



Univerzitet u Beogradu Matematički fakultet

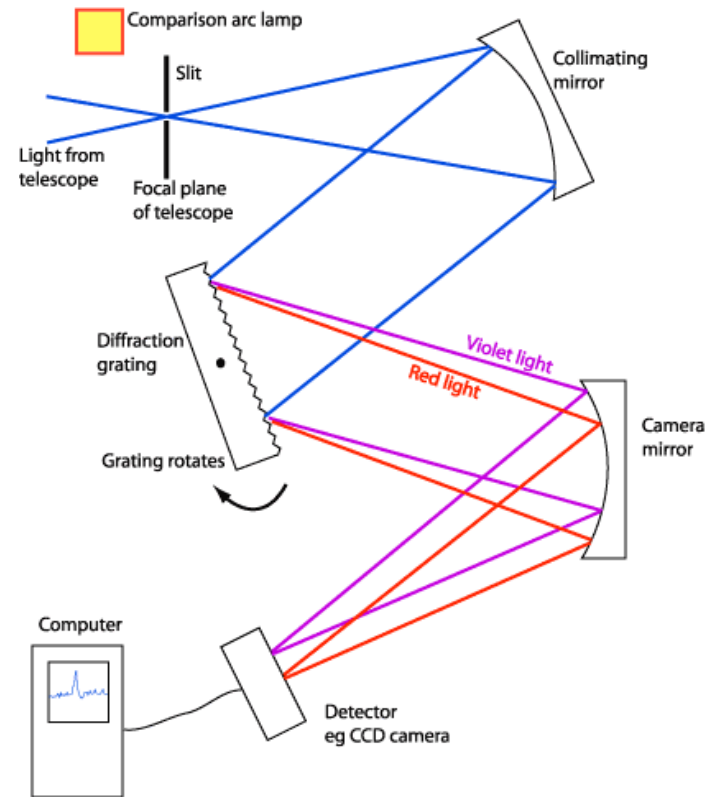
Spektralni uređaji i svetlosni detektori

Đorđe Savić



Spektroskopi

- Uređaji za detaljno izučavanje raspodele fluksa ili intenziteta po talasnim dužinama (frekvencijama).
- Linije – koriste se visokorezolucioni spektroskopi
- Kontinuum – koriste se spektroskopi niže rezolucije.



A Schematic Diagram of a Slit Spectrograph





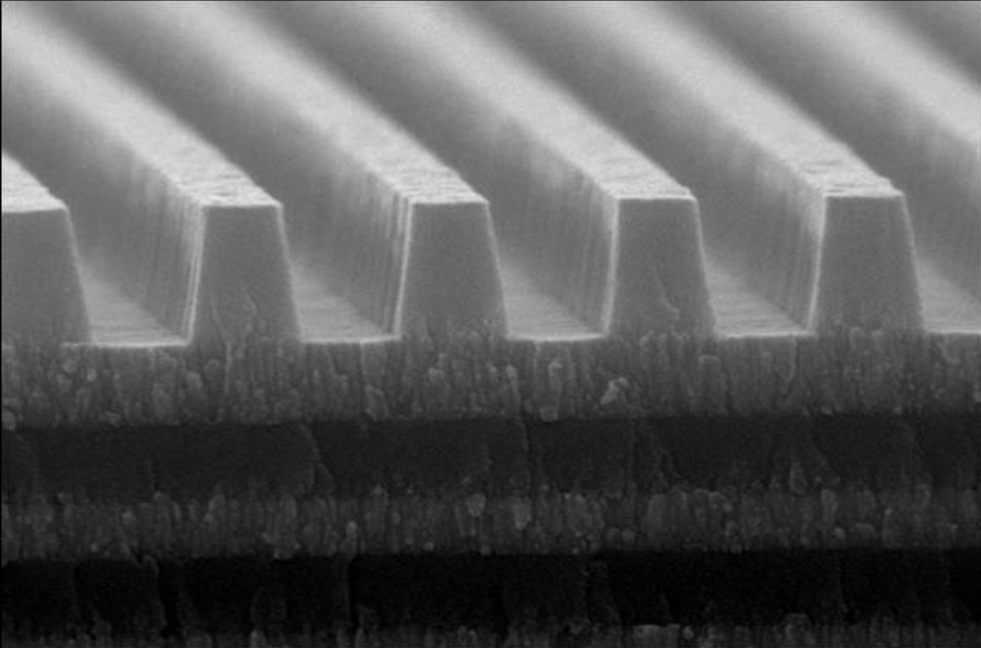
- Solarni spektrograf, opservatorija Ondřejov, Češka Republika



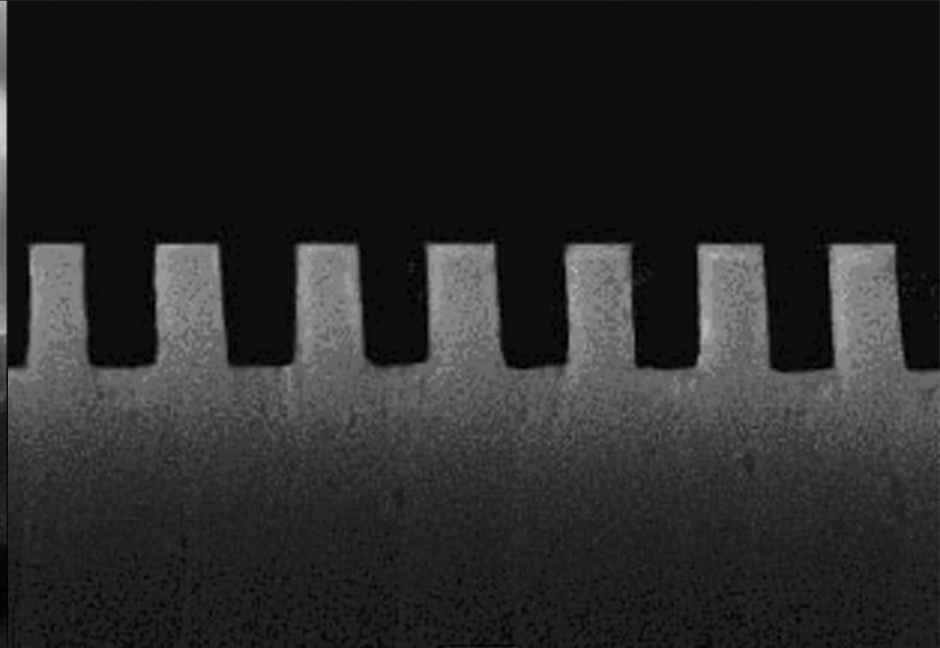
Difrakciona rešetka

- Najčešće korišćeni disperzioni element je ravna rešetka.
- Sastoji se od velikog broja paralelnih zarezova.
- Zarezovi su istog oblika i ekvidistantno su postavljeni.
- Može imati i po hiljadu zarezova na jednom milimetru.
- Tipične dimenzije su $\sim 20\text{mm}$, a neke od najvećih su $\sim 350\text{-}400\text{ mm}$.

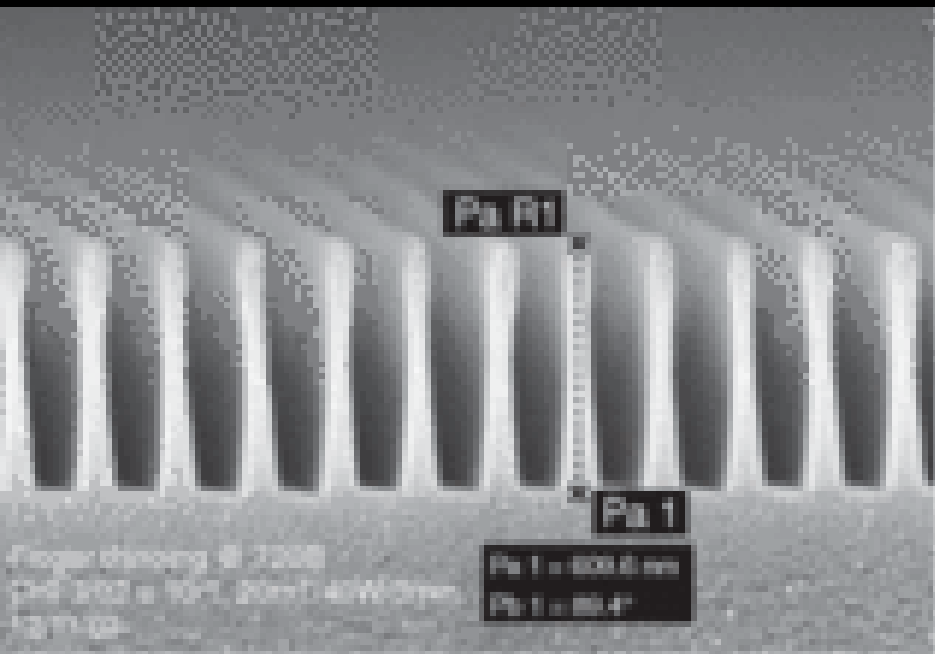




43,200x 15.0 kV 1µm AMRAY 14 SEP 06 #0000



20kV X10,000 1µm JSM-6360LA



Proper cleaning @ 7000
 240-270 @ 1000, 2000, 4000, 8000
 1377-02

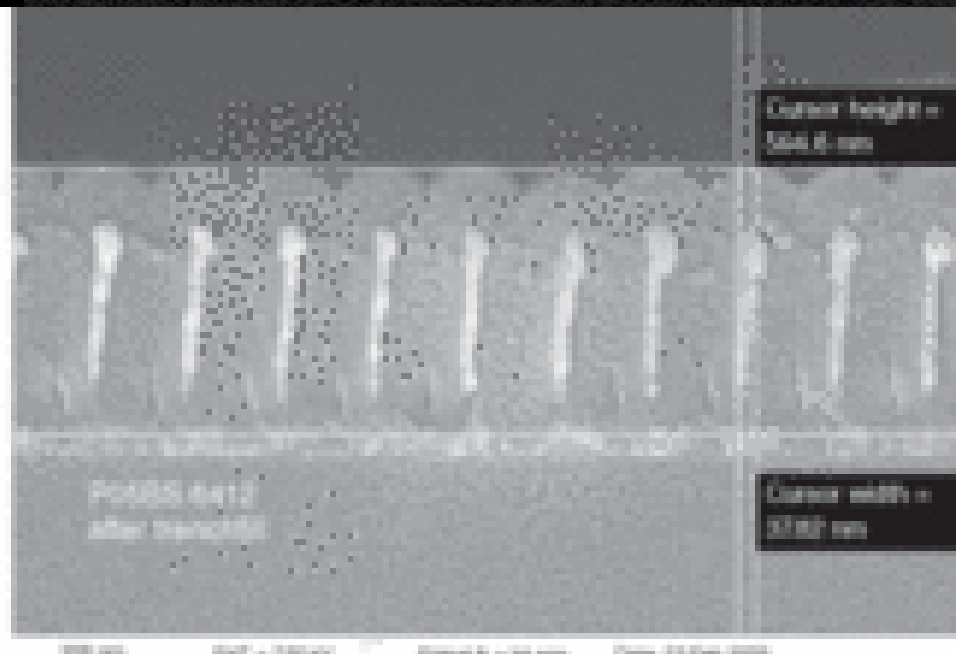
Pa Rt

Pa 1

Pa 1 = 600.0 nm

Pa 1 = 60.4°

Mag = 50000.0x 200 nm 500V x 5.00kV 100.0 µm Signal = 10.0kV 1000 Date = 08 Sep 2006 Time = 11:00:00



POSS 4413
 after transfer

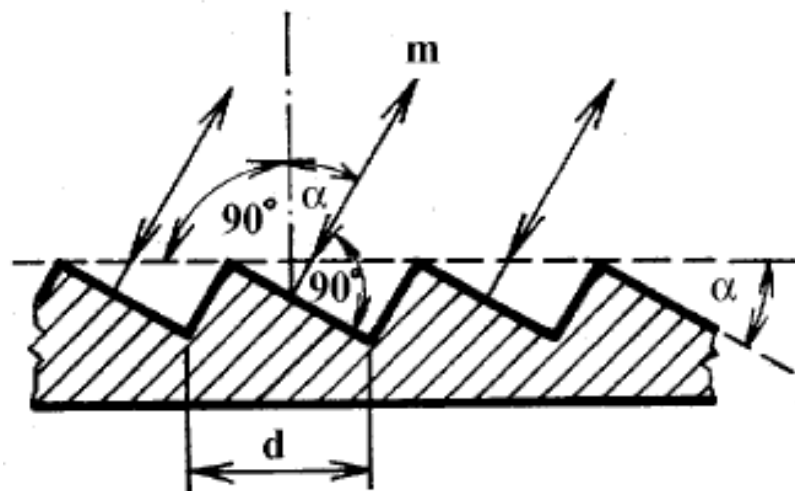
Current height =
 504.6 nm

Current width =
 33.87 nm

200 nm 500V x 5.00kV 100.0 µm Signal = 10.0kV 1000 Date = 08 Sep 2006 Time = 11:00:00

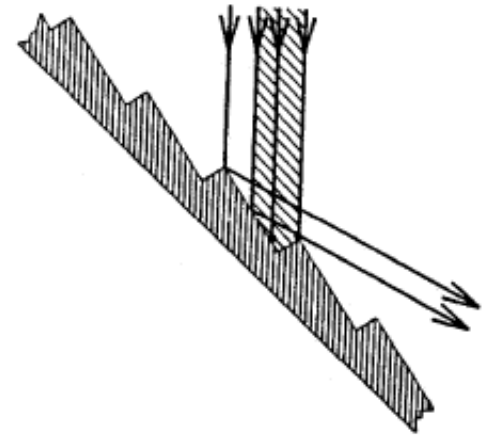
Refleksiona rešetka

- Povećanje razdvojne moći sa redom spektra, ali se smanjuje svetlosna moć.
- Svetlosna moć se povećava sa povećanjem refleksije u određenom pravcu (ugao α).
- $n \sim 200$, oko 80 zarezova po 1mm.
- Ešel rešetka.

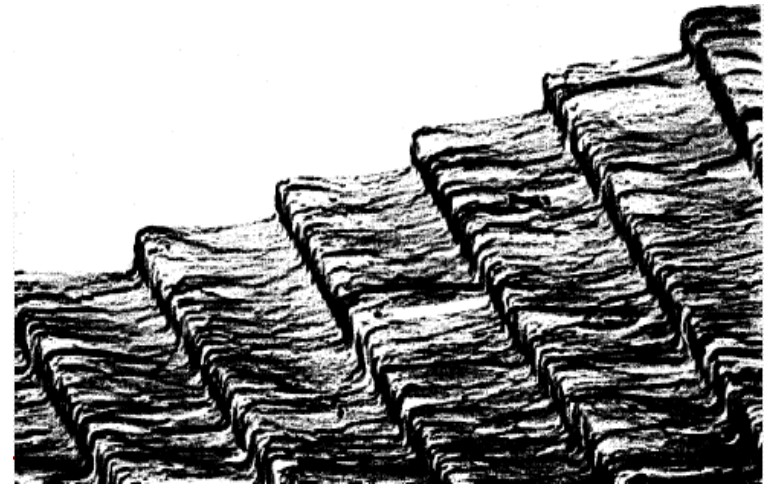
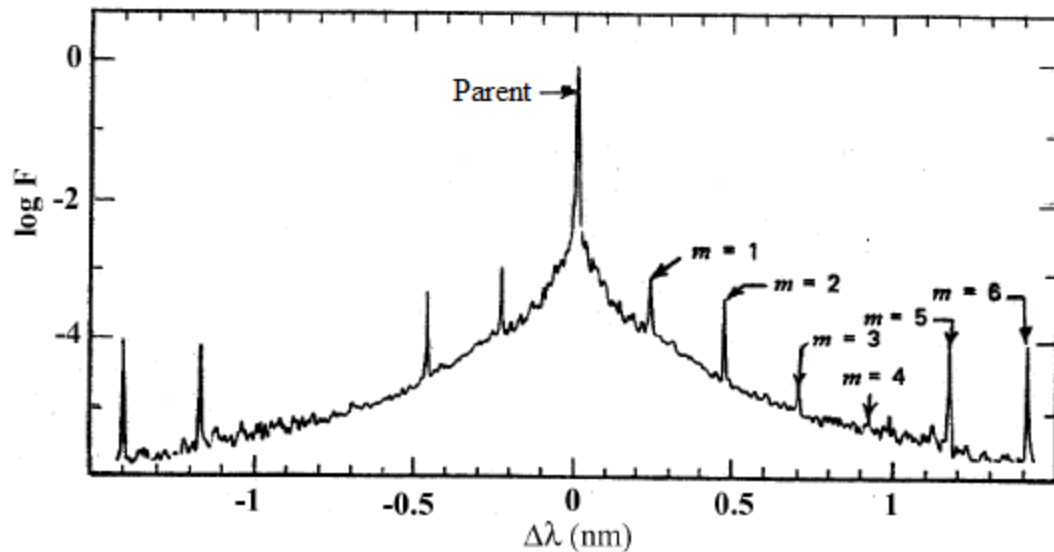


Problemi

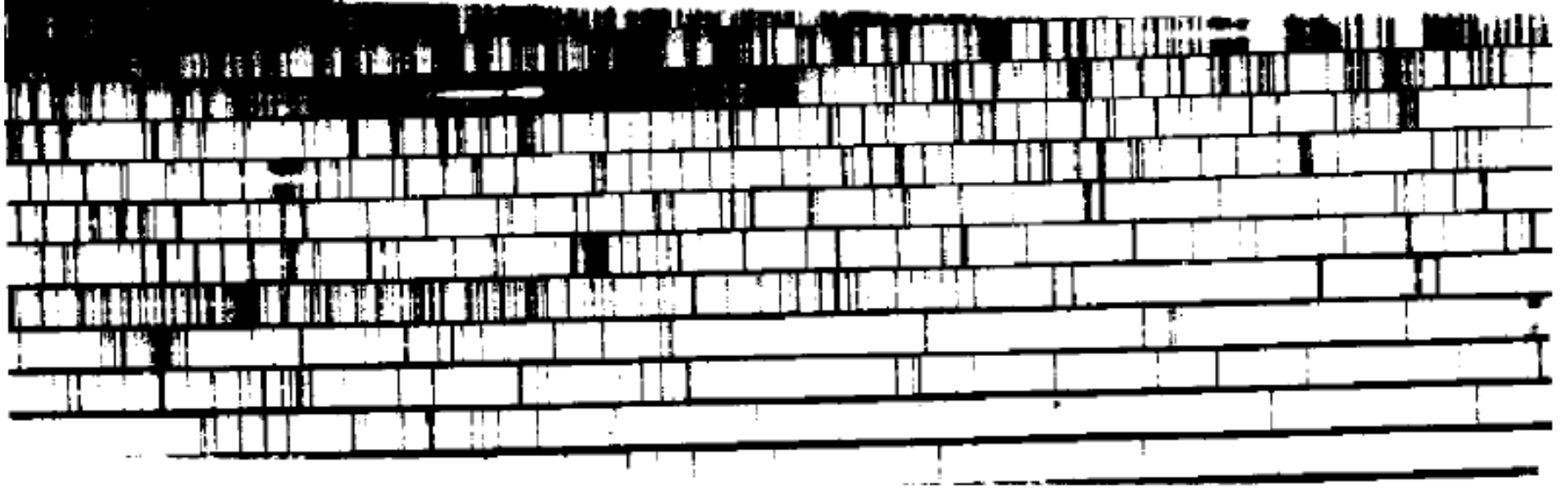
- Za povećanje reda spektra ugao α treba da bude što veći (zid naredne strane smeta).
- Maksimumi raznih talasnih dužina se mogu preklapati.
- Za redove $n \sim 100$ neophodno je da se oni prvo razdvoje.



- Periodična greška mašine za urezivanje zareza.
- Javljaju se linije duhovi (ghost lines), kod dobrih rešetki su i 1000 puta slabije.
- Rasejanje svetlosti zbog neravnomernosti, što smanjuje svetlosnu moć, a povećava pozadinski šum.



Ešel spektar Sunca



Detektori

- Oko
- Fotoploča
- Fotomultiplikator
- CCD kamera (Charged Coupled Devices)



Fotoploča

- Masovno korišćene do 1970., kada ih zamenjuju elektronski detektori.
- Veliki broj piksela po ekspoziciji: 40x40cm $\rightarrow 10^9$ detekcionih elemenata.
- Vrlo niska i nelinearna kvantna efikasnost $\sim 0.1\%$.
- Duga ekspozicija.

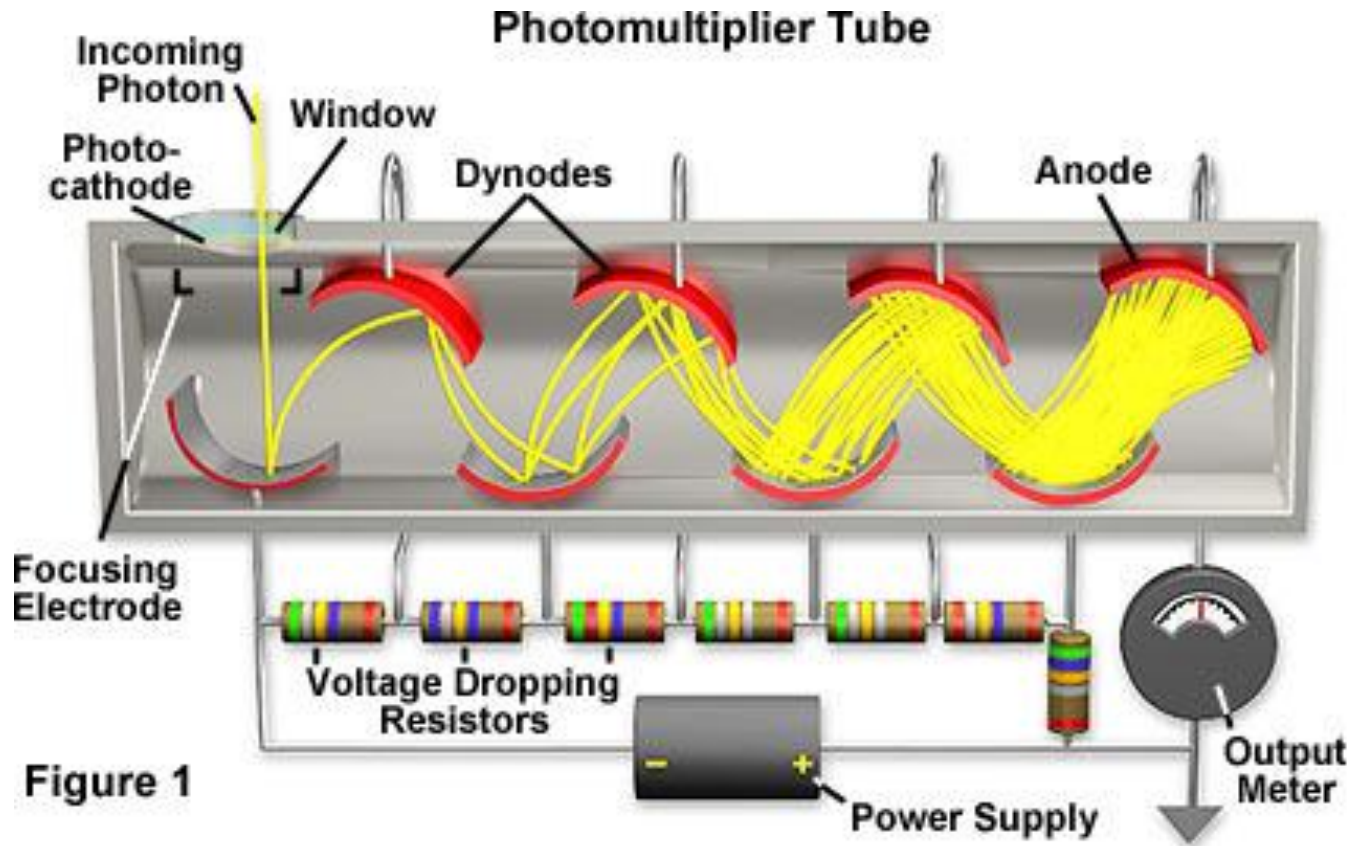


Fotomultiplikator

- Zasniva se na fotoefektu.
- Fotostruja se pre merenja dodatno pojačava dodavanjem lanca dinoda (šum se takođe povećava).
- Dinode omogućavaju fotoelektrone koji nastaju pri interakciji fotona i katode.

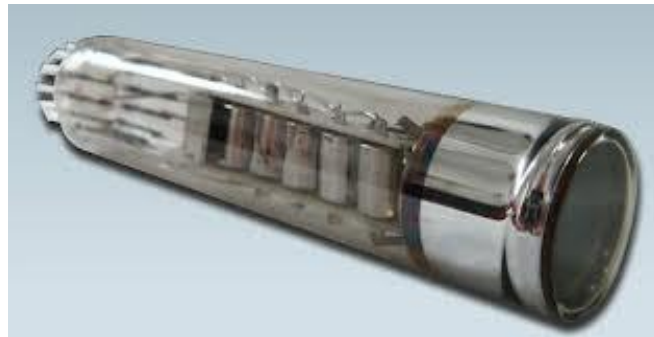


Šema fotomultiplikatora





- Ukupno pojačanje fotostruje oko $10^6 - 10^9$.
- Veoma brza reakcija na promenu fluksa upadnih fotona 10^{-6} s.
- Uspešna merenja kod izvora sa kratkotrajnim promenama sjaja.



CCD kamere

- Napravljene 1969. godine. – upotreba u kompjuterskoj memoriji.
- Krajem 70tih godina se pojavljuju u astronomiji.
- Mogućnost skupljanja svetlosti teleskopa povećana za 2 reda veličine.
- Rad se zasniva na fotoelektričnom efektu u silicijumskom čipu.



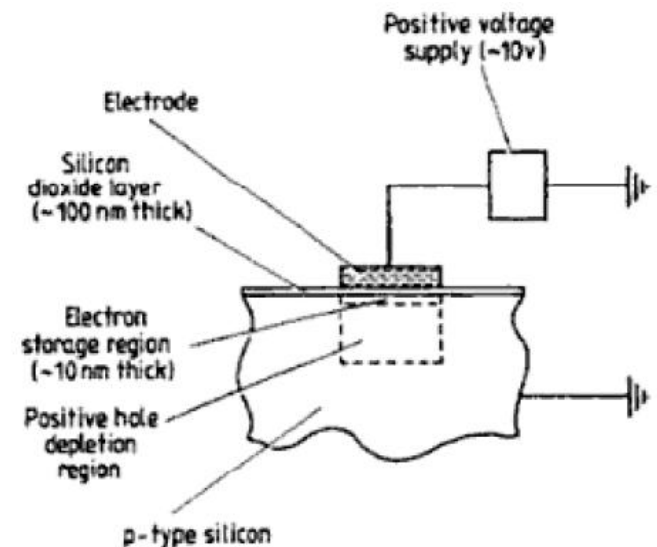
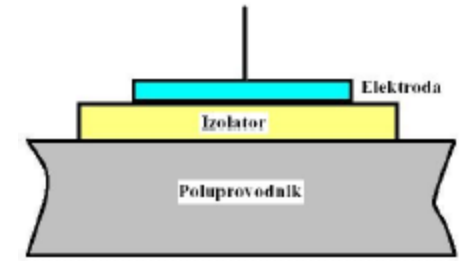
Način funkcionisanja

- Najveći broj elektrona Si je u valentnoj zoni koji pod dejstvom fotona prelaze u provodnu zonu.
- U provodnoj zoni elektron je slobodan da se kreće kroz kristal ostavljajući šupljine u valentnoj zoni.
- Uvođenjem slabog električnog polja (veliki broj malih elektroda) ne dolazi do rekombinacije, već elektroni bivaju zarobljeni.

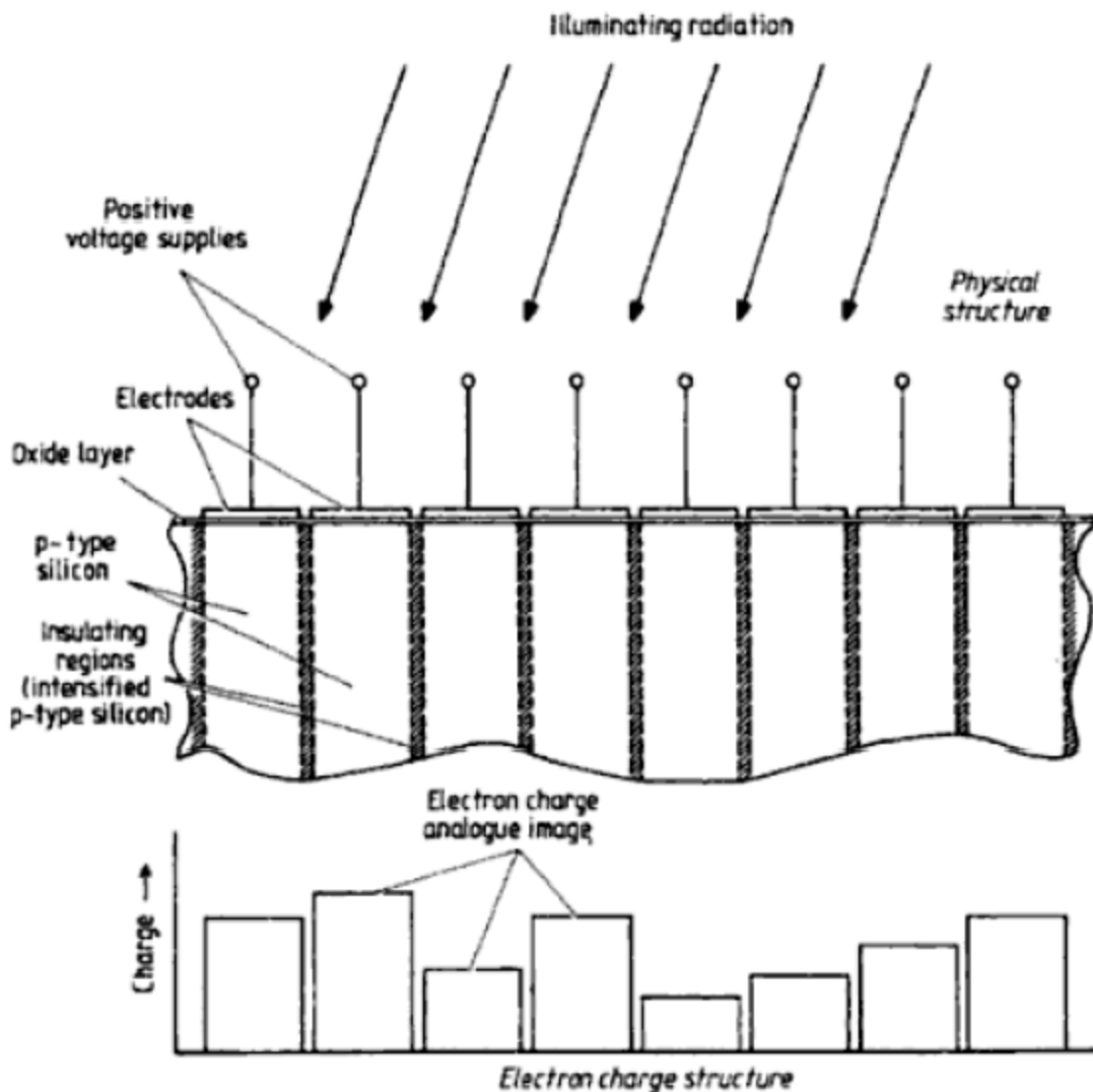


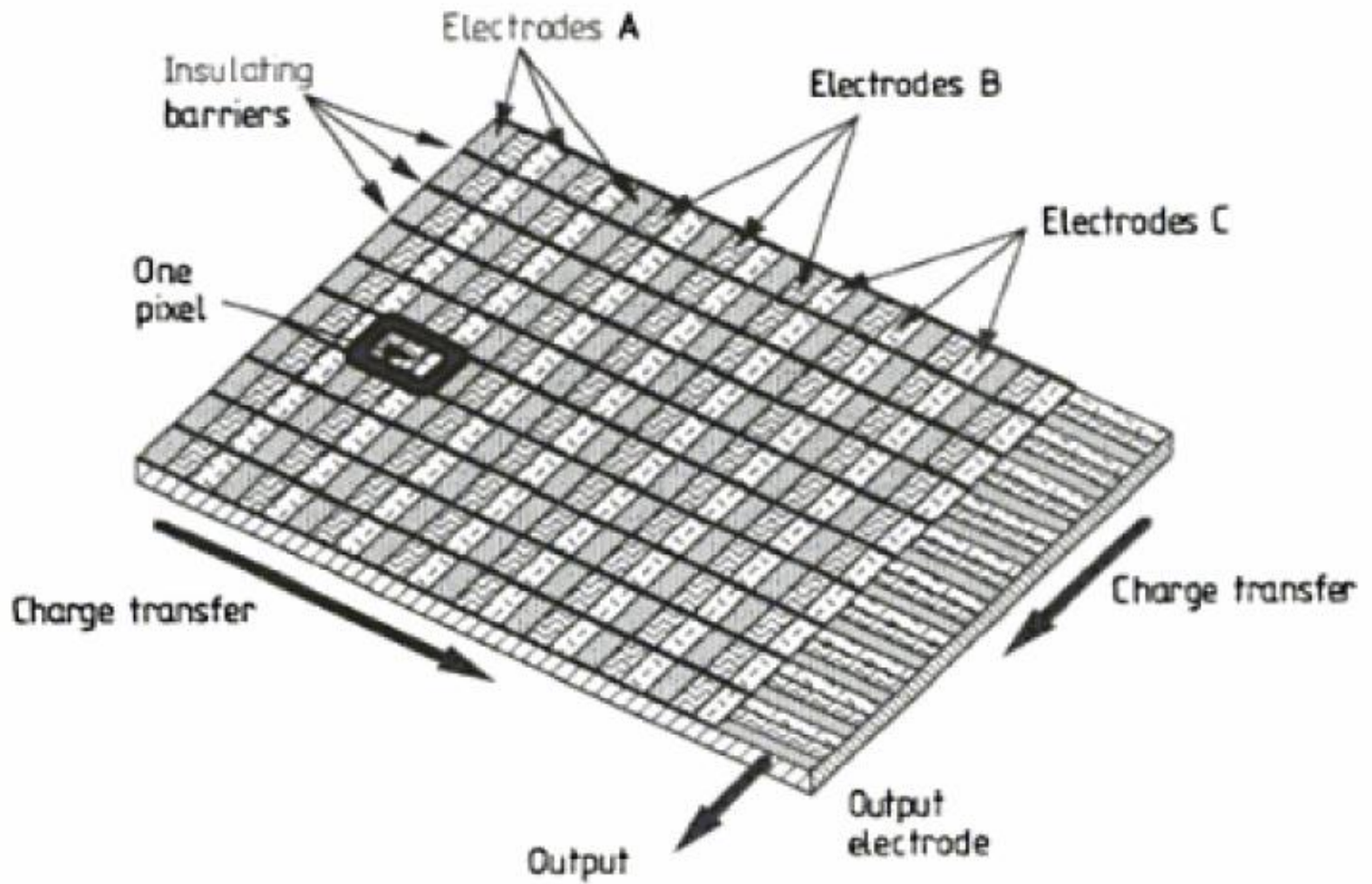
Jedna jedinica CCD-a

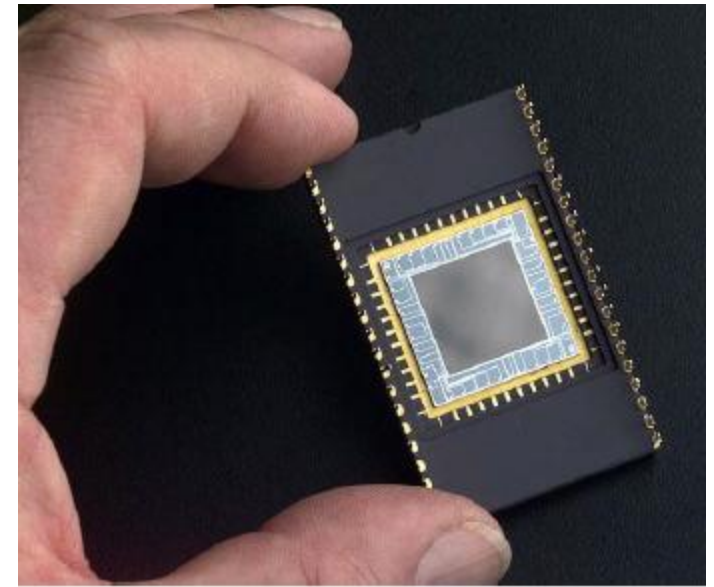
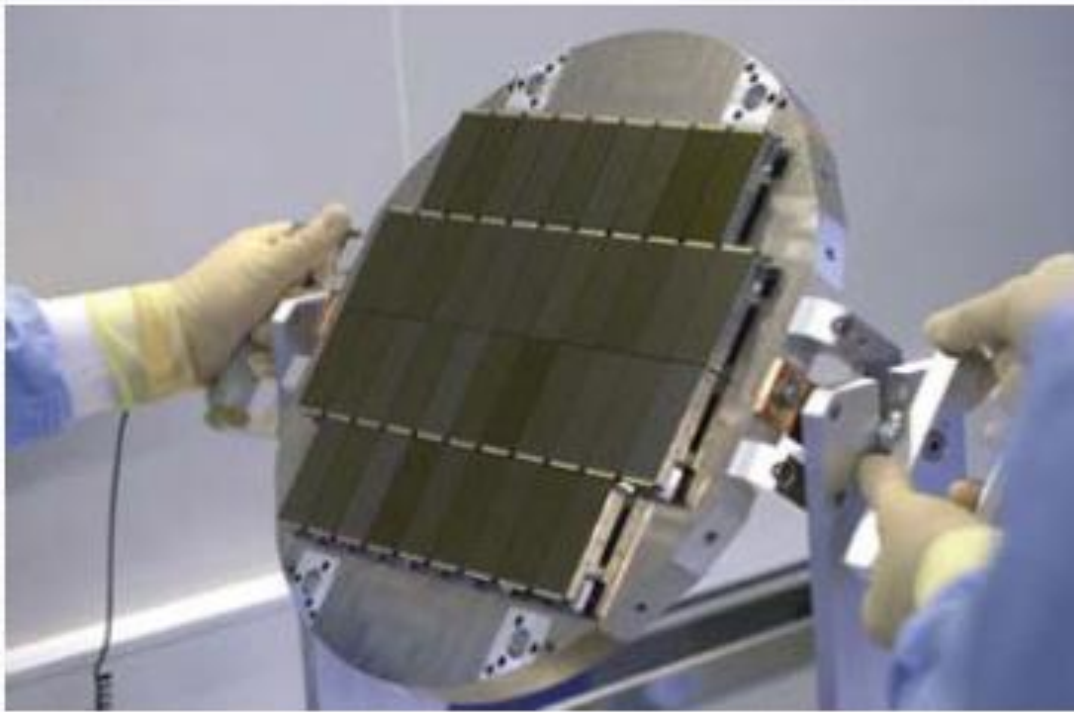
- Silicijumski poluprovodnik i elektroda su razdvojeni tankim slojem silicijum-oksida.
- Sistem je pod malim naponom ~ 10 eV kako bi šupljina – elektron ostali razdvojeni i da bi se elektroni nagomilavali ispod elektrode.



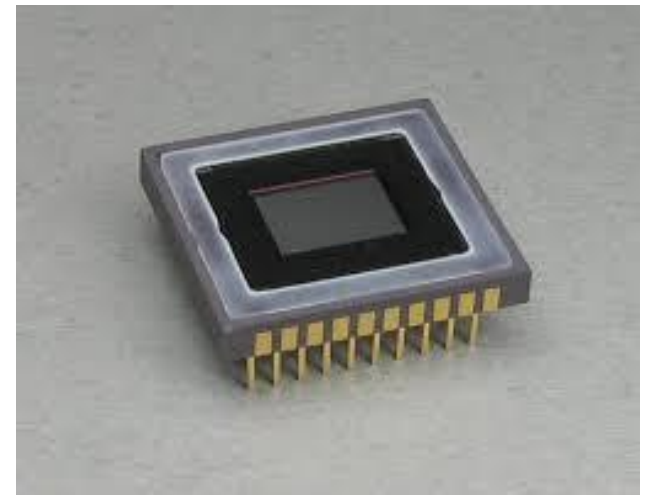
- Svaka jedinica daje naelektrisanje srazmerno osvetljenošću.
- Prostorno digitalizovana reprodukcija originalne slike.
- Izdvajanje slike spregom naelektrisanja.



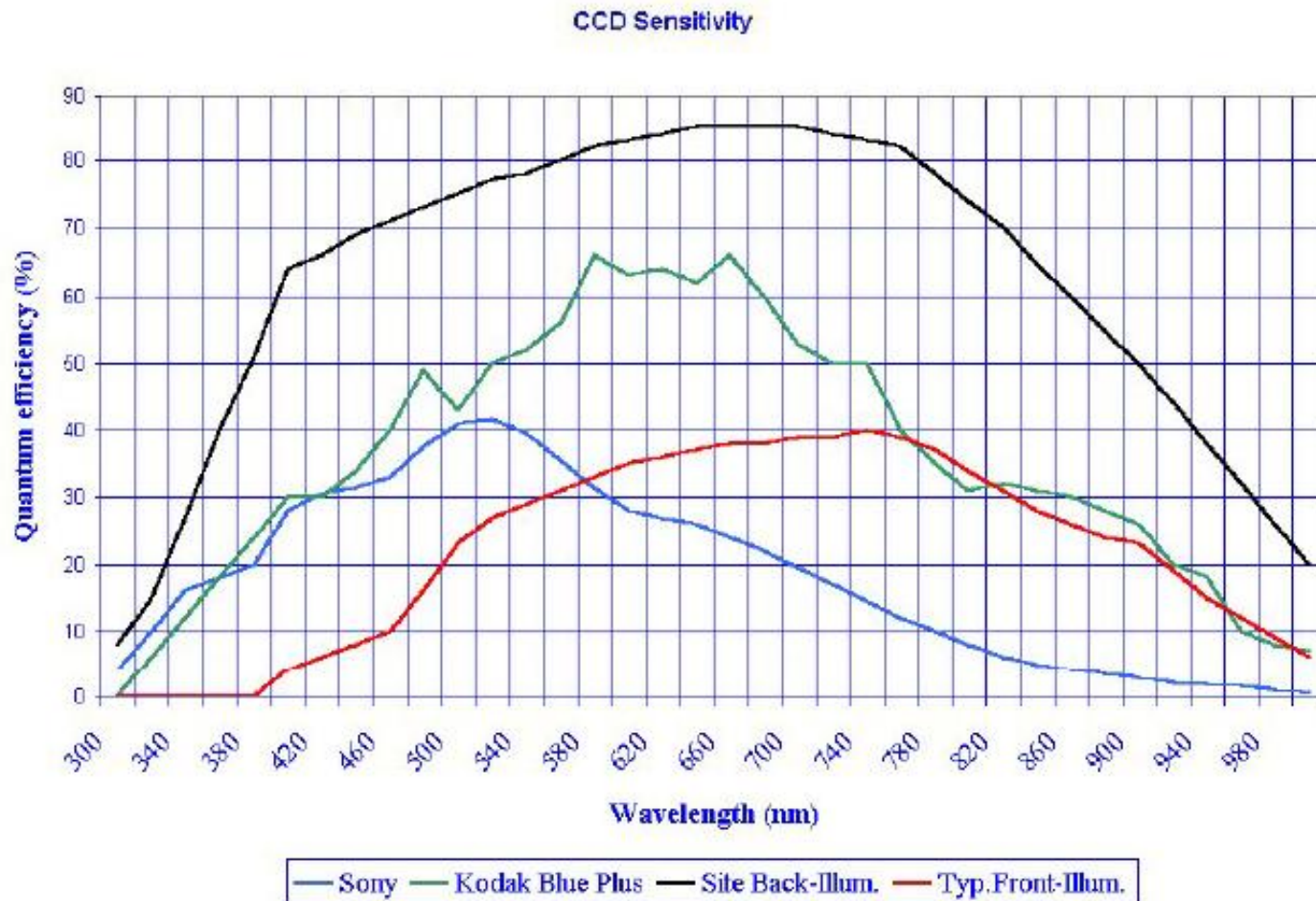




- CFHT teleskop – matrica od 40 posebnih CCD čipova koja može da snima slike od 340 miliona piksela.



Kvantna efikasnost



Hvala na pažnji!

