



# Развитие на ПП електроника. Производство на ПП (Si)

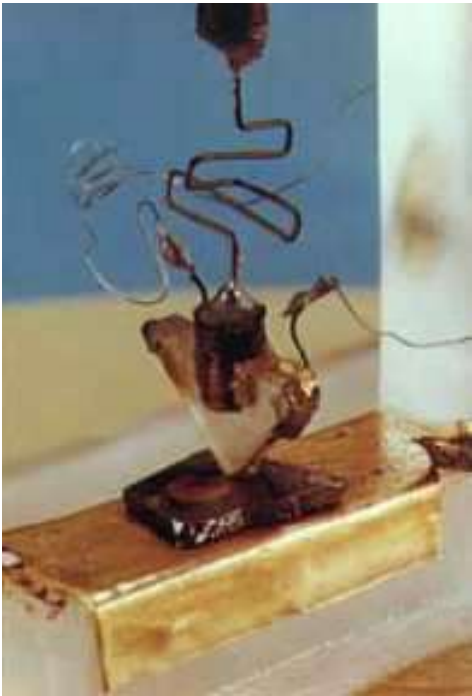
*“Не е важно да знаеш всичко, важното  
е да знаеш къде да го намериш”  
Алберт Айнщайн*

# Развитие на ПП електроника

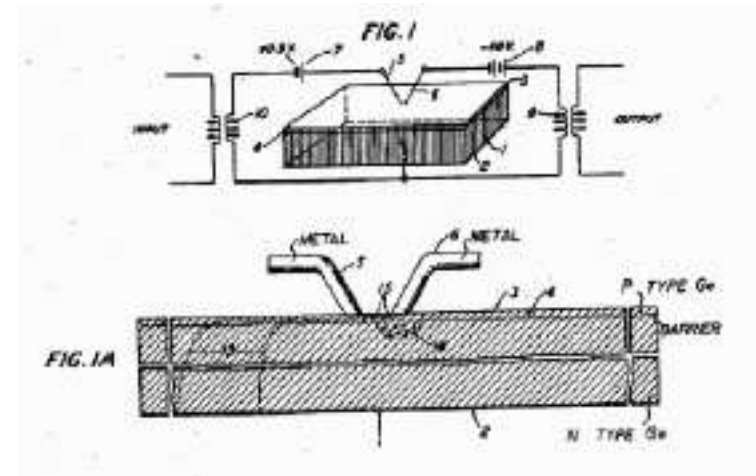
- 1938 → Schottky развива теорията на pn-прехода
- 1947 → Bardeen, Brattain и Shockley откриват биполярния транзистор
- 1954 → Поява на първия Si-транзистор (Texas Instruments)
- 1958 → Поява на първия тиристор (General Electric)
- 1958 → Jack Kilby и Gordon Moore откриват интегралната схема
- 1971 → Поява на първия микропроцесор (Intel 4004, TI MS1802NC)
- 2002 → Max. интеграция при памети и процесори
- (Pentium 4, 0,13 nm, 4,0 GHz, 42 милиона транзистори)
- 2020 Apple в новия си процесор **M1**, 5nm, 16 млрд. транзистори, което е с 35% повече от процесорите A14, които са в новите модели iPhone и iPad.



# Развитие на ПП електроника



Bardeen, Brattain, Shockley



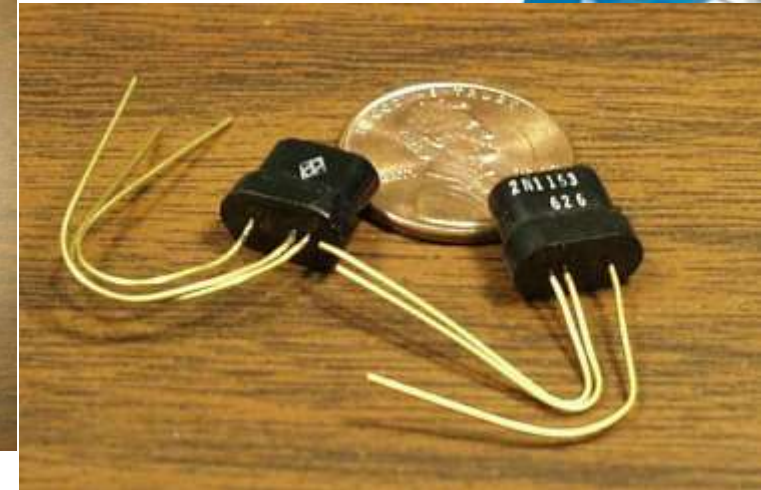
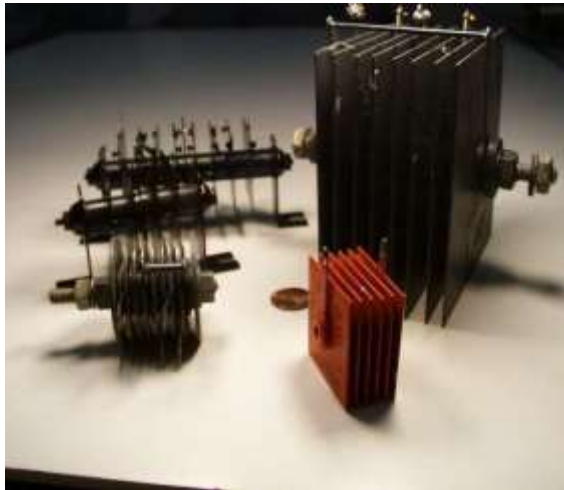
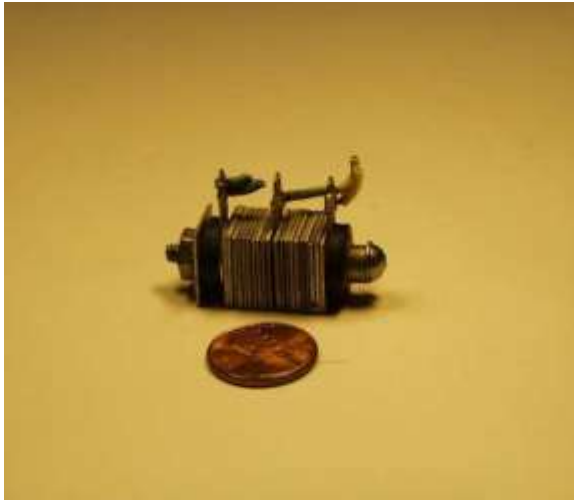
Скица на патента

Първият транзистор(1947)

1948: Патент за транзисторен ефект и транзисторен усилвател  
John Bardeen, Walter H. Brattain, William B. Shockley  
(Bell Telephone Laboratories, New York)

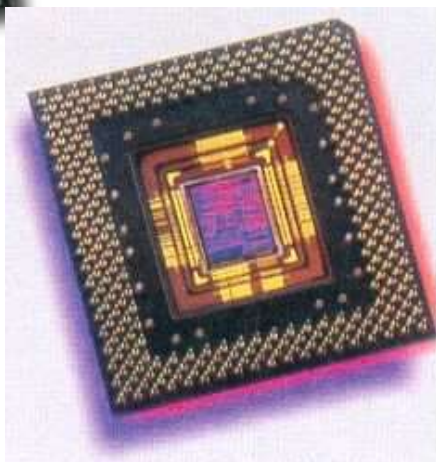


# Развитие на ПП електроника





# Развитие на ПП електроника



Microprocessor	Year of Introduction	Transistors
4004	1971	2,300
8008	1972	2,500
8080	1974	4,500
8086	1978	29,000
Intel286	1982	134,000
Intel386™ processor	1985	275,000
Intel486™ processor	1989	1,200,000
Intel® Pentium® processor	1993	3,100,000
Intel® Pentium® II processor	1997	7,500,000
Intel® Pentium® III processor	1999	9,500,000
Intel® Pentium® 4 processor	2000	42,000,000
Intel® Itanium® processor	2001	25,000,000
Intel® Itanium® 2 processor	2003	220,000,000
Intel® Itanium® 2 processor (9MB cache)	2004	592,000,000

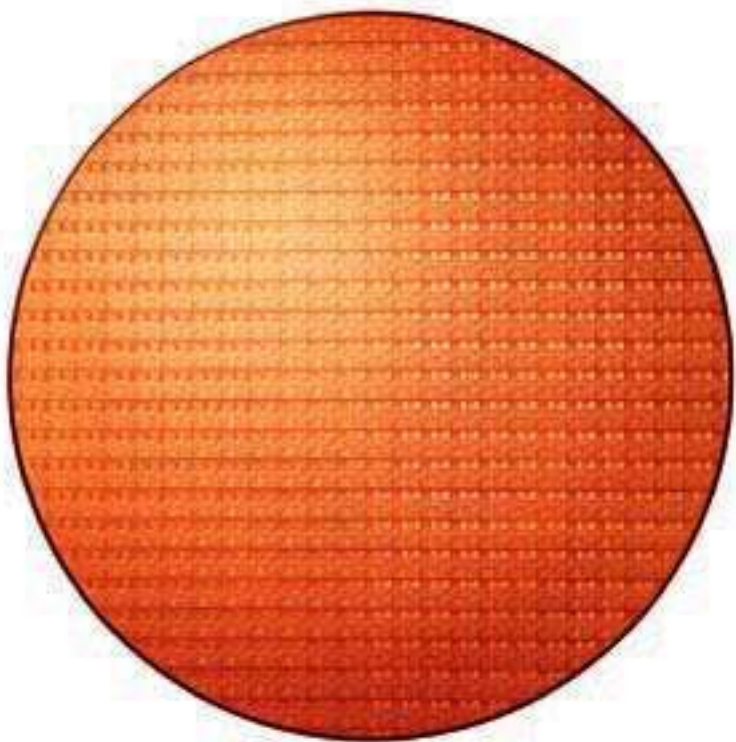
Quad-Core + GPU Core i7 2011 1,160,000,000 32 nm

8-Core Itanium Poulson 2012 3,100,000,000, 32 nm

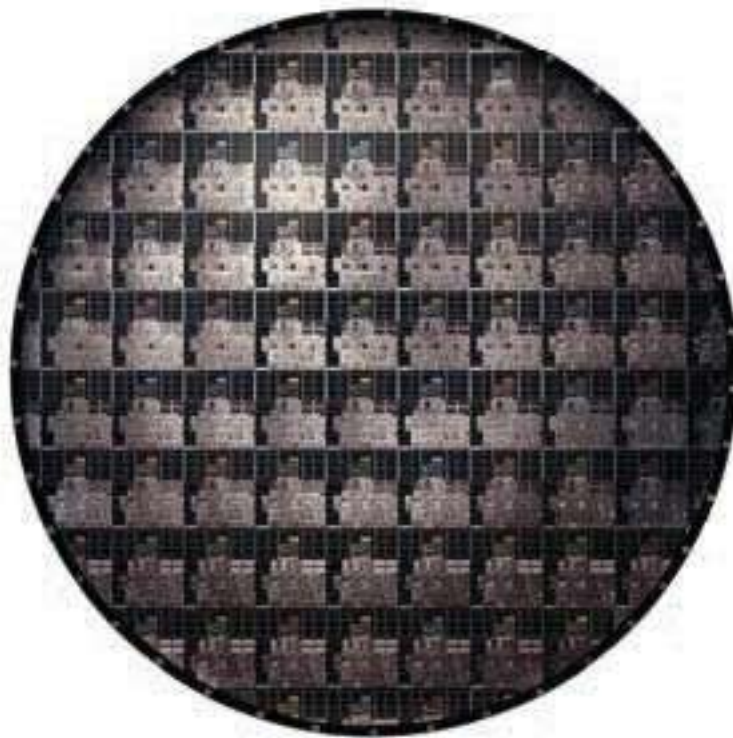
Zen 2 AMD: passing at 7 nm ( 95 MTr / mm2 )



# Развитие на ПП електроника



Intel® Pentium® 4 Processor



Intel® Itanium® Processor





# Производство на ПП (Si)



# Производство на ПП (Si)



Пясък, кварц ( $\text{SiO}_2$ )



Ge руда





# Производство на ПП (Si)

От пясъка (кварц), който е предимно  $\text{SiO}_2$

## ❑ Поликристален силиции:

Слънчеви елементи (КПД ~ 14%, но много поевтини)

## ❑ Монокристален силиции:

Микроелектронни компоненти (диоды, транзистори...)

Слънчеви елементи (КПД ~16%)



# Производство на ПП (Si)



1- Поликристален Si, 2-Монокристален Si, 3-полирани шайби, 4-опаковани шайби, 5- компоненти



# Производство на ПП (Si)

Процесът на производството е много сложен

❑ Съвместяване на знания от различни области

- ✓ Физика
- ✓ Химия
- ✓ Електротехника
- ✓ Фина механика

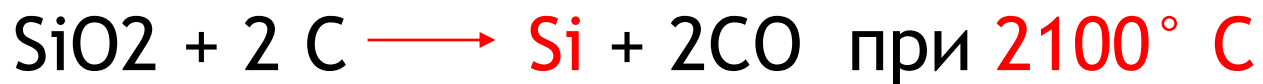
❑ Сравнително малко производители разполагат с цялостната технология



# Поликристален Si (първа фаза)

Кварцовият пясък се стопява при 2100 °C

- ❑ След редукция с въглерод
  - технически силиции (Si)
- ❑ Най-често по електрохимичен път
  - Потапят се коксови електроди в стопилката

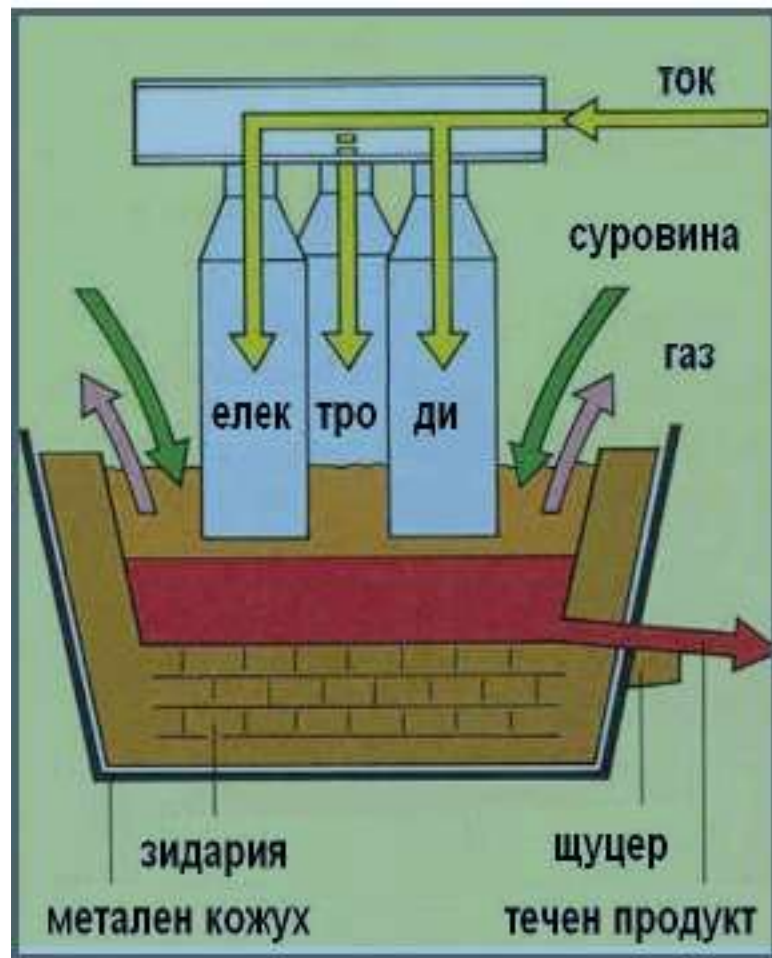


- ❑ Чистотата на Si е около 98 % (примеси Fe, Al, Ca, Ti, C)
  - Това е твърде малко за нуждите на микроелектрониката





# Редукция с въглерод



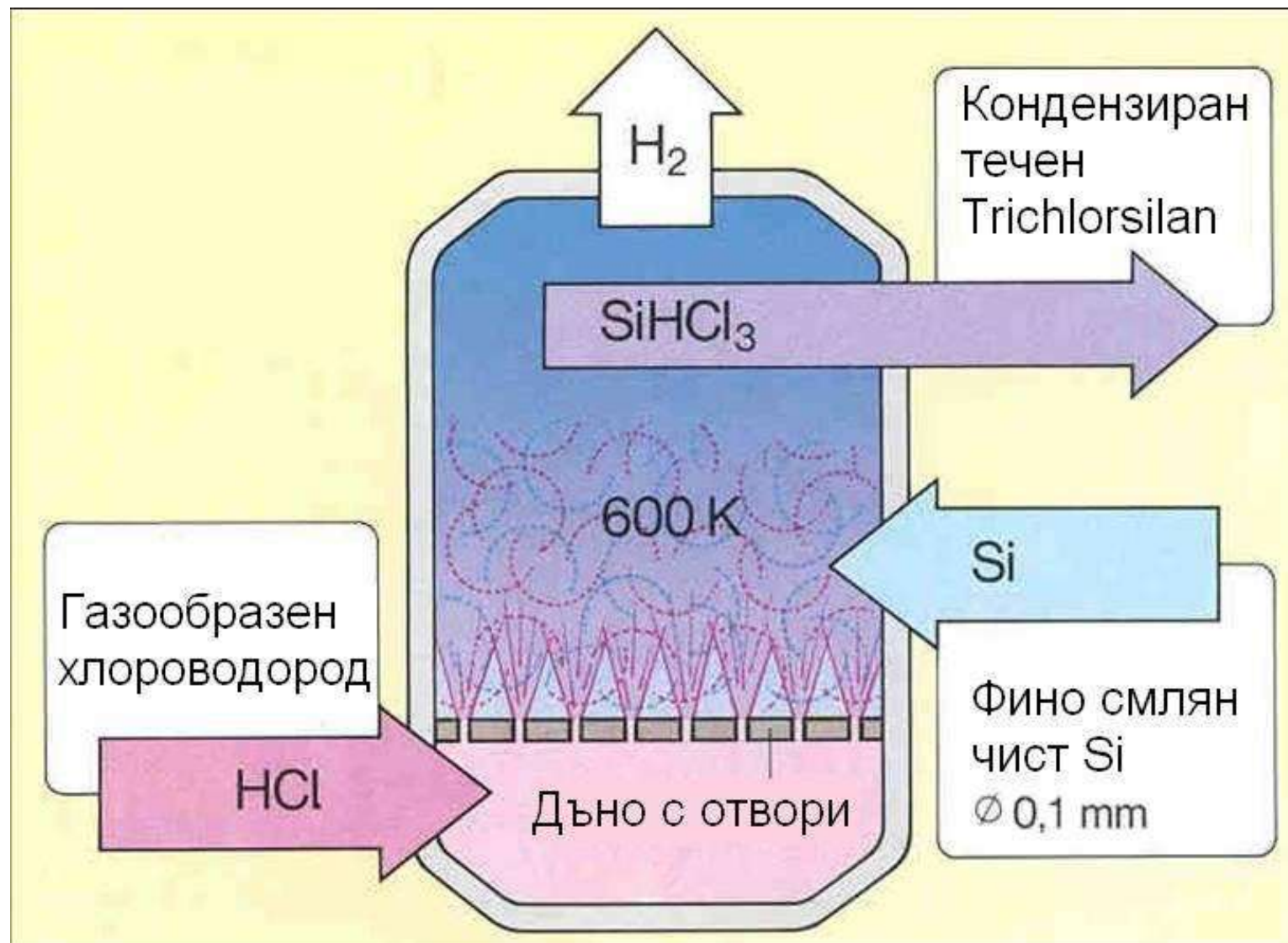
# Поликристален Si – (втора фаза)

- ❑ Суровината се смила до размер около 0,1 мм диаметър
- ❑ За пречистване се добавя хлороводород
  - Trichlorsilan
- ❑ Течността се дестилира
  - Отделят се другите Si-съединения
  - чист **Trichlorsilan** (течен)





# Производство на трихлорсилан



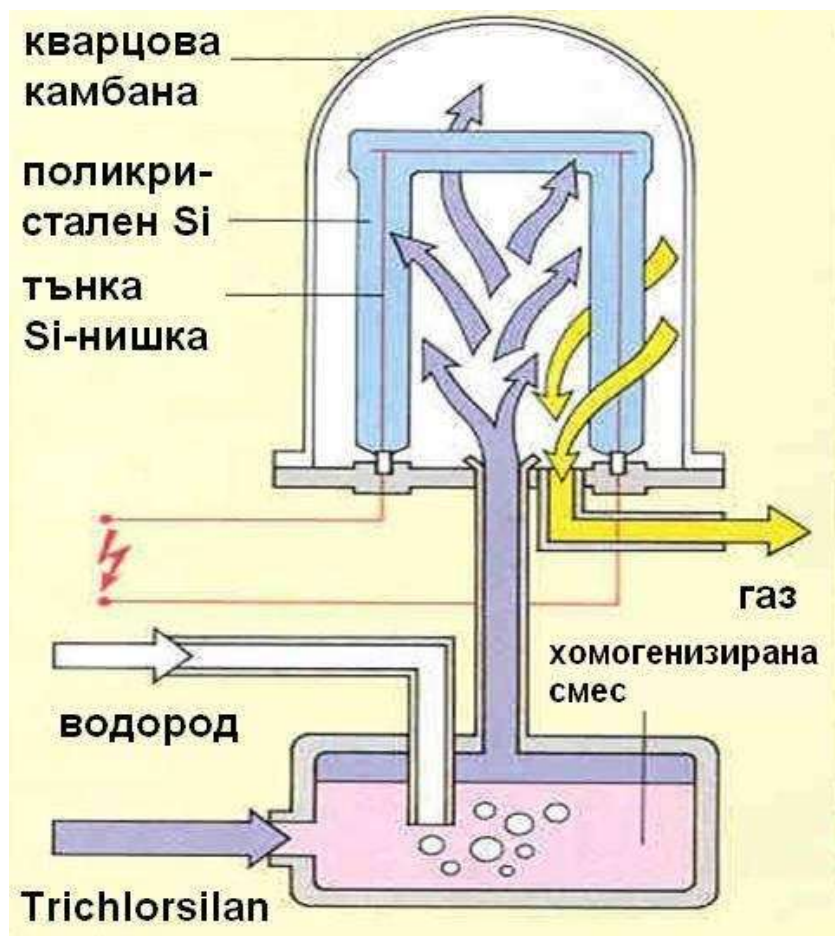
# Поликристален Si - (трета фаза)

- ❑ Trichlorsilan (газообразен) се третира с водород
  - Поликристален Si с чистота 99, 9999999 %
  - Si се отлага върху много тънки нишки от чист Si
  - Получават се пръчки с диаметър 20 cm и 2 m дължина
- ❑ Най-често следва раздробяване
  - $$\text{SiHCl}_3 + 2 \text{H}_2 \xrightarrow{1400 \text{ K}} 3 \text{Si} + 8 \text{HCl} + \text{SiCl}_4$$

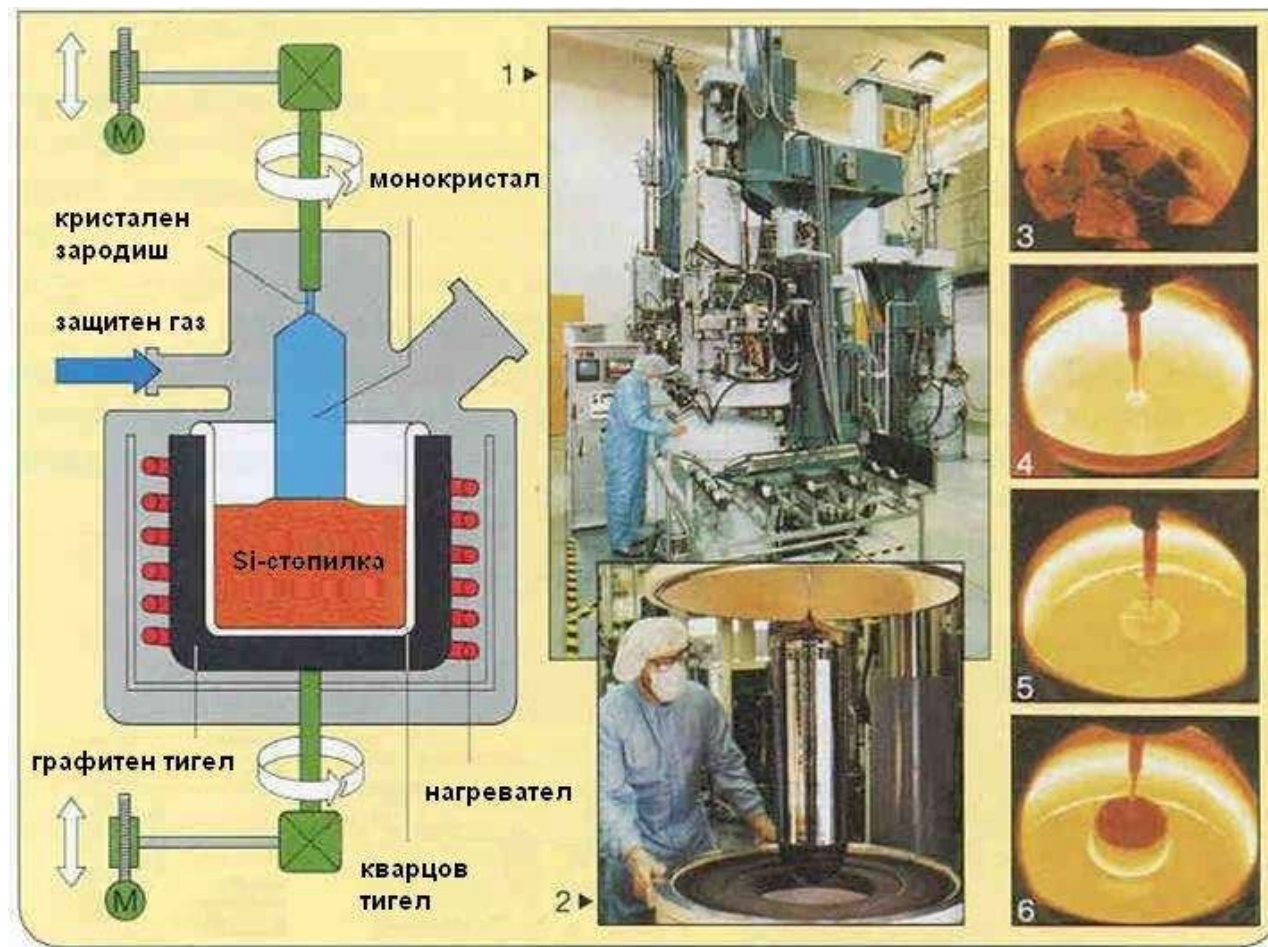




# Редукция с водород



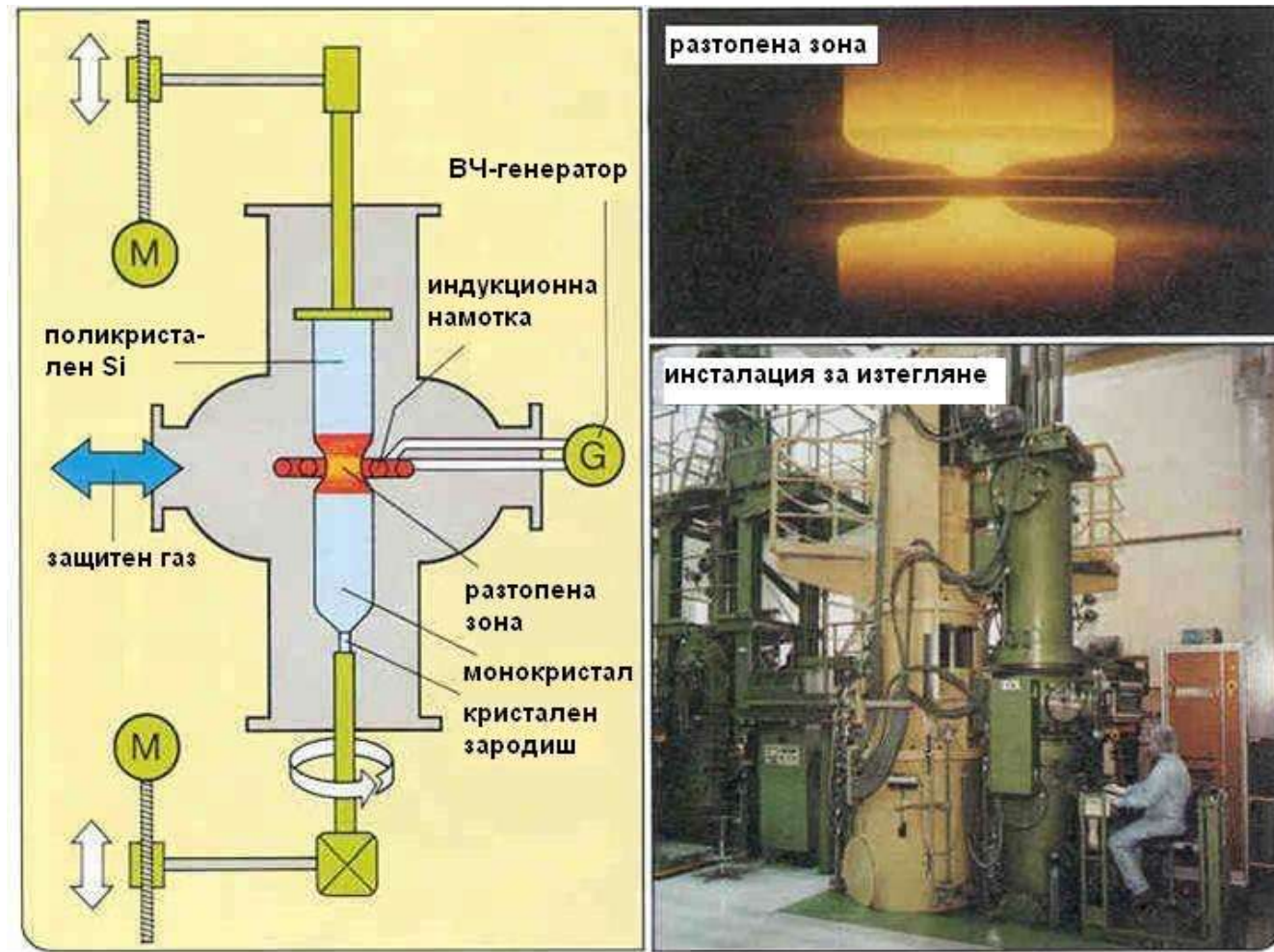
# Монокристален Si



Изтегляне от стопилка (полския учен Ян Чохралски) 90 %



# Монокристален Si



Изтегляне на разтопената зона 10 %



# Монокристален Si



диаметър 20 (30) cm и дължина до 2 m

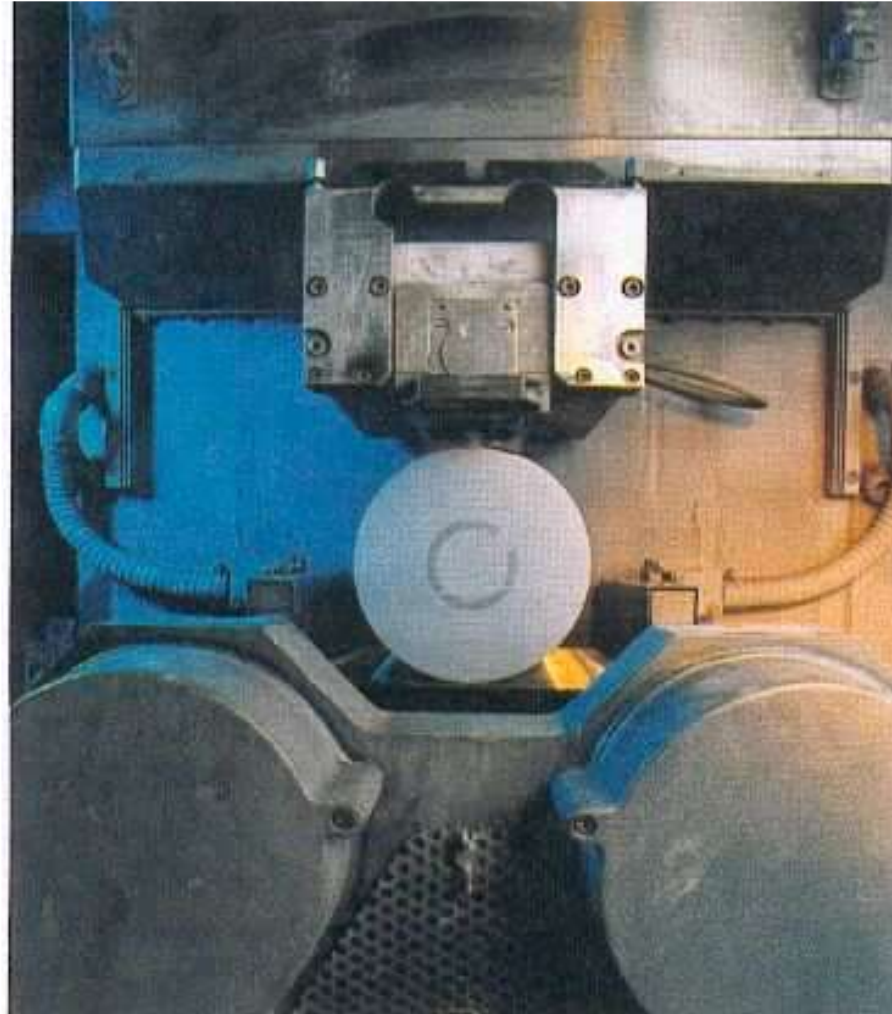




# Обработка на монокристалния Si



Шлифоване до  
необходимия диаметър



Нарязване на шайби с деб.  
~ 0,5 mm



# Обработка на шайбите

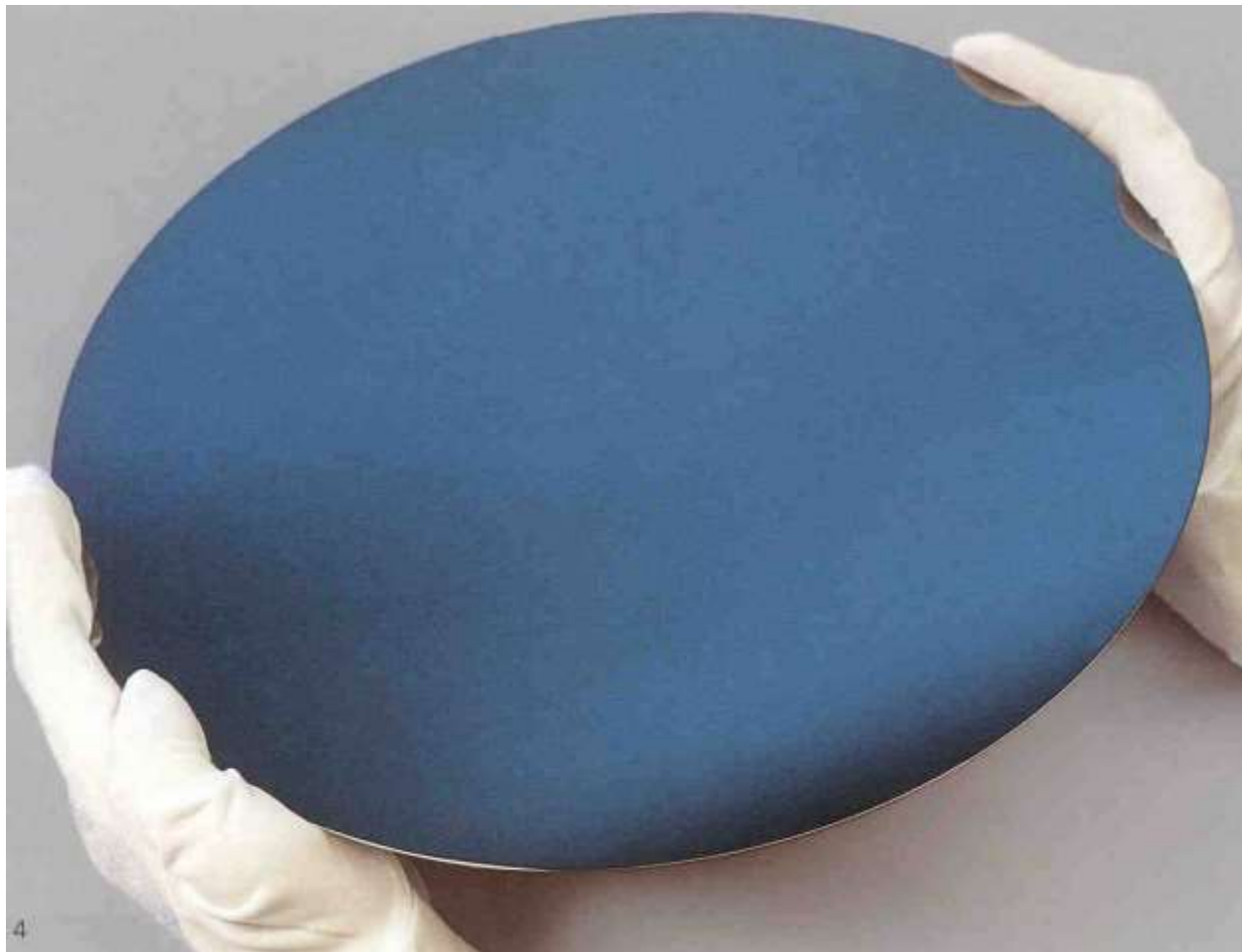


Лепинговане(процес на обработка на материалите, при която две повърхности се трият една в друга със свободен абразив между тях), заобляне на ръбовете, почистване, ецване, полиране, докато по повърхността не останат дефекти.





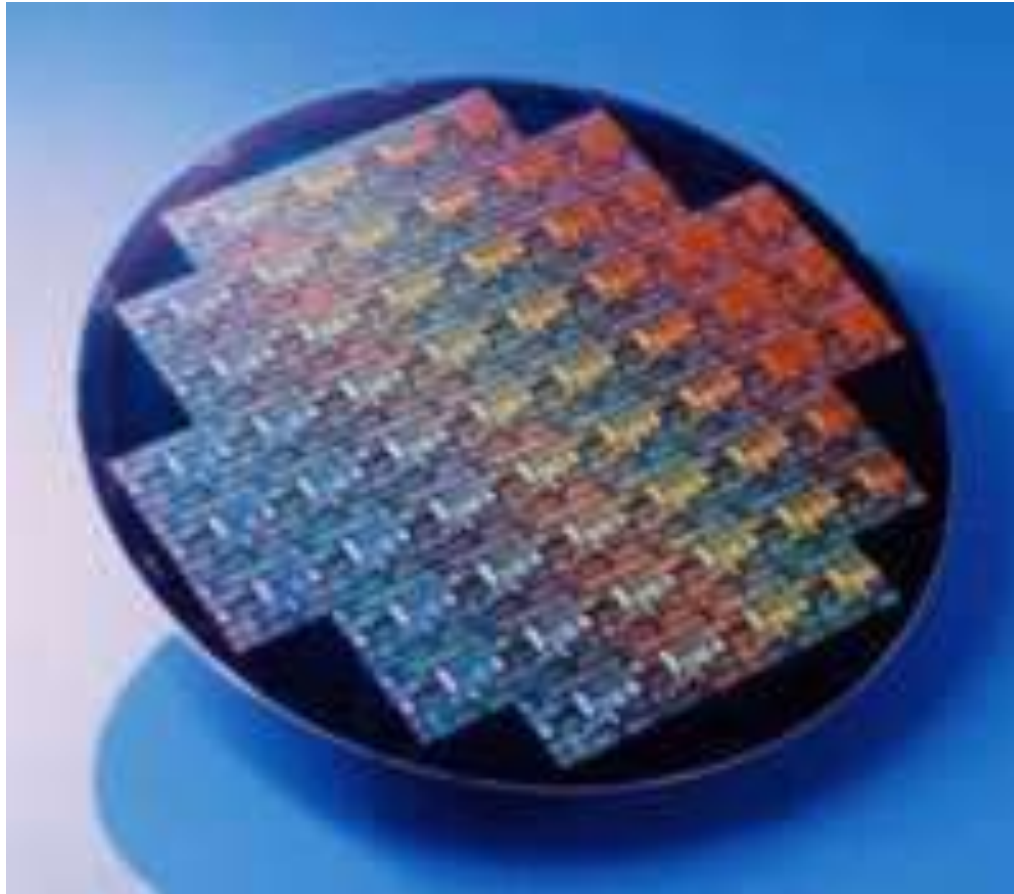
# Готова шайба (300 mm)



Siltronic, 2001 г.



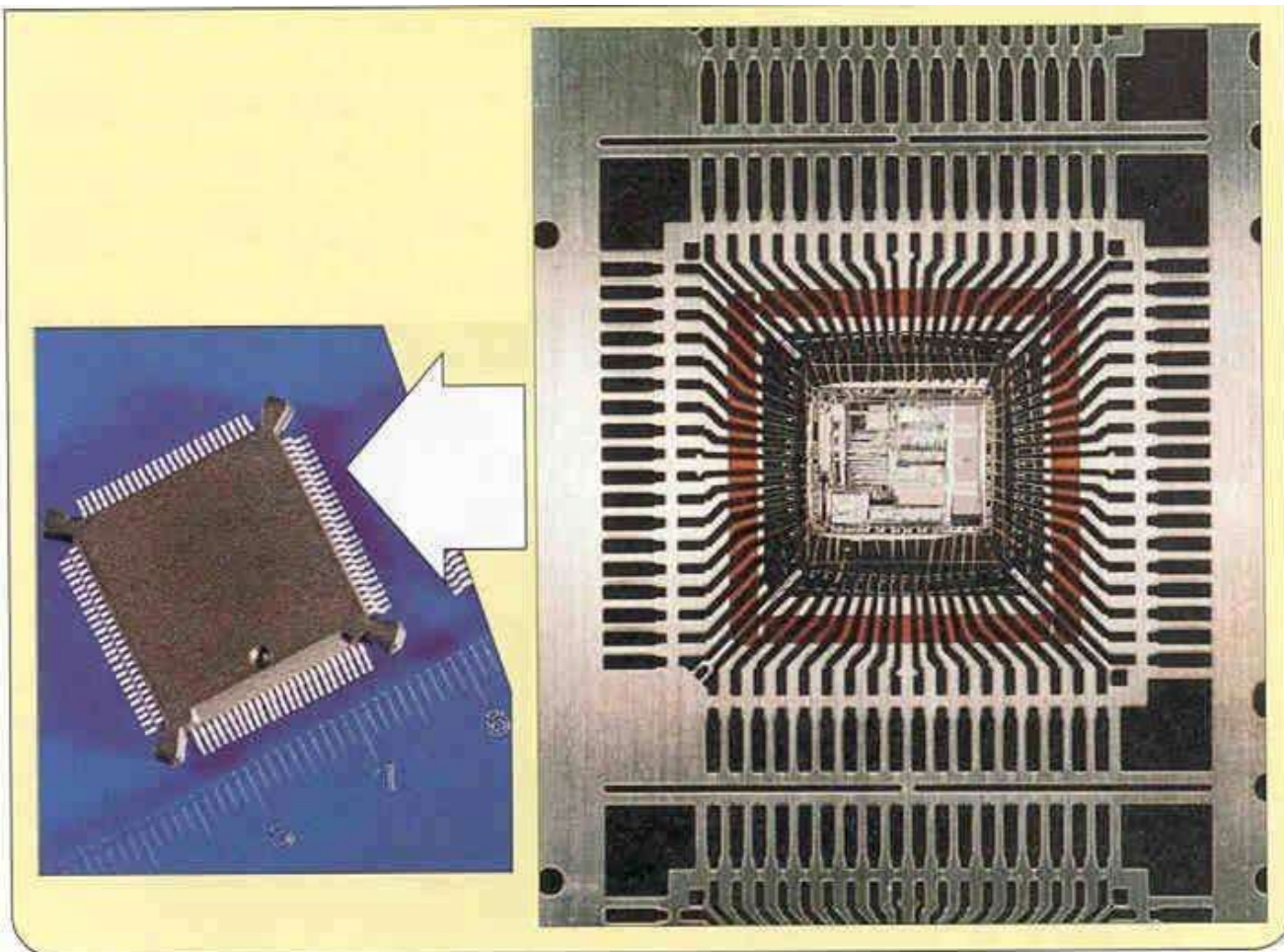
# Шайба с интегрални схеми



След нарязване, интегралните схеми (чиповете) се монтират в корпус



# Монтаж на интегралните схеми

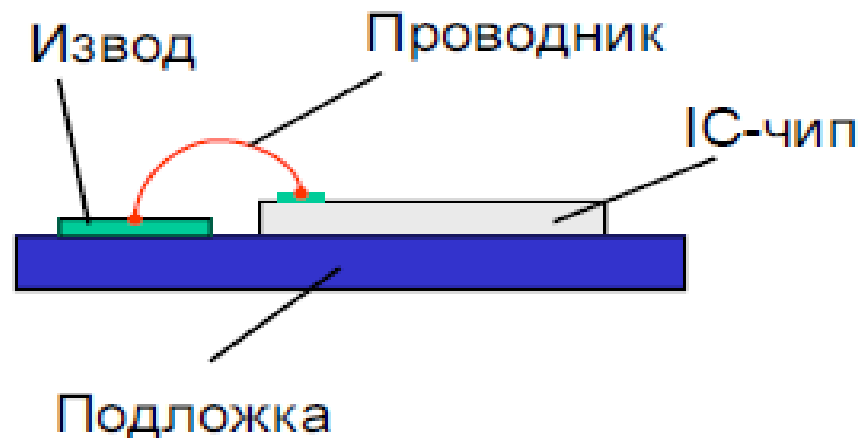


- Центриране на чиповете
- Бондиране
- Пресоване на пластмасовия корпус





# Бондиране



□ Под бондиране се разбира свързването на съответните точки от чипа с изводите посредством тънък проводник

➤ Wire bonding



# Производство на чист силиции - видео

<https://youtu.be/aWVywhzuHnQ>

<https://youtu.be/Q5paWn7bFg4>

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_VMYPLXnd7E](https://www.youtube.com/watch?v=_VMYPLXnd7E)

<https://www.vesti.bg/bulgaria/v-telefona-vi-ima-ot-bialoto-zlato-koe-e-to-6101801>

