

Csillagászati műszertechnika I. félév

Speciális technikák

Székely Péter
2006.

Tükör deformációjának kompenzálása:

A „durva” megközelítés: tip-tilt technika:

a rendszer forgatható, dönthető, deformálható

(gyakran mechanikus „input”)

Tükör „aktív” felfüggesztése, gravitációs
hatások kikompenzálása

Aktív optikák

- manufacturing errors
- thermal effects
- low frequency components of wind buffeting
- telescope inclination

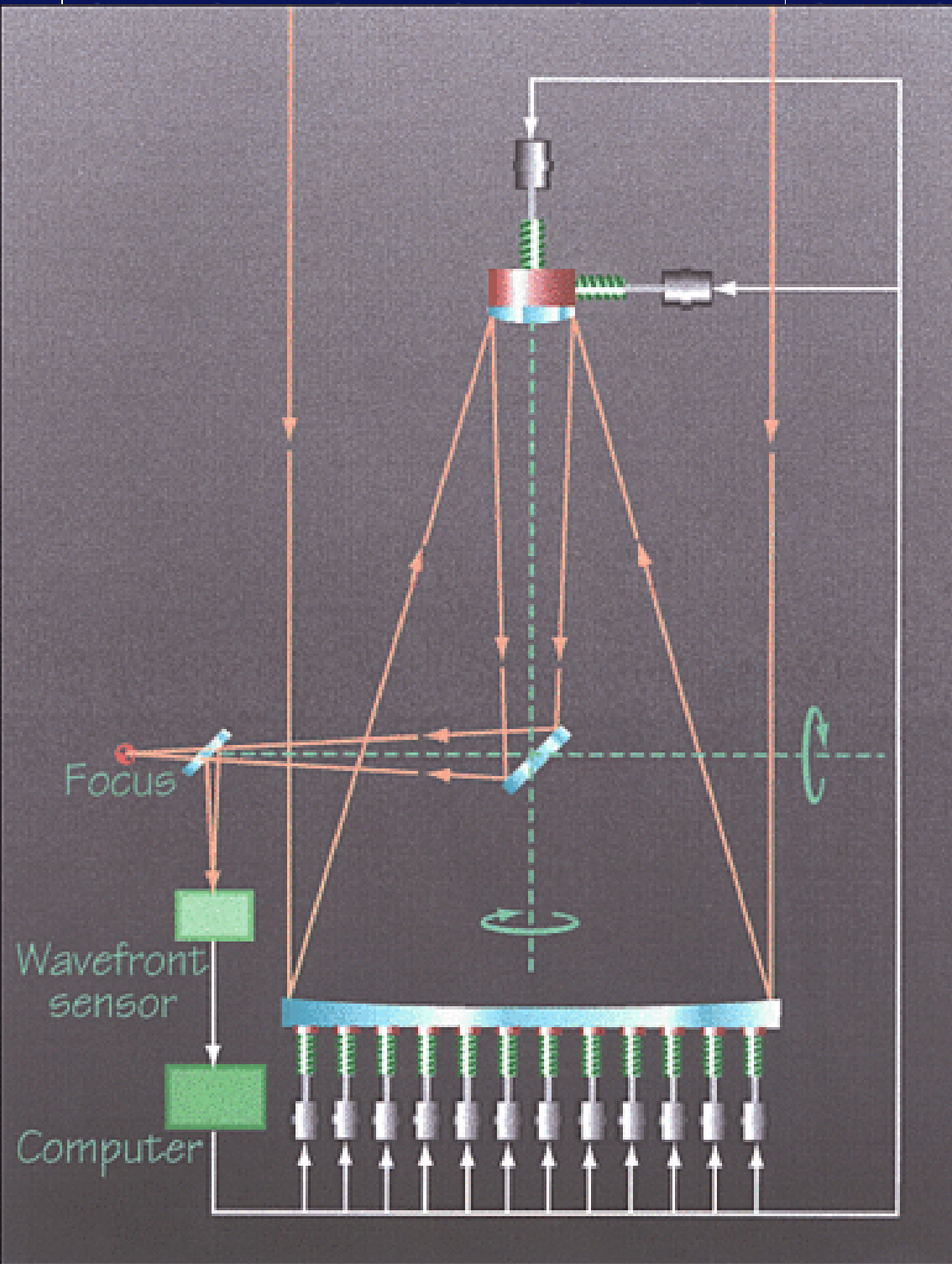
A tükör nagy és vékony... ezért kell!

Aktív: lassú tükör deformációk!

(Kb. 0.05 Hz)

3.5 m New Technology Telescope
10 m Keck
8.2 m VLT

1989-től

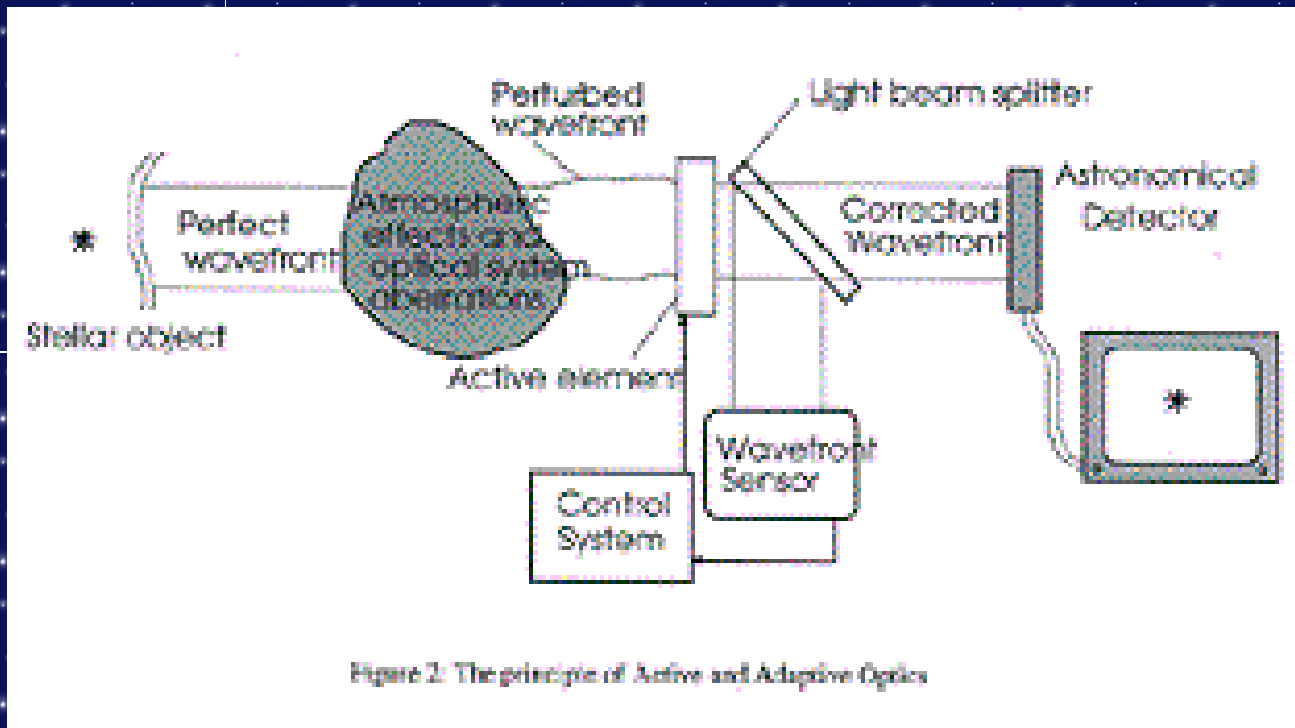


3.5 mètres ESO NTT

Adaptív optika

10 m Keck
8.2 m VLT
8m Gemini
3.5 m Calar Alto
3.6 m CFHT
3.6 m ESO La Silla
3.5 m Shane, Lick Observatory
2.5 m Hooker, Mt. Wilson

Másodpercenként akár több száz „deformáció”!!!

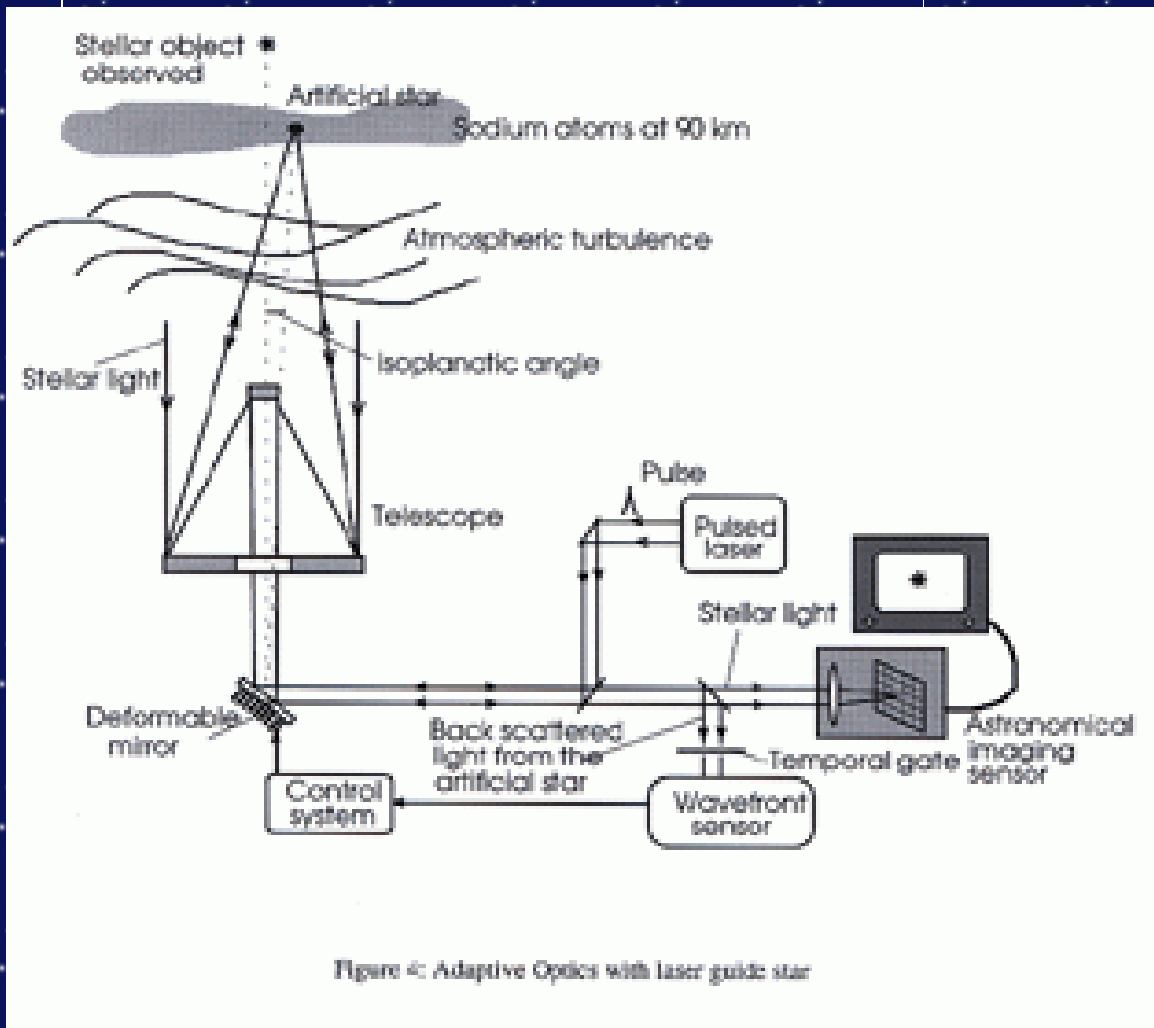


Lézeres műcsillag

Ha épp nincs kéznél egy igazi...



Keck AO



VLT: mind a 4 egységen

Tipikusan: 80-100 km

felsőléggör Ni gerjesztés

Nátrium festék lézer ~15 W

LGS: laser guidance star

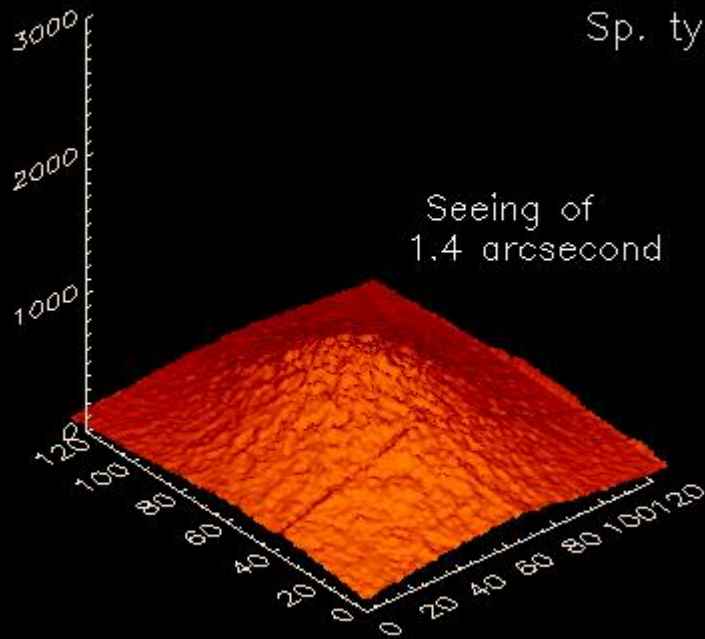
SAO 74164

V mag. = 4.4

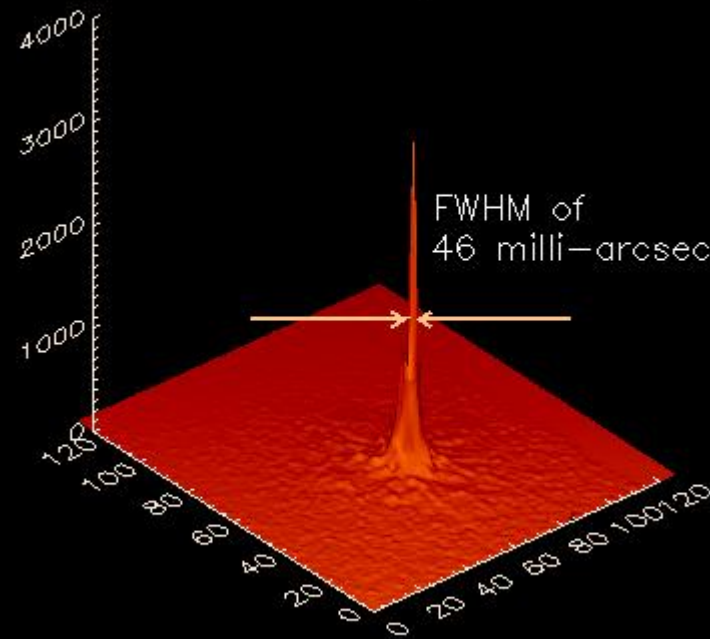
Sp. type: G8III

open loop

Keck I AO loop closed



Seeing of
1.4 arcsecond



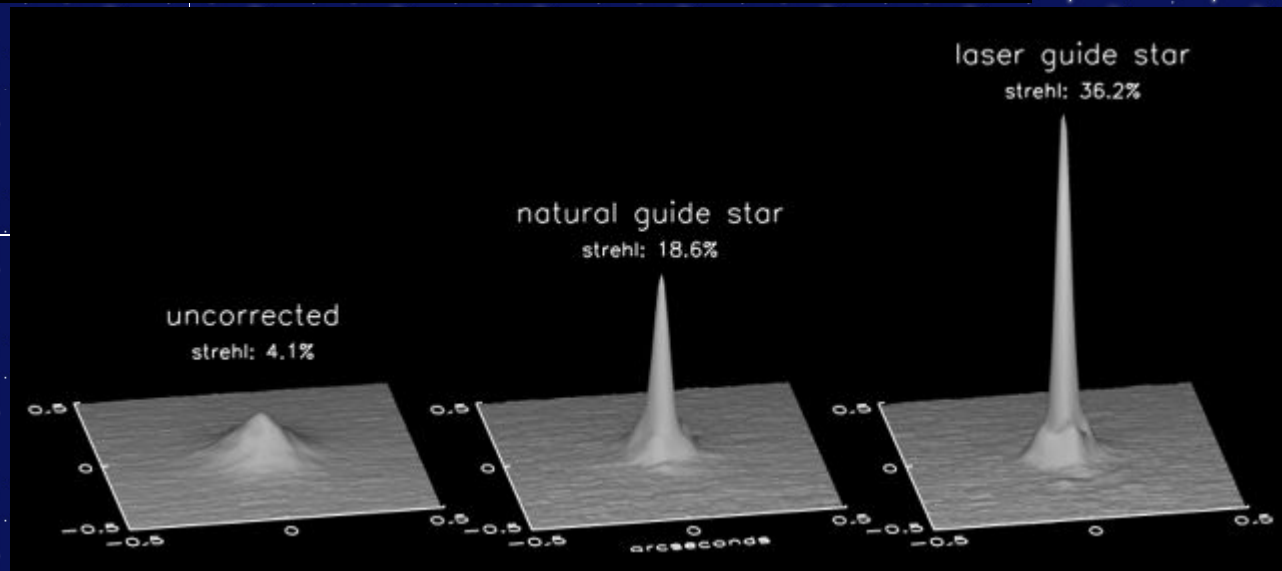
FWHM of
46 milli-arcsecond

H band images - 1.6 μm
14 Dec 2000 - 07:45 UTC

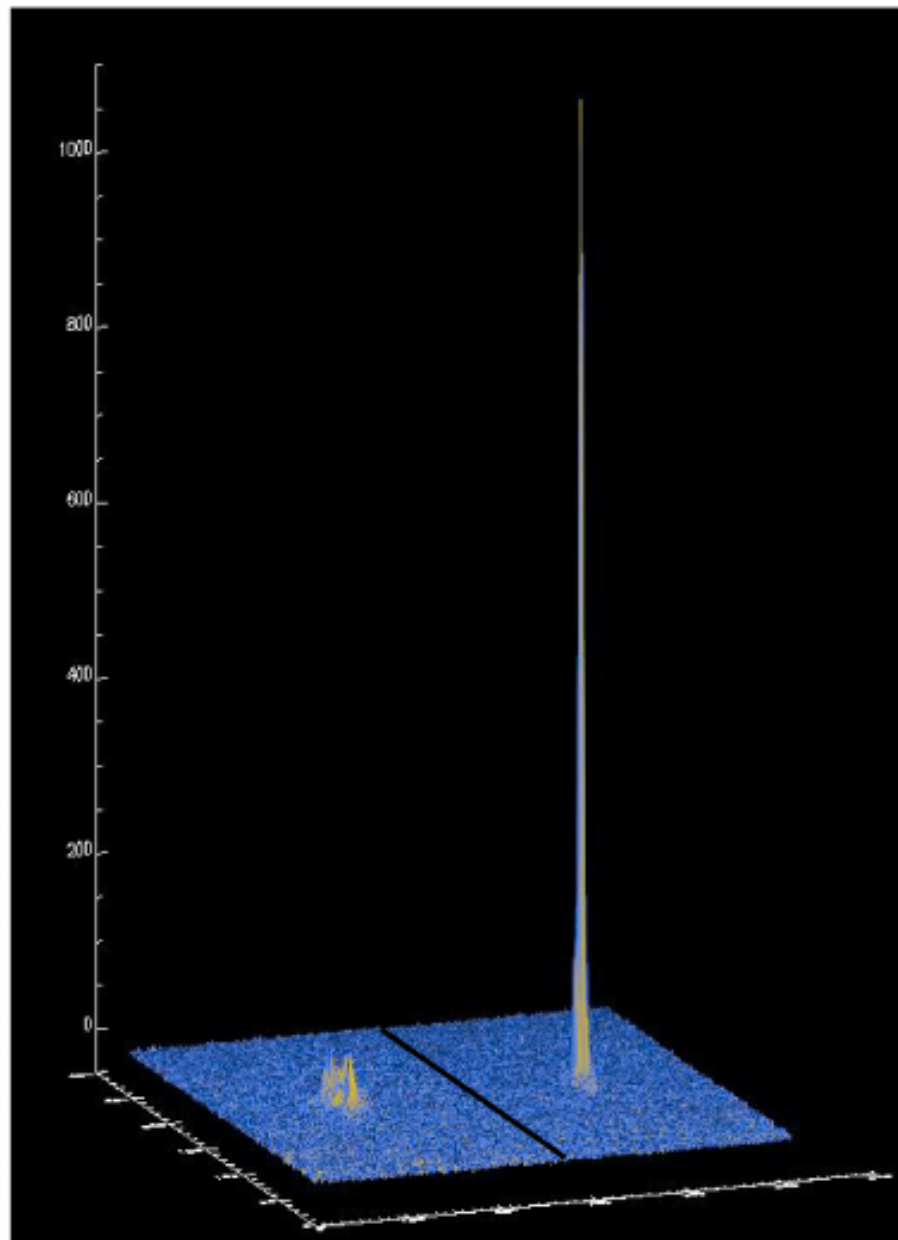
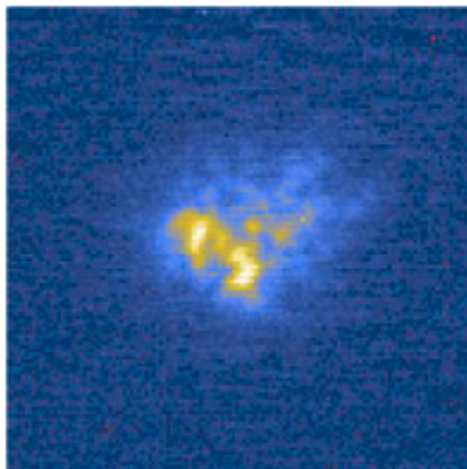
Strehl ratio: 0.23

Keck adaptív optikája

$$S = e^{-2 \cdot (2\pi\sigma)^2}$$



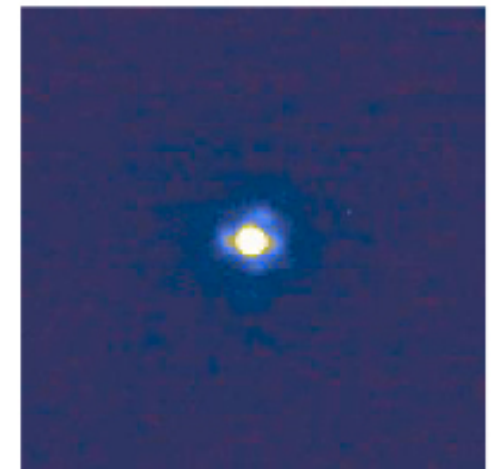
Uncorrected image
FWHM: 0.50"



Left: uncorrected

Right: corrected

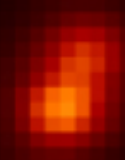
AO corrected image
FWHM: 0.07"



"First Light" for NAOS-CONICA at VLT YEPUN
(November 25, 2001)



PSF

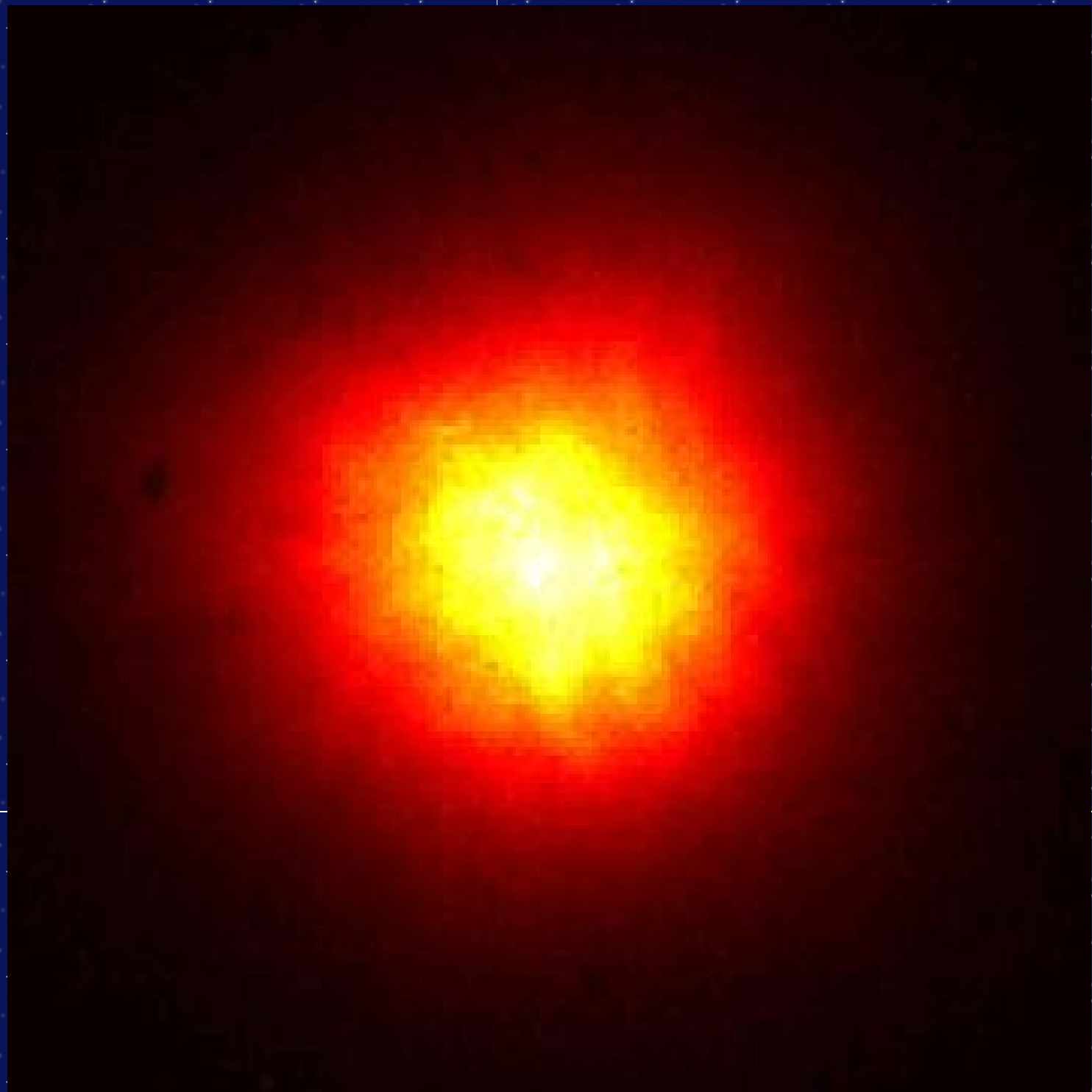


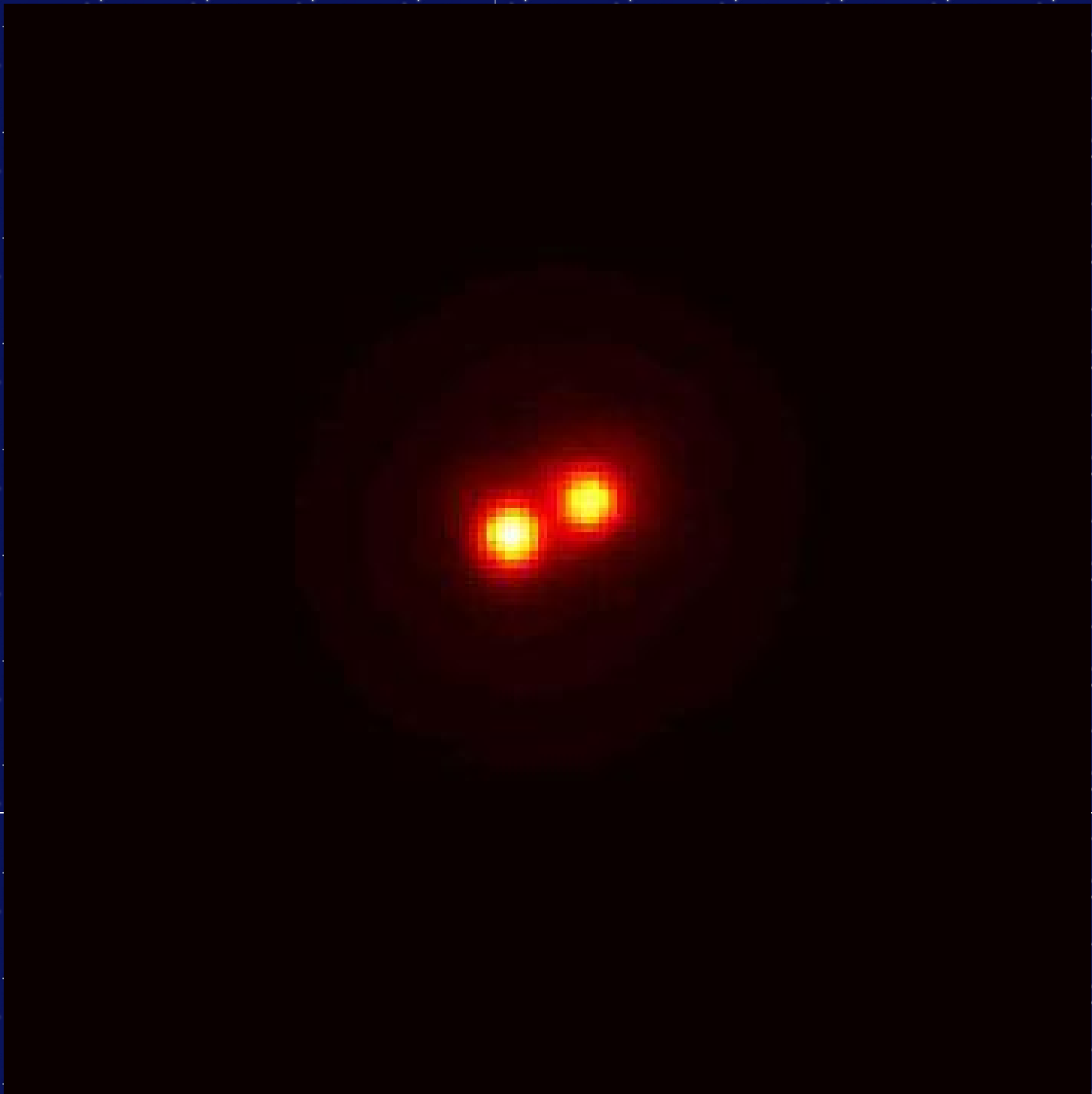
Raw



Processed

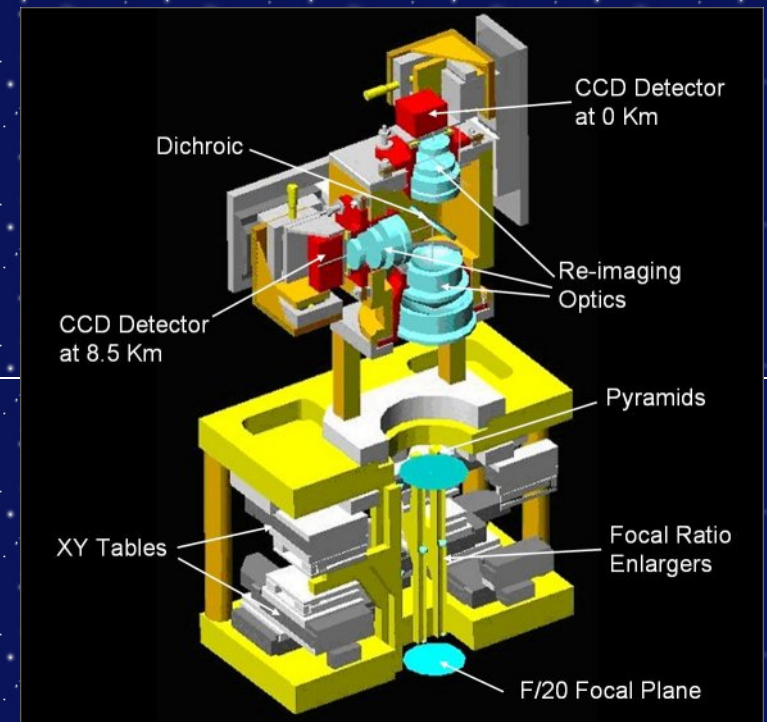
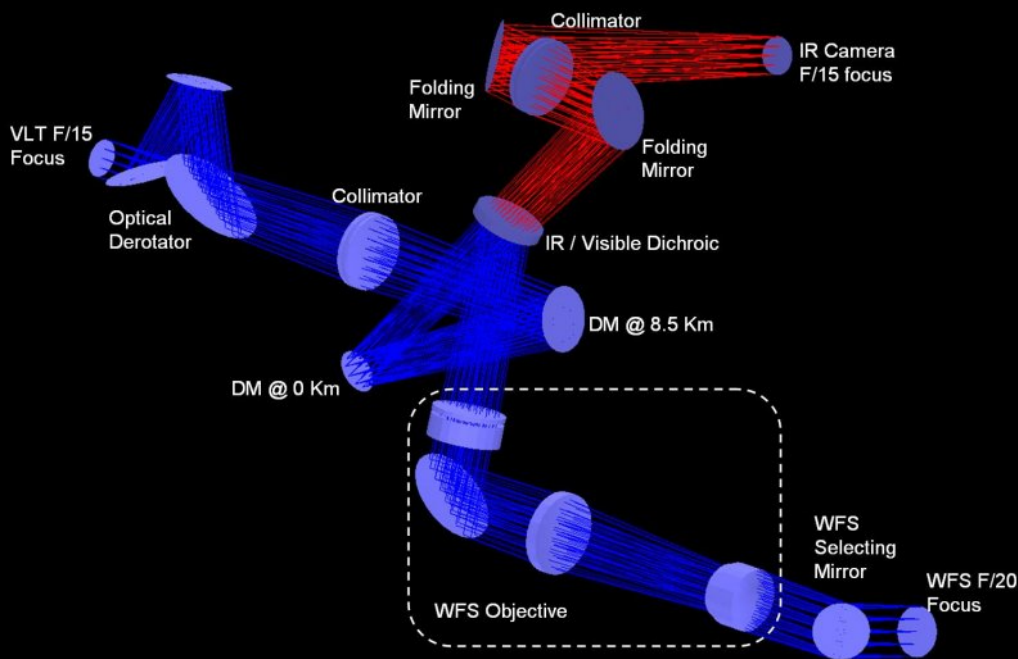
Separation of a Very Close Double Star
(VLT YEPUN + NAOS-CONICA)





DSP: digital signal processor, több darab Shack-Hartmann szenzor nagy felületű CCD-k hullámfront érzékelő, referencia nyaláb piezoelektromos deformációs aktuátorok kisebb tükröt könnyebb deformálni (VLT-hez 6400 aktuátor kellene...)

MAD Optical layout



Polarimetria

„thermal universe is essentially unpolarized, the dynamic universe is polarized”

Forrás: (pl. gömbszimmetriától való eltérés vagy intrinsic)

- forgás
- kettősök pályája
- erős mágneses mezőben nyalábolt emisszió
- szinkrotron sugárzás
- plazma osszcillációk
- sugárzás polarizálódása: szórás felhőkön, anyagcsomókon, jeteiken
- polarizációs tulajdonság változhat az ISM-el való kölcsönhatás során

Fontos információk!!!

A Stokes-paraméterek:

4 vektor adja meg: I, Q, U és V

Megadhatóak az elektromágneses sugárzás komponenseinek erősségével, intenzitások arányaival, azaz a polarizációs ellipszis paramétereivel.

A polarizáció foka: 0 és 1 között változik

$$I = a^2 \quad Q = a^2 \cos 2\beta \cos 2\theta$$

$$U = a^2 \cos 2\beta \sin 2\theta \quad V = a^2 \sin 2\beta$$

where a represents the ellipse size, $\tan \beta$ the ratio of the minor to major axes ($\beta = 0$ for linear and $\pi/2$ for circular polarization) and θ is the orientation of the ellipse. For linear polarization the ellipse collapses to a straight line and θ is known as the position angle of polarization,

$$p = \frac{(Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2}}{I} \quad p_{\text{lin}} = \frac{(Q^2 + U^2)^{1/2}}{I}$$

$$p_{\text{circ}} = \frac{V}{I} \quad I_p = Ip \quad \theta = 0.5 \tan^{-1} \left(\frac{U}{Q} \right)$$

Mire is jó a polarimetria?...

There are numerous examples of the great value of determining the polarization as well as the intensity and time dependence of the observed radiation. For example, in extragalactic astronomy, the discovery and delineation of the important **BL Lac object** class is largely due to polarimetric measurements and the relationship among different classes of active galactic nuclei is becoming clarified due to the geometric models based upon polarization data. In stellar astronomy the geometry and dynamics of **stellar winds, disks and jets** revealed by polarimetry have yielded unique insight into **mass loss processes and hence stellar evolution and enrichment of the interstellar medium**. Polarization measurements of **spectroscopic binaries** permit the determination of the orbital inclination and hence masses, while the discovery of **magnetic white dwarfs** and other stellar magnetic fields have been found from polarimetric observations. In the study of the **interstellar medium** polarization maps have shown the detailed small scale structure of galactic magnetic fields and have provided important constraints on the composition and structure of interstellar grains. Polarization provides the additional information necessary to determine the **albedo of dust grains**, a parameter vital to the discussion of star formation...

Hátrányai:

Despite the obvious value of fully characterizing the radiation received from celestial sources, the application of polarimetric data is still rare.

There are several reasons for this. Polarimetry is **more difficult**; since often the **polarization signature is less than 1%**, the **signal-to-noise ratio needs to be 10 times or more greater** than that required for spectroscopy.

This in turn means that **exposure times need to be 100 to 1000 times as long**.

It also means that the instrumental polarization and instrumental stability **must be at least in the 0.1 - 0.05% range**. another difficulty is that the **polarimetric backgrounds** in the visible due to light pollution, zodiacal light, integrated star background, and interstellar polarization greatly complicates the observations and analysis. Finally, polarization is often **accompanied by variability**, a common feature of non-thermal states, and synoptic observations are required to fully exploit the diagnostic nature of polarization.

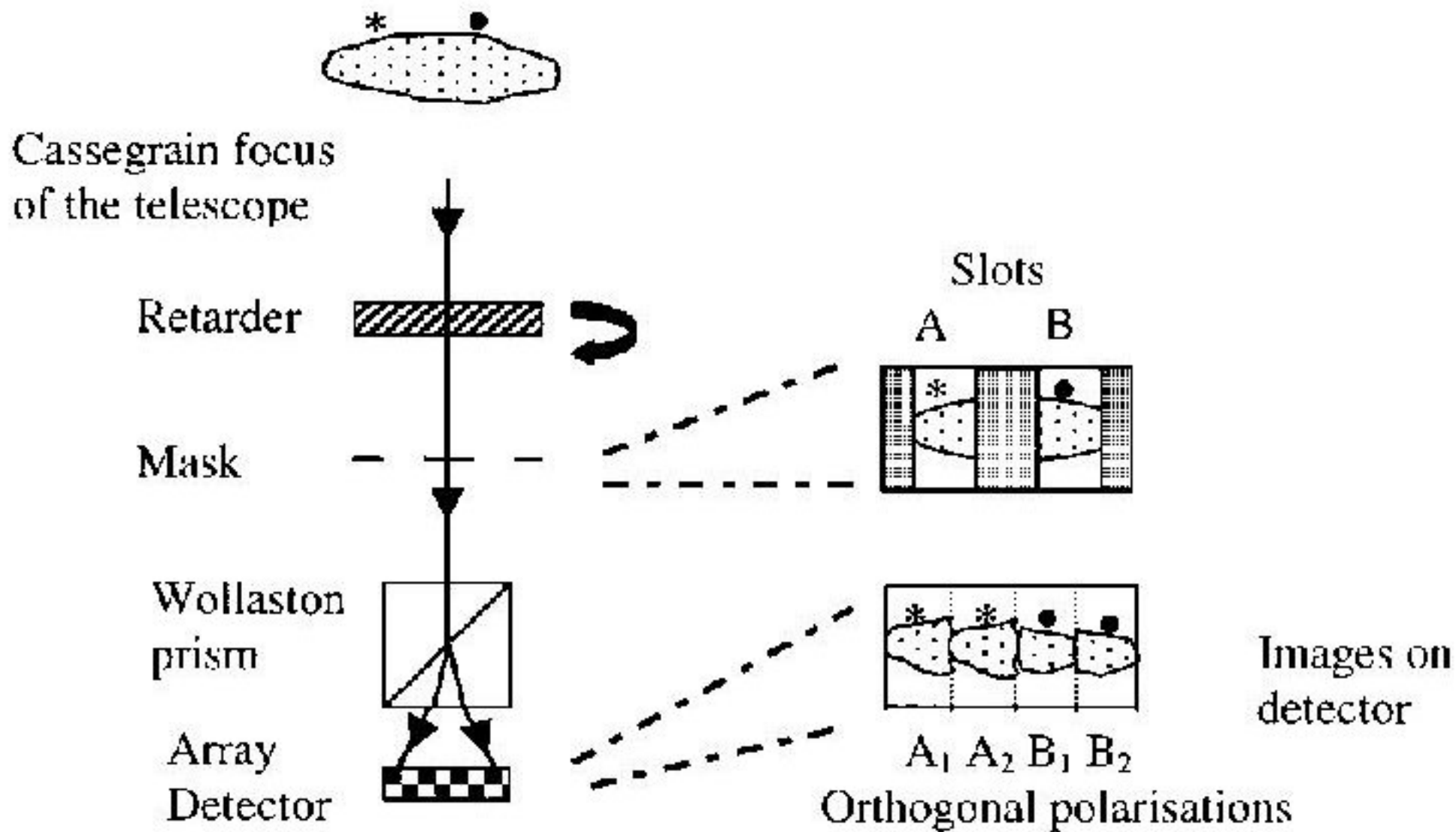
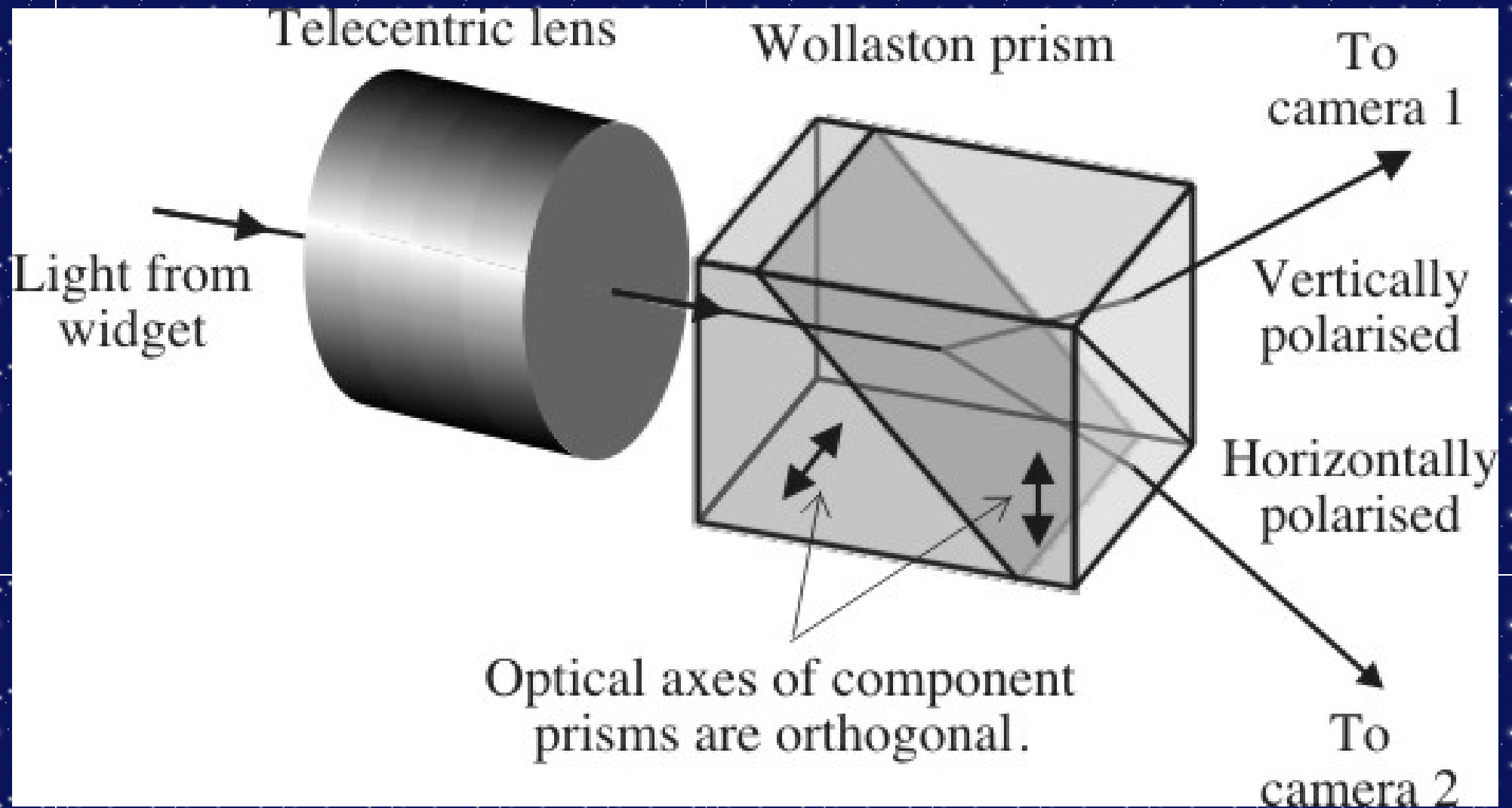


Figure 2. Typical polarimeter system used in optical and near-infrared imagers.

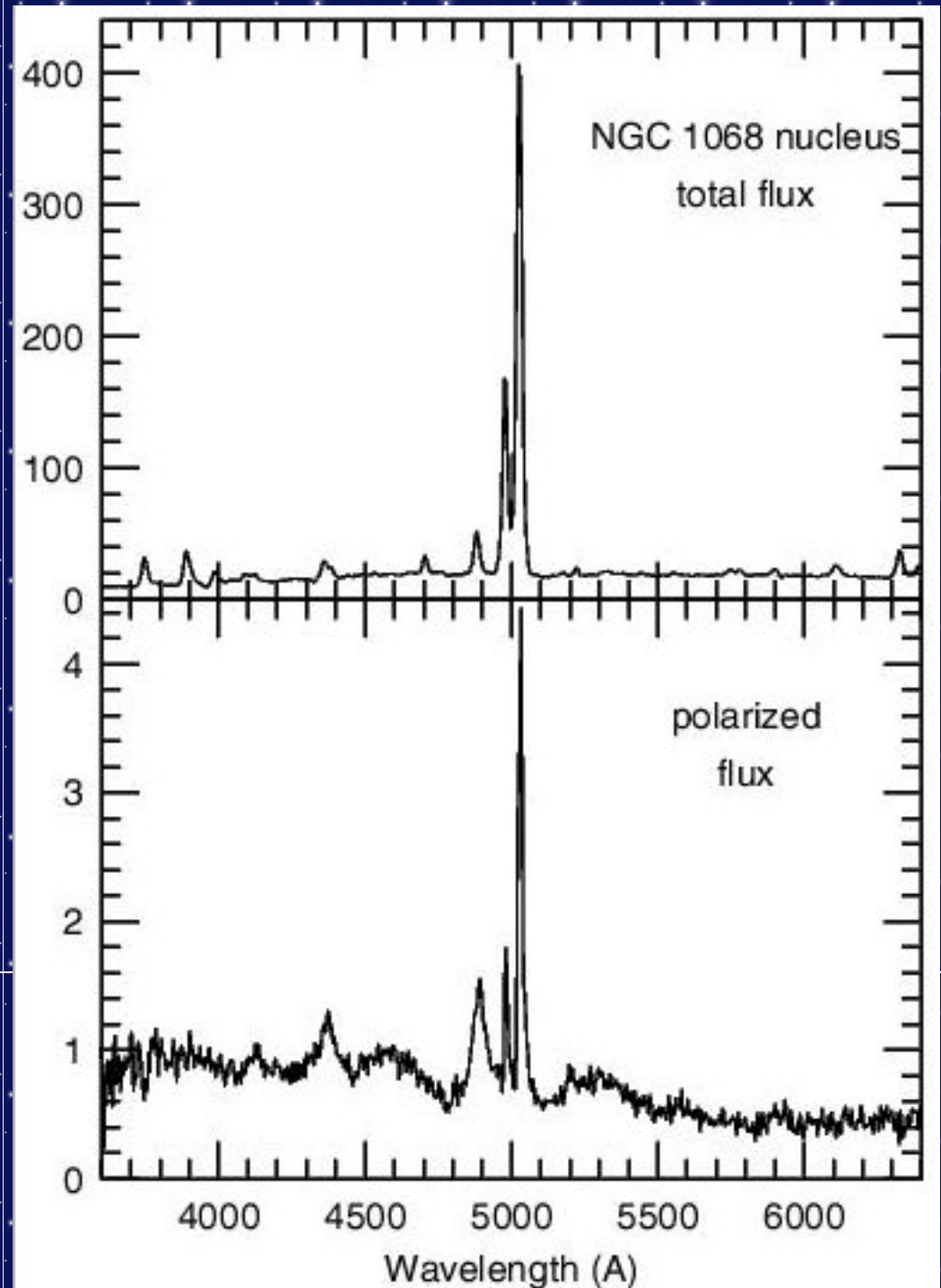
Elektrooptikai modulátor: feszültség hatására kettősen törővé válik a kristály



Spektropolarimetria:

A hullámhossz függvényében adjuk meg a polarizációs paramétereket!

Seyfert 1 vagy 2?

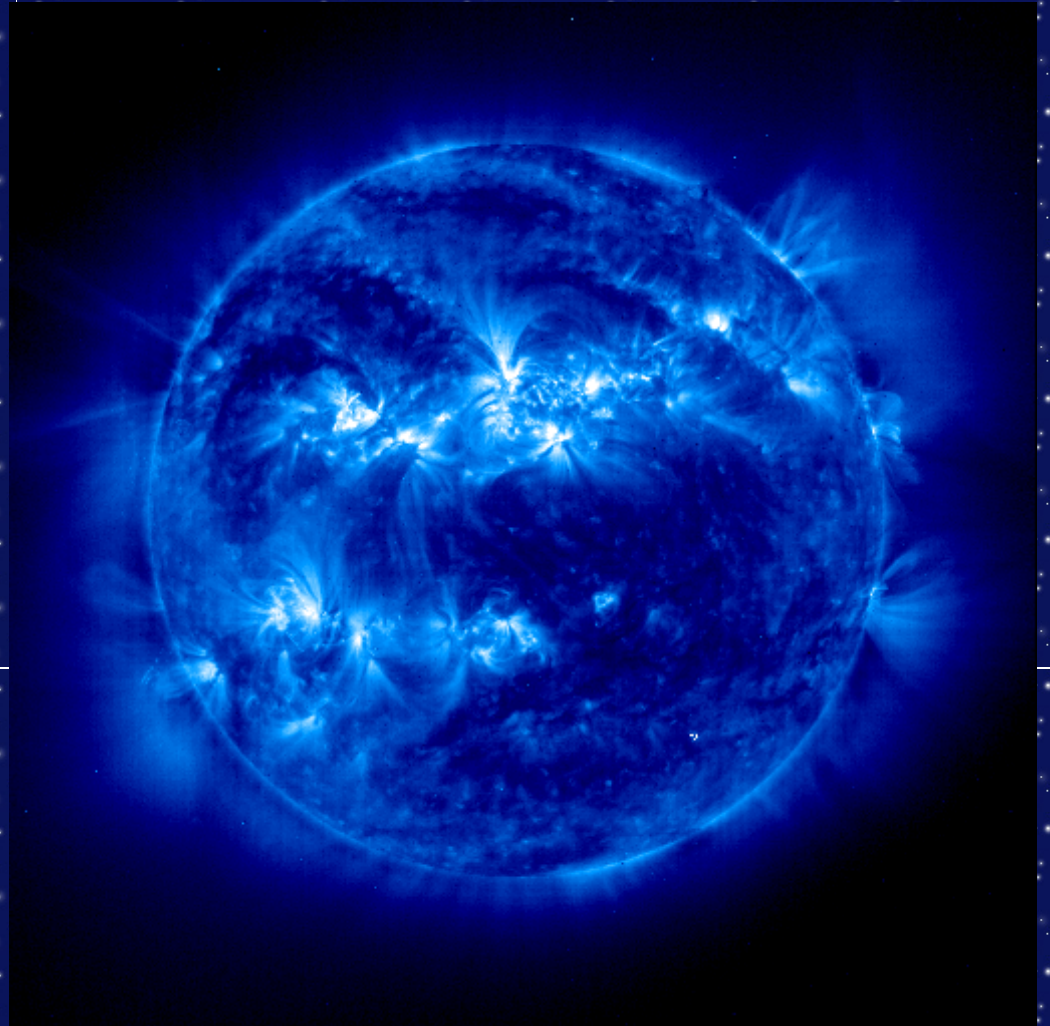


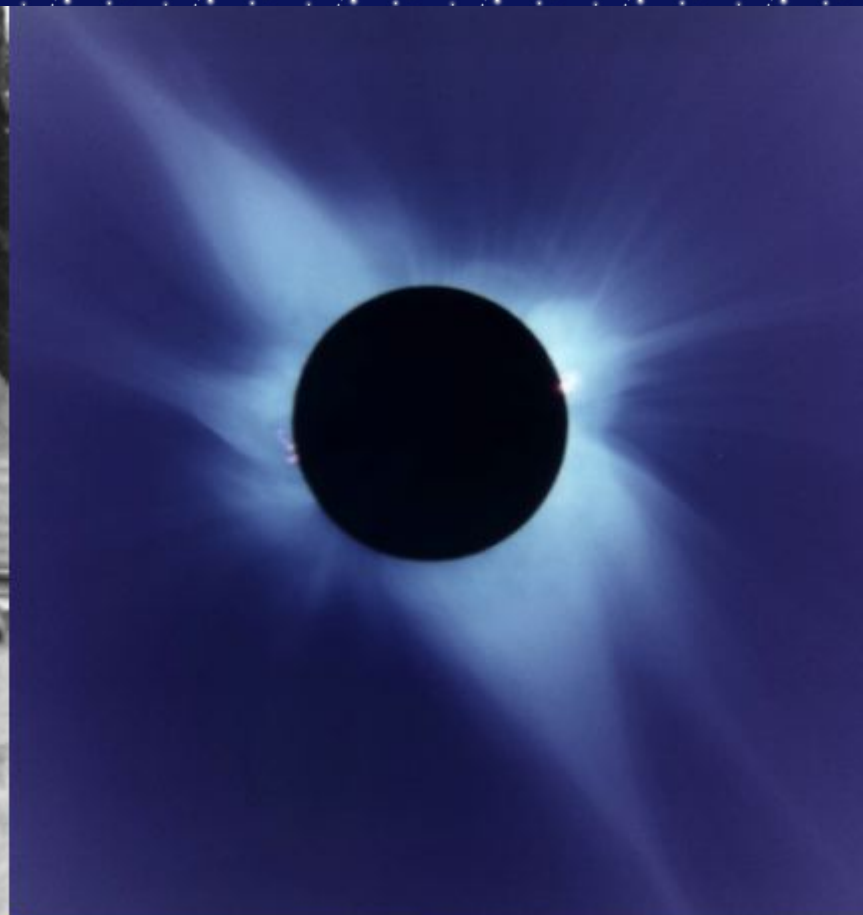
Koronográfia

Cél: a Napkorona megfigyelése

FeX vonalán, 171 angstrom

SOHO





Bernard Lyot, 1939, at Pic du Midi
French Astronomer
Inventor of the Coronagraph

...szívinfarktusban meghalt egy napfogyatkozás után...

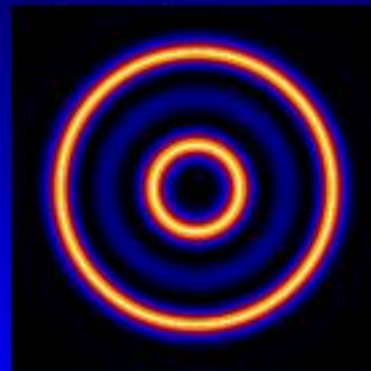
Telescope Pupil
Evenly Illuminated



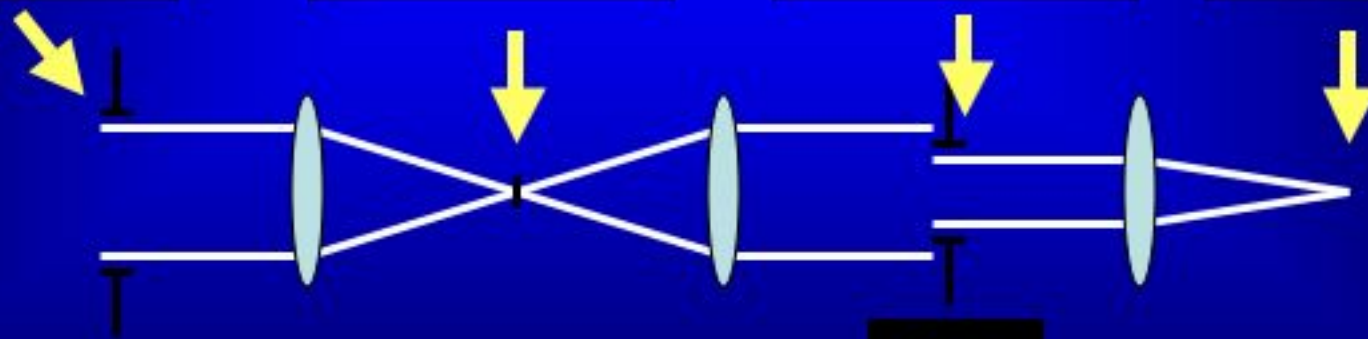
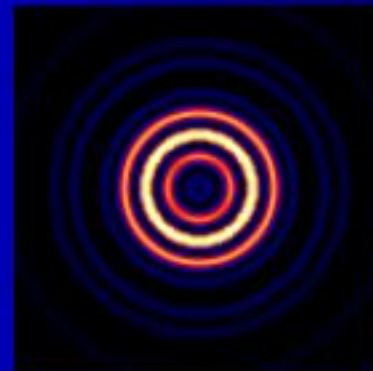
Image is made (top)
And occulted (bottom)



Pupil is reimaged (top)
And partially blocked (bottom)



The Final image after
Coronagraph has only
1.5% of the original
Starlight.



Occulting Spot

Lyot Stop

A debreceni koronográf + H alfa monokromátor:

- orosz termék
- egytagú (!) 53 cm-es lencse
- effektív fókusztávolság 12 méter
- napkorong így 12 cm-es
- Lyot-szűrővel csökkentett szórt fény



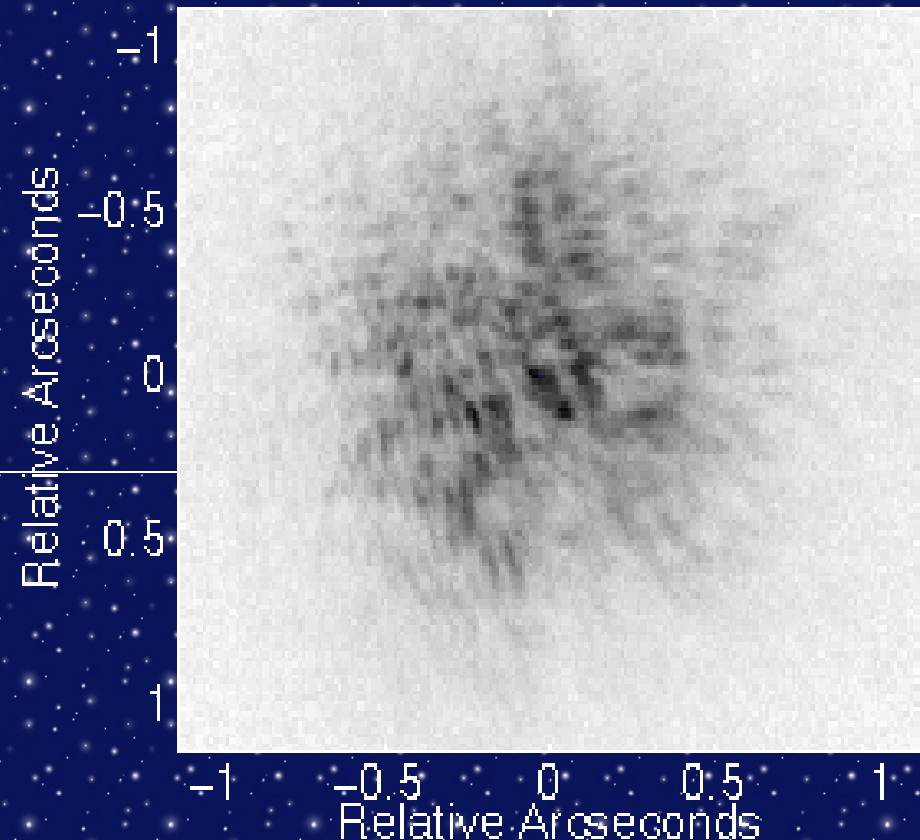
Speckle-interferometria

- légkör turbulens mozgásai: levegőcellák, 1-100 Hz, 0.1-0.3 méter
- rengeteg rövid expozíciós felvétel: ~ ms tartomány
- a képek diffrakció limitált információt tartalmaznak
- fókusz képe: mintha több tüköré lenne, ezek interferálnak egymással
- Fourier-transzformáció
- referencia képpel egybevetés
- inverz Fourier transzformáció

Nagy távcsövek + halvány objektumok

tipikusan kettőscillagok
~30 mas elérhető

Typical speckle image of a 0.2" binary star



Apertúra-szintézis

A Föld forgásának kihasználása a bázisvonal időben folyamatos változtatására.

VLA:

New-Mexico-i sivatag, Socorro mellett, Very Large Array
27 db. 25 méteres rádióantenna Y alakban
eredő méret: 36 km (!)

MERLIN: Multi Element Radio Linked Interferometer Network

~230 km távol lévő antennák, kb. 0.01" felbontás



The VLBA of the National Radio Astronomy Observatory was inaugurated in August 1993. This dedicated instrument consists of 10 25 meter dishes spaced over US territories from the Virgin Islands to the Big Island in Hawaii- a total baseline of 8000 km. The frequency range is 327 MHz to 90 GHz.



Mauna Kea



Kitt Peak