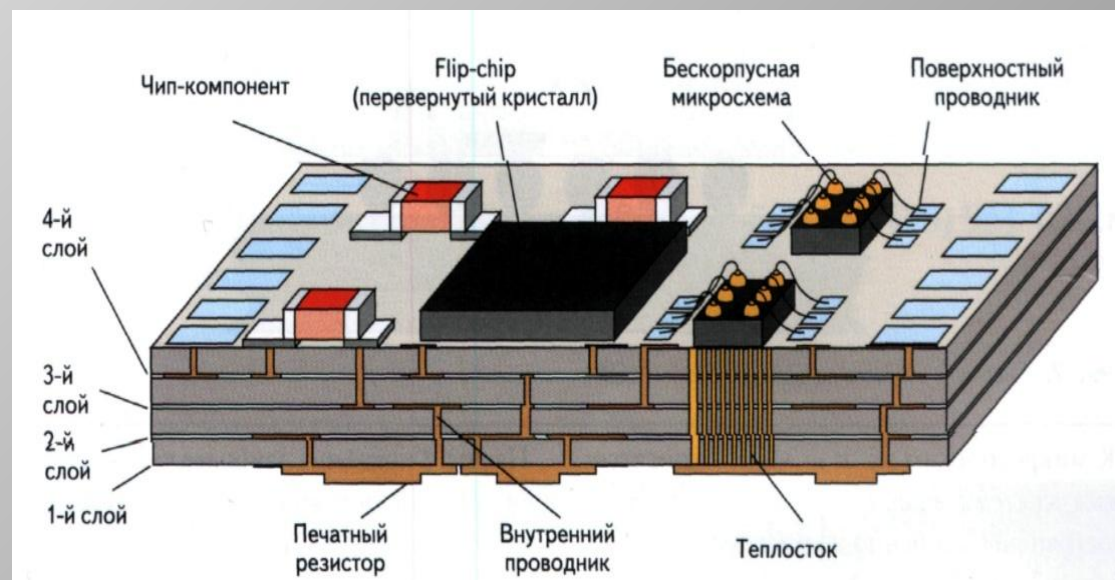
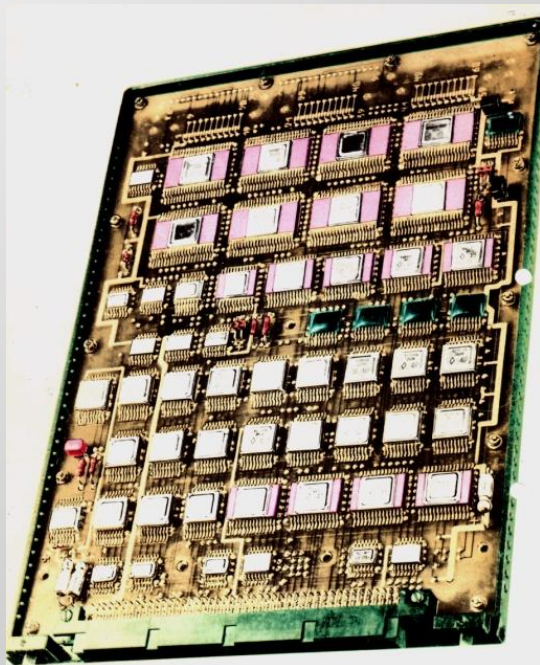


# ТЕХНОЛОГИЯ РЭС И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТС



# ТЕХНОЛОГИЯ КАК НАУКА

**Технология** — это наука, которая изучает основные закономерности, действующие в процессе производства, и использует их для получения изделий требуемого качества, заданной программы и номенклатуры при минимальных материальных, энергетических и трудовых затратах

**Технология** (от греческого **techne** — умение, мастерство, **logos** — наука)

**Предмет дисциплины**—технологические процессы изготовления функциональных элементов (намоточных изделий, печатных и многослойных плат), сборки, монтажа, настройки и регулировки модулей и блоков РЭС, а также моделирование и оптимизация параметров технологических систем.



Кафедра Электронной  
техники и технологии

# ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ТРЭСи МТС

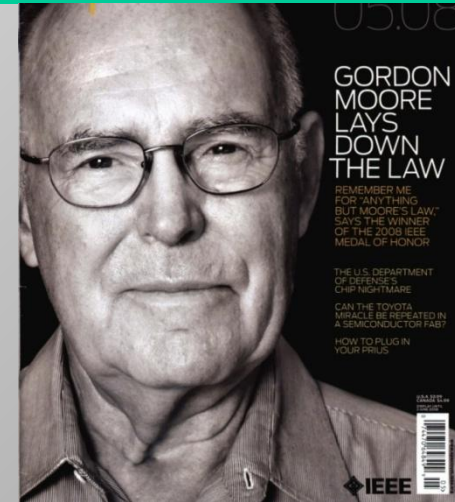
1. **физико-технологические основы процессов** формирования механических и электромонтажных соединений, сборки и монтажа, контроля, регулировки модулей и блоков РЭС;
2. **методики компьютерного проектирования и оптимизации** технологических процессов, принципы организации и управления технологическим системами производства в условиях ГАП.
3. **технологические системы интегрированного производства,** управляемые микропроцессорами и промышленными компьютерами и обеспечивающие интенсификацию и эффективность производства, высокое качество продукции,

# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ

## 1. Увеличение плотности элементов в объеме изделий электроники

**Закон Гордона Мура** ( 1965 г.) гласил, что число транзисторов в ИС памяти удваивается каждые 24 месяца.

Обеспечение микроминиатюризации аппаратуры и электронных модулей на основе достижений микро- и нанoeлектроники



**Правило Рента (IBM)** - соотношение между количеством элементов в ИС и числом выводов  $n$

$$n = K N^p,$$

где  $K$  – число межсоединений на 1 элемент ( для логики 3-4),  $N$  – число элементов в кристалле,  $p$  – показатель Рента, зависящий от сложности структуры (для ИС-0,5, микропроцессоры 0,6–0,75).

**Рост числа электронных компонентов:** в микропроцессорах для компьютеров – до 5000- 6000, в мобильных электронных устройств до 1000, в специальной электронике – до 800.

# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ

## 2. Повышение быстродействия электронных средств

С развитием полупроводниковой технологии и уменьшением размеров элементов большое внимание уделяется проблеме **задержки сигналов** в соединительных линиях. Тактовые частоты систем перешагнули порог 3 ГГц, что требует от разработчиков правильного выбора структуры межсоединений и материалов подложек печатных плат.

Время распространения сигнала, так называемая **конструктивная задержка**, прямо пропорционально длине проводников и должно быть как можно меньше, чтобы оптимально обеспечить электрическую производительность системы.

$$\tau = \sqrt{LC}$$

Возникла необходимость **замены алюминиевой металлизации на медную** в производстве микропроцессоров с элементами субмикронных размеров. По сравнению с алюминием удельное сопротивление меди составляет 1,7 мкОм·см (2,8 - у алюминия). Кроме того, медь обладает высокой устойчивостью к электромиграции по сравнению с алюминием.

# Основные тенденции развития электроники

## 3. Повышение плотности монтажа элементов.

Плотность монтажных соединений:

где  $p$  – шаг между корпусами электронных компонентов;

$$P_{\text{в}} = 2,25 pN$$

$N_{\text{в}}$  – число выводов.

**Уменьшение** минимального шага выводов компонентов: до **0,65 мм** до **0,1 мм** – для FBGA до 2020 г. **Переход** от периферийного расположения выводов компонентов – к матричному расположению под корпусом.

4. **Интеграция** нескольких кристаллов в одном корпусе – 2D (многокристальные модули) и 3D интеграция. **Встраивание** активных и пассивных компонентов в печатные и многослойные платы.

5. Создание нового класса **микроэлектромеханических систем (МЭМС)**, объединяющих в одном корпусе микроэлектронные компоненты и микромеханические устройства, например, **датчики**, микродвигатели. **Применение 3D-MID (3D molded interconnect devices) технологии** для создания электронных модулей из литого высокотемпературного пластика.

6. **Развитие органической пленочной электроники** – пластиковые карты, гибкие солнечные элементы, печатные батареи и др.

# Основные задачи технологии на современном этапе

1. Обеспечение **конкурентоспособности** изделий на внешнем рынке

$\Pi_i$  –потребительские свойства;

$З_{\text{п}}$  – затраты на производство изделия;

$З_{\text{с}}$  – затраты на сервисное обслуживание;

$m$ - совокупность потребительских свойств.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^m \Pi_i}{З_{\text{п}} + З_{\text{с}}}$$

2. Достижение **высокого качества** изделий в соответствии с ISO 9001

3. Внедрение **ГПС и ИТК** в производство электронных модулей и приборов и обеспечение гибкости производства при освоении новых изделий.

# Интегрированные компьютерные производства (СІМ)

- В настоящее время в связи с быстрым моральным старением изделий (особенно в области электронной и вычислительной техники) большое значение имеет сокращение сроков освоения новых изделий в производстве. Поэтому ведущие фирмы все шире применяют гибкие производственные системы, интегрированные компьютерные производства (**СІМ - Computer Integrated Manufacturing**), которые базируются на автоматизации всего жизненного цикла изделия, начиная от их разработки, производства и заканчивая эксплуатацией и утилизацией.



А.П. Достанко  
В.Л. Ланин  
А.А. Хмыль  
Л.П. Ануфриев

## **ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**



# ЛИТЕРАТУРА

## основная

1. **Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства** // А.П. Достанко, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, Л.П. Ануфриев / **Учебник.** – Минск: Выш. школа. 2002. – 415 с.

## ЛИТЕРАТУРА основная



2. Медведев А.М. **Технология производства печатных плат.**– М.: Техносфера, 2005. – 360 с.
3. Медведев А.М. **Сборка и монтаж электронных устройств.**– М.: Техносфера, 2007.– 256 с.
4. **Технология поверхностного монтажа:** / С.П. Кундас, А.П. Достанко, Л.П. Ануфриев и др. **Учебное пособие.** – Минск: Армита -Маркетинг, Менеджмент, 2000. – 350 с.

# ЛИТЕРАТУРА

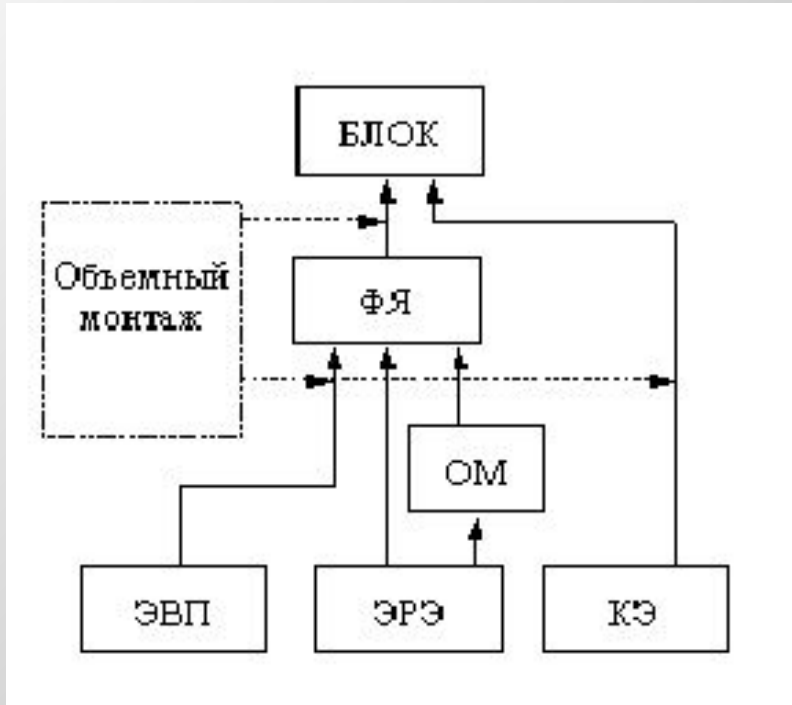
## основная



5. Ланин В. Л., Емельянов В.А.  
**Электромонтажные соединения в электронике:** технология, оборудование, контроль качества. – Минск: Интегралполиграф, 2013. – 406 с.

# Конструктивно-технологические особенности РЭС

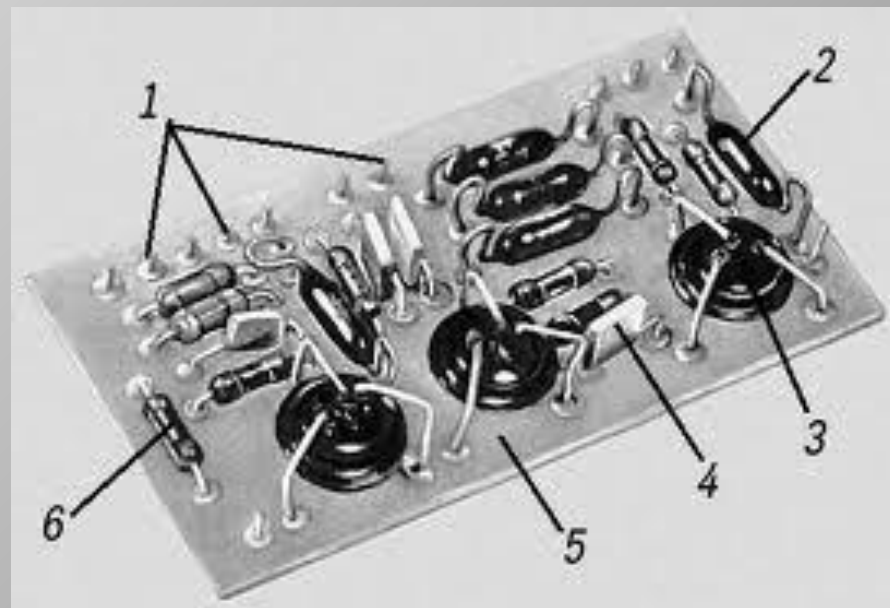
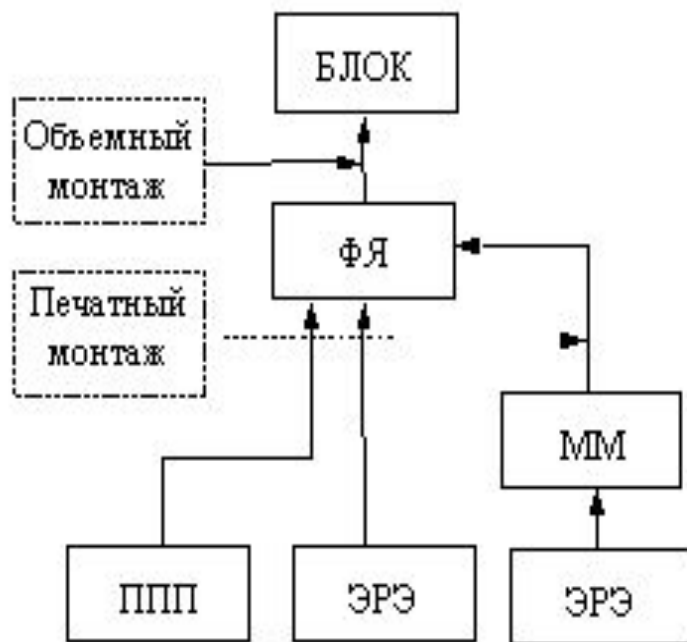
Первое поколение (20—50-е гг.)



- Сборка на всех уровнях осуществлялась **вручную** с применением проводного (объемного) монтажа. Аппаратура имела большие габариты и массу, низкую надежность, высокую трудоемкость сборки, низкую плотность монтажа (не более 2-5 соединений/см<sup>3</sup>), потребляла большую мощность (1-100 кВт).

# Конструктивно-технологические особенности поколений РЭС

## Второе поколение (50—60-е гг.)



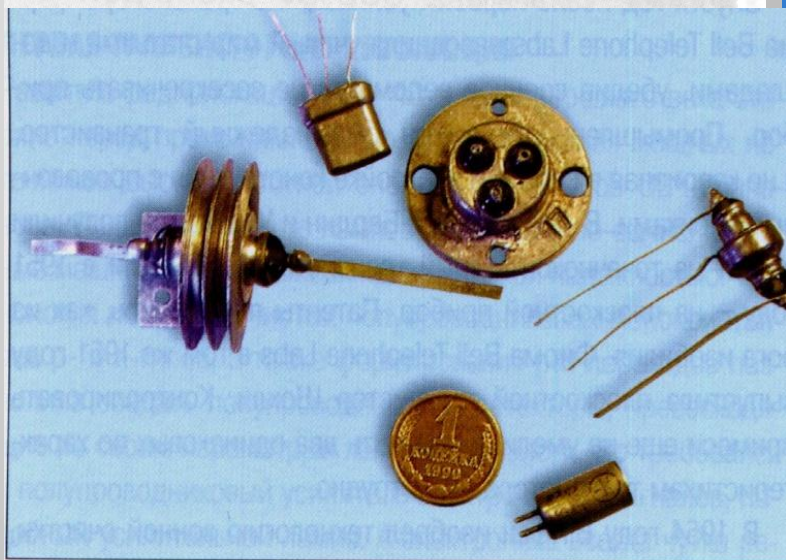
- Плотность монтажа увеличилась в 10 раз и составила 15-20 соединений/см<sup>2</sup>, в 10 раз увеличилась производительность процессов сборки за счет групповой пайки волной припоя, объем функциональных ячеек уменьшился в 20-25 раз, потребляемая мощность - в 10-20 раз.

# Изобретение транзистора

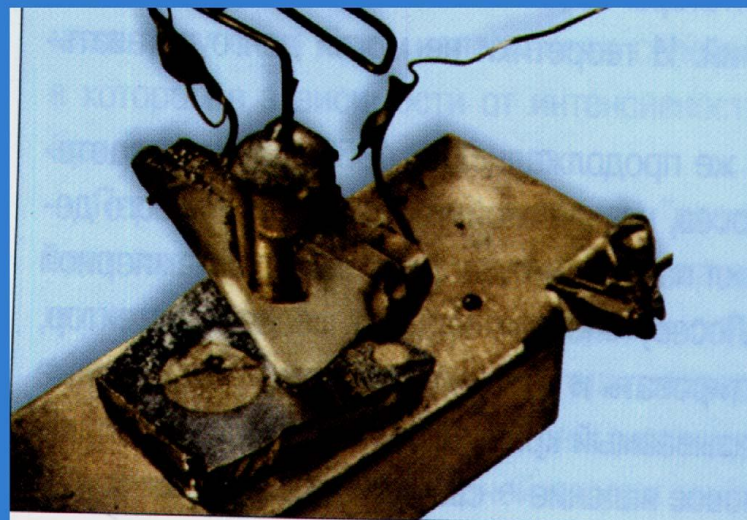


Джон Бардин      Уолтер Браттейн      Уильям Шокли

**Рис. 1.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1956 год



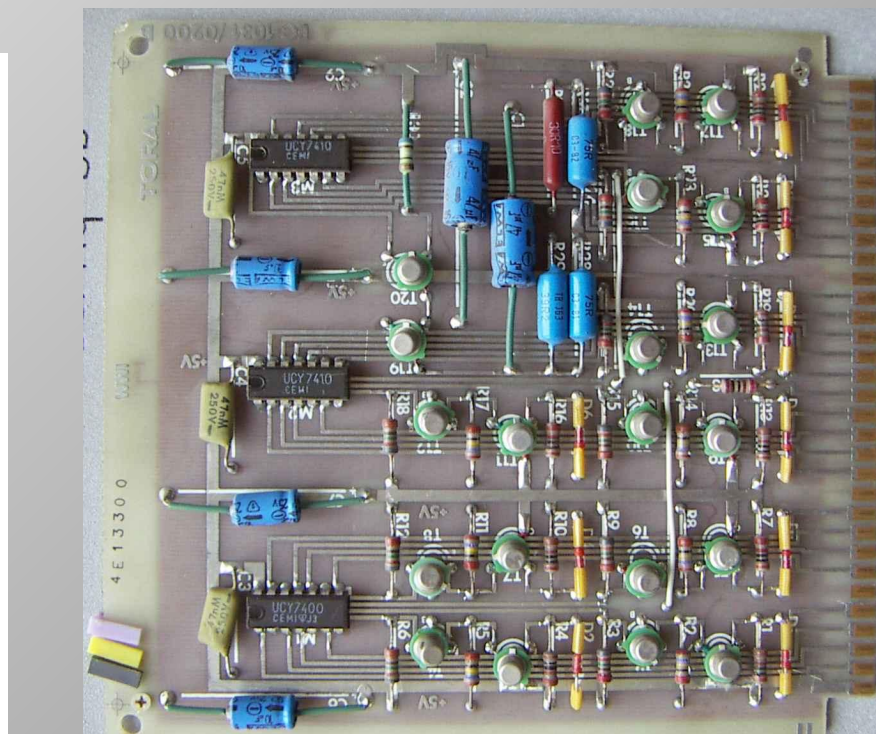
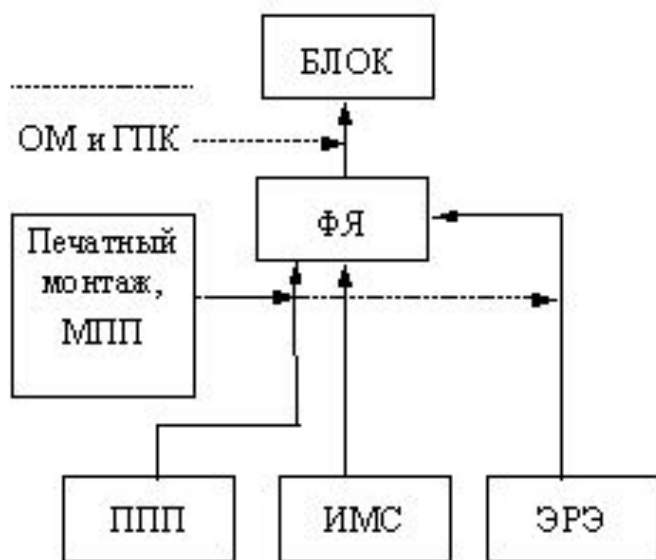
**Рис.6.** Первые отечественные промышленные транзисторы



**Рис.4.** Первый транзистор — точечный

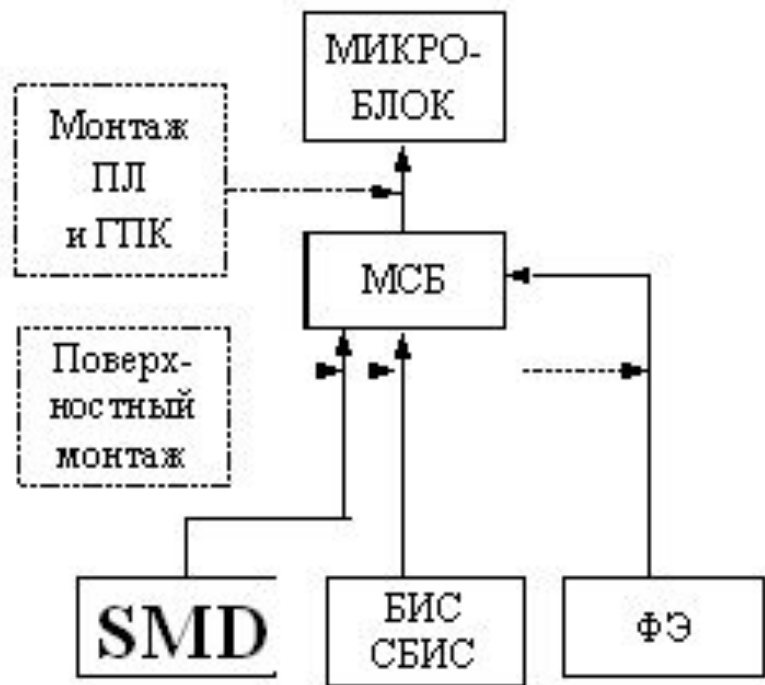
# Конструктивно-технологические особенности поколений РЭУ

Третье поколение (70-е гг.)



Типовые элементы сборки (ТЭС) отличались упорядоченным расположением элементов, что позволило использовать их механизированную установку на платы. Плотность упаковки достигла 500 элем./см<sup>2</sup>. Объем блоков уменьшился в 20 раз, потребление мощности — в 15 раз, а производительность труда увеличилась в 3—5 раз по сравнению со вторым поколением ЭА.

## Четвертое поколение РЭС (80-е годы)



Плотность монтажа увеличилась в 10 раз, объем модулей уменьшился в 20 раз, потребляемая мощность — в 20 раз, производительность труда увеличилась в 10 раз по сравнению со третьим поколением.

# 5-е поколение - системы 2-D и 3-D интеграции

