

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

---

## **Лекция №7**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГИГИЕНА ПРОИЗВОДСТВА**

#### **Понятие о чистом веществе**

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГИГИЕНА ПРОИЗВОДСТВА

- Производственная гигиена - комплекс мероприятий, направленных на защиту элементов и деталей приборов от загрязнений.

Загрязнение деталей возможно на всех этапах изготовления:

- при механической обработке и штамповке,
- нанесении покрытий и получения электронно-дырочных переходов,
- монтаже внутри ламповой арматуры,
- сборке и герметизации полупроводниковых приборов и микросхем,
- заварке и откачке электровакуумных приборов.

# Виды загрязнения

1. Механические загрязнения (пыль из окружающей среды, волокна, окалина, абразивные частицы, сбитые заусеницы, остатки графитовых смазок и др.).
2. Неорганические соединения, растворимые в воде (соли, остатки растворов после травления, полирования, гальванических покрытий).
3. Органические (жировые и масляные пленки, образующиеся при использовании различных смазок во время механической обработки деталей).
4. Химические соединения (окислы, сульфиды и другие соединения, связанные с поверхностью деталей химическими силами).
5. Газообразные загрязнения (адсорбция молекул и атомов газа на поверхности и абсорбция молекул и атом в других газах).

Неполное удаление загрязнений, таких как пыль, ворса, вызывает:

- короткие замыкания ;
- повышает уровень шумов в полупроводниковых и электровакуумных приборах.

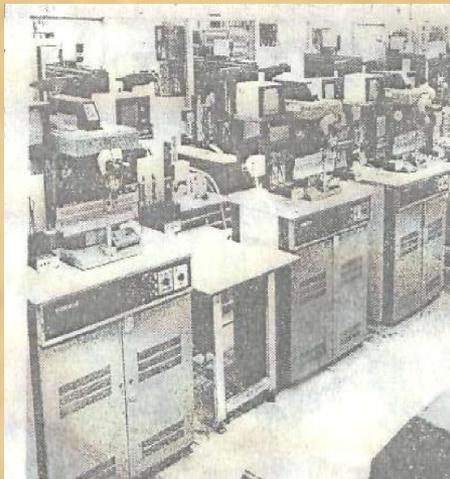
Пользование незащищенными металлическими пинцетами вызывает

- загрязнение полупроводниковых пластин металлом, которое в процессе диффузии проникает в полупроводниковый кристалл и вызывает искажение кристаллической решетки, изменяет свойства кристалла.

- Загрязнение кварцевых труб диффузионных печей металлами или элементами 3 и 5 группы приводит к диффузии этих загрязнений в полупроводнике пластины, в результате чего в p-n-переходах увеличивается ток утечки.

- Оксидные пленки в процессе работы электровакуумного прибора, с загрязненной средой, разлагаются под действием электронной бомбардировки и нагрева, при этом выделяющийся кислород отравляет оксидный катод, что приводит к снижению тока эмиссии.
- Органические загрязнения также разлагаются под действием электронной бомбардировки, выделяются газы, что ухудшает вакуум, снижает работу катода, понижается активность газопоглотителя, а в газоразрядных приборах возникает неконтролируемый электрический пробой.

# Чистые/особо чистые помещения



# правила вакуумной гигиены

- необходимо правильно выбрать район расположения предприятия;
- обеспечить правильное проектирование зданий и сооружений их внутреннюю планировку и отделку (стен, полов и потолков);
- обеспечить необходимую фильтрацию, кондиционирование и термостатирование воздуха, поступающего в помещения;
- систематически контролировать запыленность атмосферы внутри помещений, особенно на операциях очистки, нанесения покрытий и сборки электронных приборов;
- организовать технологические процессы без встречных потоков полуфабрикатов и изделий, при наименьшем передвижении работающих;
- использовать персоналом специальную одежду и обувь и строго соблюдать ими определенные правила;
- проводить уборку помещений по специально разработанным графикам.

# Основные виды загрязнения цехов

- пыль, пары воды и газы,
- В зависимости от концентрации и размеров частиц пыли, содержащихся в воздухе, рабочие помещения делятся на пять классов,
- по микроклимату - на три категории.

# Классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды

Класс чистоты	Максимальное кол-во частиц в воздухе размером 0,5 мкм	
	В 1м <sup>3</sup>	В 1 л
1	$4 \cdot 10^3$	4
2	$3,5 \cdot 10^4$	35
3	$3,5 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^2$
4	$3,5 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^3$
5	По санитарным нормам СП245-71	

# Классификация производственных помещений по микроклимату

Категория микроклимата	Температура С		Отн. влажность, %
	зимой	летом	
I	21+-1	20+-1	45+-5
II	20+-2	23+-3	45+-5
III	Не регламентируется		

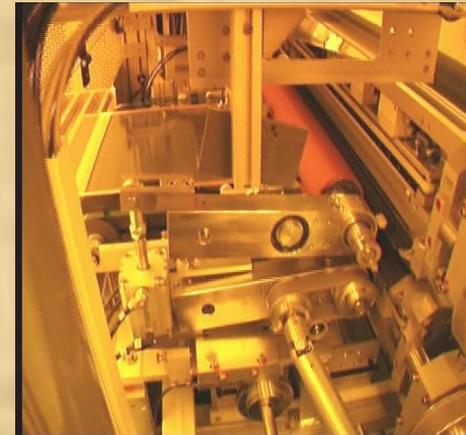
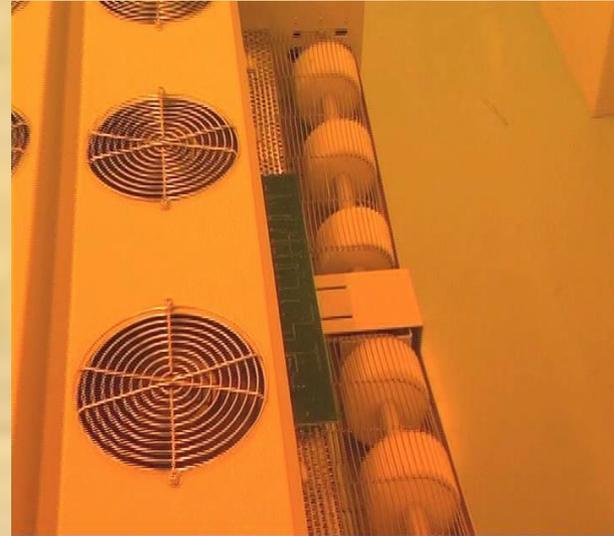
В помещениях первого класса может быть только первая или вторая категория микроклимата.

В таких помещениях производят:

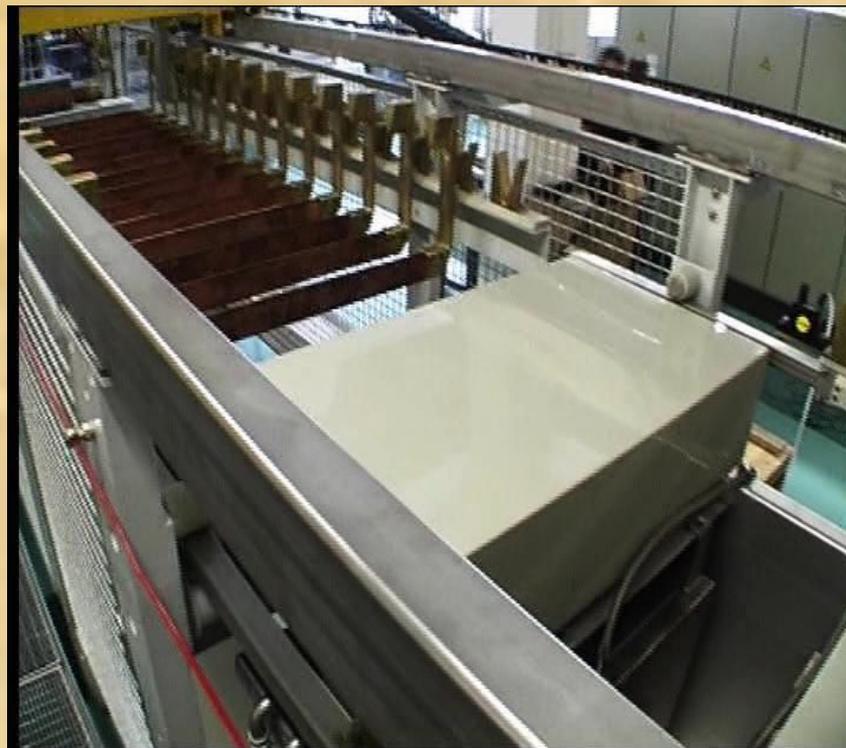
- окончательную очистку ;
- контроль чистоты поверхностей деталей внутренней арматуры приборов,
- нанесение покрытий на катоды,
- сборку электровакуумных приборов и их герметизацию.

# При производстве полупроводниковых приборов в таких помещениях

- выполняют вакуумно-термические и термические операции получения электронно-дырочных переходов (диффузии, эпитаксиального наращивания пленок);
- операции фотолитографии и изготовления фотошаблонов.

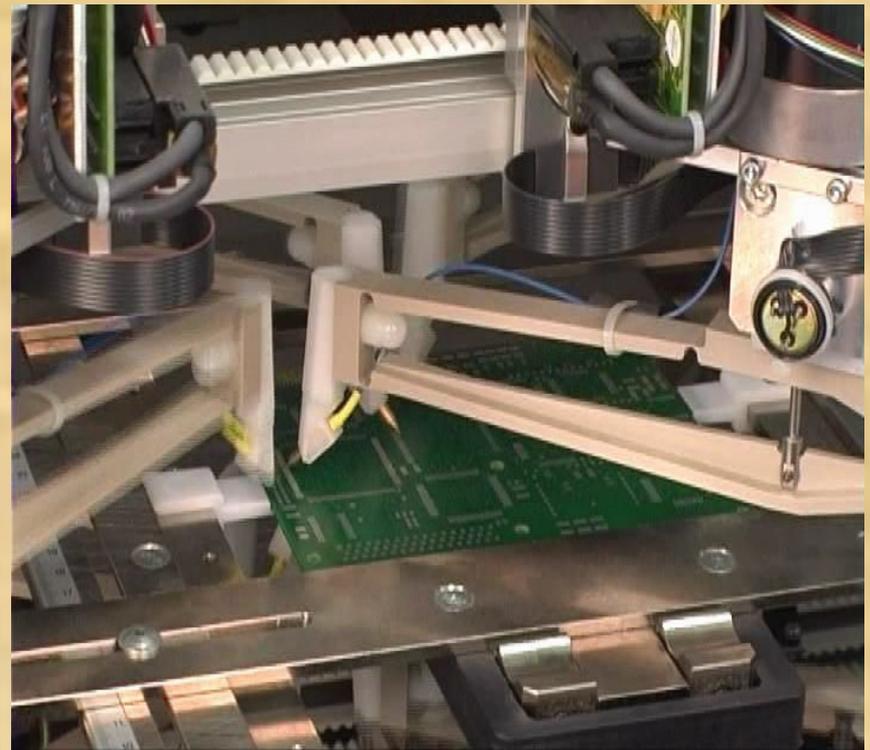


- Следует отметить, что стоимость оснащения таких помещений высока. Для экономии в производстве электронных приборов оборудуются специальные рабочие места - скафандры (боксы) и герметизированные линии, состоящие из скафандров, внутри которых создают микроклимат.
- В последнее время вместо герметичных скафандров с микроклиматом широко используются пылезащитные открытые боксы с вертикальным ламинарным потоком воздуха. Они проще в изготовлении, имеют большой объем и более удобны для размещения различного оборудования и работы сборщиков и операторов. Скорость ламинарного потока составляет 0.2 - 0,5 м/с. При такой скорости воздушного потока в открытом боксе за 1 час меняется примерно 1500 объемов воздуха. В результате очистки 1 литр. воздуха содержит не более трех частиц размером порядка 0.5 мкм.



- В особых случаях для создания чистоты I класса пользуются так называемыми чистыми комнатами.
- отдельные комнаты, расположенные внутри рабочего помещения не ниже 4 класса, со стабилизированным микроклиматом I категории и ограниченным количеством персонала.
- Наибольшее распространение получили чистые комнаты с вертикальным ламинарным потоком. Скорость потока воздуха в них составляет 0.25 - 0,5 м/с, что соответствует 400 - 500 обменам воздуха в час. Чтобы внешний воздух не проникал через неплотности дверей и шлюзов в комнату, в ней создается избыточное давление около 10 - 20 Па.

- Чистые комнаты соединяются с другими помещениями с помощью тамбуров. Детали и сборочные единицы из помещений передаются через специальные шлюзы, встроенные в стены. Отделку стен и потолка таких комнат производят пылеотталкивающими материалами. Коммуникации делают скрытыми, выступы на стенах не допускаются. Полы покрываются специальными синтетическими материалами, столы облицовываются пластмассой, нержавеющей сталью.



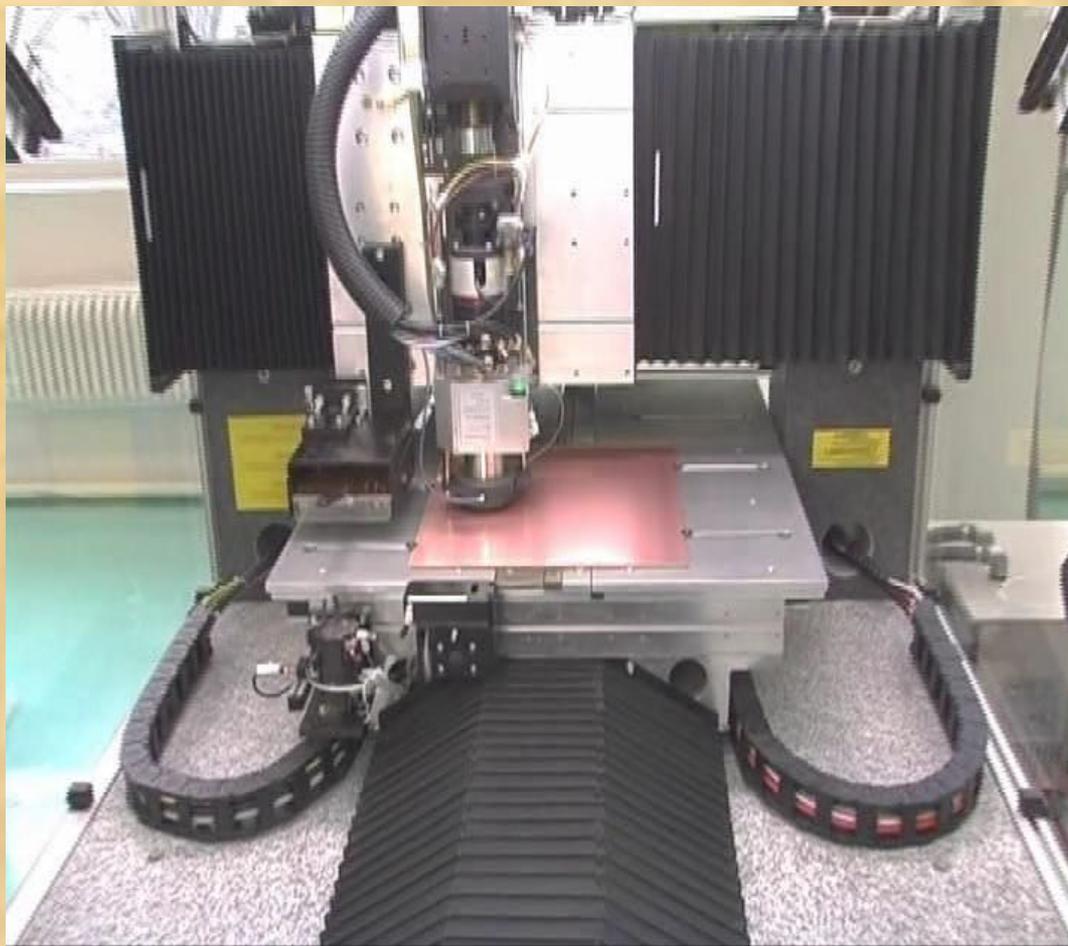
# Автоматические линии очистки поверхности и металлизации



# Монтаж компонентов на печатную плату



# Установка автоматического сверления



**Технологическая одежда и  
поведение персонала в чистых  
помещениях**

- Все лица, особенно обслуживающий персонал и наладчики оборудования должны соблюдать правила производственной гигиены.
- Чтобы с одеждой персонала в чистые помещения не заносилась пыль, спецодежду шьют из без ворсовых тканей.
- Хранят спецодежду, а также личную одежду, в индивидуальных шкафах, установленных в специально отведенном месте.



## Установлены следующие комплекты одежды:

- белые или цветные светлых тонов халаты из хлопчатобумажной ткани,
- хромовые, на кожаной подошве тапочки; хлопчатобумажная шапочка или косынка.
- Непосредственно перед работой и во время работы запрещается пользоваться косметическими средствами.

- Чтобы исключить попадание жировых загрязнений на изделия и детали, работники должны пользоваться резиновыми напальчниками, перчатками и пинцетами.

- От работающих требуется правильное ношение спецодежды:
  - своевременная ее стирка и чистка,
  - периодическое мытье рук,
  - протирка рук, рабочего места и инструмента спиртом,
  - соблюдение технологической дисциплины и ограниченное передвижение в производственных помещениях.

- Наиболее тщательное соблюдение технологической дисциплины должно быть в чистых комнатах. Так как наибольшее загрязнение в чистых комнатах вносятся деятельностью людей.
- Чистые комнаты проектируются из расчета (10 - 15) м<sup>2</sup> рабочей площади на одного человека.
- В этих помещениях запрещается курение, прием лиц и т.д. Детали и сборочные единицы из помещений передаются через специальные шлюзы, встроенные в стены.

# Методы контроля технологической гигиены

В чистых технологических помещениях контролируются следующие параметры:

- температура,
- влажность,
- запыленность и аэродинамические параметры.

- Особенно важным параметром является запыленность.

# Периодический контроль

Для контроля запыленности наиболее широко применяются:

- седиментационный,
  - электрический;
  - оптический методы.
- **Седиментационный метод** основан на естественном осаждении пыли на предметное стекло микроскопа за определенный промежуток времени. Затем подсчитывается с помощью микроскопа количество пылинок, осевших на площади в  $1 \text{ см}^2$ .
  - **Электростатический метод** основан на осаждении пыли на коллектор под действием электростатического поля.

# Для систематического контроля запыленности воздух

- применяется прибор типа АЗ-2М.  
Принцип работы прибора основан на том, что луч света пересекает струю воздуха в поле зрения микроскопа, который через объективы соединен с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ).
- Пылинки дают затемнение, которое регистрируется ФЭУ и после усиления подается на контрольно-измерительный вольтметр.

- Для контроля содержания паров масла используют свежесплавленную слюду.
- Время образования монослоя масляной пленки указывает на недопустимое содержание паров масла в воздухе,
- масляная пленка обнаруживается, если слюда не смачивается водой.