

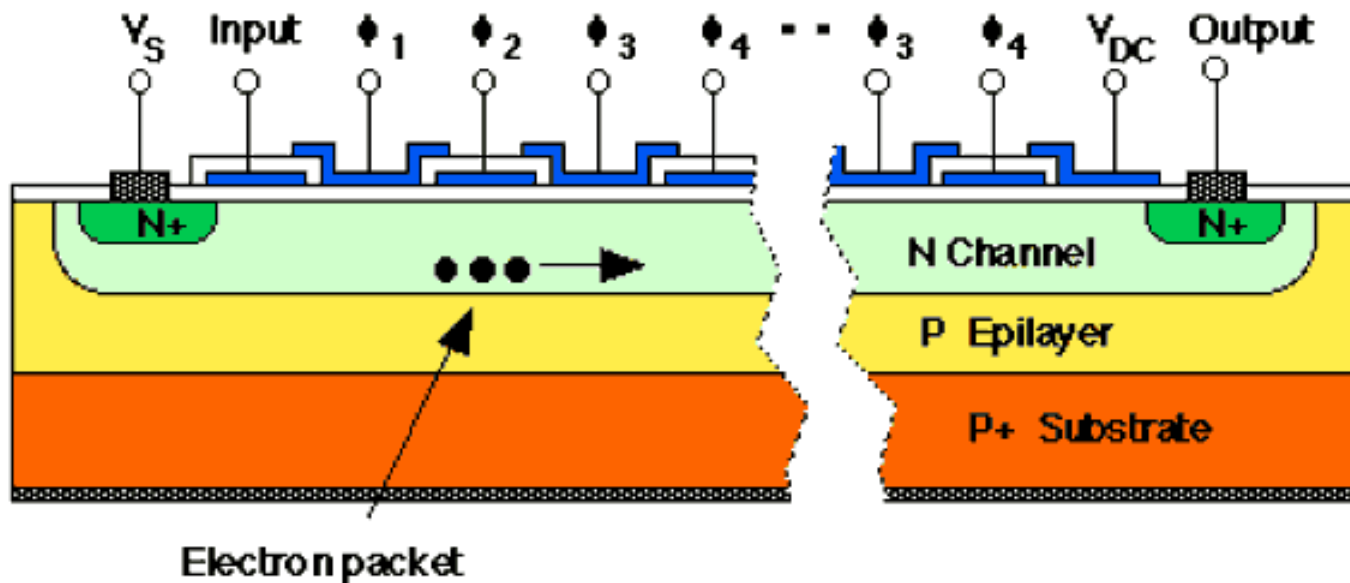
CCD

karakteristike detektora i primena

Igor Smolić
igor.smolic@scl.rs

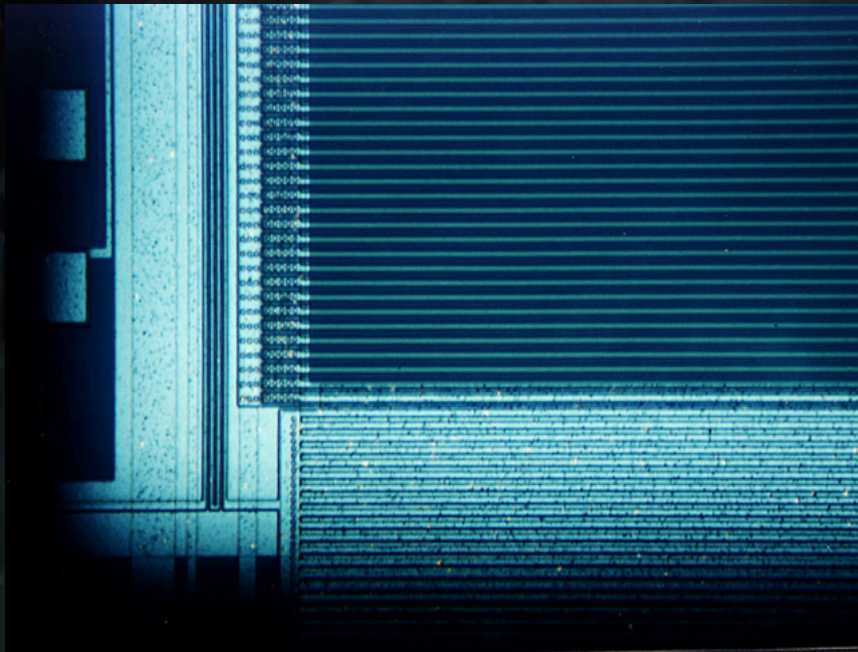
CCD detektor

- Poluprovodnički (Si) detektor
- Produkcija šupljina – e^-



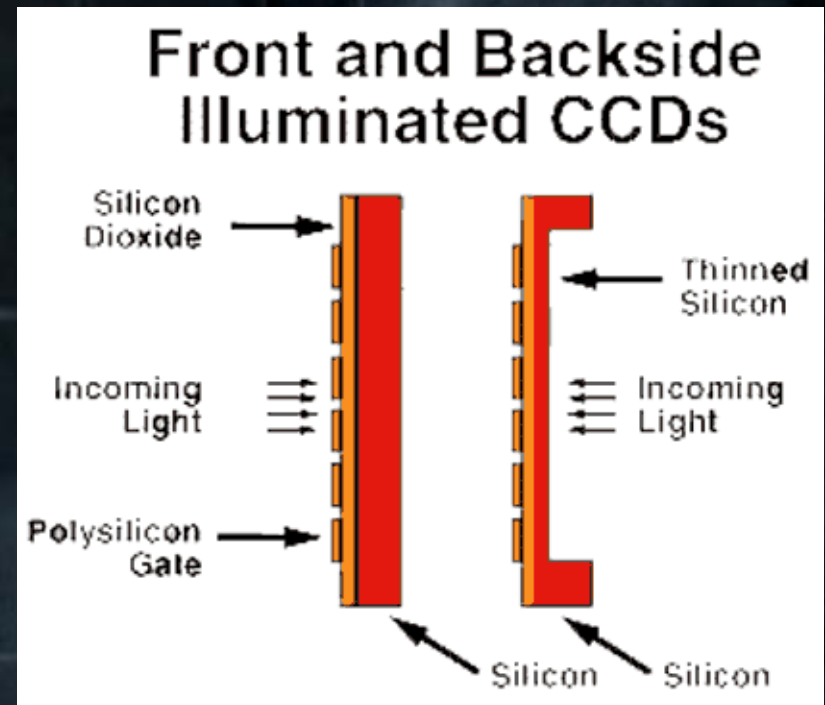
CCD – matrica piksela

- Matrica fotoosetljivih elementov – piksela
- Očitavanje piksela – AD konvertor



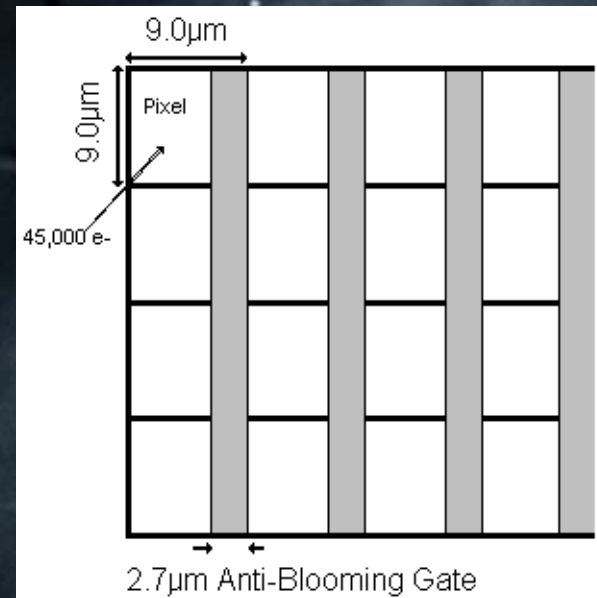
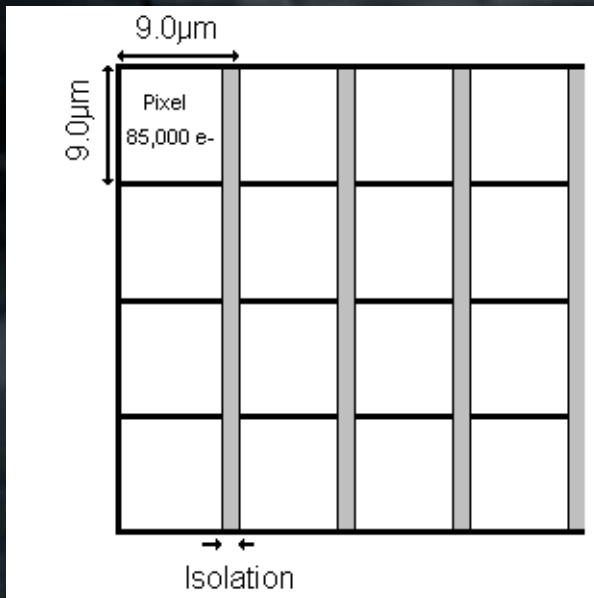
Tipovi CCD detektora

- Front illuminated
- Back illuminated



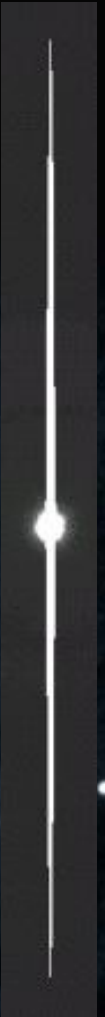
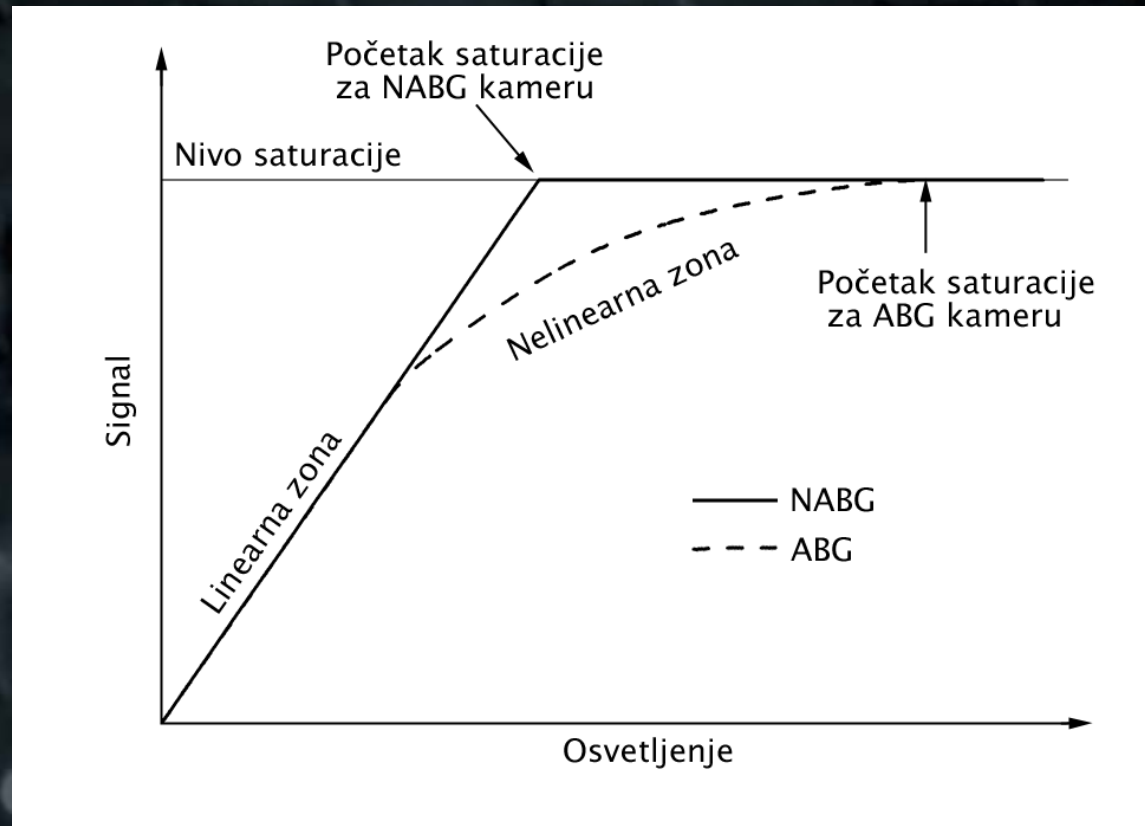
Geometrijske karakteristike

- 1-D i 2-D čipovi
- Dimenzije čipa i piksela
- Osetljiva i mrtva zona piksela



Linearnost detektora

- Kapacitet piksela – $(40-300) \cdot 10^3 e^-$
- Non- i Antiblooming (NABG i ABG)



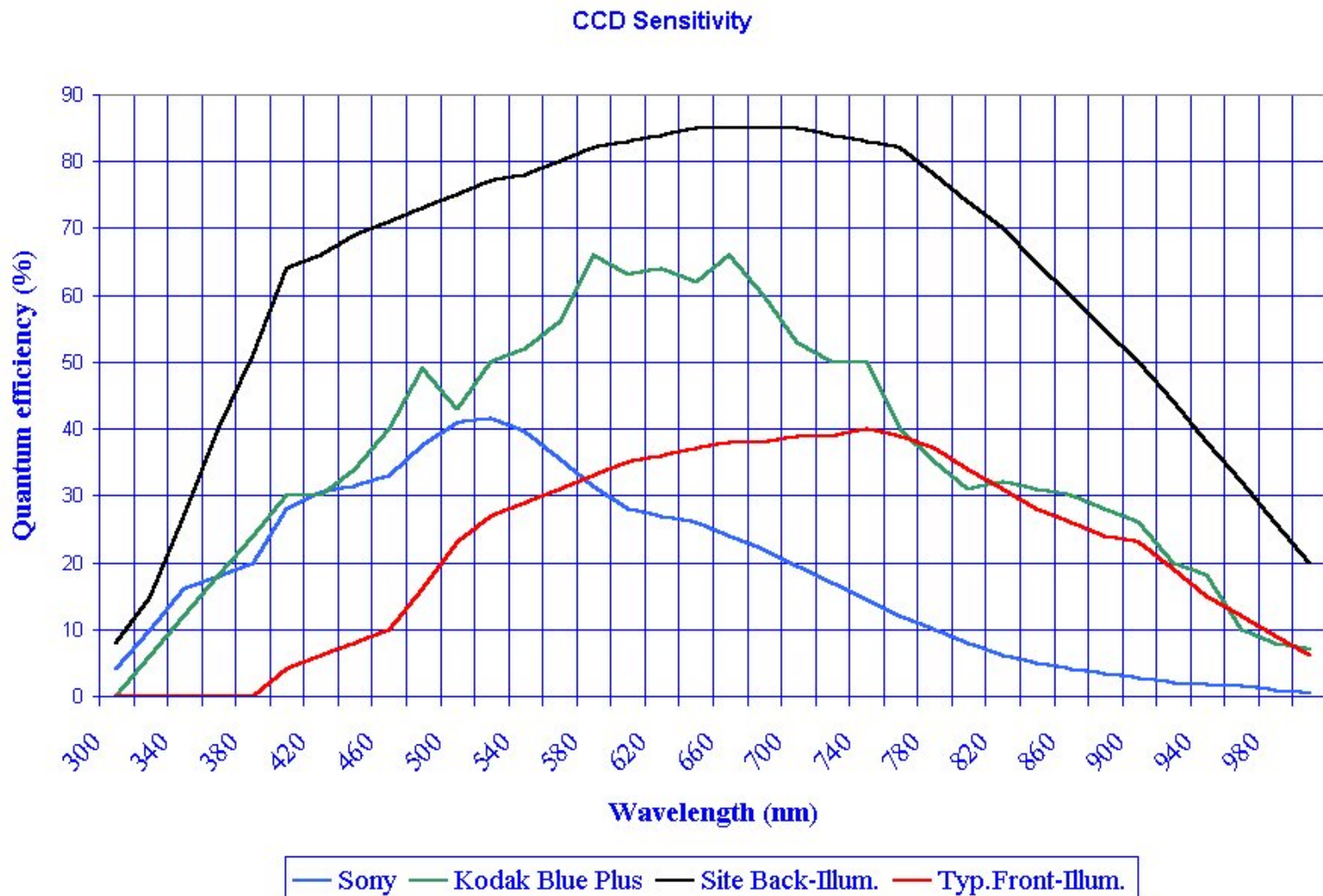
Kvantna efikasnost (QE)

- Definicija:

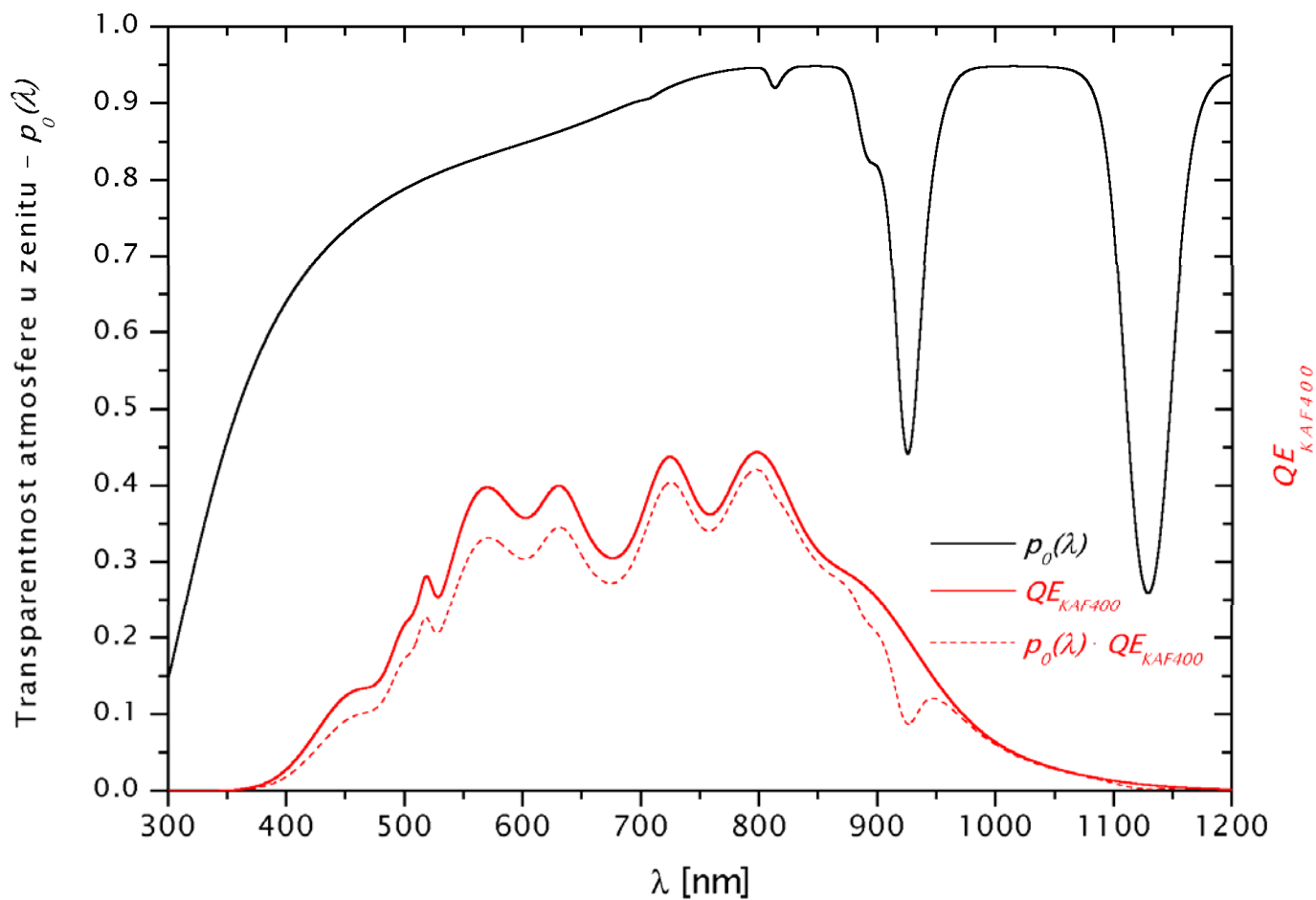
$$QE(\lambda) = \frac{N_{\text{detektovanih fotona}}}{N_{\text{upadnih fotona}}}$$

$$N_{\text{detektovanih fotona}} = N e^{-}$$

Tipične $QE(\lambda)$



Optički prozor i QE



Tipovi frame-ova (slika)

- Bias frame
- Light frame
- Dark frame
- Flat field frame

Bias frame

- U pikselima ostaje mali broj e^- ($\sim 200e^-$)
- Izbegavanje nelinearnog režima u slučaju malog intenziteta izvora
- Konstantan – ne zavisi od T , t_{exp}

Light frame

- (Signal + šum) izvora i neba
- Dodatni (signal + šum) elektronike

Dark frame

- Termalna emisija elektrona
- Intenzitet emisije:

$$i_{Te^-} \approx A \cdot \exp^{b \cdot T} [e^- / \text{pix/s}]$$

- Hlađenje Peltier elementom
- Za svakih -6°C , i_{Te^-} se prepolovi
- Tipična vrednost $0.1 - 0.2 \text{ } e^- / \text{pix/s}$ na -20°C

Defekti čipa

- Defektni pikseli – “vrući” i “mrtvi”
 - “vrući” – pojačana termalna emisija e^-
- Defektne kolone
 - niža QE

Šum kod slučajnih procesa

- σ za Poisson-ovu raspodelu:

$$N = \sqrt{S}$$

- Sabiranje nekorelisanih šumova:

$$N_u^2 = \sum_i N_i^2$$

- Mera kvaliteta signala –
odnos signala prema šumu S/N

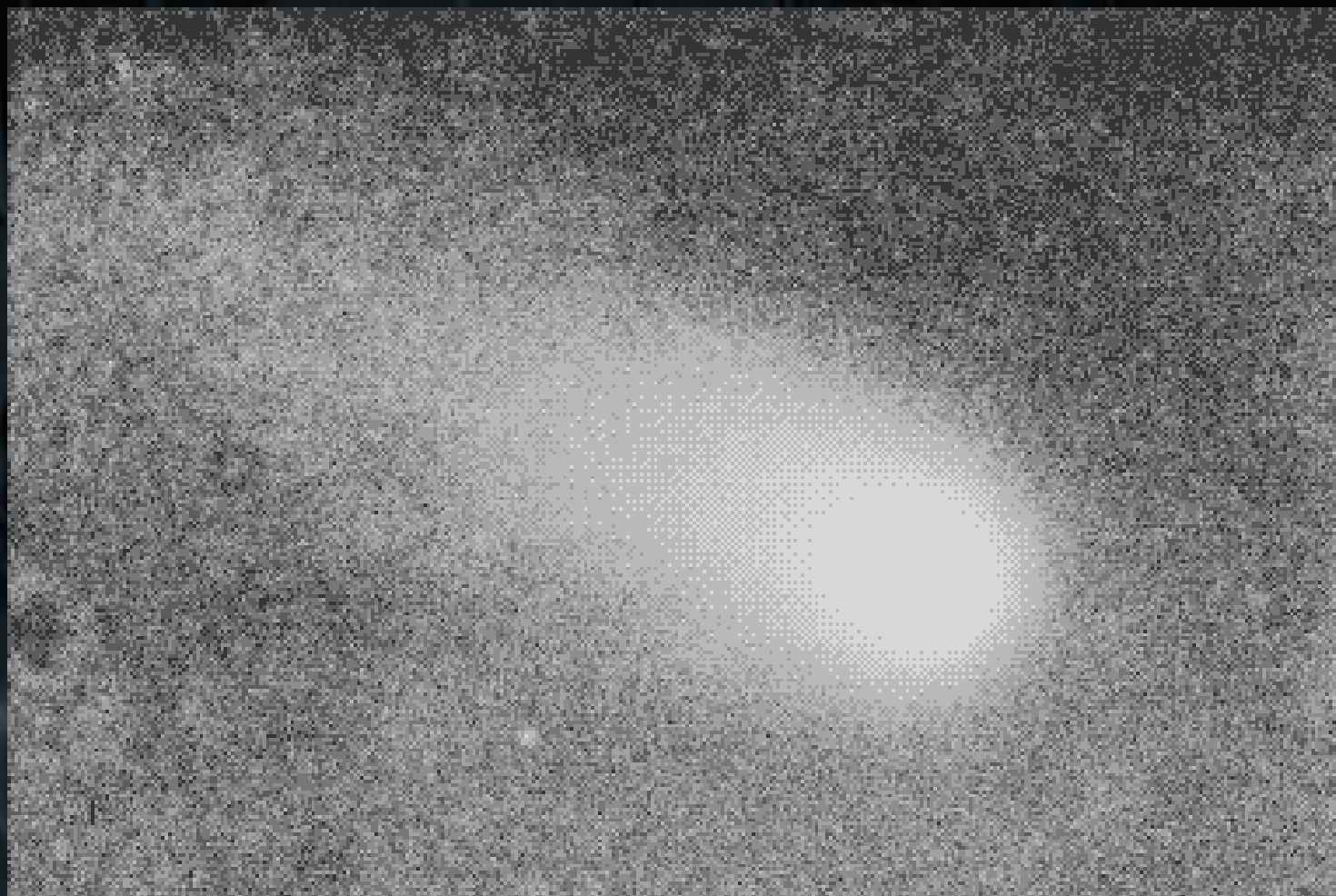
Izvori šuma

- Svetlosni izvor → Fotonski šum
- Termalna emisija → Termalni šum
- AD konvertor → Read-out šum
(šum očitavanja)

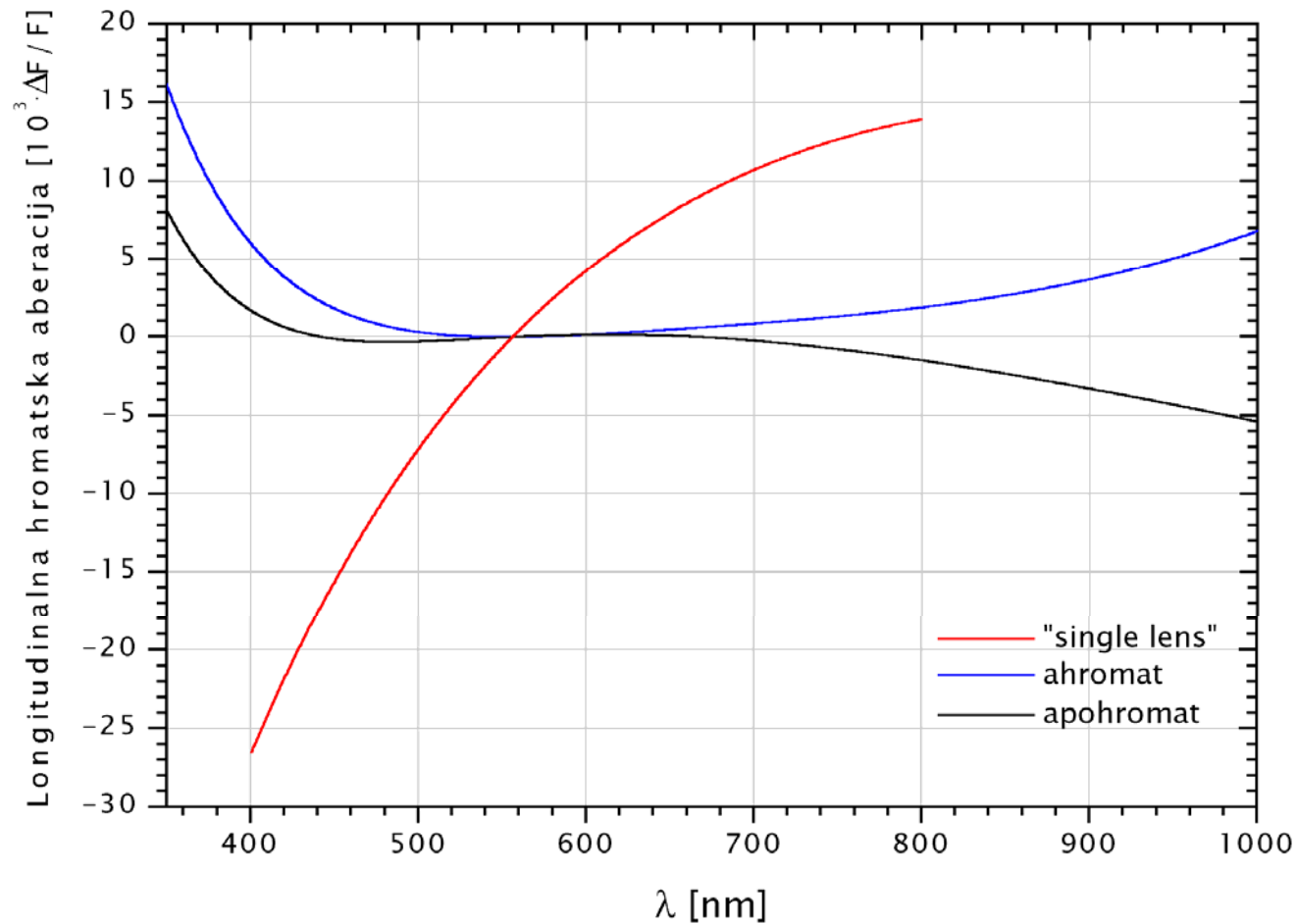
Redukcija šuma

- Fotonski šum – $N_{hv} \propto \sqrt{t_{\text{exp}}}$
- Termalni šum – $N_{Te^-} \propto \sqrt{\exp^{b \cdot T} \cdot t_{\text{exp}}}$
- Šum očitavanja je konstantan
5 – 50 e^-/pix

Kondezacija na čipu



Hromatska aberacija



Pojam flat field-a

- Razlike u osetljivosti susednih piksela $\sim 1\%$
- Razlike u osetljivostljivosti zona čipa $\sim 5 - 10\%$
- Mehaničke nečistoće – prašina i mrlje
- Neravnomerno osvetljenje u fokalnoj ravni usled vinjetiranja $\sim 1 / \cos^{n>4} \omega$

Snimanje flat field-a I

- Izvori ravnomerne osvetljenosti:
 - Sumraci
 - Unutrašnjost opservatorije/laboratorije
 - Light-box

Snimanje flat field-a II

- Kriterijum za ekspoziciju:
 - maksimalna popunjenost (u linearnom režimu, tj. 2/3 do nivoa saturacije)
 - idealno jednako ili značajno duže od vremena otvaranja/zatvaranja okidača ($t > 0.5s$)
- Važno!!! Ne menjati konfiguraciju teleskopa/objektiva i kamere između (i u toku) posmatranja i snimanja flat field-a

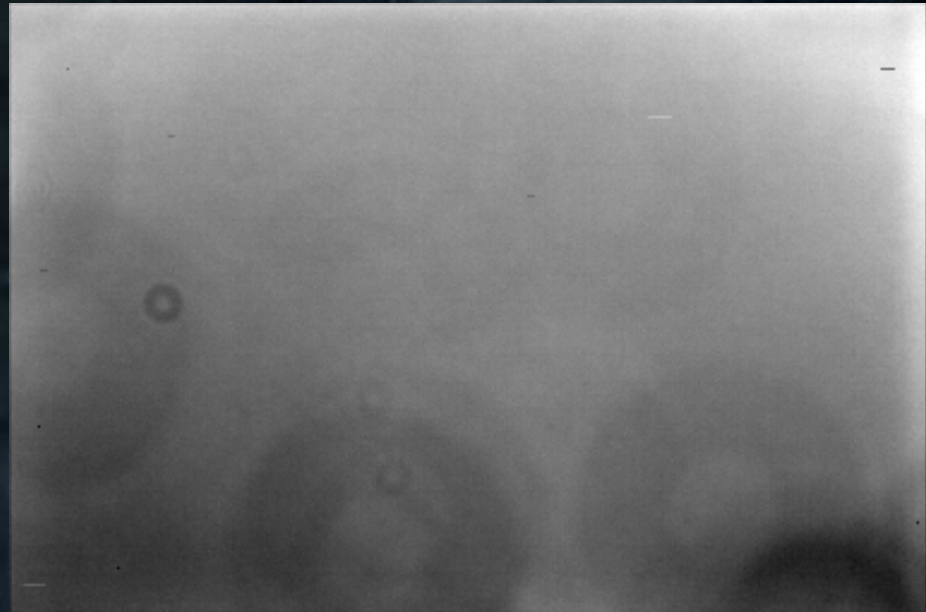
Kvalitet flat field-a

jedna slika



$S/N = 330$

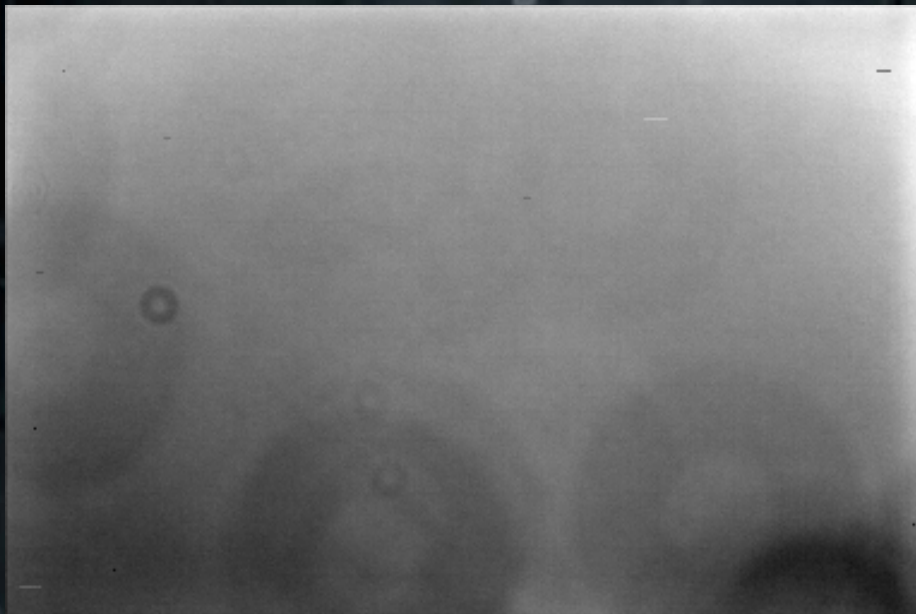
18 usrednjenih slika



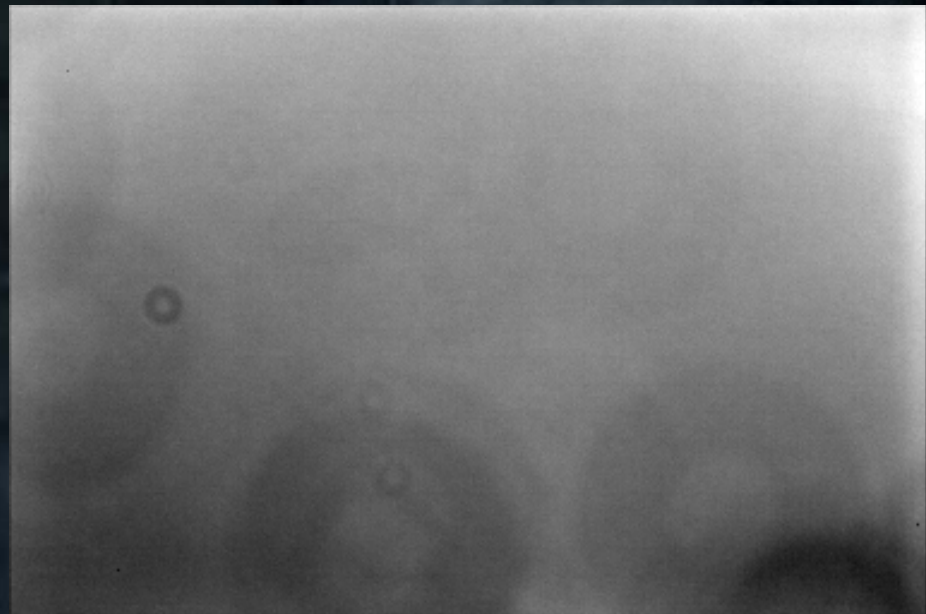
$S/N = 1400$

Aritmetička sredina ili medijana?

- Medijana uklanja “sporadične” pojave (kosmički zraci i problemi sa elektronikom)



18 usrednjenih slika



medijana 18 slika

Osnovna obrada snimka

- Korekcija light frame-a za termalnu emisiju i razlike u osetljivosti piksela

$$L_{corr} = \frac{(L - D_L)}{(F - D_F)} \cdot (F - D_F)$$

Rezultujući šum za jedan piksel

- U slučaju “savršenog” flat fielda:

$$N_u^2 = N_*^2 + N_{sky}^2 + 2N_{Te^-}^2 + 2N_{read}^2$$

- U slučaju i “savršenog” dark frame-a:

$$N_u^2 = N_*^2 + N_{sky}^2 + N_{Te^-}^2 + N_{read}^2$$

Odnos signala prema šumu

- U slučaju “savršenog” D i F :

$$S_*/N_u = S_*/\sqrt{S_* + S_{sky} + N_{Te}^2 + N_{read}^2}$$

- Maksimalni (teorijski) S_*/N_u :

$$S_*/N_u = \sqrt{S_*} \propto \sqrt{t_{exp}}$$

Računanje dostignute magnitude

- Signal od izvora u zenitu:

$$S_* = A \cdot t_{\text{exp}} \cdot \int_0^{\lambda} W \cdot QE \cdot \tau \cdot p_0 \cdot s \cdot d\lambda$$

$$s_{\lambda=0} \approx 1000 \text{ phot/cm}^2 \text{ s Å}$$

$$\tau \approx 0.95^n$$

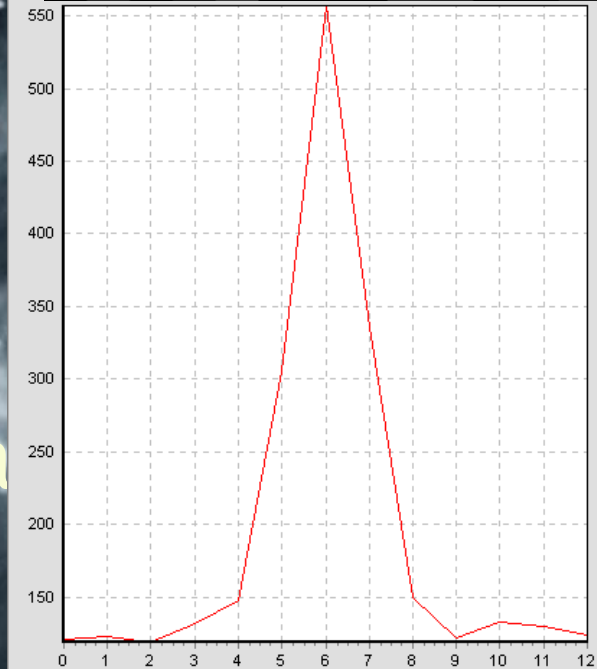
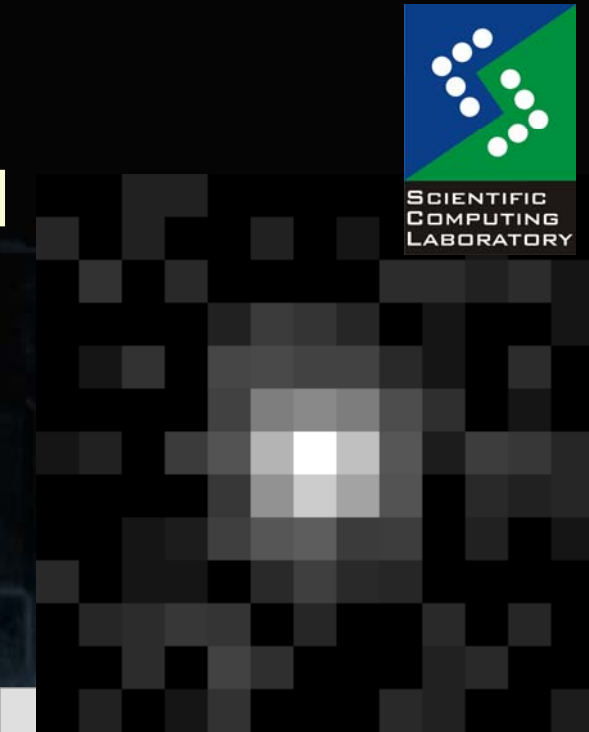
n – broj optičkih površina u sistemu

Kriterijum za detekciju

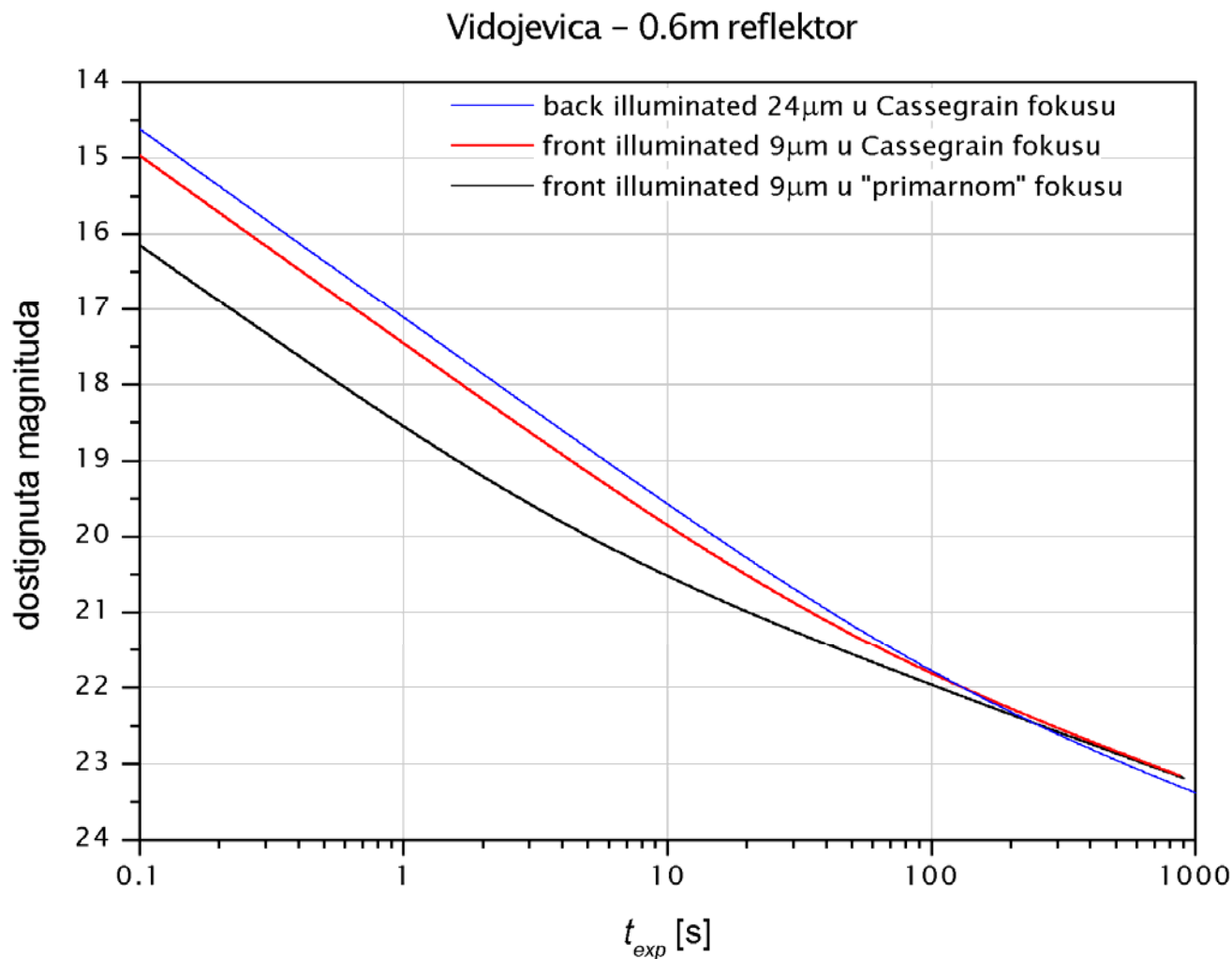
- $S_*/N_u = 5$
- Nyquist-ova teorema:

$$\theta_{\text{sample}} = 0.5 \cdot \text{FWHM}$$

- ~95% S_* na 3x3 piksela



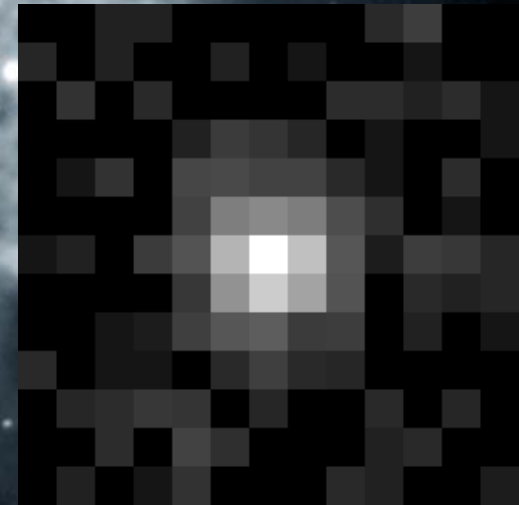
Vidojevica – 0.6m reflektor



Merenje položaja

- Centar lika objekta (x_c, y_c):

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^N I_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N I_i} \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^N I_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^N I_i}$$



Fotometrija

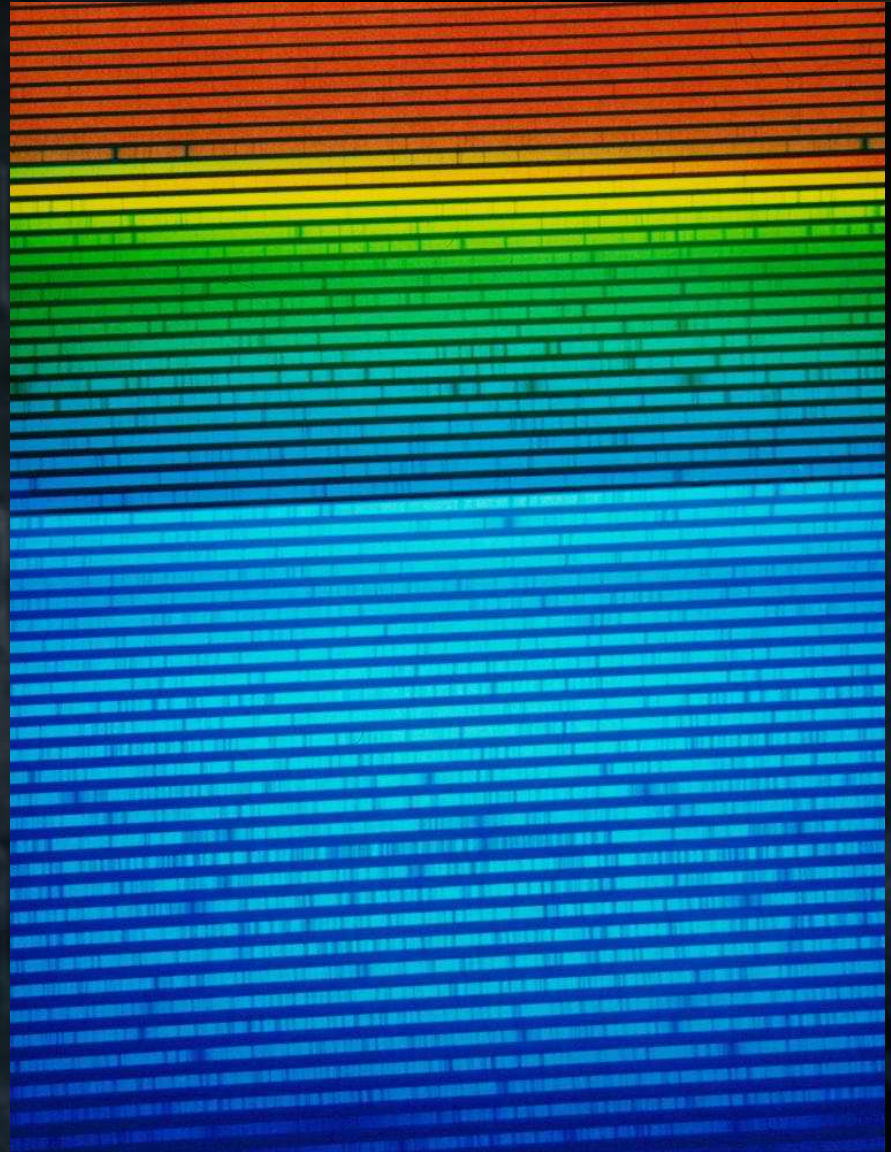
- Apsolutna i diferencijalna (relativna)
- Diferencijalna fotometrija u polju

$$(I_1/I_2)_0 = (I_1/I_2)_{\text{net}}$$

Spektrografija

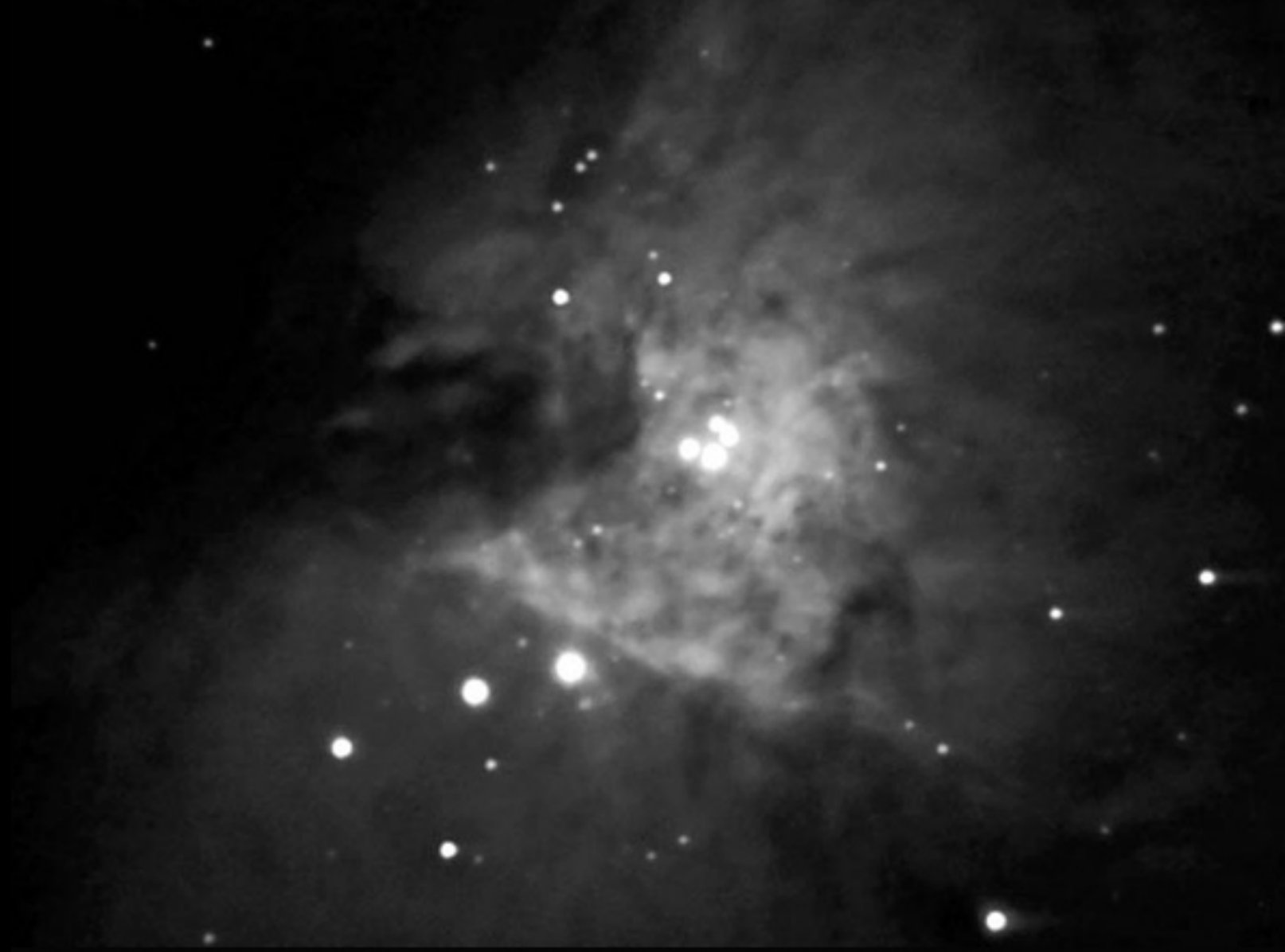
- Visoka QE , visok S/N
(usrednjavaanjem više slika $S/N > 1000$)
- 1-D i 2-D čipovi
- Echele spektroskopija (visoke rezolucije)

Echele spektrogram Sunca



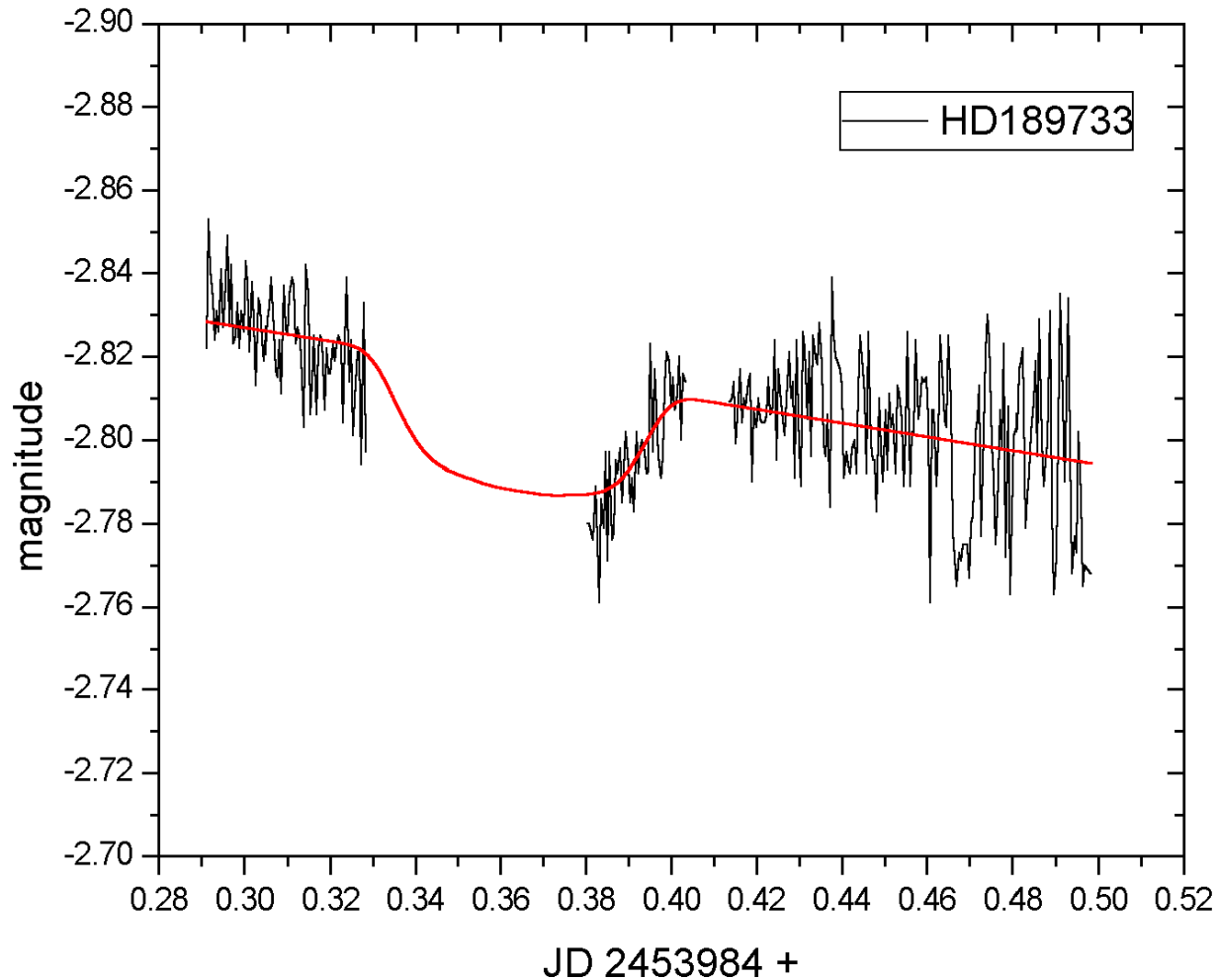


SCIENTIFIC
COMPUTING
LABORATORY



Orion Nebula, January 09, 2001
10 × 5 sec exposures, R filter
S-C, D=0.28m, f/6.5 + SBIG-ST7 camera
Igor Smolic
Wooden Observatory, Sremcica, Yugoslavia

Detekcija HD189733b



Kometa Lulin – HDR



Kometa Lulin – HDR



SCIENTIFIC
COMPUTING
LABORATORY

Vizuelni stimulusi

