

CCD-kamerat ja kuvankäsittely

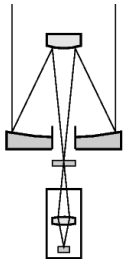
Kari Nilsson

Finnish Centre for Astronomy with ESO (FINCA)
Turun Yliopisto

6.10.2011

- 1 CCD-kamera
 - CCD-kameran toimintaperiaate
 - Miksi CCD-kamera?
- 2 Kohina ja häiriöt
 - Kohina
 - Signaali/kohinasuhde
 - Ilmakehän vaikutus
- 3 CCD-kuvien redusointi
 - Kalibrointikuvat
 - Kameravirheiden poistaminen
 - Kuvien jälkikäsittely

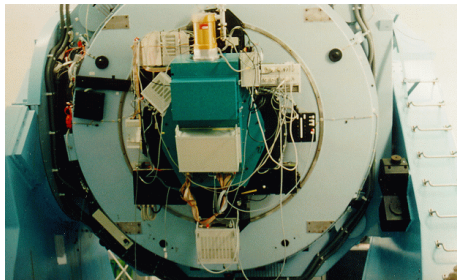
- Ylivoimaisesti eniten käytetty detektori optisessa tähtitieteessä.



teleskooppi

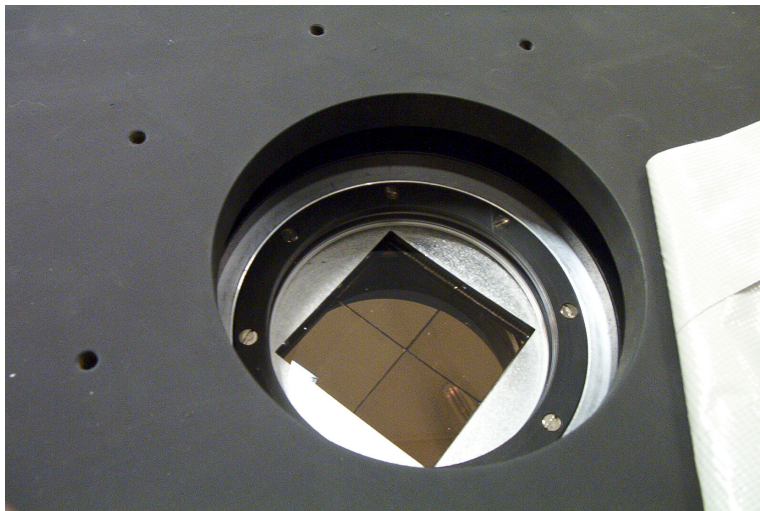
filteri

instrumentti + detektori



Kuva: Colin Aspin/NOT

NOT MOSCA CCD

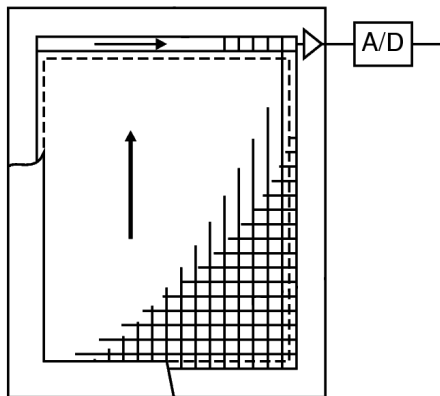


CCD-kameran toimintaperiaate

CCD -kenno muodostuu pikseleistä, joissa valo muutetaan elektroneiksi.

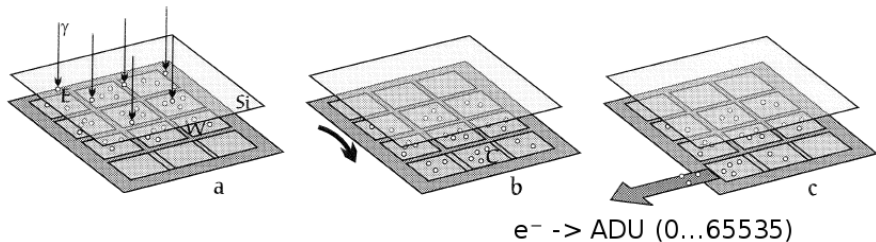
Elektronit siirretään sirun pintaa pitkin vahvistettavaksi ja laskettaviksi (CCD = Charge Coupled Device eli "varauksensiirtolaite").

Vrt. CMOS-kenno, jossa vahvistus ja muunnos tehdään jokaisessa pikselissä erikseen.



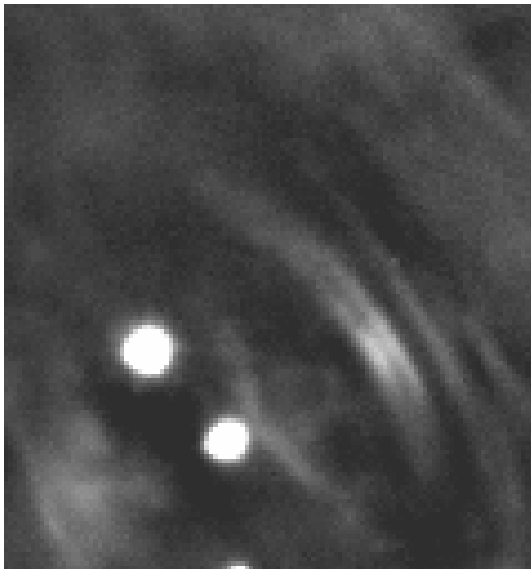
Elektronien siirtäminen laskemiseen

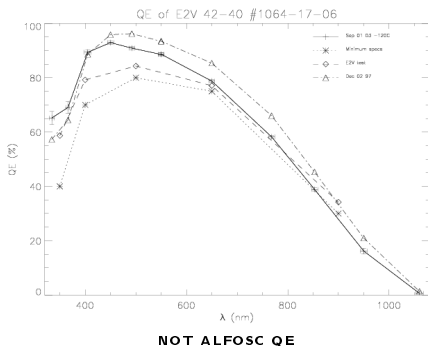
Varaukset siirretään ensin ns. sarjarekisteriin ja sieltä piiriin, joka muuttaa varauksen jännitteeksi ja edelleen numeroarvoksi.



- Pikselin kirkkauden yksikkönä on ADU (Analog to Digital Unit).
- Muuntokertoimen antaa kameran vahvistuskerroin (Gain), jonka yksikkö on e^-/ADU .

Zoomaus CCD-kuvaan



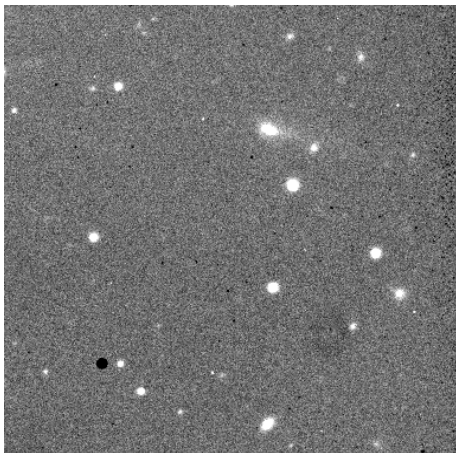


- Herkkä: QE \sim 100%
- Lineaarinen: kohteen kirkkaus mitattavissa suoraan kuvasta.
- Digitaalinen: mahdollistaa monipuolisen jälkikäsittelyn.
- Toistaiseksi parempi kuin CMOS kun signaali on heikko.
- Huonoja puolia:
 - Pieni näkökenttä (koko ajan parantumassa).
 - Mustavalkoinen (värικuvat kuvankäsittelyn kautta).

CCD-kuvissa Kuvissa esiintyy aina

- kohinaa, eli pikseliarvojen satunnaista vaihtelua ja
- häiriöitä eli “huonoja” kohtia CCD-sirulla ja ylimääräisiä häiriöpiikkejä.

Osa aiheutuu luonnollisista syistä, osa kamerasta.



Kohinaa aiheuttavat “luonnolliset” lähteet

- fotonikohina: fotonit eivät saavu tasaisin aikaväleihin
- detektorille osuvat kosmiset hiukkaset

ja kameran virheet

- lukukohina: CCD-sirulta saatavan heikon signaalin vahvistaminen ja digitoiminen aiheuttaa kohinaa
- pimeään virran kohina: CCD-sirun atomien lämpövärähtely tuottaa elektroneja, jotka havaitaan “signaalina”
- pikselien herkkyyssvaihtelut
- lukuelektroniiikan häiriöt.

Havaintojen laatua mitataan signaali/kohinasuhteella (S/N).

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Havaittu Signaali}}{\text{Kohina}}$$

Yleisesti vaaditaan $S/N > 3$, jotta havaintoa voidaan pitää merkittävänä.

Signaali/kohinasuhteen maksimointi on tärkein tehtävä havaintoja suunniteltaessa.

Saavutetaan maksimoimalla signaali ja minimoimalla kohina.

Signaalia voidaan parantaa pidentämällä valotusaikaa.

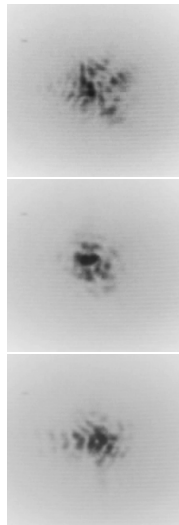
Kohina voidaan minimoida havaintojen hyvällä suunnittelulla.

- Pidennä valotusaikaa
- Havaitse mahdollisimman pimeässä paikassa.
- Valitse mahdollisimman hyvä kamera.
- Käytä jäähdytettyä kameraa (esim. NOT ALFOSC: $T = -120^{\circ}\text{C}$).

Ilmakehässä esiintyy tiheys- ja lämpötilavaihteluita, jotka aiheuttavat turbulenssia. Tämä huonontaa kuvan terävyyttä.

Kuvan terävyyttä mitataan pistekohteen (esim. tähti) puoliarvovaleveydellä (FWHM, Full Width at Half maximum). Usein käytetään myös termiä *seeing*.

Ilmakehän vaikutuksen minimoimiseksi observatoriot rakennetaan mahdollisimman korkealle.



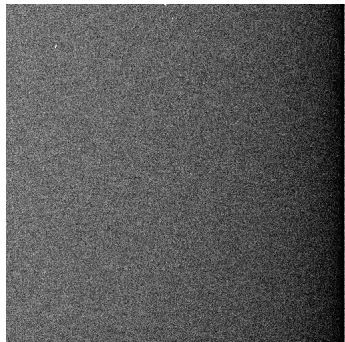
Kameran aiheuttamien virheiden korjaamista kutsutaan redusoinniksi. Onnistunut redusointii vaatii ns. kalibroitikuvien ottamista:

- **Bias-kuva**: Ota kuva 0 sekunnin valotusajalla. Tämä kuva antaa ns. bias-tason
- **Dark-kuva**: Ota kuva samalla valotusajalla kuin varsinainen kuva, mutta avaamatta suljinta. Tämä kuva antaa pimeän virran tason (huom, ei tarpeellinen NOTilla).
- **Tasoituskuva** (flat-field): Ota kuva tasaisesti valaistusta pinnasta (esim. tasaisesti valaistu kuvun sisäpinta, ilta/aamutaivas). Tämän kuvan avulla voidaan korjata pikselien herkkyysvaihtelut ja pölyhiukkasten aiheuttamat varjostumat.

Kohinan minimoimiseksi on kalibroitikuvia käytännössä otettava useita ja laskettava keskiarvokuva.



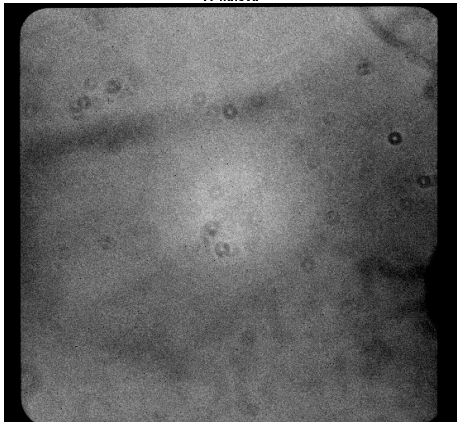
Tuorla ST-8



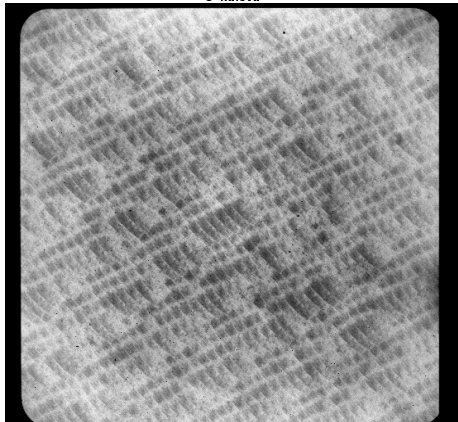
NOT HiRAC

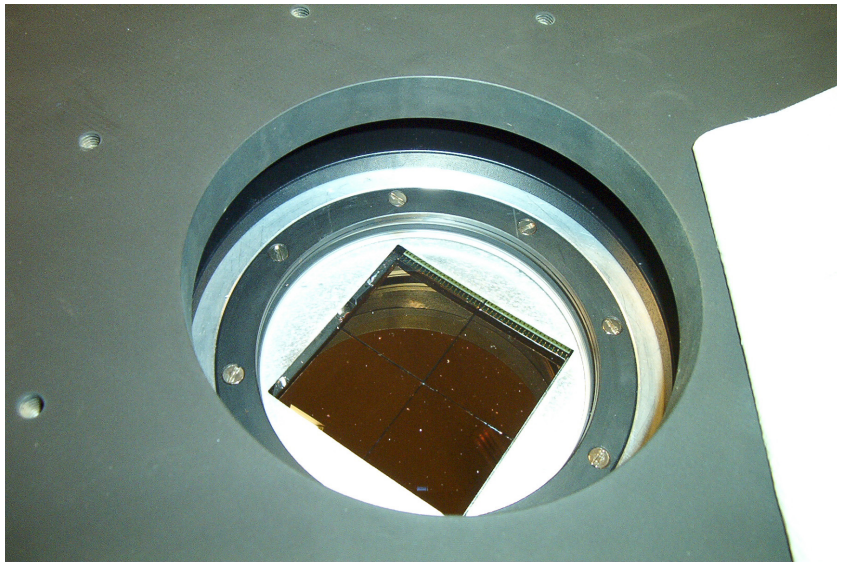
Tasoituskuvia (NOT ALFOOSC)

R-kaista



U-kaista





Perusresepti:

- **Bias-vähennys:** Laske bias-kuvista keskiarvokuva ja vähennä se kaikista dark-kuvista, tasoituskuvista ja havaituista kuvista.
- **Tasointus:** Laske tasoituskuvista keskiarvokuva ja jaa sillä havaitut kuvat.

“Raakakuva” (KVA ST-8)



Bias-vähennetty kuva



Tasointu tehty



Perusredusointien jälkeen saatetaan tarvita lisää kuvankäsittelyä:

- taustataivaan tasoittaminen
- “kosmisten säteiden” poistaminen
- terävyyden parantaminen
- värikuvan tekeminen (vaatii kolme valotusta eriväristen suotimien läpi).



Värikuvia!

