



Kratka povijest elektronike

Elektronika – 1. predavanje

ELEKTRONIKA - O KOLEGIJU

- Nositelj kolegija: Prof. dr. sc. Ivan Zulim
 - Laboratorij za sunčane ćelije i nanotehnologiju (B709)
 - E-mail: zulim@fesb.hr
- Asistenti:
 - Tihomir Betti (beti@fesb.hr)
 - Ivan Marasović (ivan.marasovic@fesb.hr)
- Kolokviji: 3 kolokvija u semestru



- J.J. Thomson

Pokus 1897.



ELEKTRON – grčka riječ za jantar



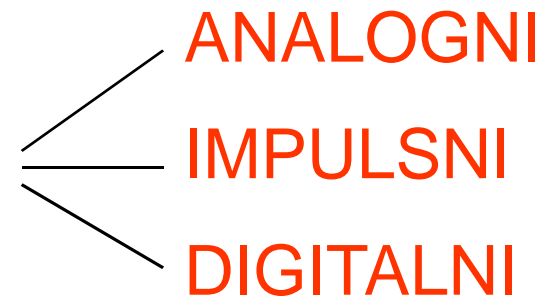
ELEKTRONIKA



ELEKTRONIČKI ELEMENTI



ELEKTRONIČKI SKLOPOVI



ELEKTRONIČKI SUSTAVI

- PLANARNA TEHNOLOGIJA
- MIKROELEKTRONIKA

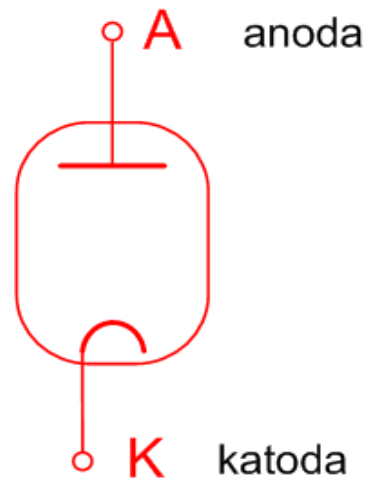
ELEKTRONIČKI ELEMENTI

(VAKUUMSKE CIJEVI)

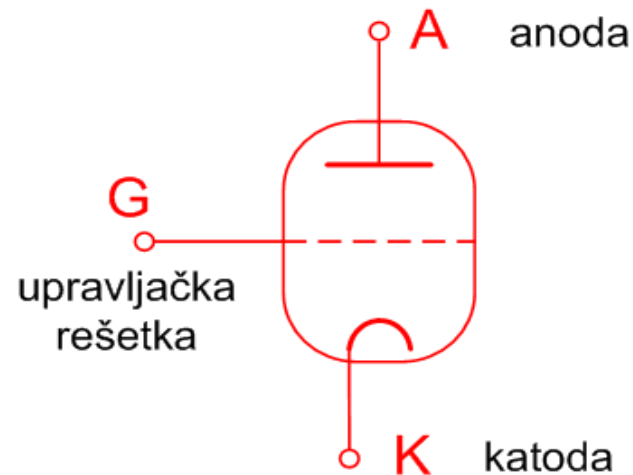
- J. A. Fleming : VAKUUMSKA DIODA

Prvo patentno pravo dodijeljeno za izum jednog elektroničkog elementa.

BRITISH PATENT SPECIFICATION,
No: 24850, 16th November, 1904.



- Lee de Forest (SAD), 1906: **TRIODA**

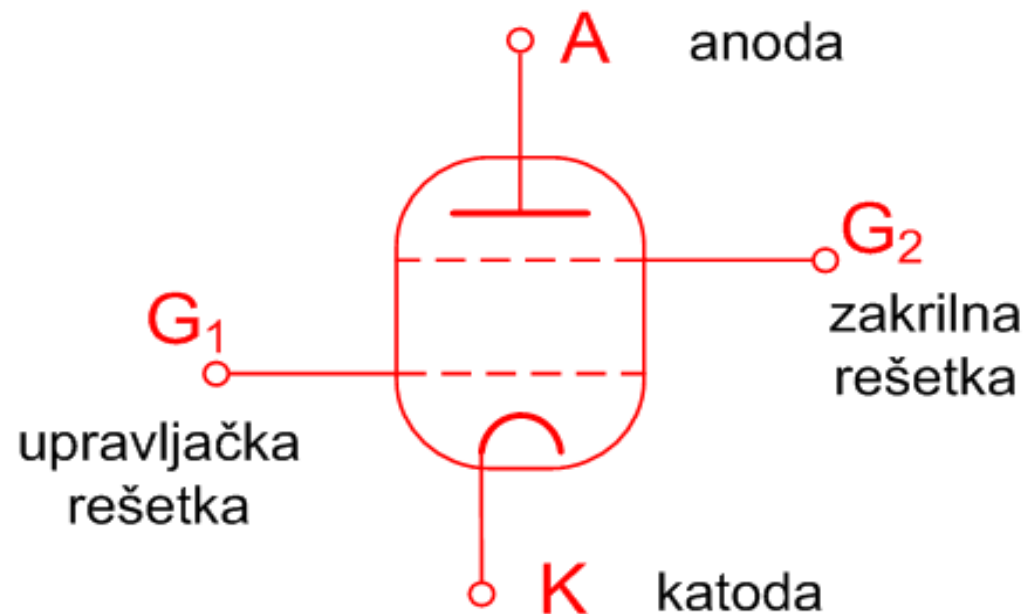


Emisija elektrona

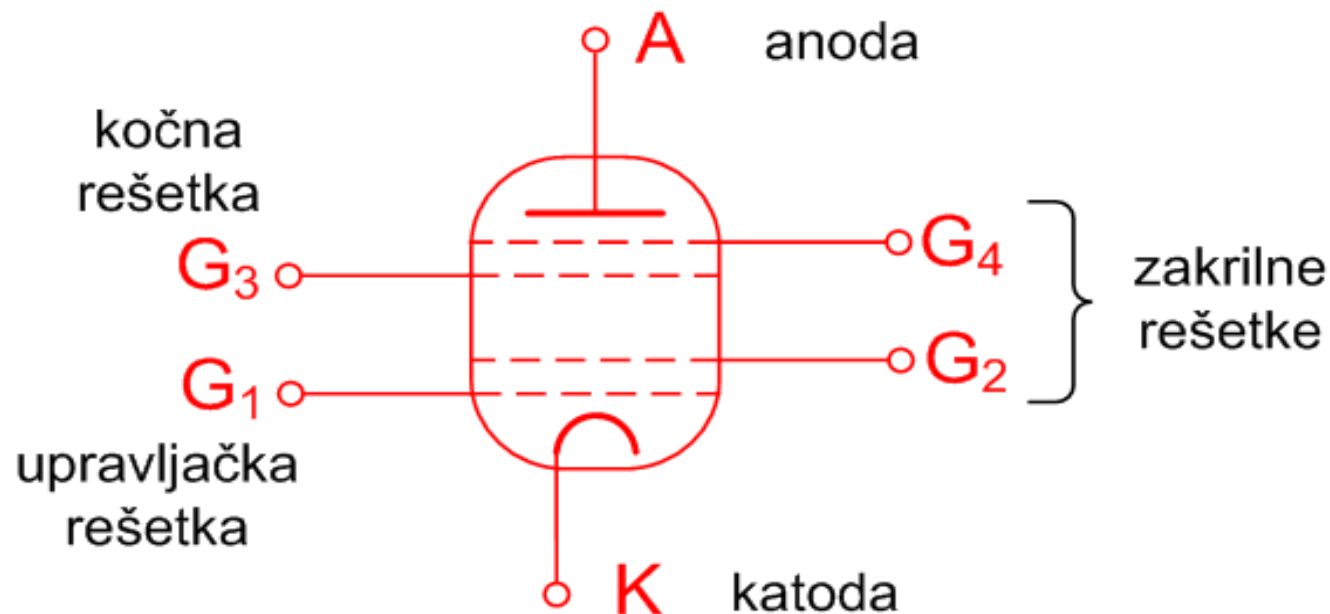
Prve volframove žarne niti: **Franjo Hanaman** (rođen u Županji 1876.) zajedno s A. Justom iz AUSTRIJE – patent 1903. (prodan 1910. u SAD za tadašnjih 250.000 USD).



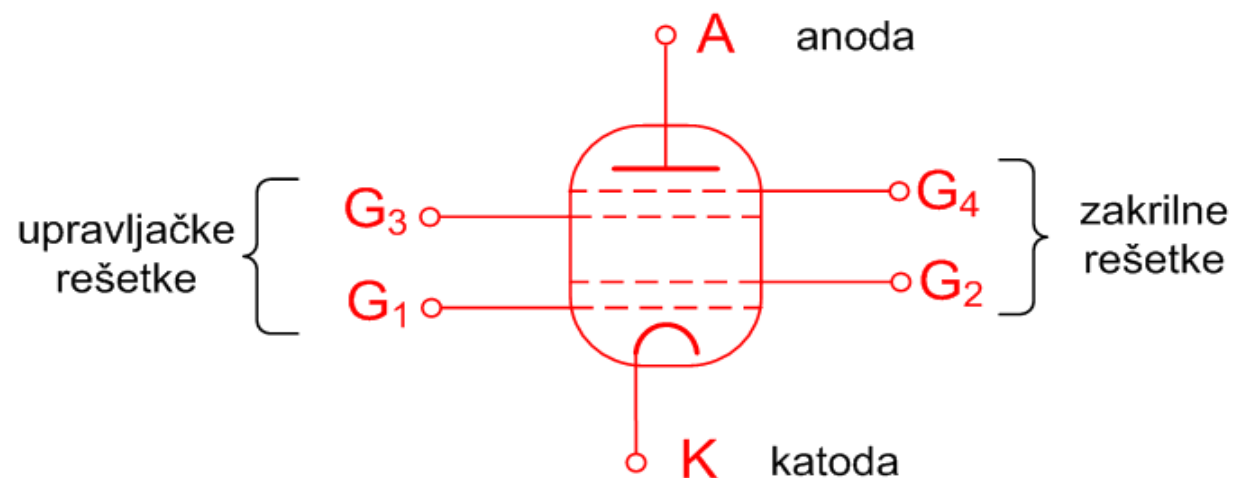
- A. W. Hull – ideja
- H. J. Round – ostvarenje 1926: **TETRODA**



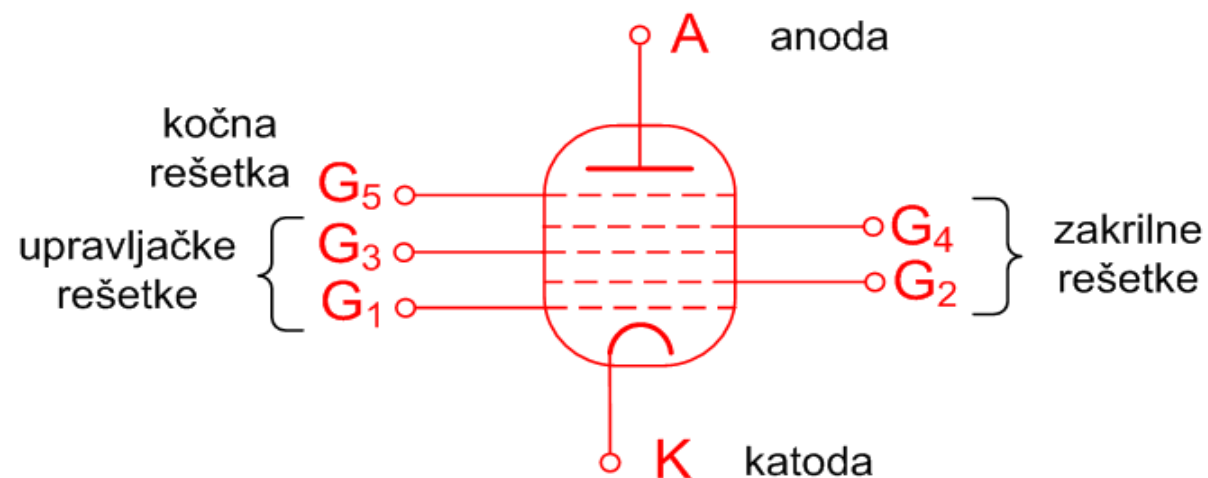
- 1928. Tellegen i Holst iz Philips Company u NIZOZEMSKOJ: **PENTODA**



- HEKSODA

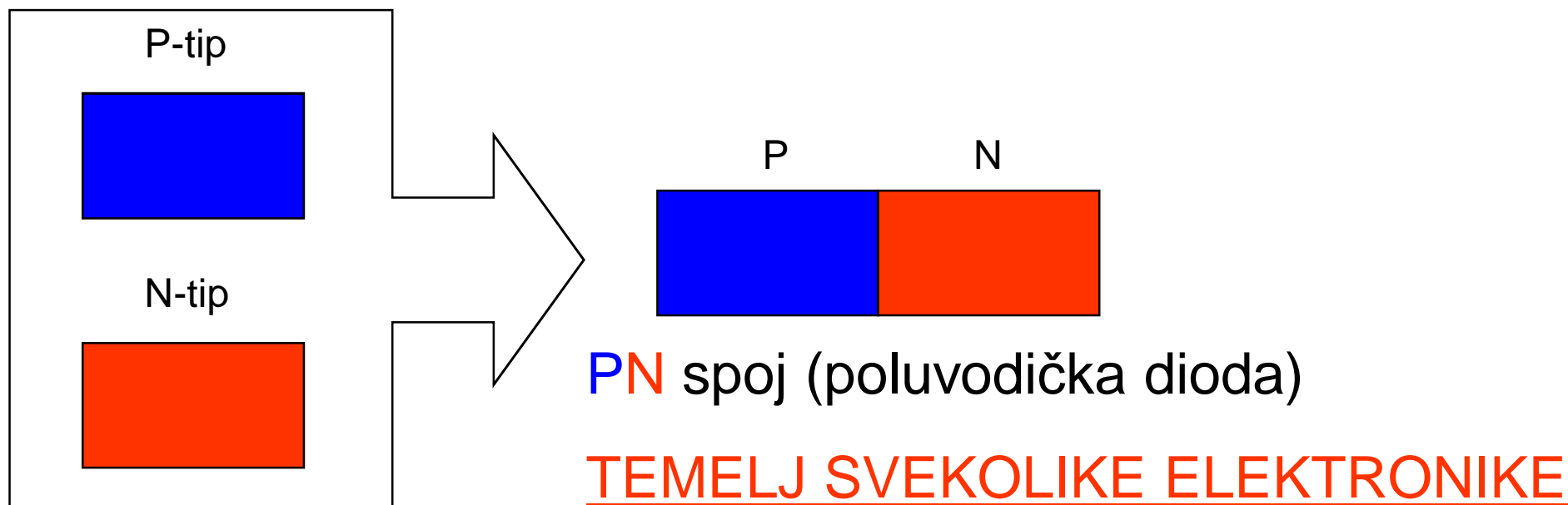


- HEPTODA



Poluvodički elektronički elementi

- Od 1920-1945. istraživanja temeljnih svojstava poluvodiča i metala
- **POLUVODIČI**

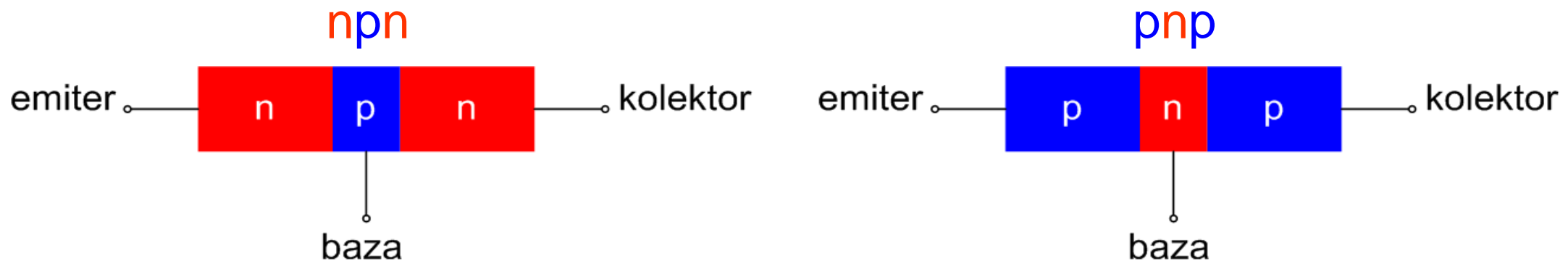


Bipolarni tranzistor

- Prvi članak o tranzistoru publicirali su J. Bardeen i W. Brattain 25.6.1948. pod naslovom “[The Transistor, A Semiconductor Triode](#)” u časopisu Physical Review, a Bell Telephone Laboratories obznanio je otkriće tranzistora na konferenciji za novinare [30.6.1948](#). Bio je to **TOČKASTI TRANZISTOR** od polikristala germanija.
- Potkraj 1949. godine umjesto polikristala upotrebljava se monokristal.

Prijelaz s polikristalnih materijala na monokristalne je ključan u razvoju poluvodičke tehnologije.

- G. Teal i J. Little koriste tehniku izvlačenja – Cz postupak (prof. JAN CZOCHRALSKI) 1916. god.
- Shockley je predložio da se točkasti kontakti zamijene pn-spojevima (SPOJNI TRANZISTOR)
- W. Shockley, J. Bardeen i W. Brattain dobili su 1956. godine Nobelovu nagradu za fiziku za njihov rad na otkriću tranzistora.
- Spojni tranzistor:



Tranzistor s efektom polja

- W. Shockley je 1951. godine teorijski definirao spojni tranzistor s efektom polja (JFET).
- JFET (JUNCTION FIELD EFFECT TRANSISTOR)
- Godine 1959. M. Atalla (Bell Telephone Laboratories) predložio je praktičnu izvedbu FET-a pomoću oksidirane površine silicija.
- Upotreba oksida kao pasivizirajućeg materijala za zaštitu površine silicija je temelj planarne tehnologije koju je u FAIRCHILD-u razvio fizičar J. HOERNI.



Tranzistor s efektom polja (2)

- **MOSFET** (METAL-OXIDE-SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTOR)
- Godine 1960. istraživači M. ATALLA i D. KAHNG napravili su prvi MOSFET.
- Dvije godine kasnije S.R. HOFSTEIN i P. HEIMAN (RCA) dobivaju patentno pravo za proizvodnju MOSFET-a.



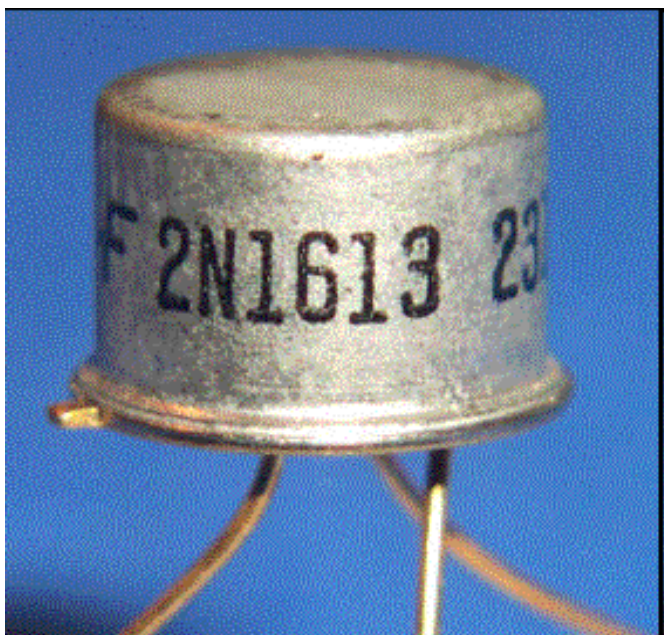
Planarna tehnologija

- 1952. godine G.W.A. Dummer (Royal Radar Establishment u ENGLESKOJ) je na ELECTRONIC COMPONENTS CONFERENCE u WASHINGTON-u rekao:

“Na ovom stupnju želio bih zaviriti u budućnost. S pojavom tranzistora i poluvodiča općenito čini se mogućim zamisliti elektroničku opremu u čvrstom bloku bez žica za povezivanje. Blok se može sastojati od slojeva izolirajućih, vodljivih, ispravljačkih i pojačavajućih materijala, pri čemu bi se elektroničke funkcije dobivale izrezivanjem površine različitih slojeva.”

Planarni integrirani sklopovi

- Prvi tranzistor u planarnoj tehnologiji pojavio se 1961. godine, a te iste godine pojavio se na tržištu i prvi komercijalni **planarni integrirani sklop**.



Fairchild 2N1613, prvi planarni Si bipolarni (NPN) tranzistor, 1960.

Elektronički sklopovi

- Analogni – tranzistor kao pojačalo
- Impulsni – tranzistor kao sklopka
- Digitalni – logički sklopovi



- ARISTOTEL (logika dva stanja)
- GEORGE BOOLE (1815 – 1864)
- ALGEBRA

Booleove jednakosti:

$$A+B+C=(A+B)+C=A+(B+C)$$

$$A+B=B+A$$

$$A+A=A$$

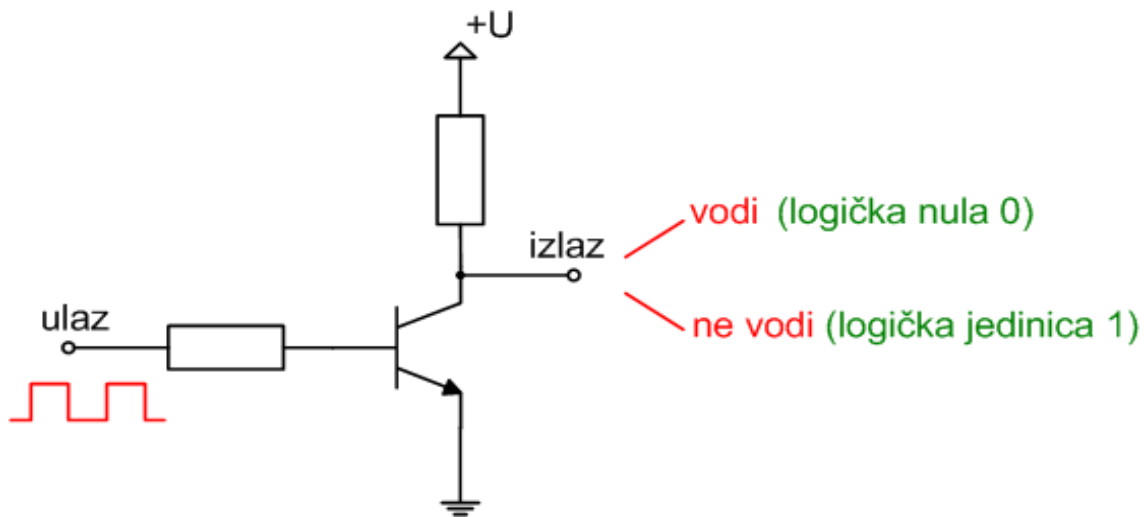
$$A+1=1$$

$$A+0=A$$

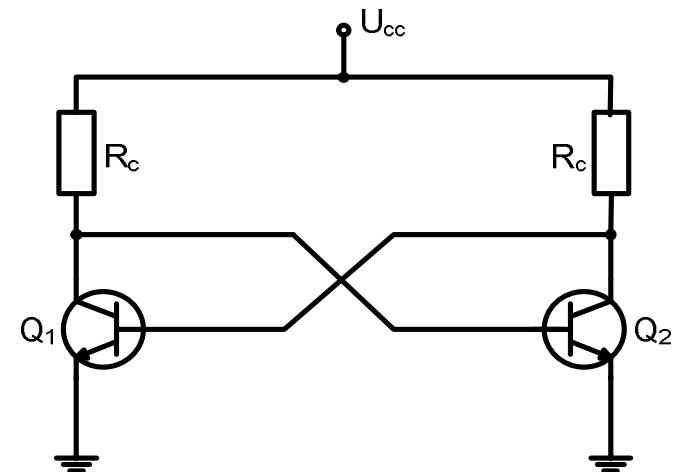
A, B i C mogu biti 0 ili 1



Generiranje logičke nule i jedinice i pamćenje



Tranzistor kao sklopka



Bistabil (Eccles i Jordan, 1919.) – osnovna jedinica memorije

Elektronički sustavi

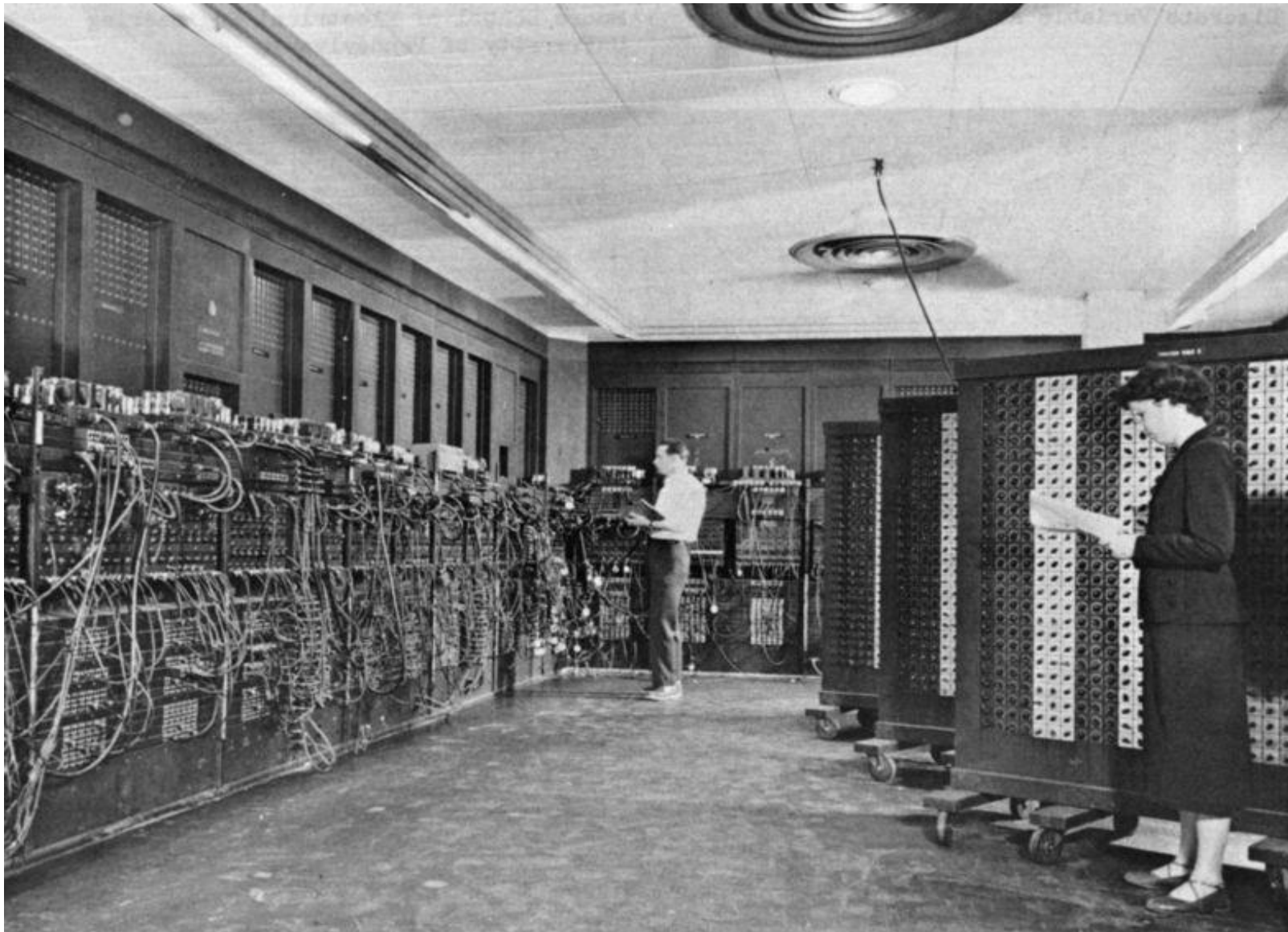
- Telefonija
- Radiokomunikacije

} Prvi sustavi s
vakuumskim cijevima

- Računala

Prvo računalo ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) proizvedeno je 1946. godine na MOOR SCHOOL of Electrical Engineering (University of Pennsylvania – SAD), a sastojalo se od 18000 elektronskih cijevi u prostoru 10 x 13 m.





ENIAC

Mikroelektronika

- MICROCHIP

R. Noyce je 30. srpnja 1959. godine podnio US patentnom uredu patentnu prijavu pod naslovom:

“Semiconductor Device-and-Lead Structure”

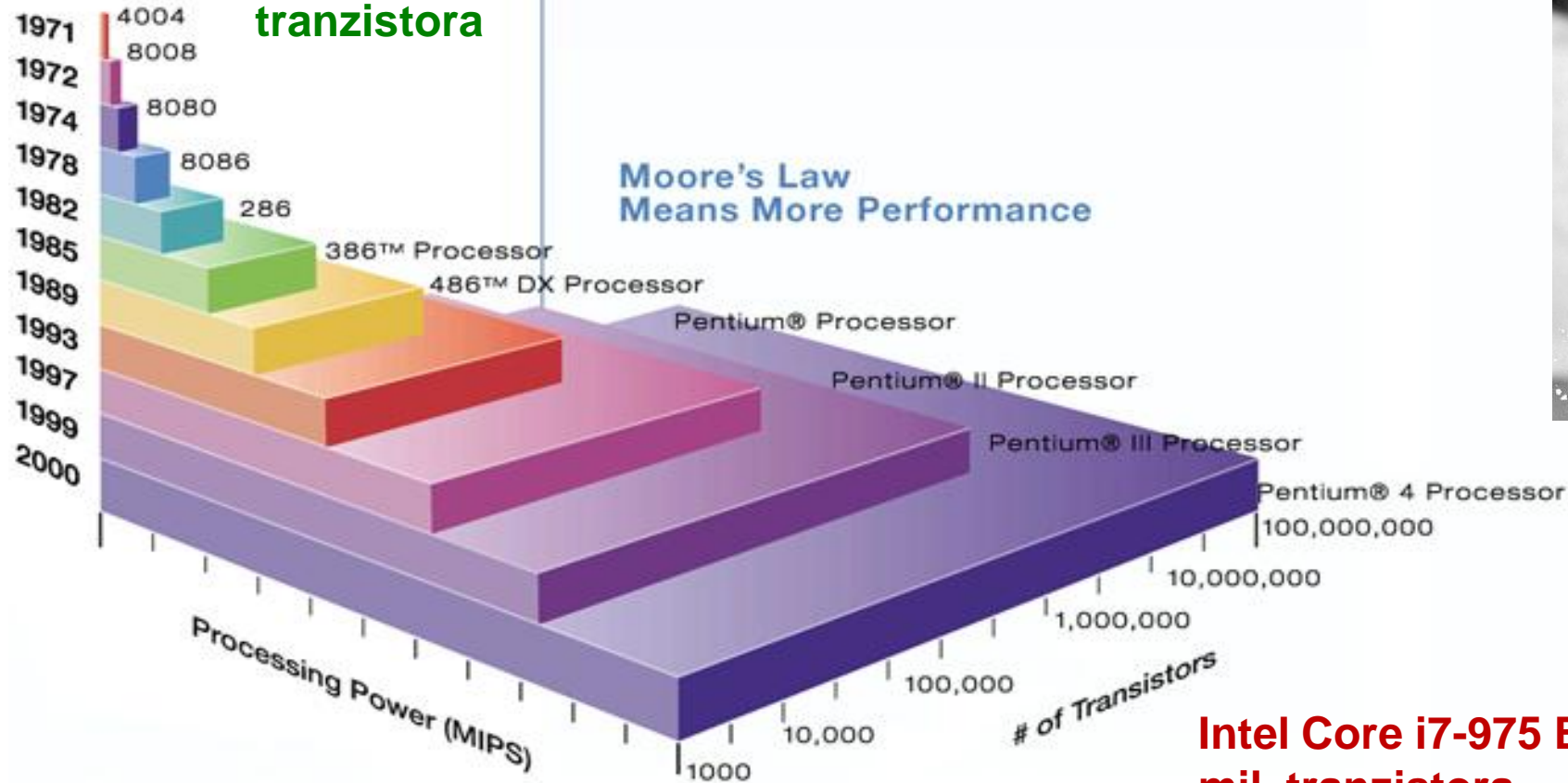
Patentno pravo mu je priznato pod brojem patenta 2,918.877 25. travnja 1961. godine.

- FAIRCHILD je po tom patentu proizveo prvi MICROCHIP.



Moore-ov zakon

Intel 4004 (1971.) – 2300
tranzistora



Intel Core i7-975 Extreme (2009.) – 731
mil. tranzistora

Prema nanoelektronici

- Richard P. Feynman (1918-1988)



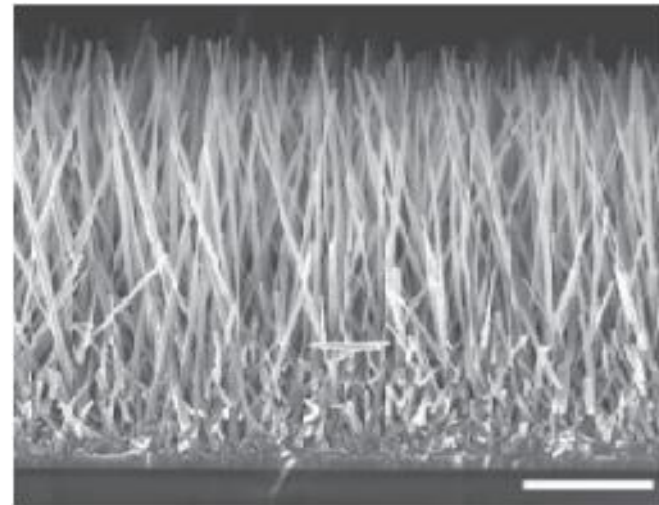
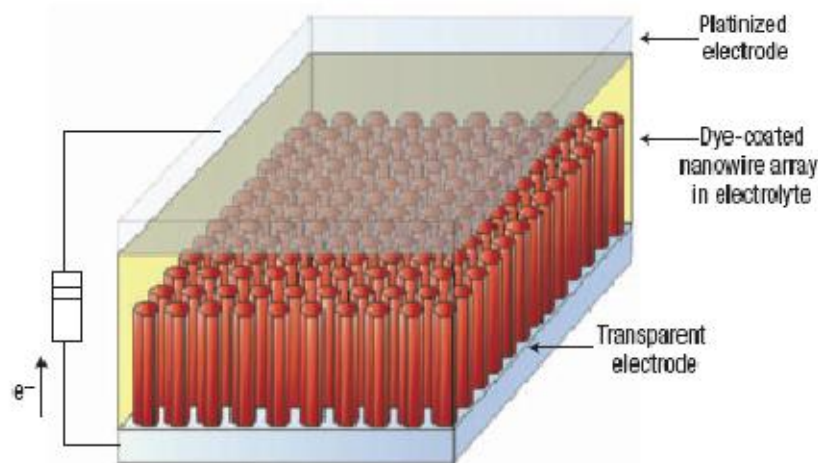
21.12.1959. na godišnjem skupu društva američkih fizičara održao je govor “**There’s Plenty of Room at the Bottom**”:

What I want to talk about is the problem of manipulating and controlling things on a small scale.

But I am not afraid to consider the final question as to whether, ultimately---in the great future---**we can arrange the atoms the way we want; the very atoms**, all the way down! What would happen if we could arrange the atoms one by one the way we want them (within reason, of course; you can't put them so that they are chemically unstable, for example).

“Treća generacija” sunčanih ćelija

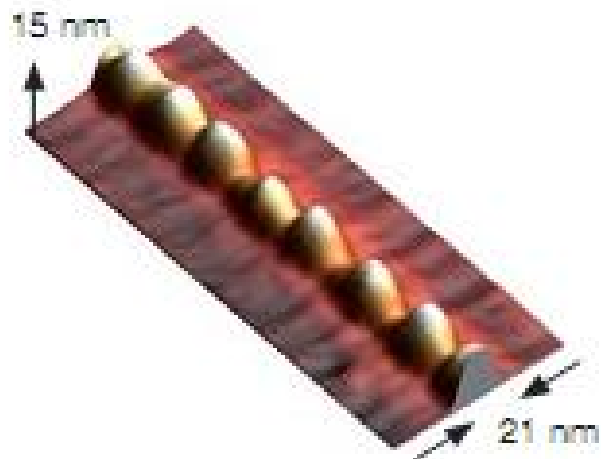
- Karakteristike sunčanih ćelija “treće generacije”:
 - Veća djelotvornost
 - Jeftinija proizvodnja
 - Savitljive
- Nanostrukture za sunčane ćelije: nanocijevi, nanožice, kvantne točke i dr.



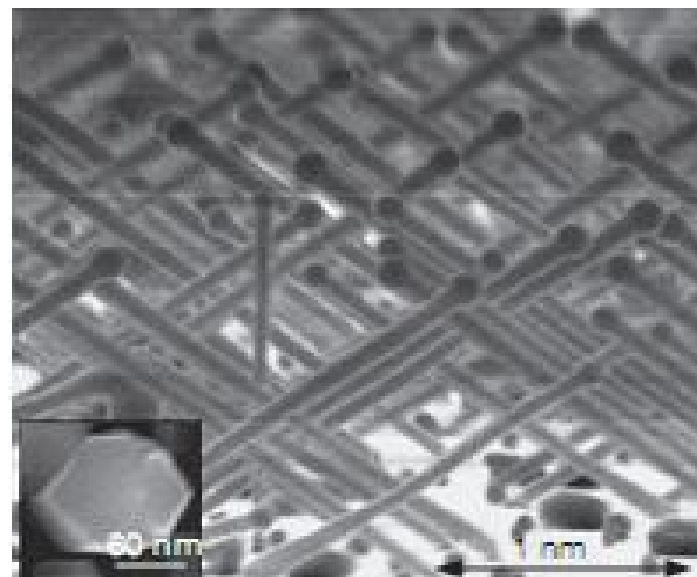
Walter Schottky Institut, München



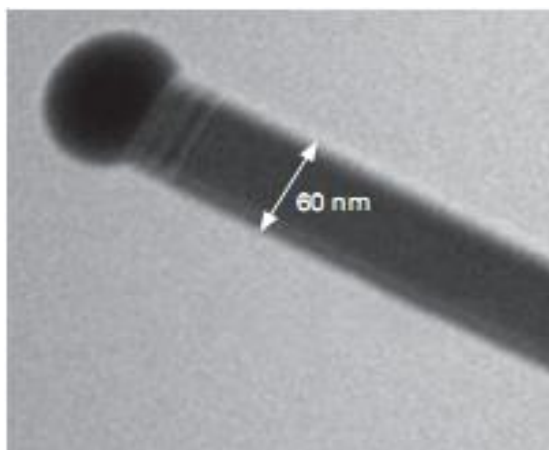
Istraživanja nanostruktura na WSI



AFM (Atomic Force Microscopy) slika niza kvantnih točaka od InAs



SEM (Scanning Electron Micrograph) slika polja nanožica od GaAs na GaAs podlozi



TEM (Transmission Electron Micrograph) slika GaAs nanožice proizvedene pomoću MBE (Molecular Beam Epitaxy)

Proizvodnja nanostruktura na WSI

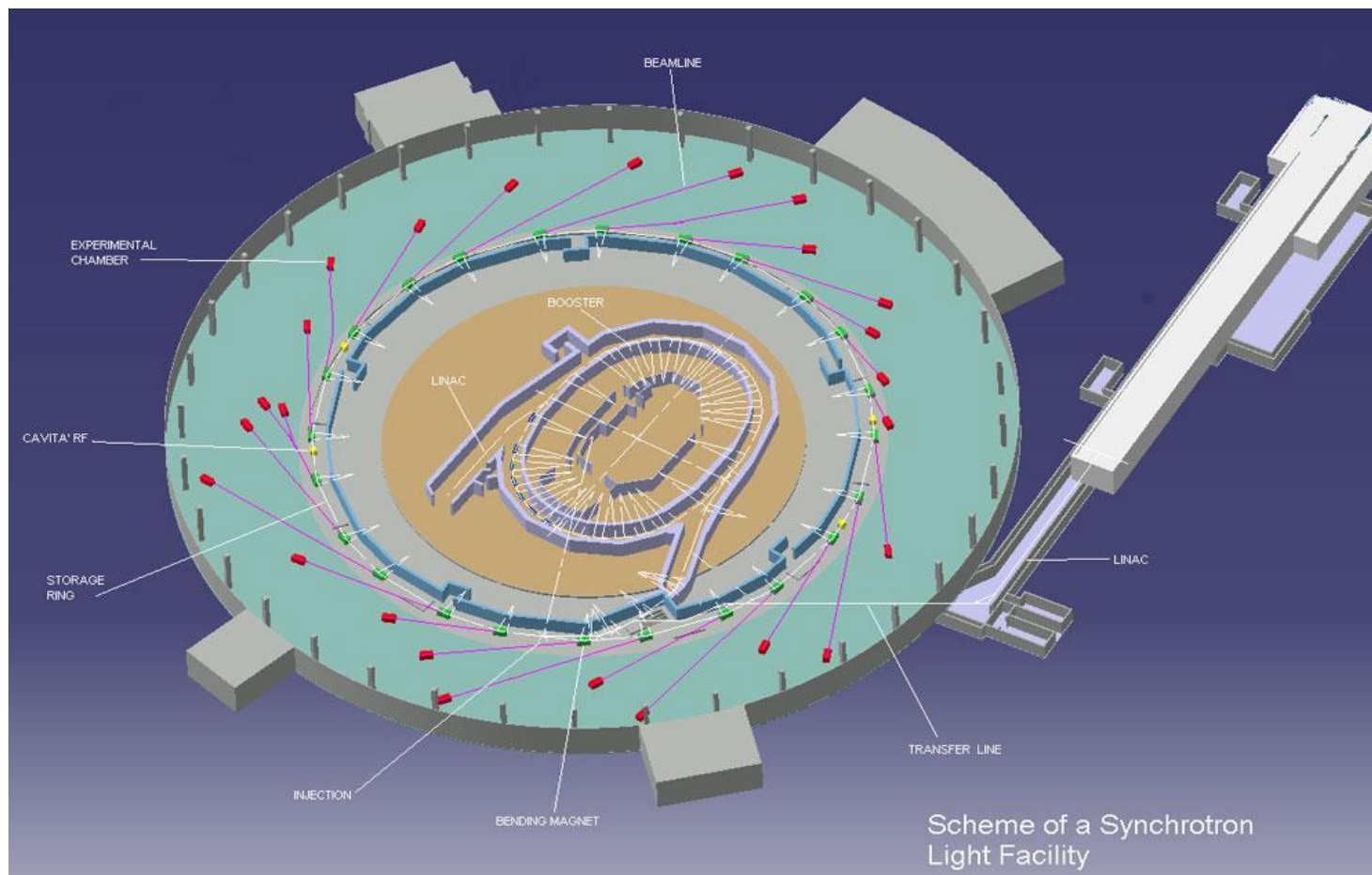


MBE (Molecular Beam Epitaxy) sustav



MOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) sustav

Ispitivanje nanostruktura sinkrotronskim zračenjem

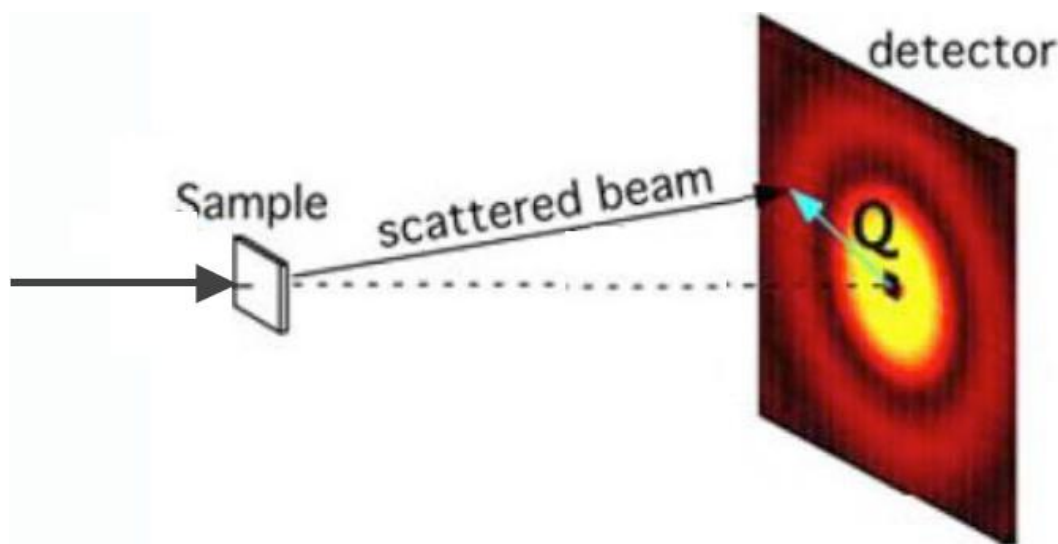


ELETTRA, TRIESTE:

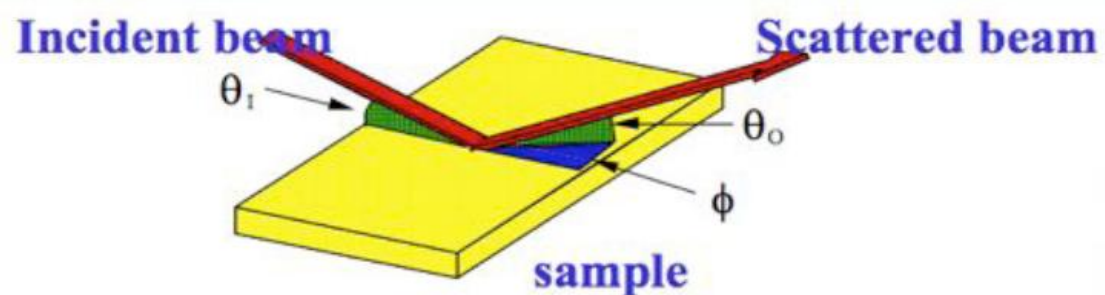
- Opseg 259,2 m
- Energija zrake: 2 GeV / 2,4 GeV
- 19 postojećih eksperimenata i nova 4 u početnoj fazi

Metode ispitivanja novih materijala

- SAXS – Small Angle x-Ray Scattering
- GISAXS – Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering



SAXS



GISAXS