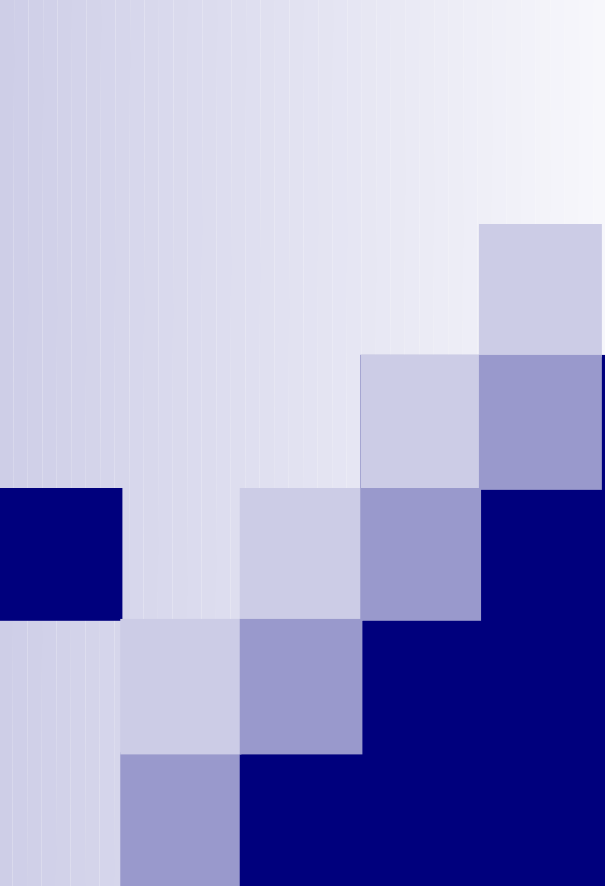




Kryształy, półprzewodniki, nanotechnologie.

Dr inż. KAROL STRZAŁKOWSKI
Instytut Fizyki UMK w Toruniu
skaroll@fizyka.umk.pl

Plan ogólny

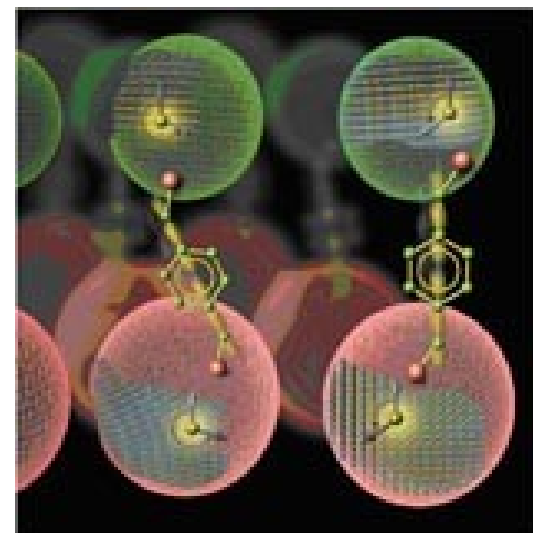
- Krysztály, półprzewodniki, nanotechnologie, czyli czym będziemy się zajmować.
- Budowa materii - pojęcie atomu.
- Co to są krysztály i jak powstają.
- Krysztály półprzewodnikowe - właściwości.
- Nanowymiarowe struktury półprzewodnikowe.
- Metody badań nanoukładów.
- Nanotechnologie - jaka przyszłość ?

Wykład VII.

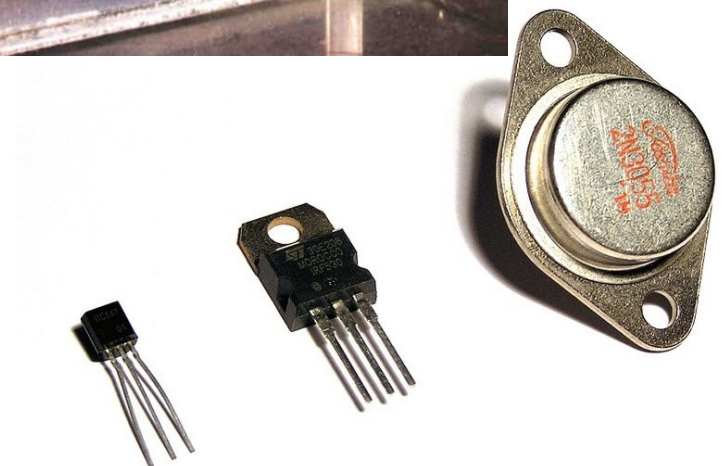
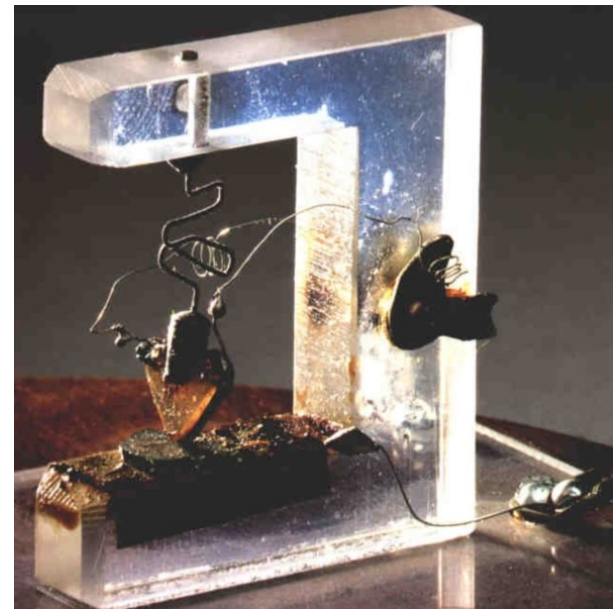
Nanotechnologie - jaka przyszłość ?

Nanotechnologie - jaka przyszłość ?

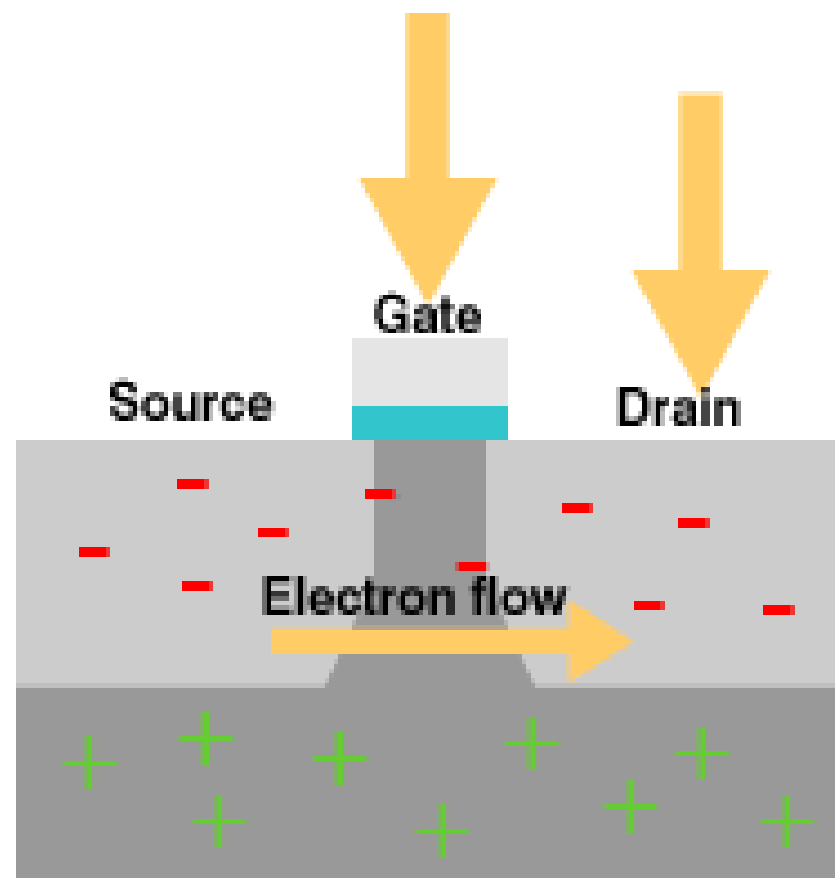
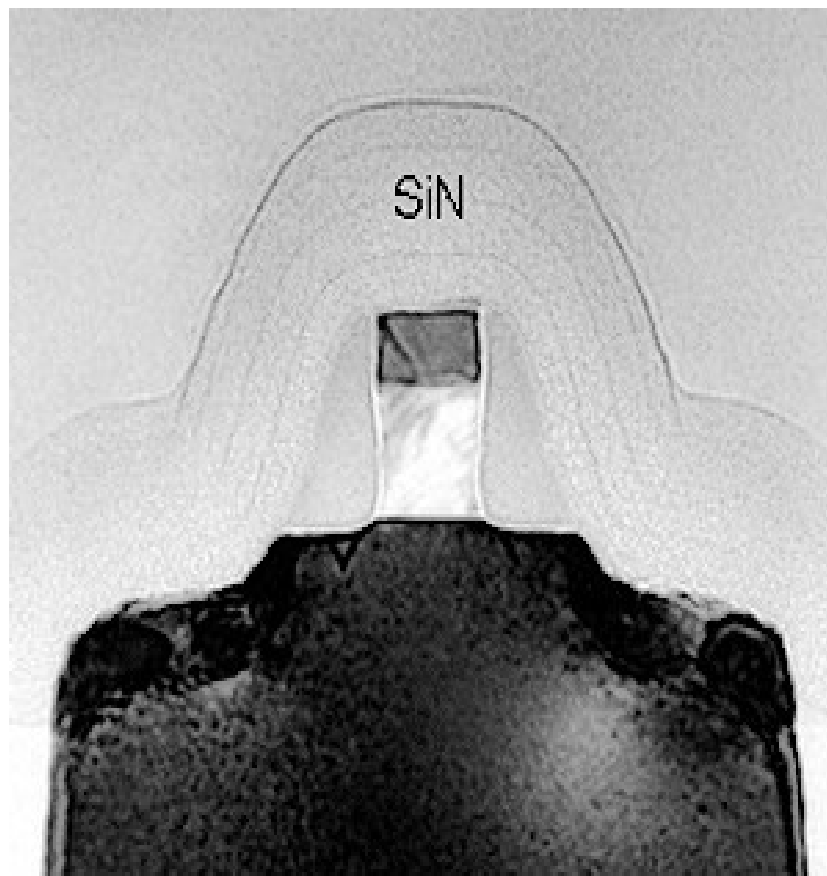
- Pierwsze tranzystory a współczesność.
- Układy scalone - miniaturyzacja.
- Prawo Moore'a - kiedy się załamie ?
- Jak nie krzem to co ?
- Nanodruty, nanorurki, spintronika.
- Elektronika molekularna.
- Komputer kwantowy.
- Podsumowanie.



Pierwszy tranzystor - 1947.

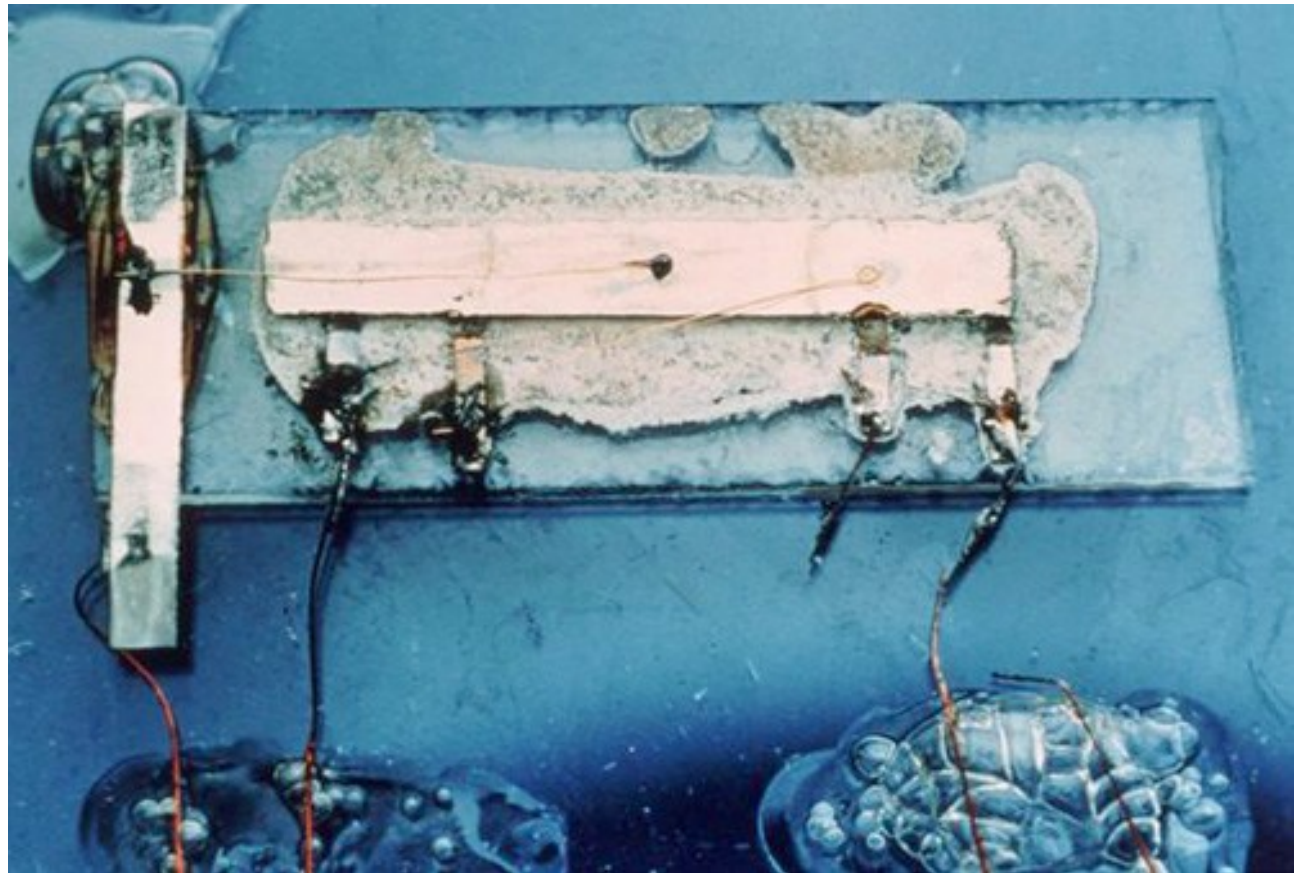


Tranzystory dziś.



Układy scalone - pierwszy układ.

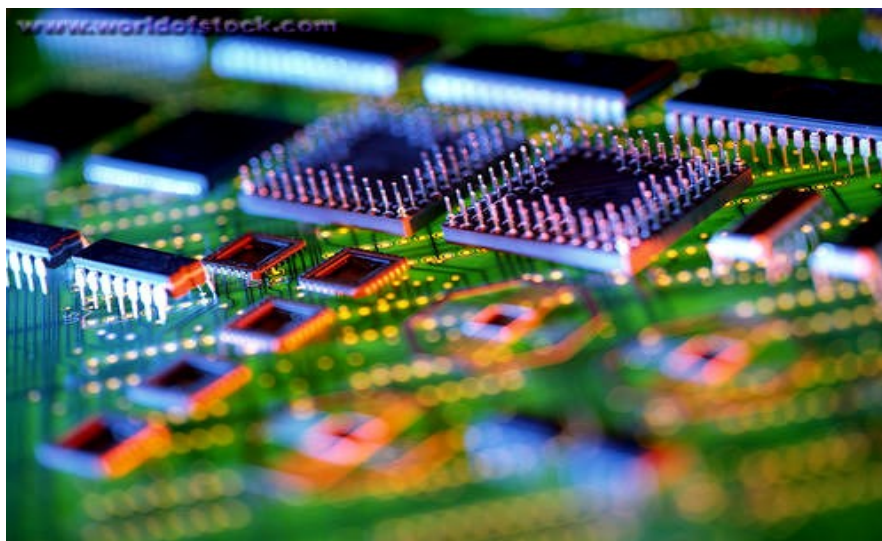
- 1958: Jack St. Clair Kilby and Robert Noyce first integrated circuit of Texas Instruments



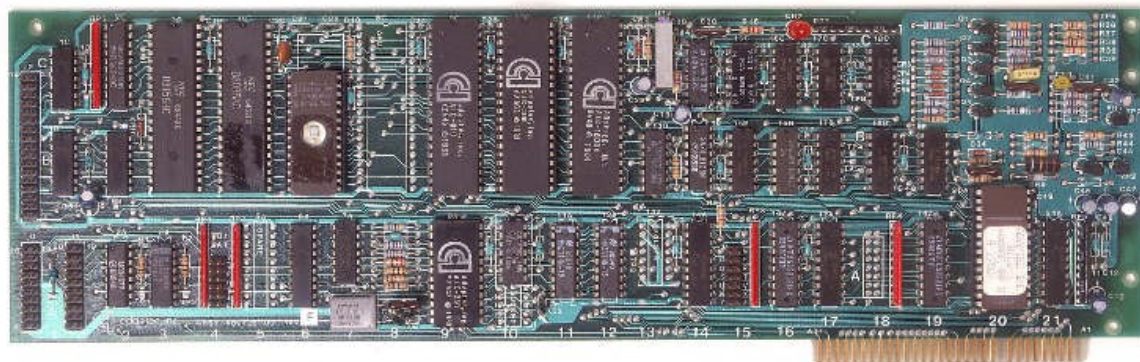
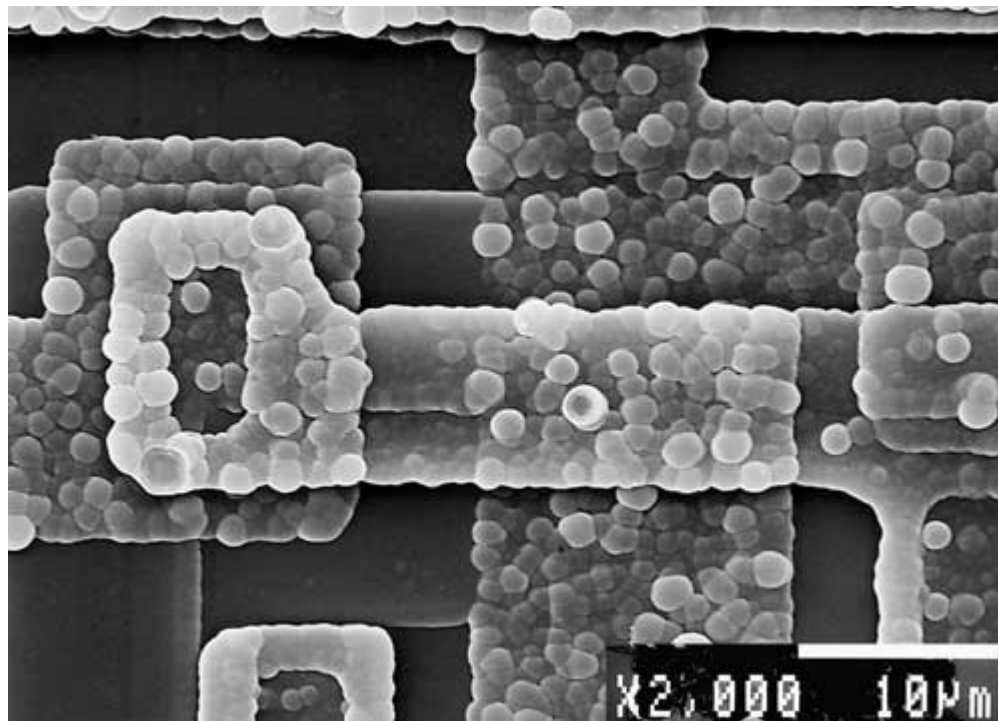
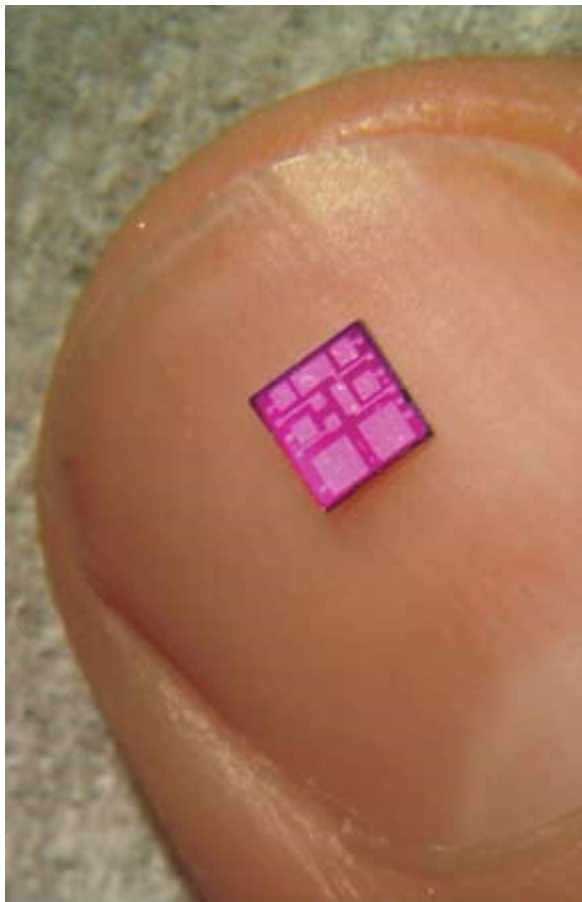
Układy scalone - definicja.

- Układ scalony (ang. integrated circuit, chip, potocznie kość) - zminiaturyzowany układ elektroniczny zawierający w swym wnętrzu od kilku do setek milionów podstawowych elementów elektronicznych, takich jak tranzystory, diody, rezystory, kondensatory.

Układy scalone - coraz mniejsze...

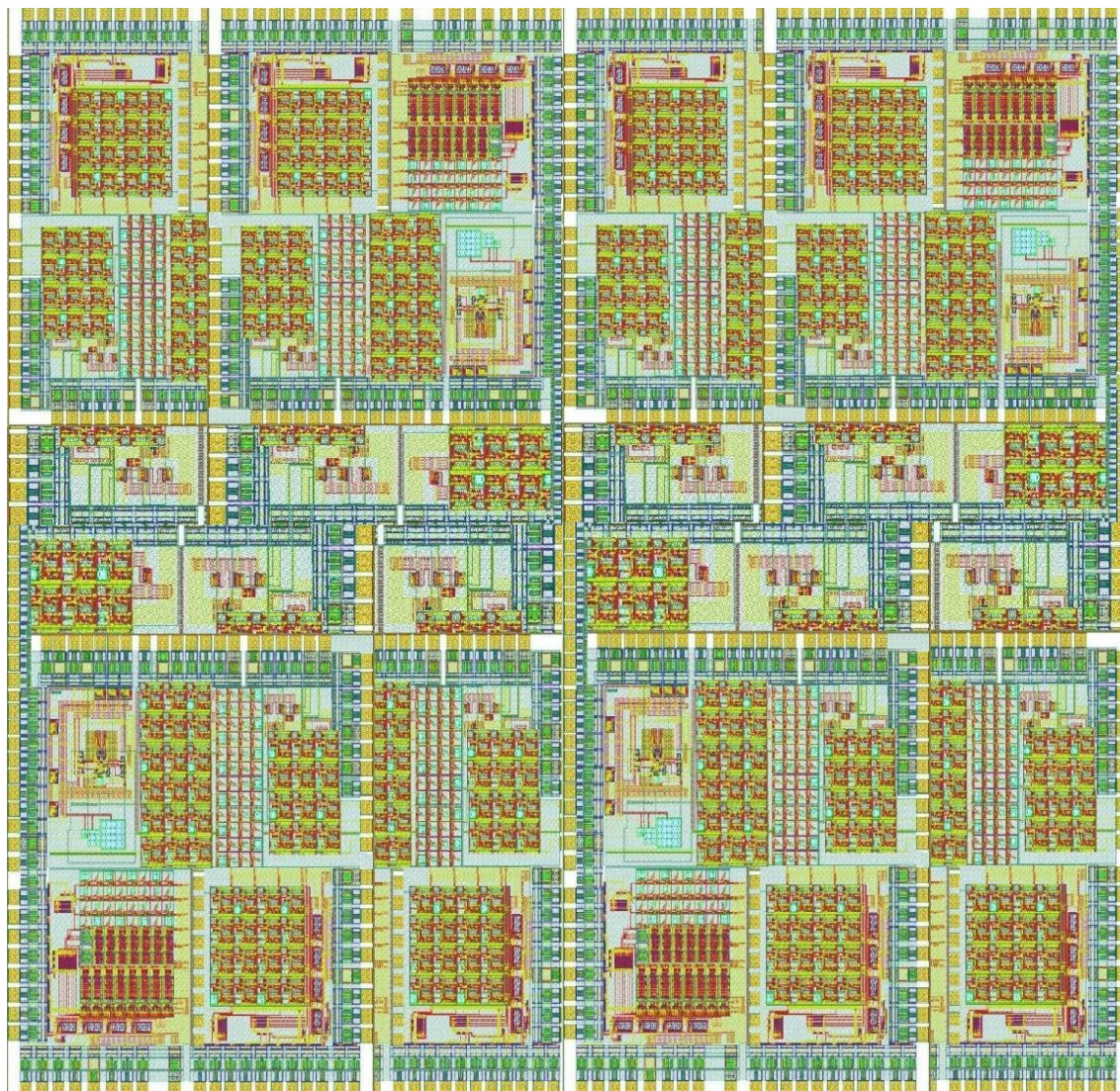
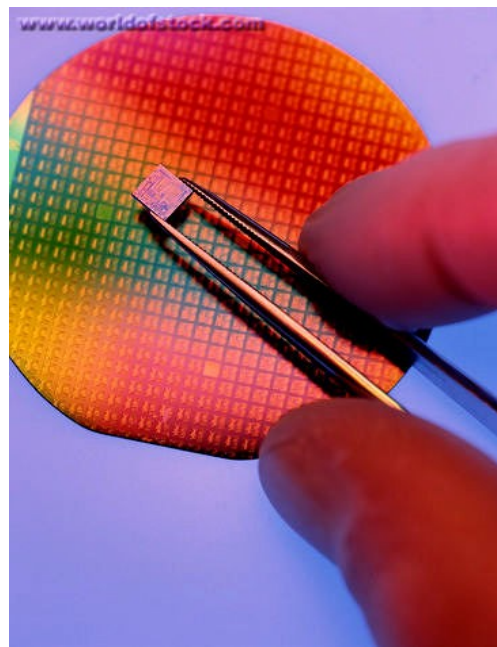


Układy scalone - dziś.



Układy scalone - dziś.

- Powiększenie
2400 razy !



How a silicon integrated circuit - a micro-chip - is made

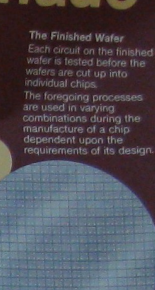
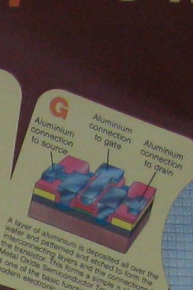
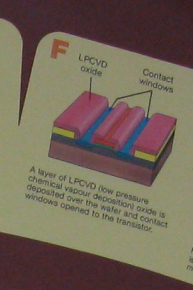
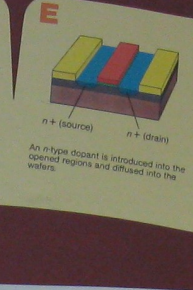
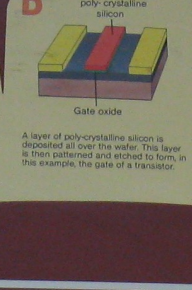
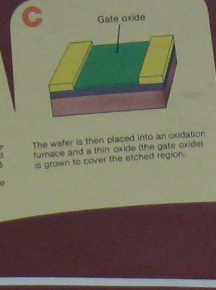
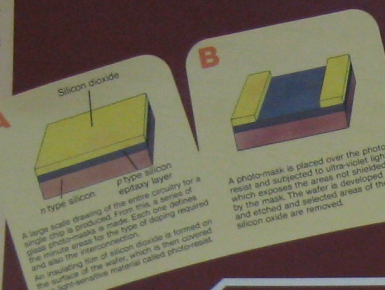
Each individual chip is developed layer upon layer by a series of exacting processes.

They are processed on silicon wafers of the highest chemical purity. These wafers are approximately 0.5mm thick and have a completely flat and flawless mirror finish on one side.

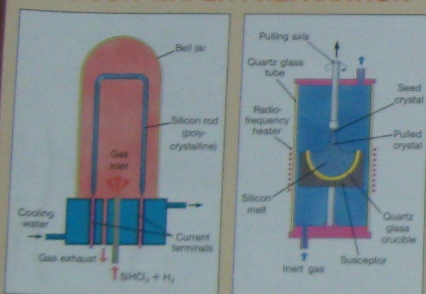
The number of chips processed on a wafer varies according to the size of both the wafer and the chip being made—up to 500 chips per wafer. The wafers are processed in batches of 50 to 300 at a time—but it can take many weeks to complete a batch dependent upon the intricacy of the design.

Silicon is a semiconductor material to which minute amounts of other elements can be added by processes called 'doping'. Boron, for example, is a p-type (positive) dopant. Phosphorus is an n-type (negative) dopant. Thus, silicon can be treated to allow or resist the passage of electrical current at any point.

The illustrations A to G show the stages of producing a simple transistor, one component of possibly 250,000 on a single chip.



SILICON WAFER PREPARATION

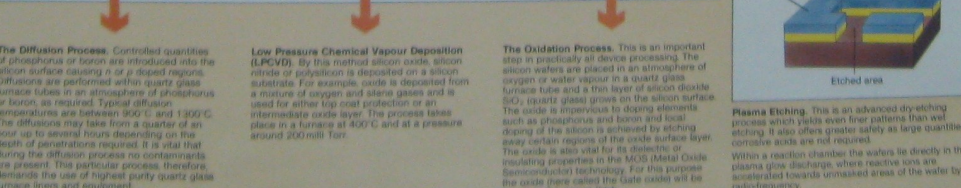
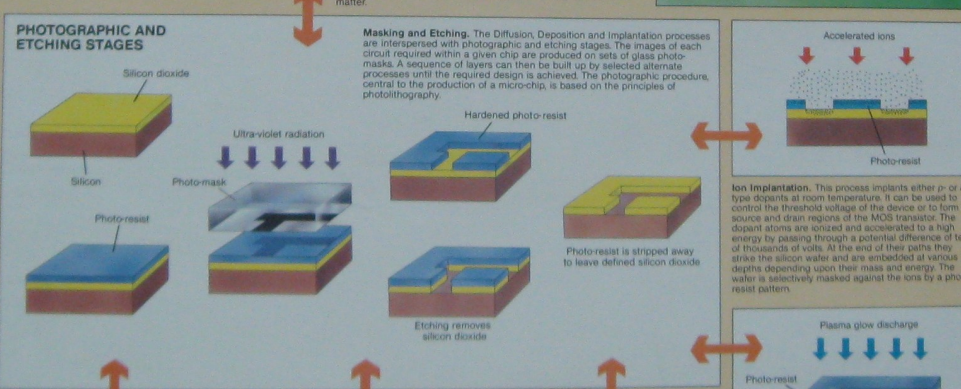
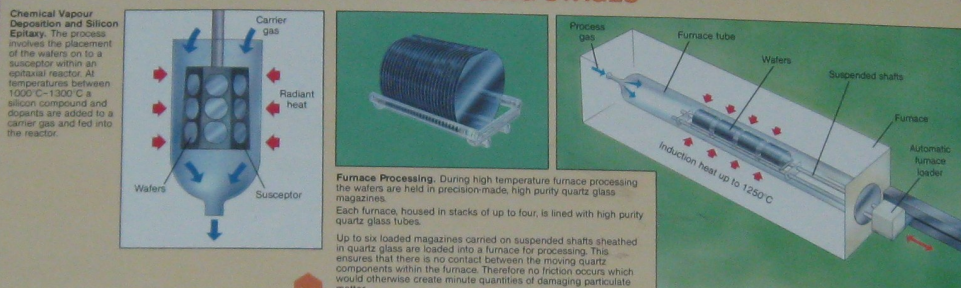


3 Slicing Wafers. The silicon crystal is ground to its required diameter. It is then mounted on to a slicing machine and cut with extreme precision by a diamond edged circular saw. This is followed by a fine polishing process.



4 The Wafers. The highly polished wafers are then ready for the masking, etching and high temperature furnace processes employed in the actual manufacture of the chip. They are kept in ultra-clean conditions at all stages of production.

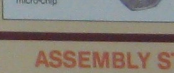
PROCESSING STAGES



The completed Micro-Chip

Over the past 15 years very rapid progress has taken place in the field of microelectronics. The number of components 'grown' on a microchip circuit of 5mm square in size, has increased from 10 to over 250,000. Thus the power of the chip challenges human imagination.

The size of a single component valve compared to a 250,000 component microchip.

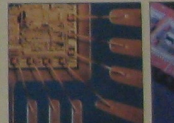


ASSEMBLY STAGES

When completed a microchip is fully tested and is generally mounted on to a lead frame or housing interconnection or substrate. The bonding material used is a die attach thermosetting conductive epoxy (resin).



The mounted chip can be connected to a lead frame or similar carrier which is subsequently packaged.



Bonding wires, a crucial element, are made of gold, aluminium and aluminium alloys down to a few micrometers in thickness and alternatively connections can be made using bare carriers.

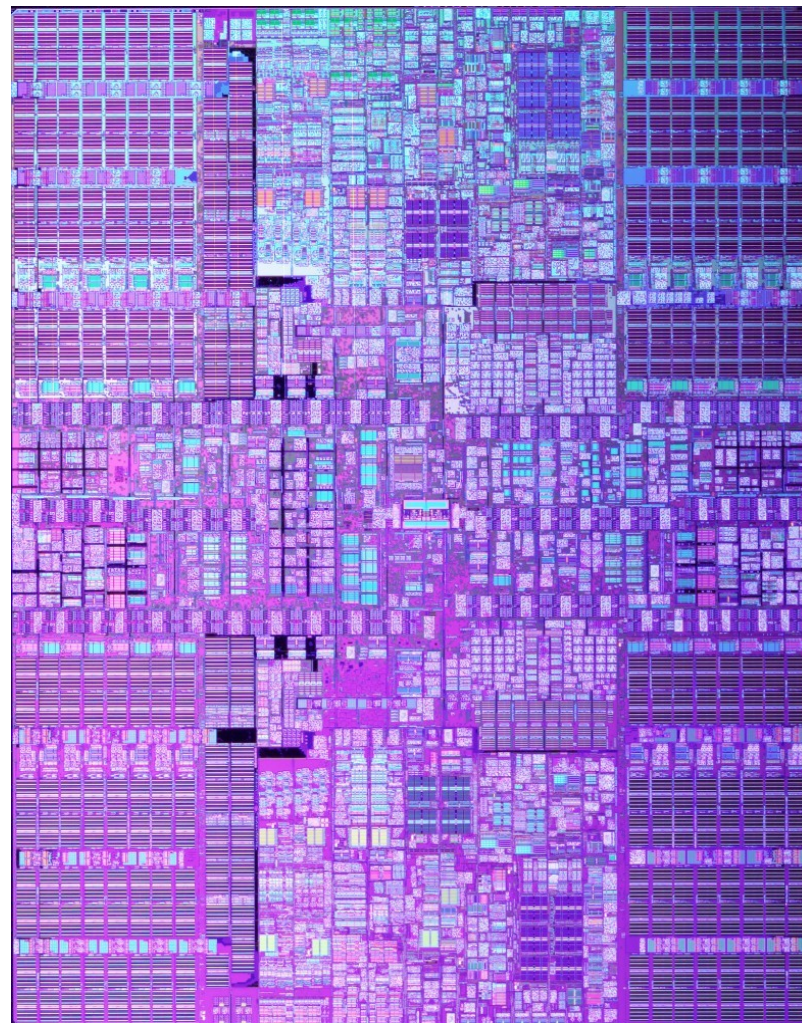
It will be seen that quartz glass in various forms plays a vital role throughout the making of a microchip. Microchips are, in fact, made, both within a quartz glass environment and held and manipulated on and by quartz glass equipment.

Assembly and packaging of the finished devices also employs materials of ultra high purity to guarantee long term reliability.

Heraeus
Partner to Industry in advanced technological fields

Procesory CPU.

- Procesor i jego powiększenie.

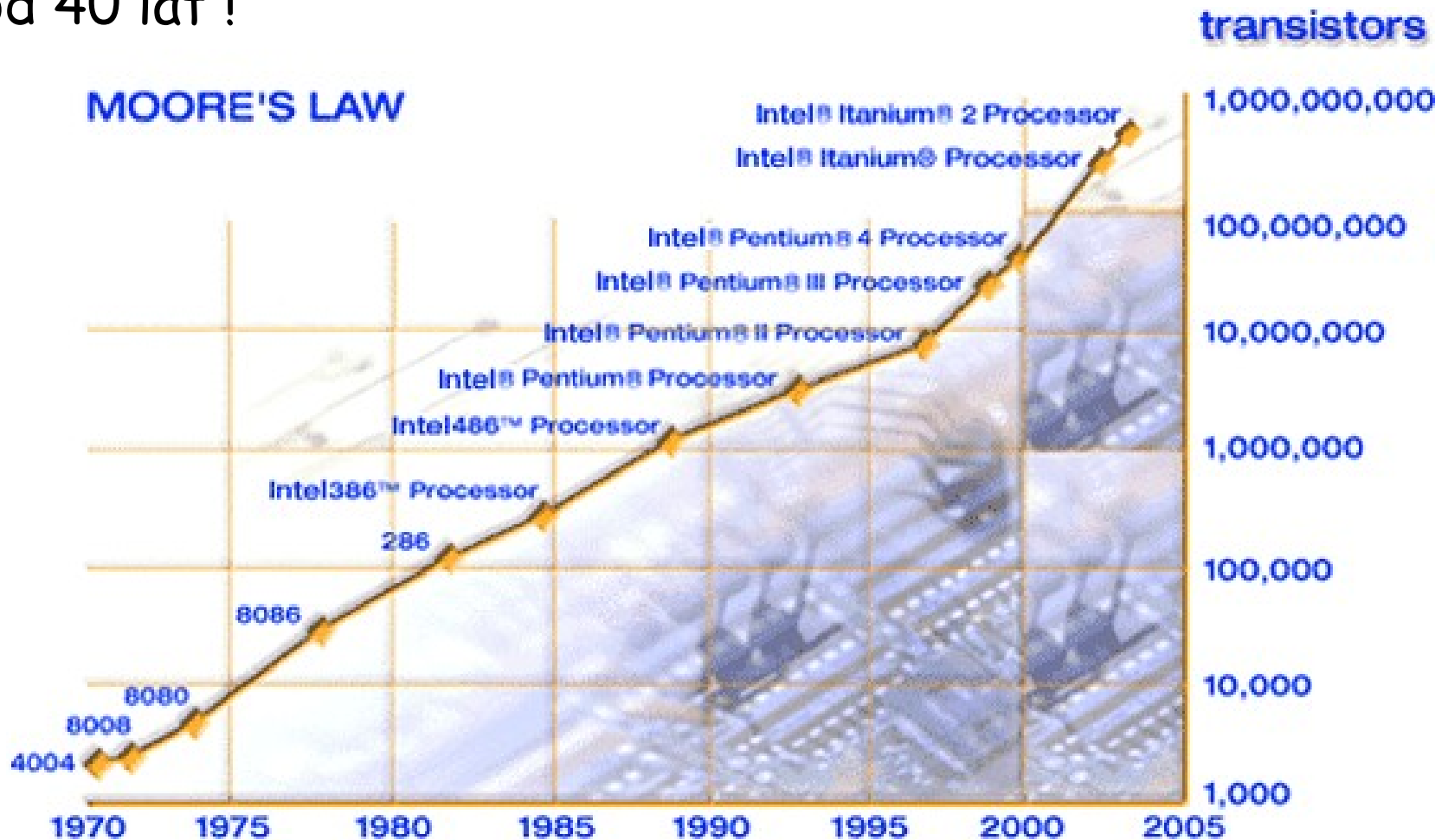


Prawo Moore'a.

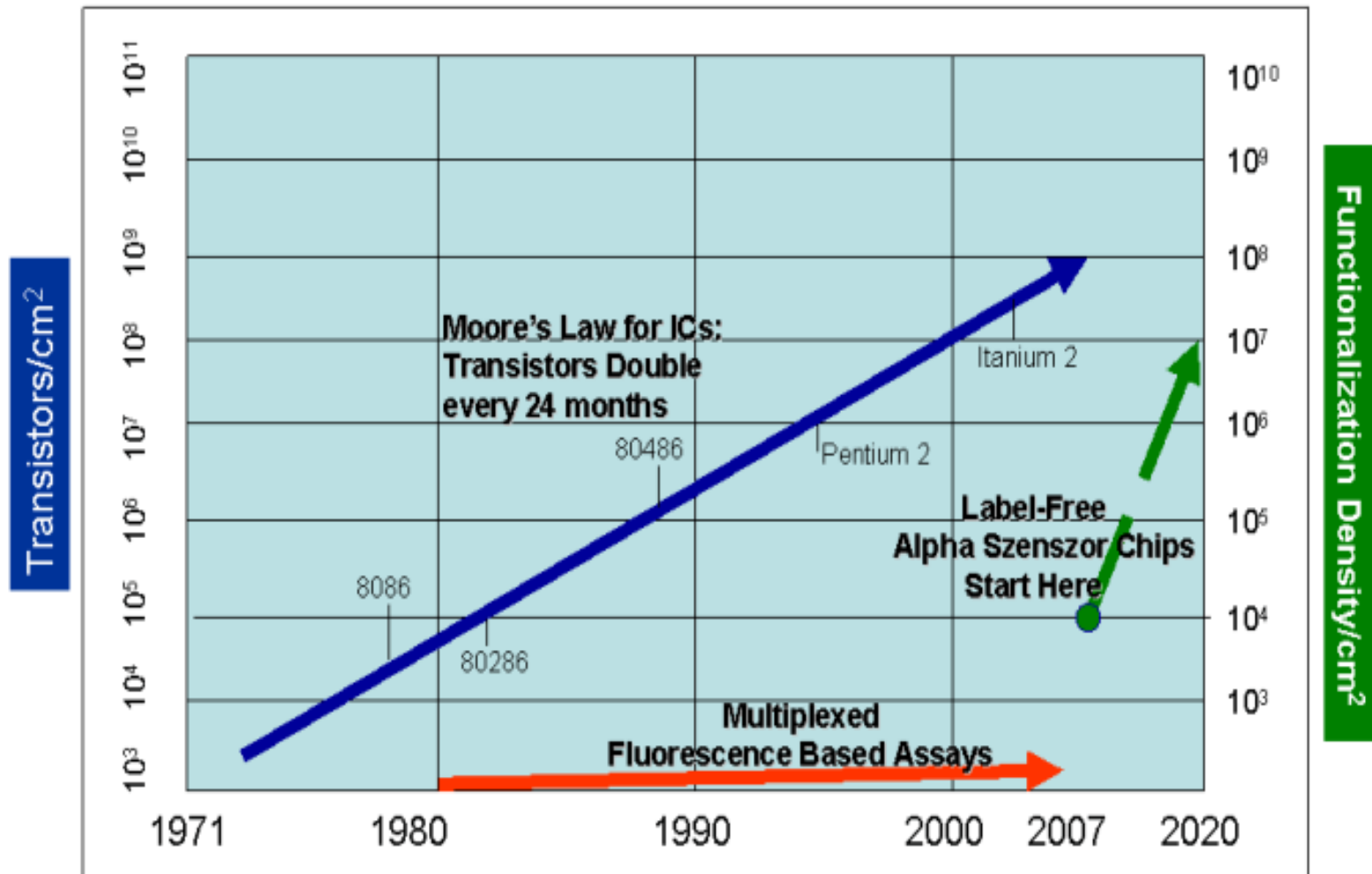
- Prawo Moore'a w oryginalnym sformułowaniu mówi, że ekonomicznie optymalna liczba tranzystorów w układzie scalonym podwaja się co 18-24 miesiące. Obserwację tę przypisuje się Gordonowi Moore'owi, jednemu z założycieli firmy Intel.
- Termin ten jest też używany do określenia praktycznie dowolnego postępu technologicznego. "Prawo Moore'a", mówiące że "moc obliczeniowa komputerów podwaja się co 24 miesiące" jest nawet popularniejsze od oryginalnego prawa Moore'a.

Prawo Moore'a.

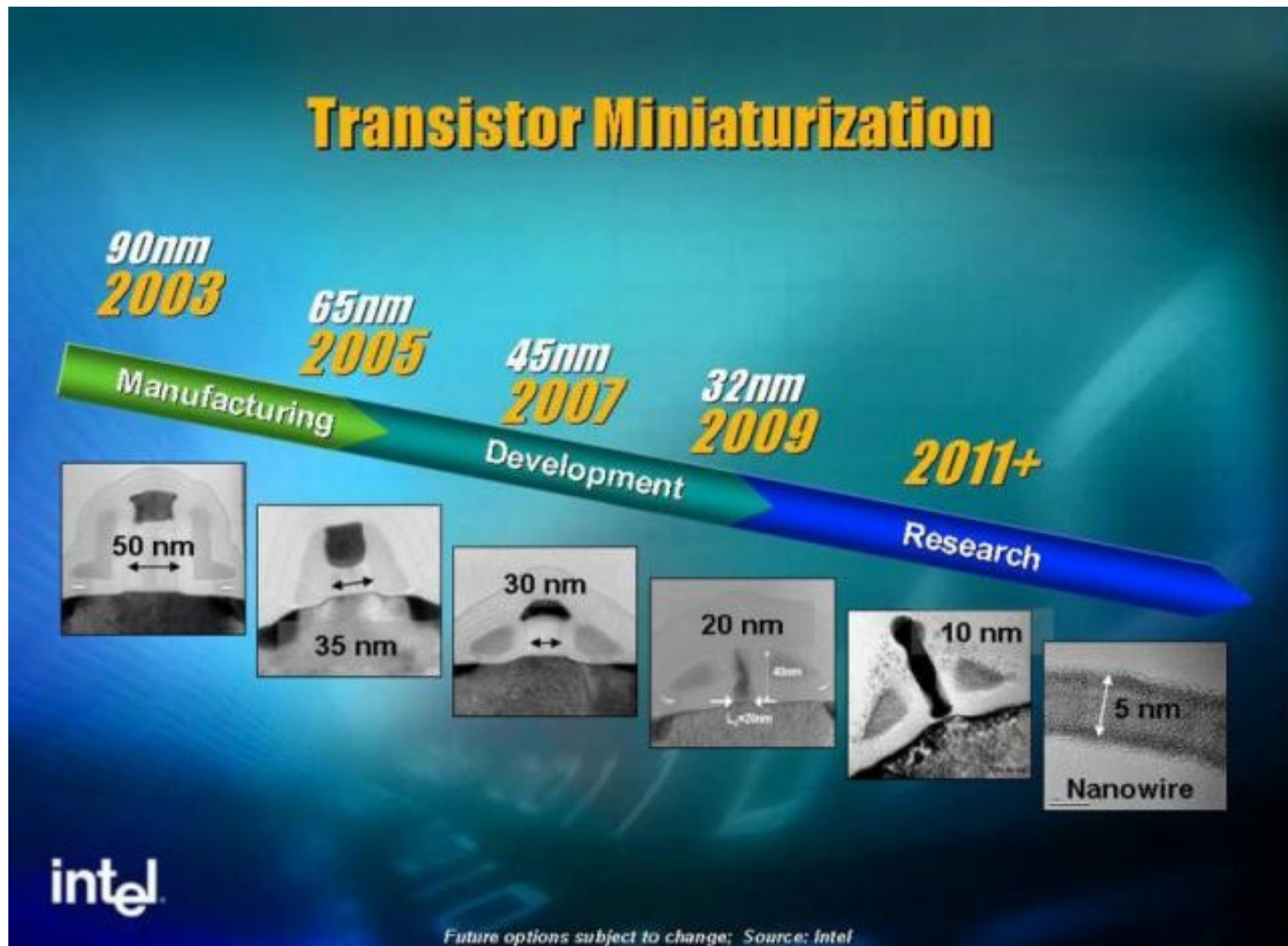
- Jest spełnione już od 40 lat !



Prawo Moore'a.



Prawo Moore'a - miniaturyzacja.

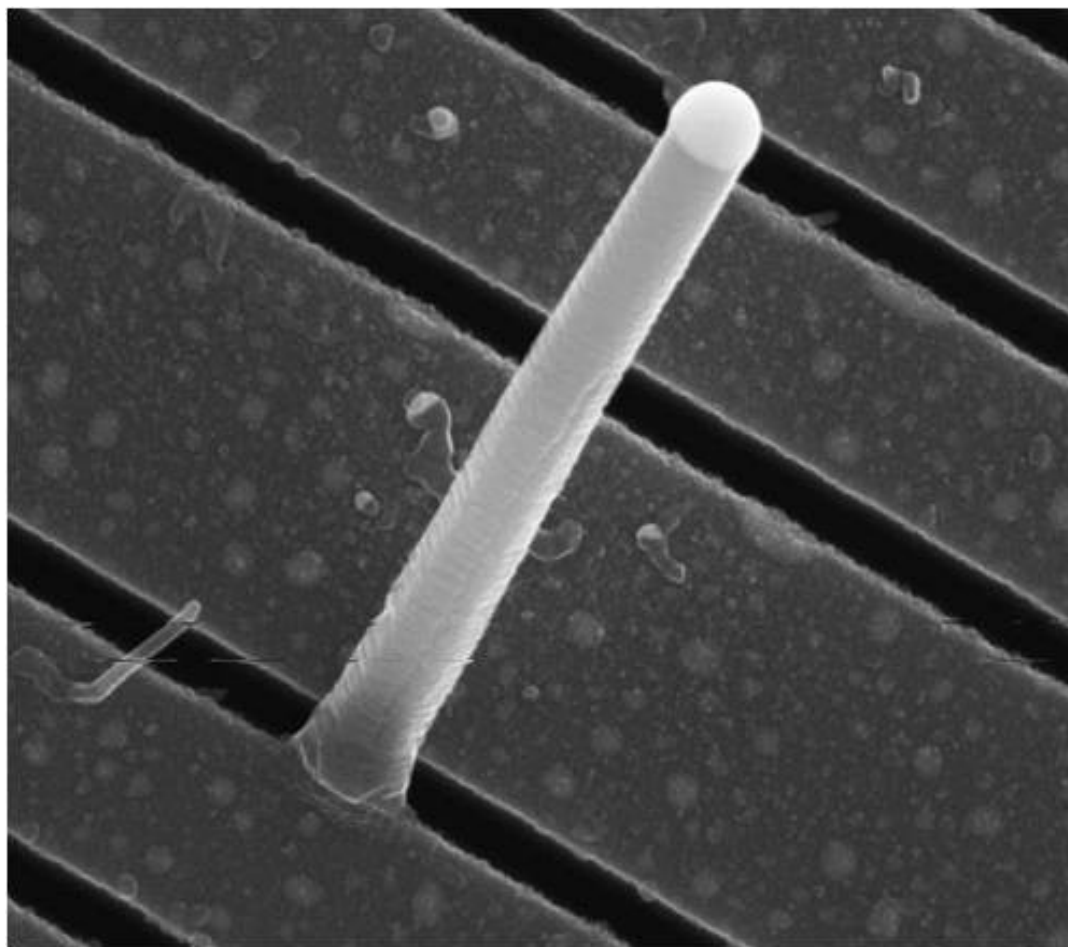


Jak nie krzem to co ?

- Jeszcze kilka ładnych lat jednak krzem.
- Nanodruty - typowe nanostruktury.
- Nanorurki węglowe - obiecujący materiał o interesujących właściwościach.
- Elektronika molekularna - układy biologiczne coraz bardziej popularne, np. diody OLED.
- Spintronika - wykorzystuje nie tylko ładunek elektronu ale również jego spin.
- A może komputer kwantowy ?

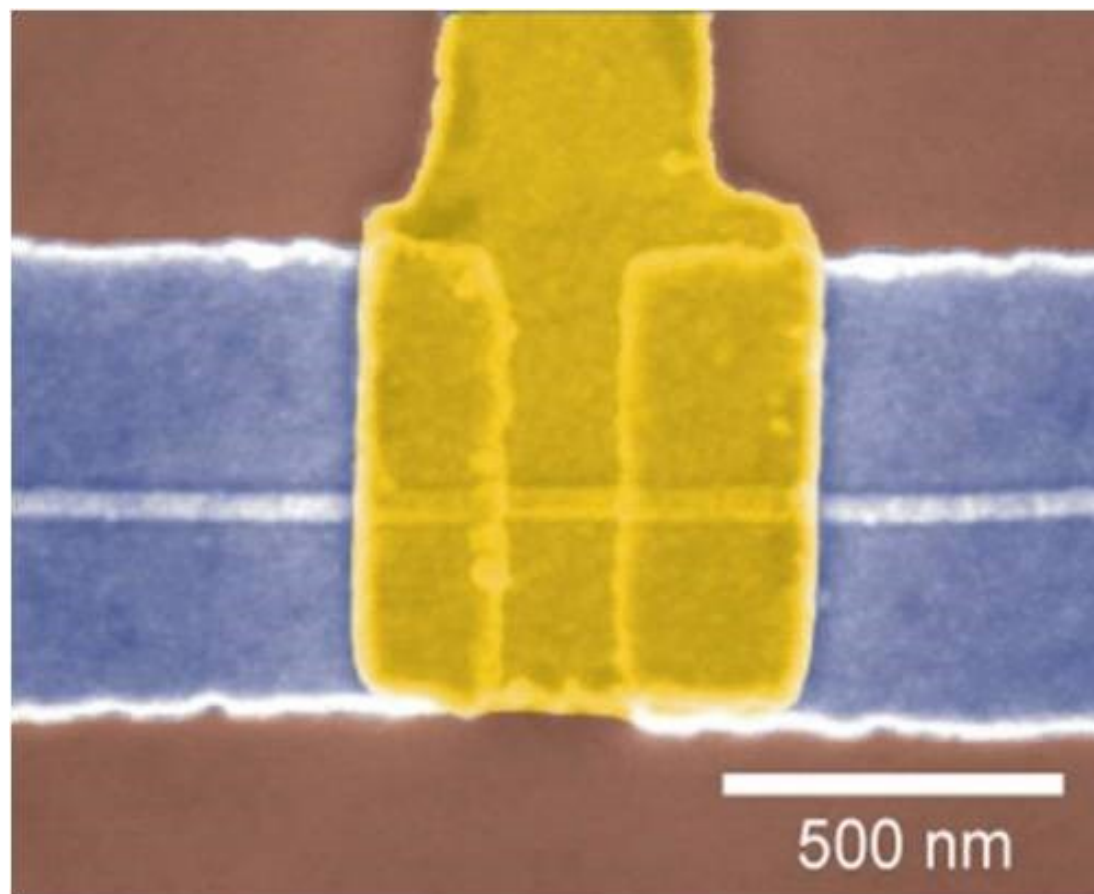
Tranzystor na nanodrutach.

- Nanodrut krzemowy - mikroskop SEM.
- 10000 razy dłuższe niż ich średnica.
- Jako ścieżki lub tranzysory.



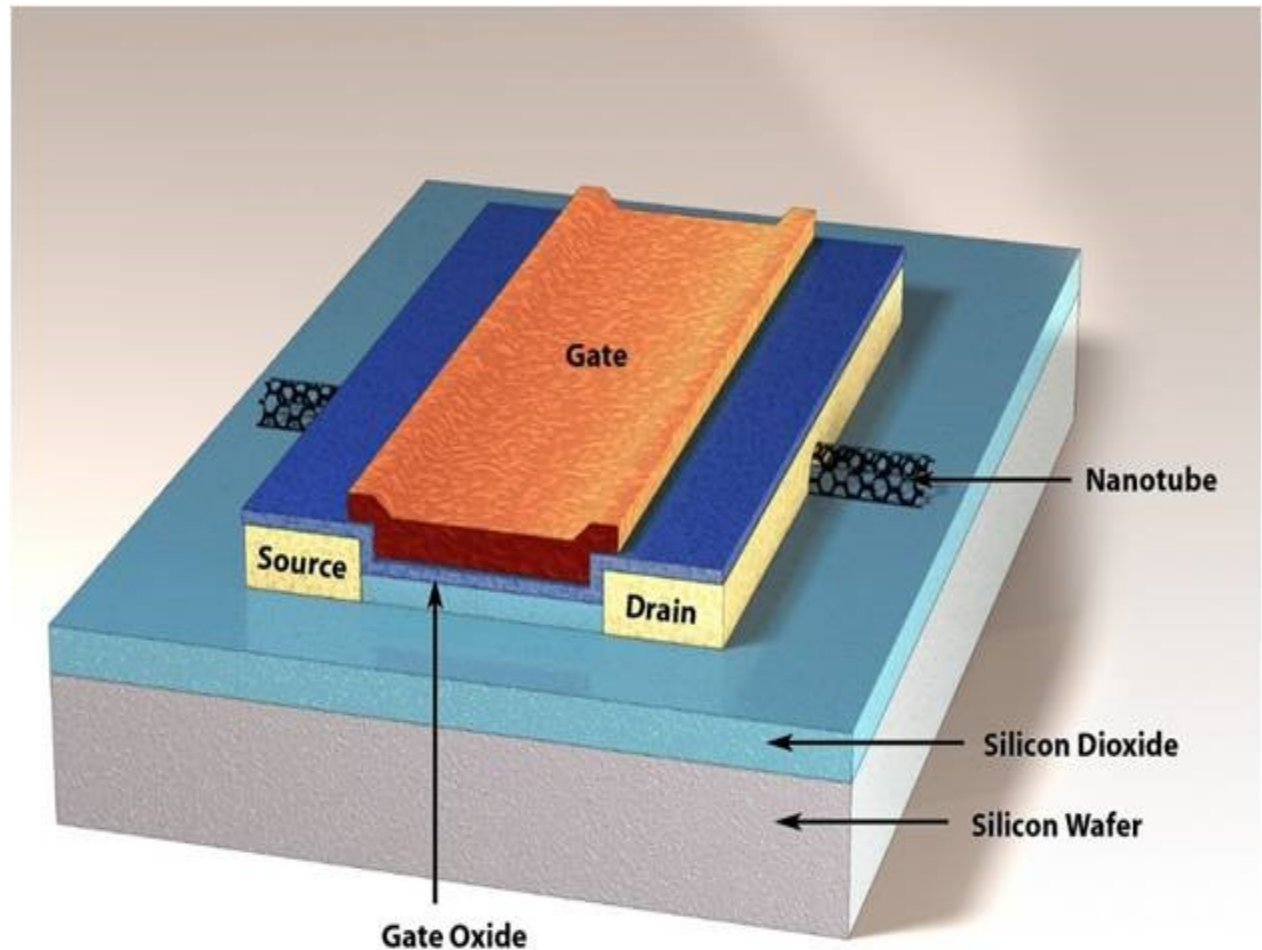
Tranzystor na nanodrutach.

- Zdjęcie tranzystora opartego na nanodrucie, zrobione od góry, za pomocą mikroskopu TEM.

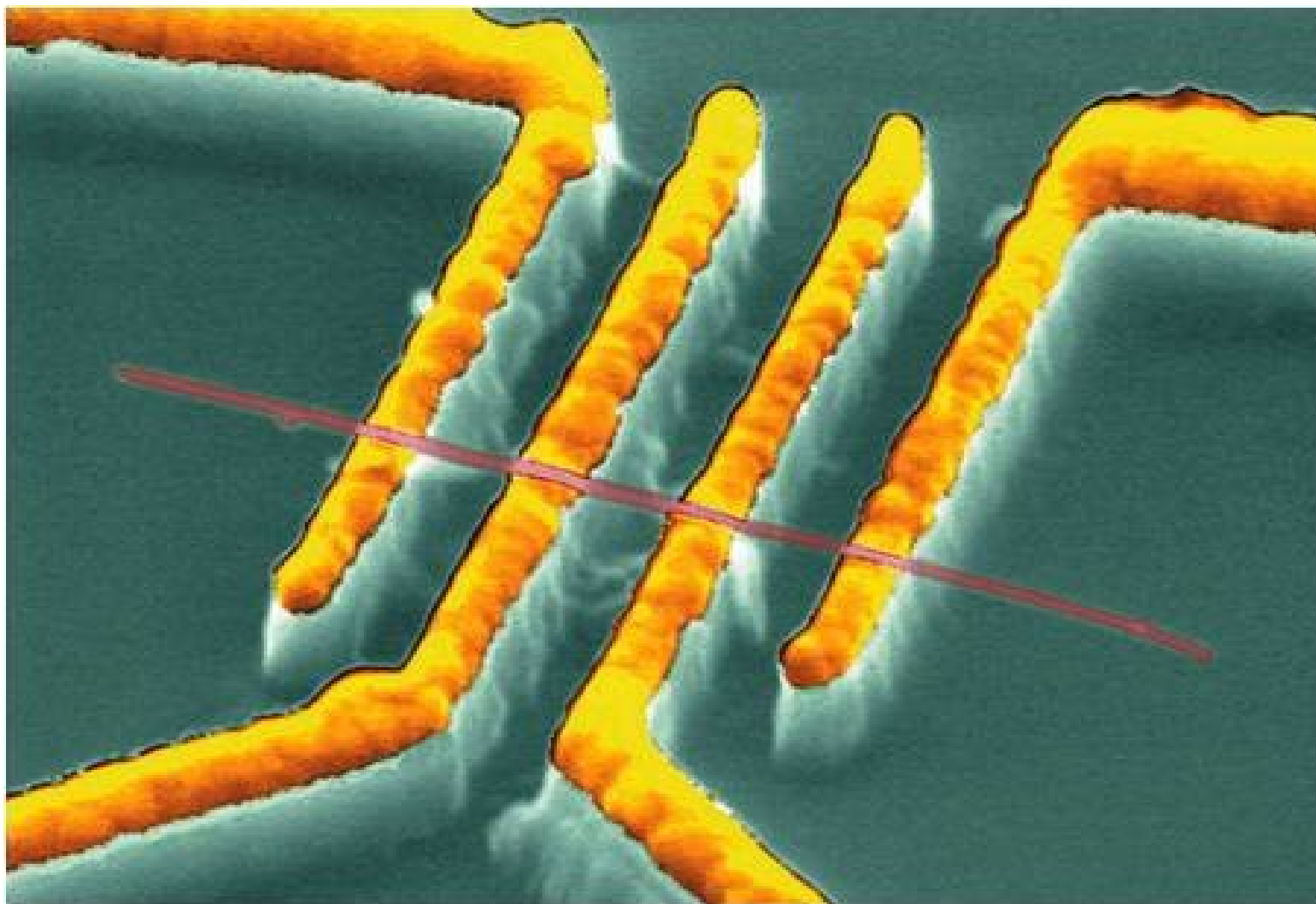


Nanorurki węglowe a tranzystor.

- Podobne do nanodrutów.
- Schemat tranzystora z nanorurką węglową.

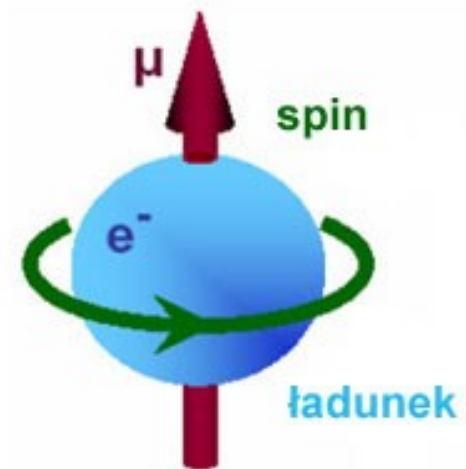


Nanorurki węglowe - układ scalony z nanorurką.

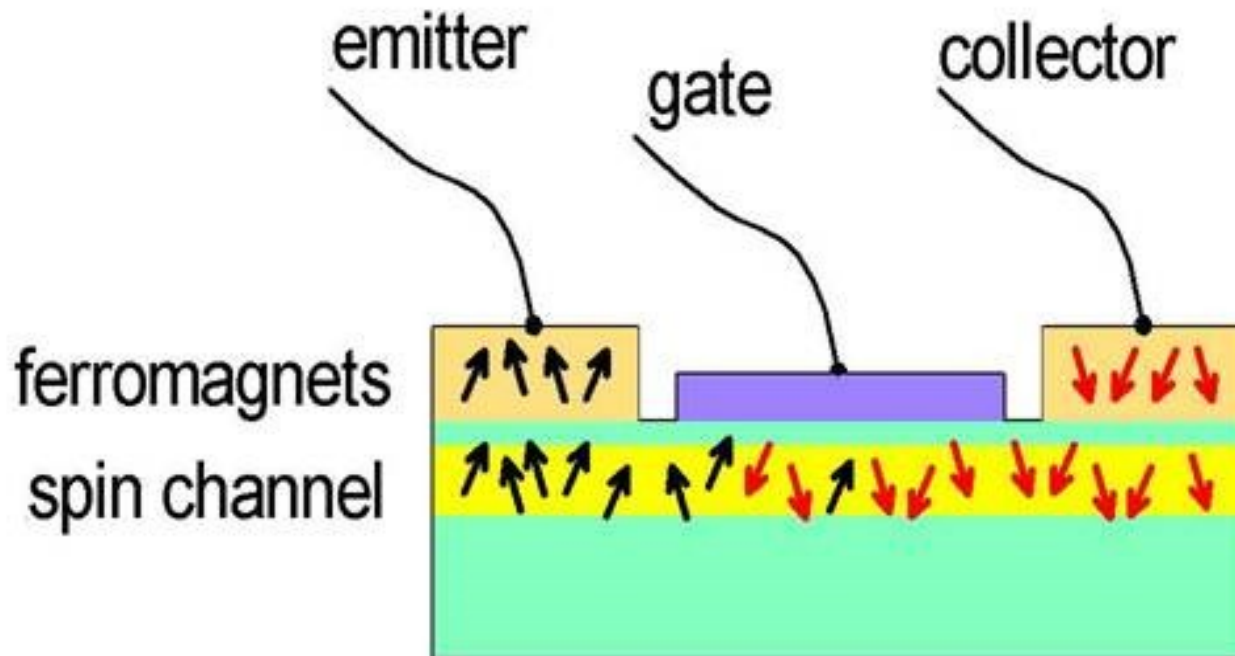


Spintronika - wykorzystajmy spin !

- Zastosowanie spinu jako dodatkowego nośnika informacji pozwoli nam między innymi na zmniejszenie impulsów prądowych wykorzystywanych w elektronice, jak i znaczne zwiększenie ilości informacji przenoszonych przez poszczególne impulsy elektryczne.



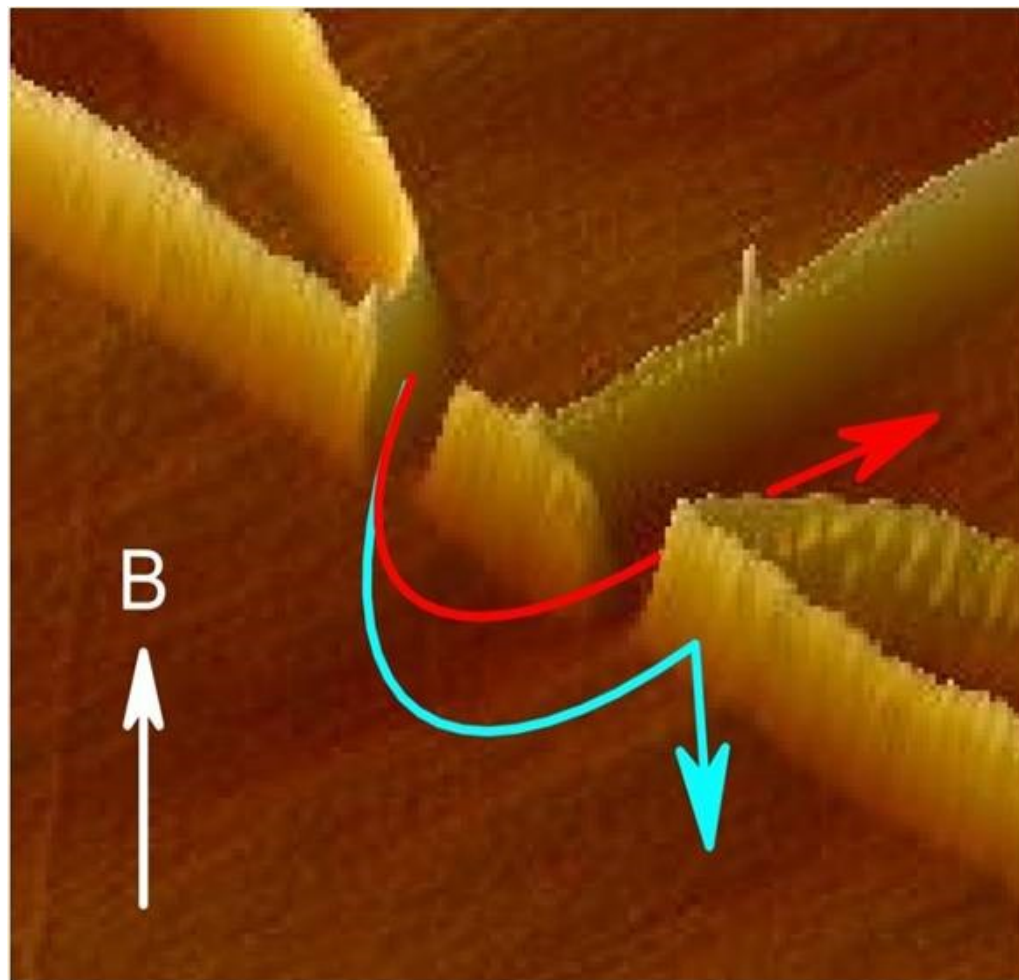
Spintronika - tranzystor spinowy.



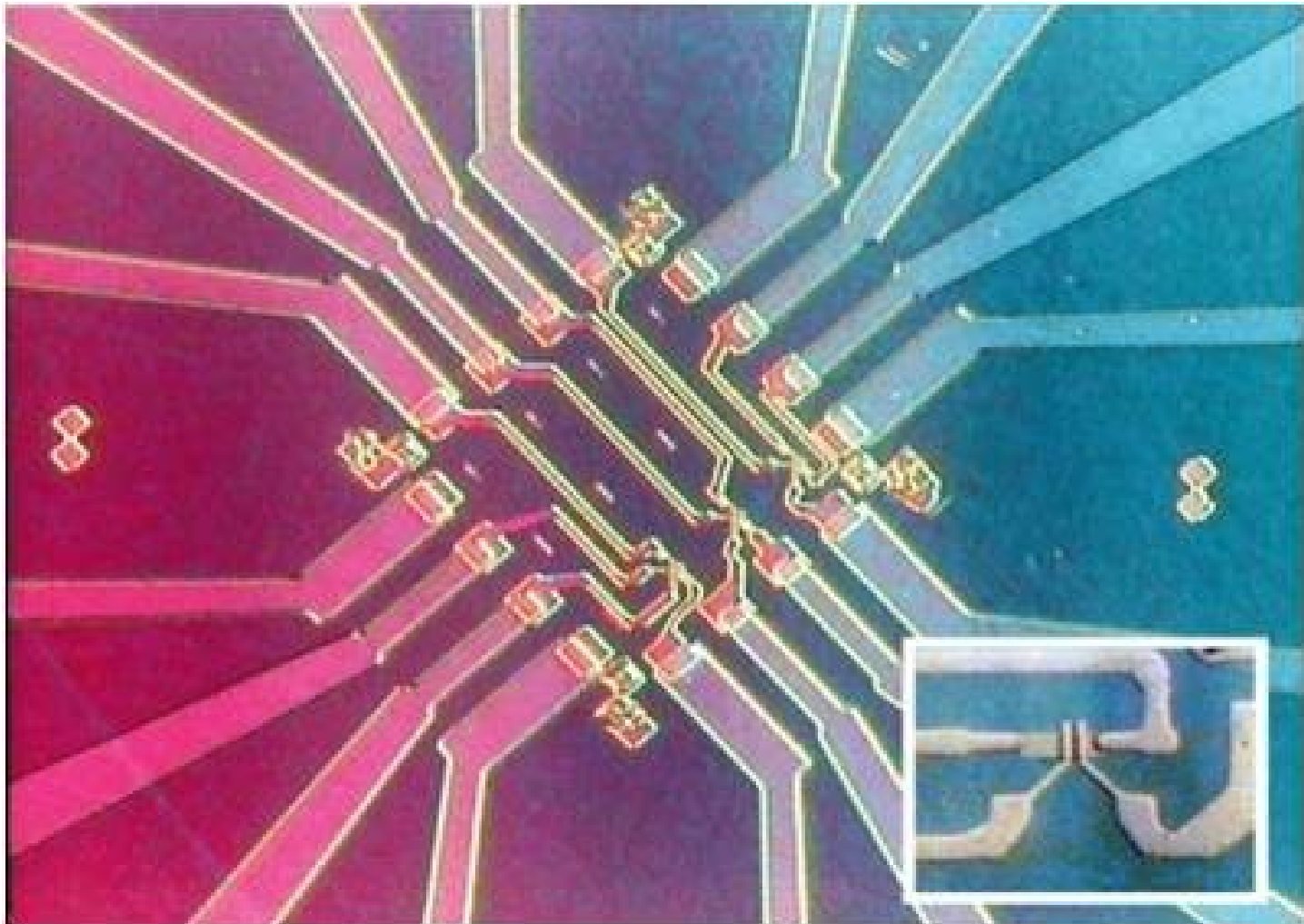
SPIN TRANSISTOR

Spintronika - tranzystor.

- Hipotetyczny tranzystor, który przepuszcza elektrony o spinie skierowanym w górę w jedną stronę, a o spinie skierowanym w dół w drugą stronę.

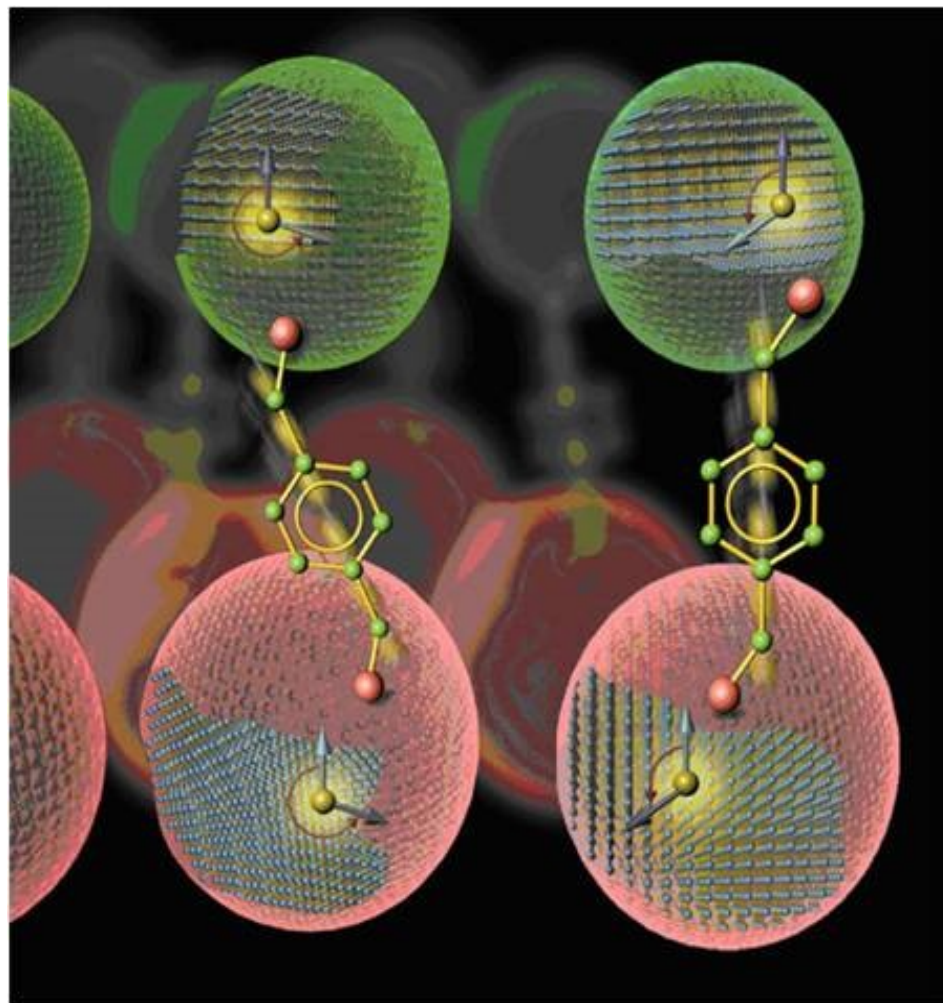
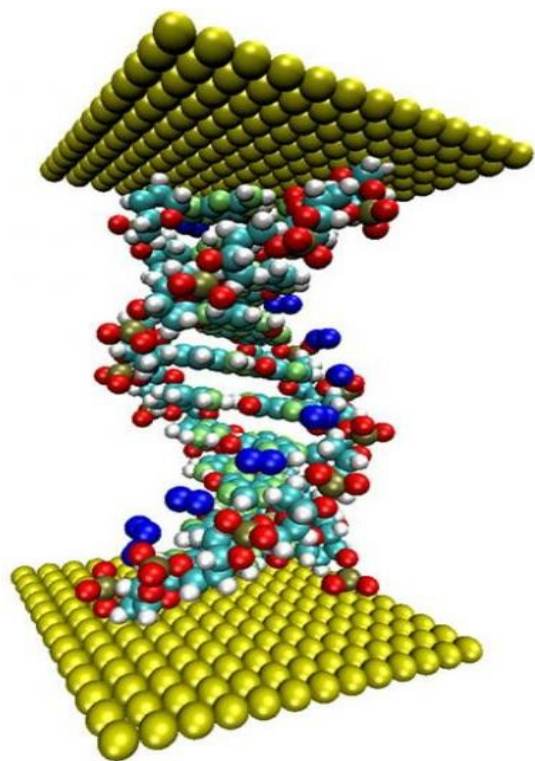


Spintronika - układ scalony.



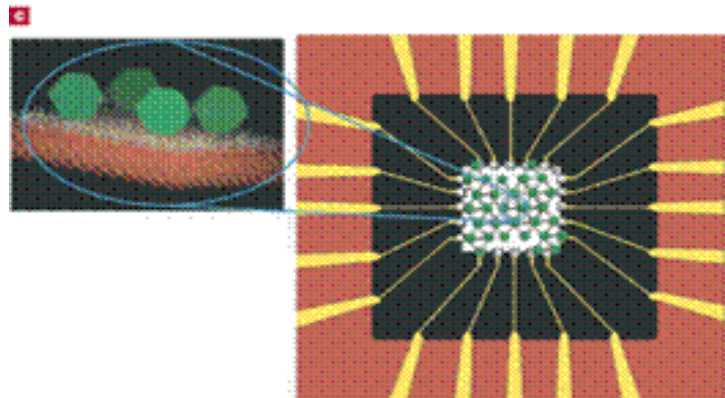
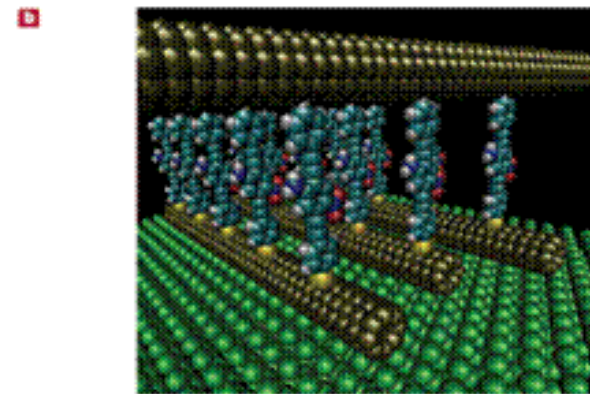
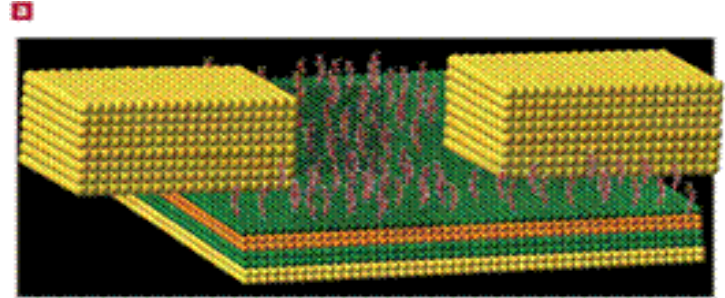
Elektronika molekularna.

- Wykorzystanie organicznych molekuł do produkcji układów scalonych.



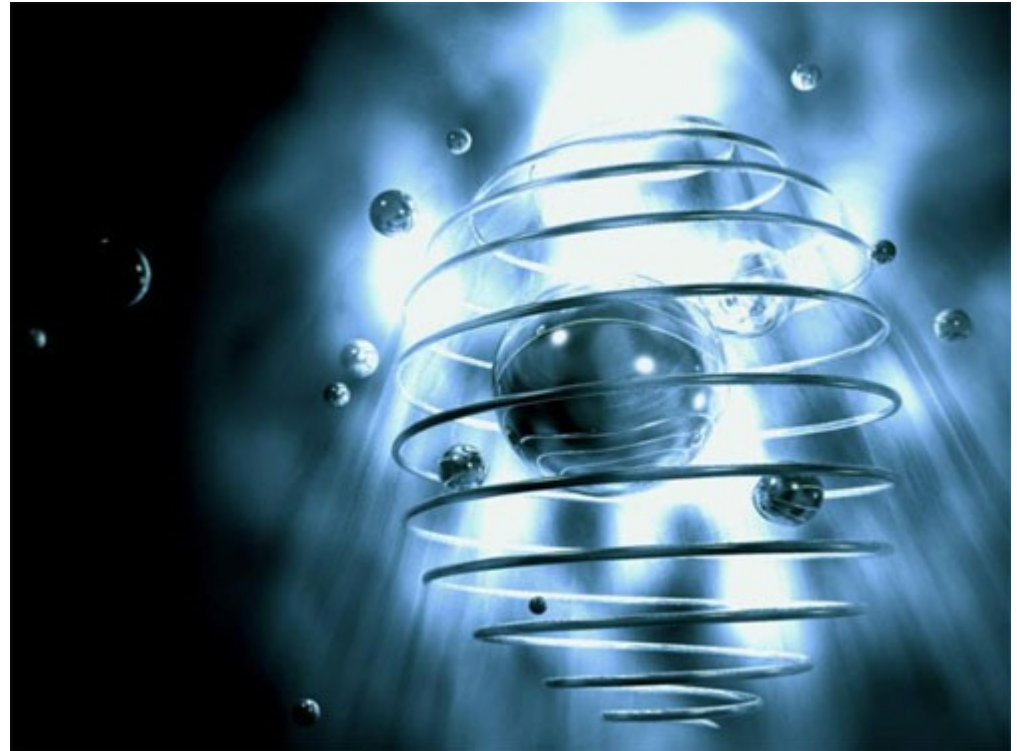
Elektronika molekularna - zalety.

- Możliwość łatwego zmieniania oporu elektrycznego.
- Dostępność potencjalnych materiałów.
- Zjawisko samoorganizacji.



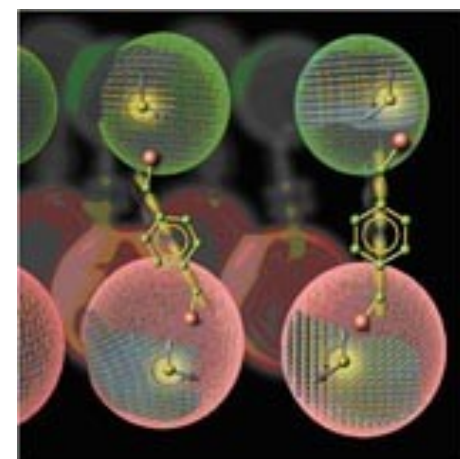
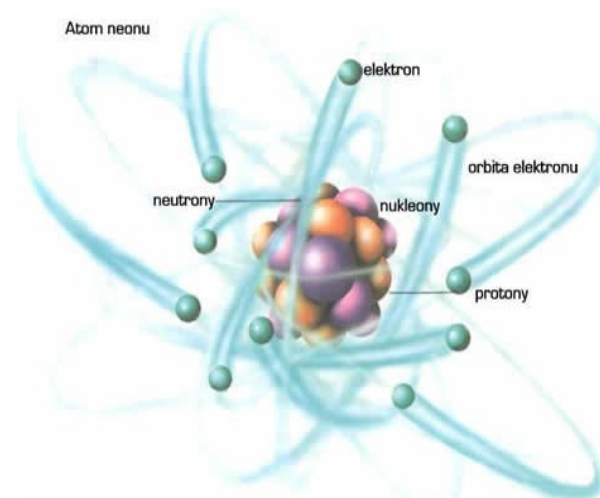
Komputer kwantowy.

- Komputer kwantowy - układ fizyczny do opisu którego wymagana jest mechanika kwantowa, zaprojektowany tak, aby wynik ewolucji tego układu reprezentował rozwiązanie określonego problemu obliczeniowego.



Podsumowanie.

- Wyszliśmy od pojęcia atomu.
- Kryształy a atomy.
- Półprzewodniki.
- Zjawiska w półprzewodnikach.
- Nanostruktury i metody ich badań.
- Fizyka klasyczna a kwantowa.
- Tranzystory i diody LED.
- Współczesna elektronika.
- Co dalej ?





Bardzo dziękuję za uwagę !