различных материалов (алюминий, титан, титанат бария, оксид олова) в виде тонких плёнок. Для получения интегральных схем с определёнными функциями наносят многослойные структуры через трафареты. Между слоями создаются в нужных местах связи.

По способу преобразования и обработки информации имеется два вида ИМС:

Аналоговые ИМС – с непрерывной обработкой информации

Цифровые ИМС – с дискретной обработкой информации

Степени интеграции: $K = IgN$

N – количество элементов в одном корпусе микросхемы.

Система обозначений ИМС

К	155	Л	А	7
К	226	У	Н	4
	1	2	3	4

1–серия ИМС.

Первая цифра серии – технологический признак ИМС:

1, 5, 7, 8 – полупроводниковые ИМС;

2, 4, 6, 8 – гибридные ИМС;

3 – все прочие.

2– группа ИМС по функциональному назначению: У – усилители, Г – генераторы, А – формирователи сигналов

Е – вторичные источники питания (ВИП), Х – многофункциональные схемы, Л – логические схемы Т – триггеры

И – схемы цифровых устройств, В – схемы вычислительных устройств

3–подгруппа, уточняющая функциональный признак.

В ней обозначения могут записываться так: УН, УВ, УН...

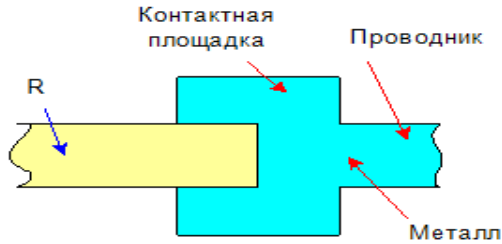
4–вид ИМС по своим электрическим параметрам (для аналоговых ИМС) или же дальнейшее уточнение функций (для цифровых ИМС).

ГИМС

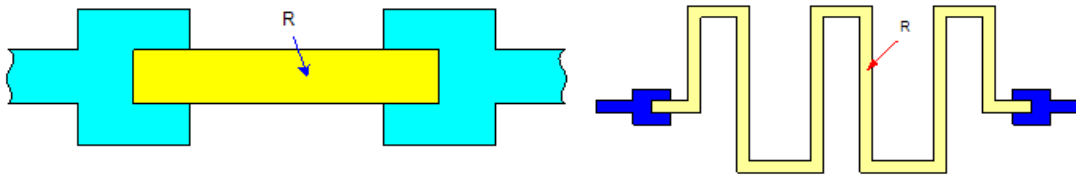
Одним из основных элементов ГИС является подложка из стеклокерамического материала. Форма всегда прямоугольная.

Контактные площадки предназначены для обеспечения электрического контакта между плёночными элементами и соединительными проводниками, а также между плёночными и навесными элементами.

Контактные площадки чаще всего изготавливаются из Al, потом Cu, реже Ag, Au. Для улучшения адгезии между проводником и подложкой их напыляют на подслои из Ni.



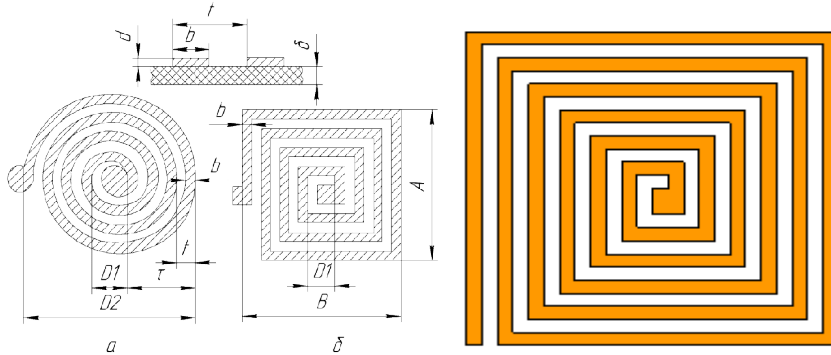
Плёночные **резисторы** имеют прямоугольную форму



Материалами для изготовления **резисторов** служит Ni, нихром, металлокерамика.

Плёночные конденсаторы представляют собой плёночную трёхслойную структуру, между которыми наносится диэлектрическая плёнка. Для обкладок применяют Al, Cu, реже Ag, Au.

В виде диэлектрика наносится окись кремния (SiO_2 ; SiO), моноокись германия (GeO), окись тантала (Ta_2O_5). Не рекомендуется, но допускается для получения больших ёмкостей напылять многослойные конденсаторы. Очень редко применяются плёночные катушки индуктивности.



Элементы и компоненты полупроводниковых ИМС. Основой полупроводниковой ИМС является подложка из кремния обычно р-типа проводимости. В основе изготовления полупроводниковых ИМС лежит диффузионно-планарная или эпитаксильно планарная технология. Оба эти метода предусматривают создание внутри полупроводника (подложке) островков с чередующимися слоями р-и n-типа проводимости.

