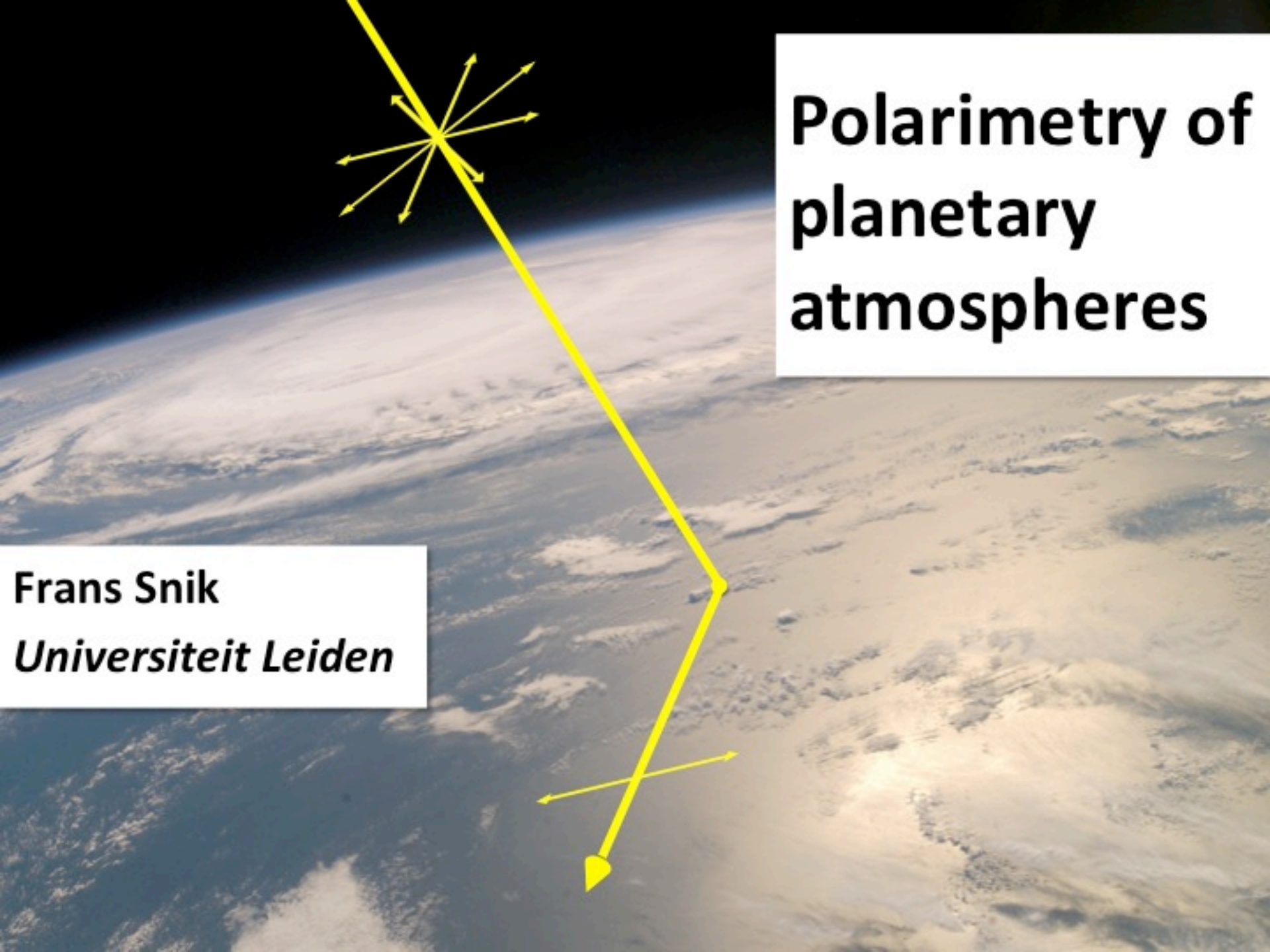


Polarimetry of planetary atmospheres

Frans Snik
Universiteit Leiden







1 health



1 health



health

Thousands of people in the Netherlands die prematurely each year because of exposure to particulate matter.

Economic impact:
4-40 G€.

source: RIVM, astmafonds

2

economy



2

economy



2

economy

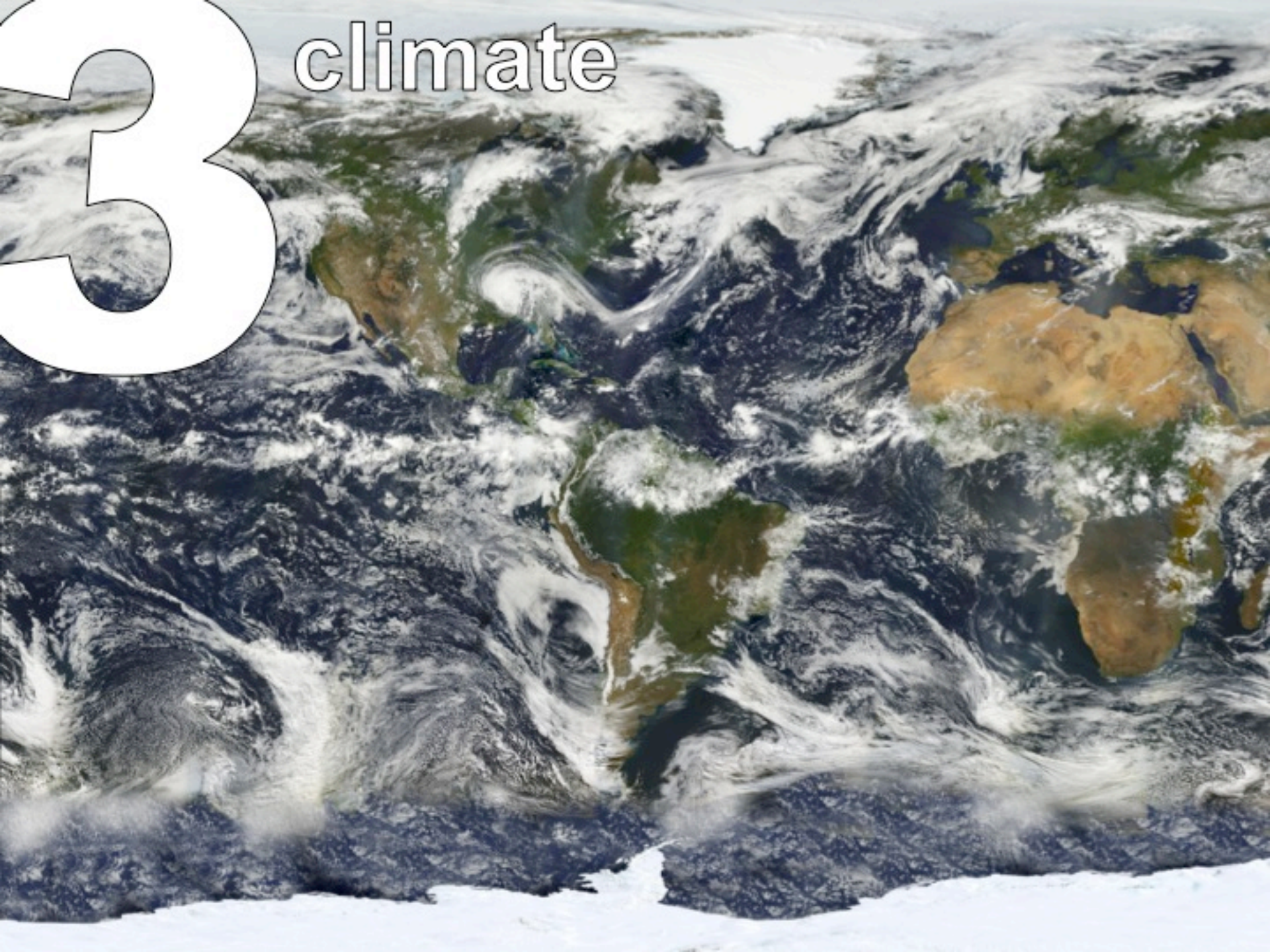
Cancellation of flights due to the volcanic ash clouds in 2010 has cost airlines more than a billion euros.

source: IATA

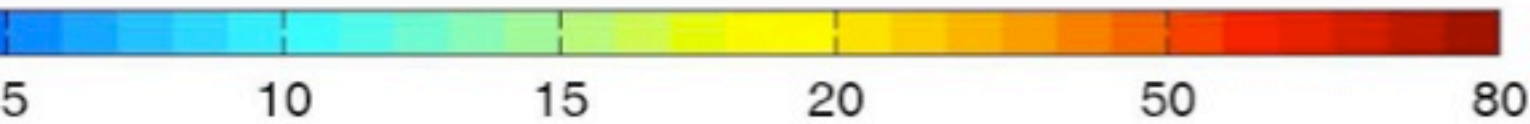
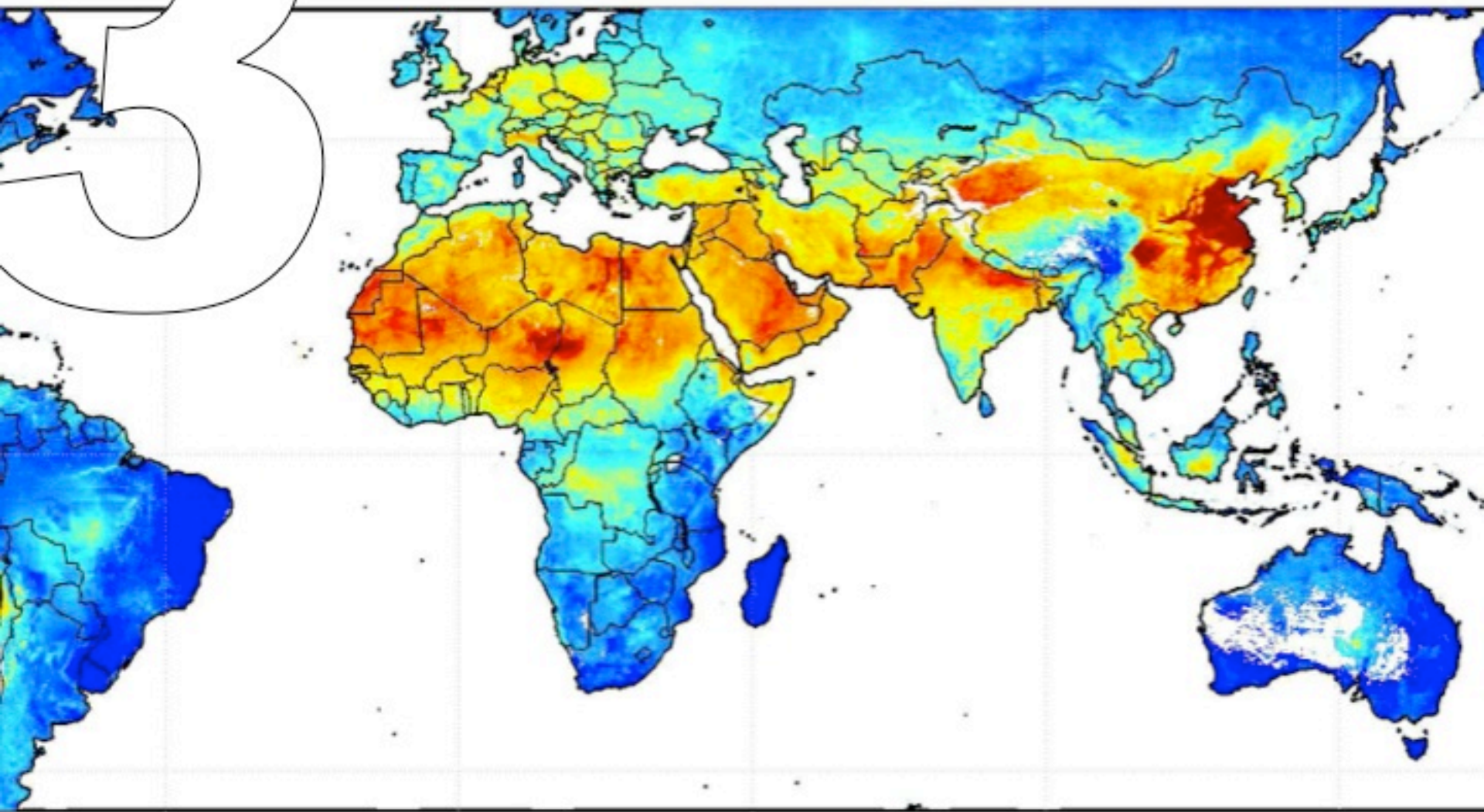


3

climate



climate

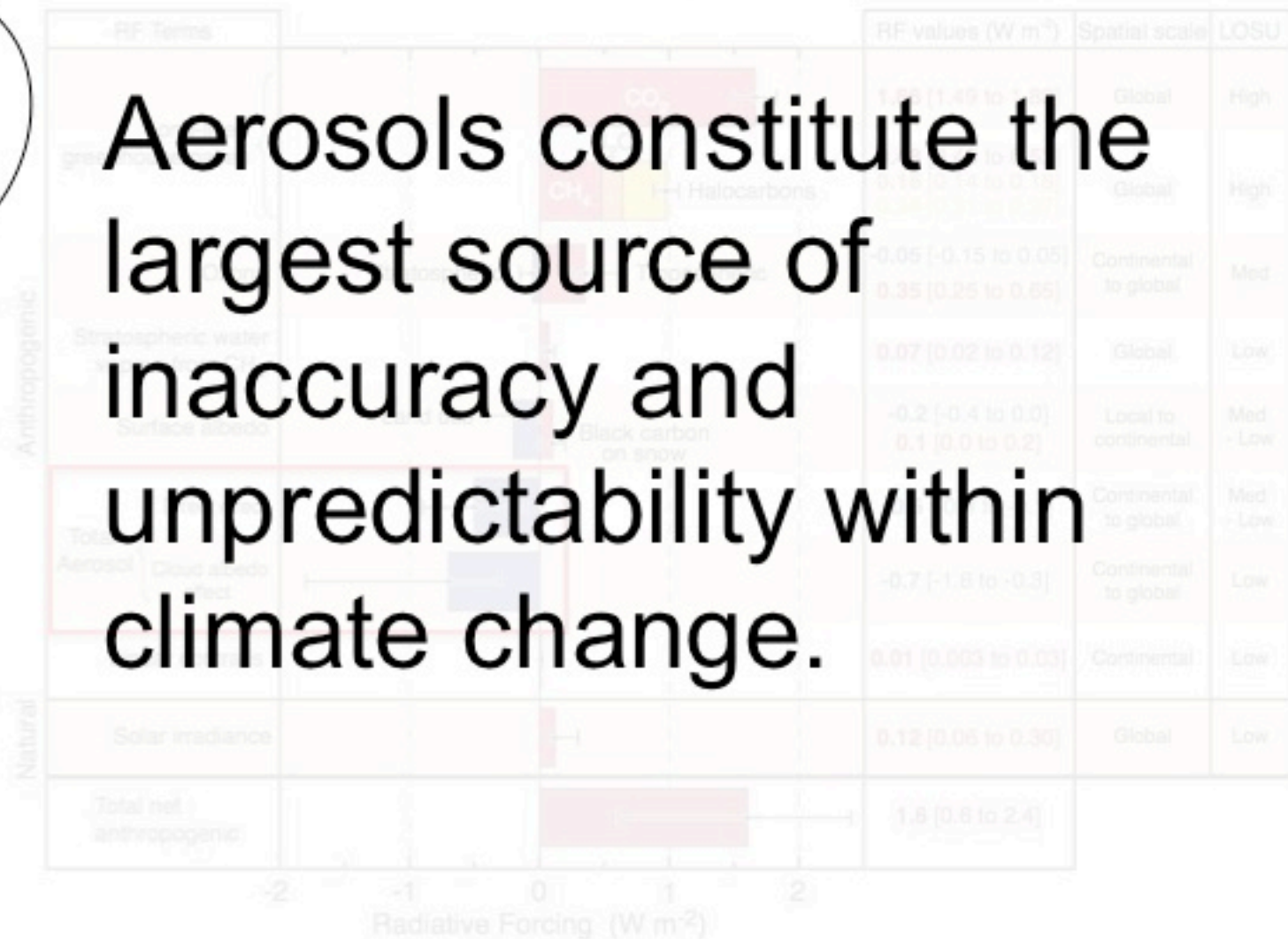


3

climate

Radiative Forcing Components

Aerosols constitute the largest source of inaccuracy and unpredictability within climate change.





spectrum



linear polarization



multiple scattering angles



number density



size distribution

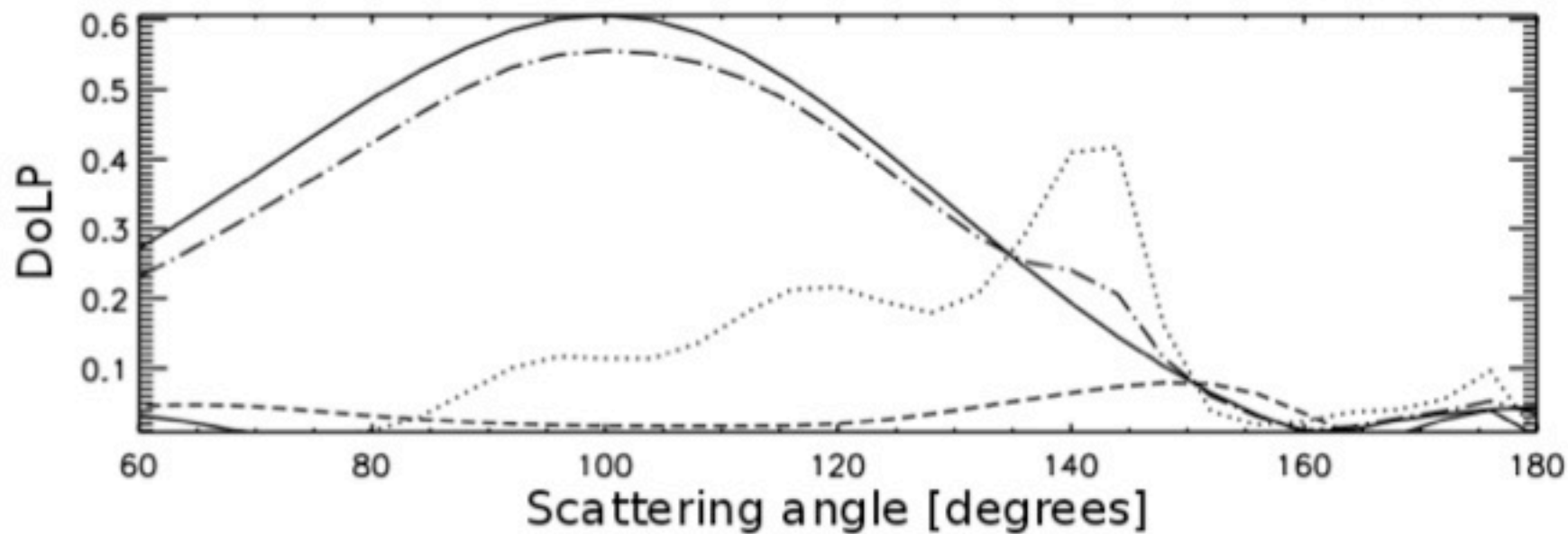
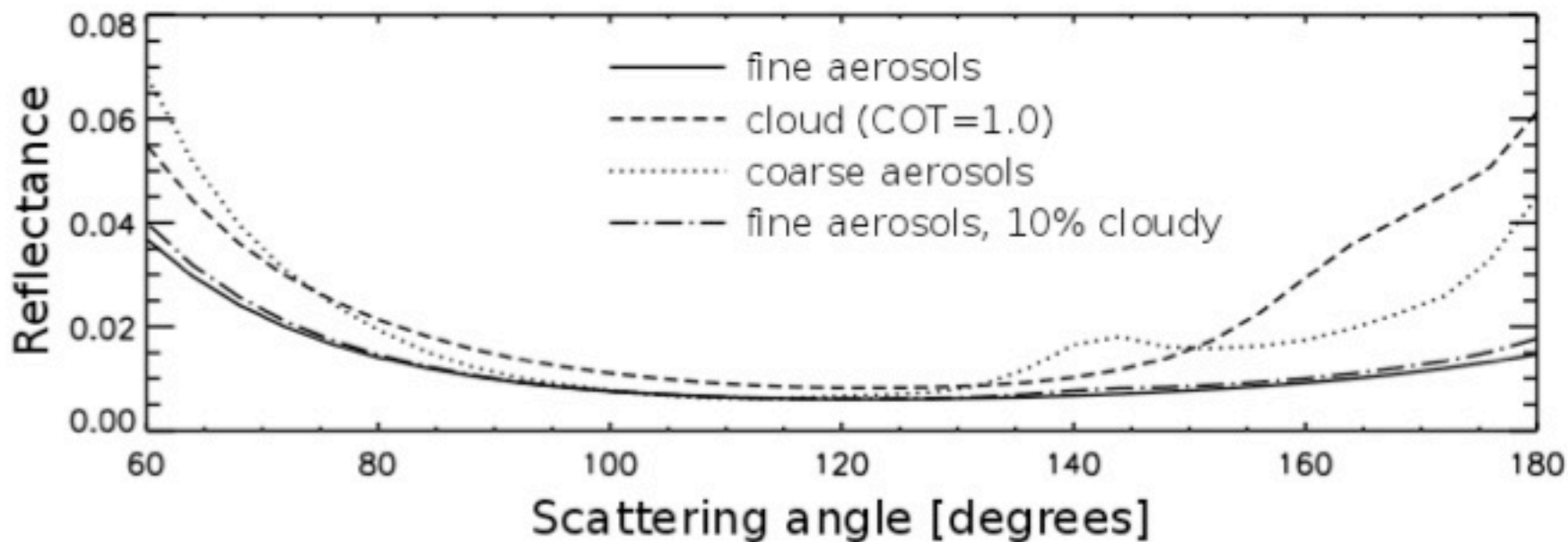


chemical composition



shape





1. temporal modulation



Advantages

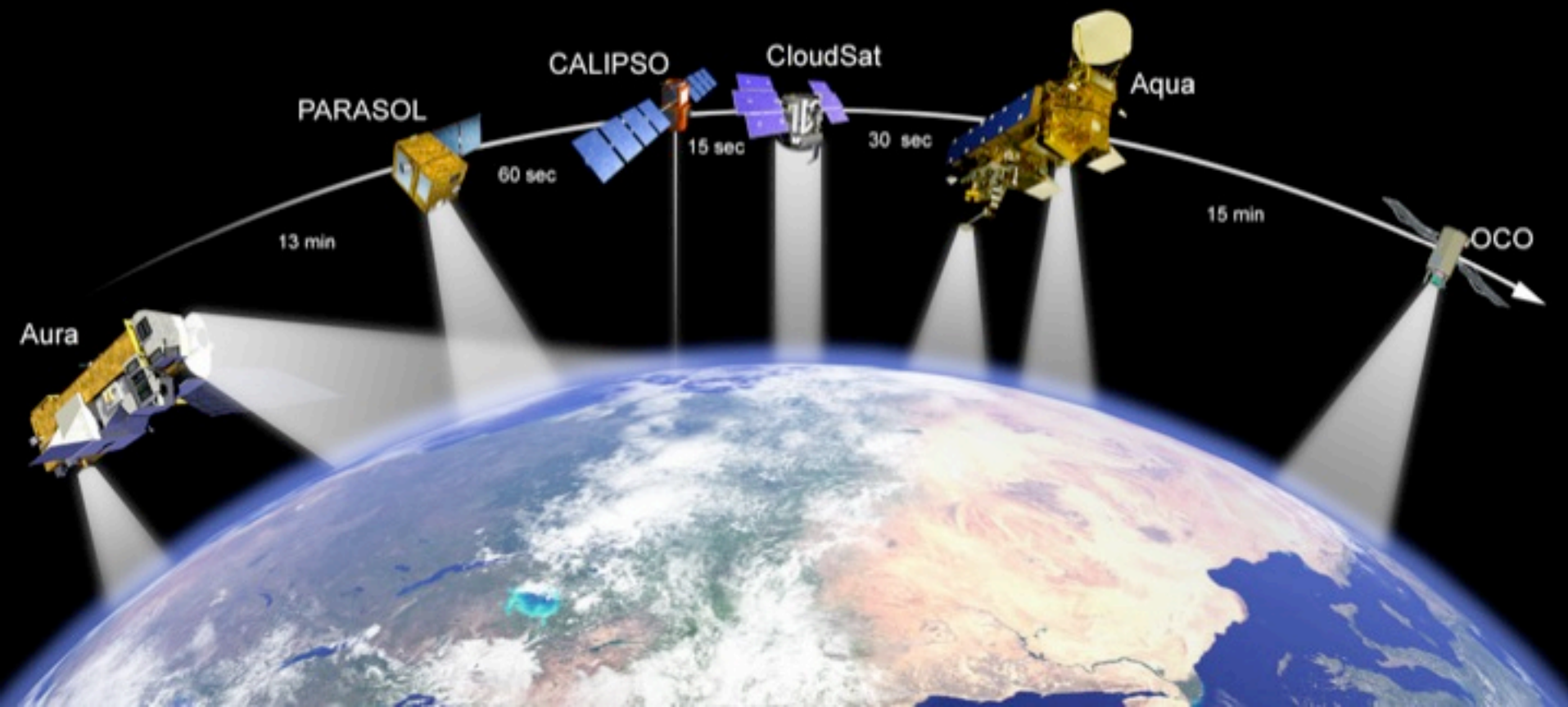
- Single detector
- Easy addition of polarization optics

Disadvantages

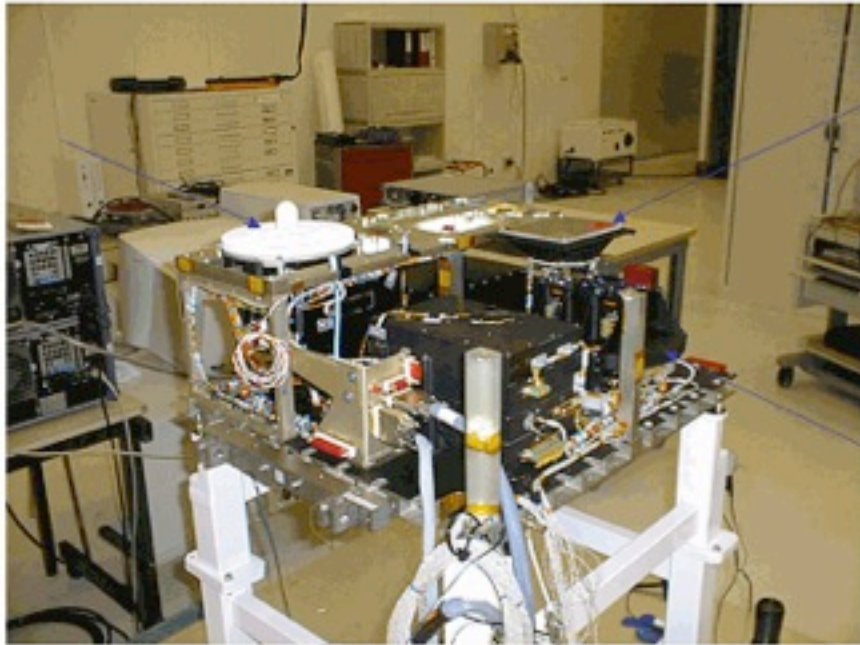
- susceptible to variations in time:
 - flying over scene
 - changing scene
 - atmospheric fluctuations

POLDER/PARASOL

The A-Train

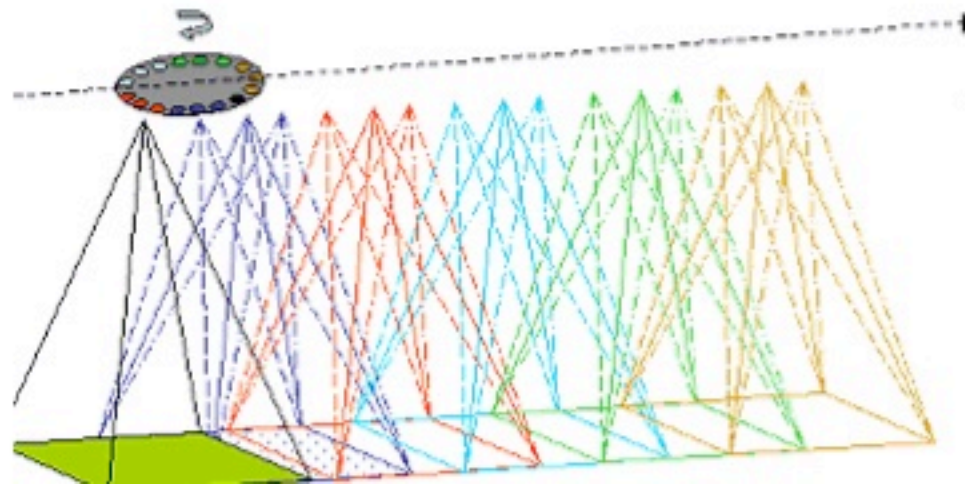
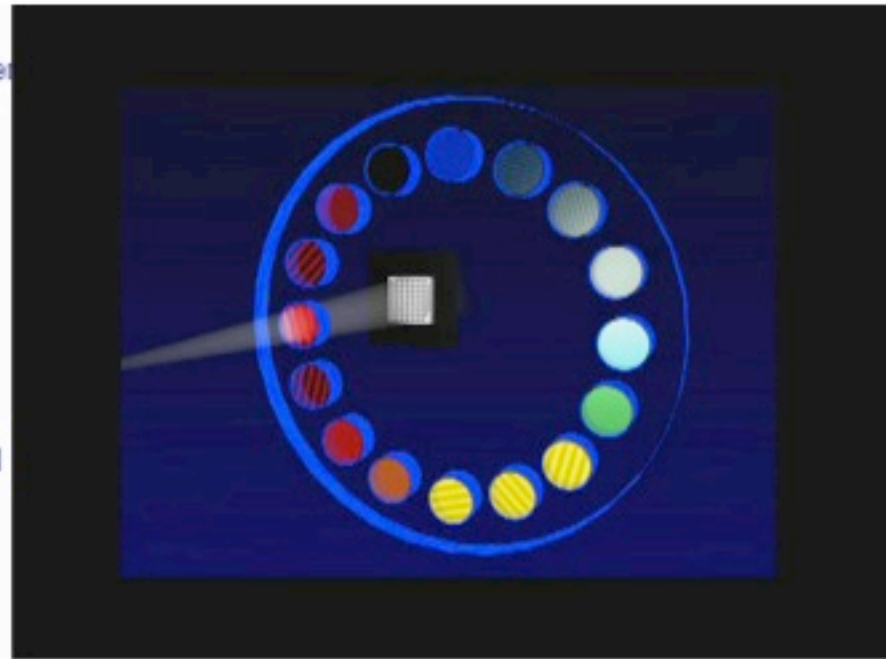


POLDER/PARASOL



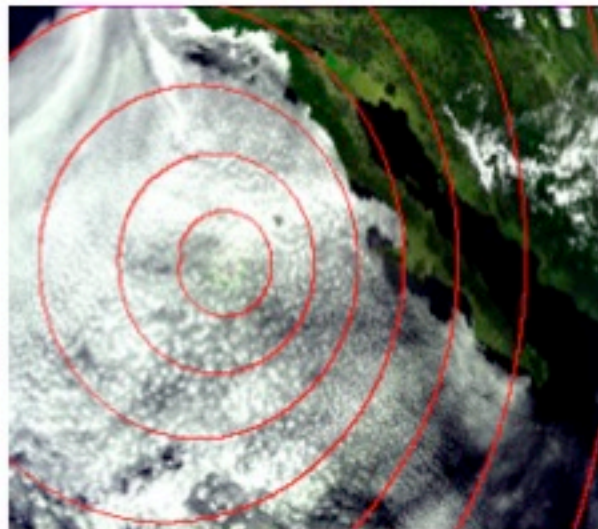
Camera

Filter wheel

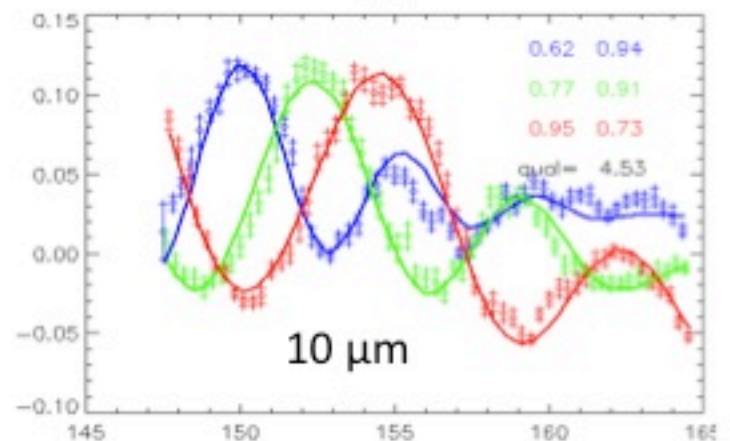
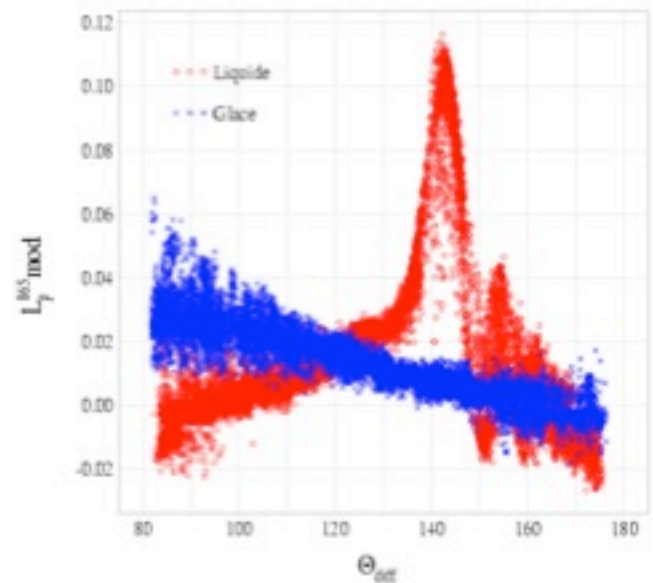
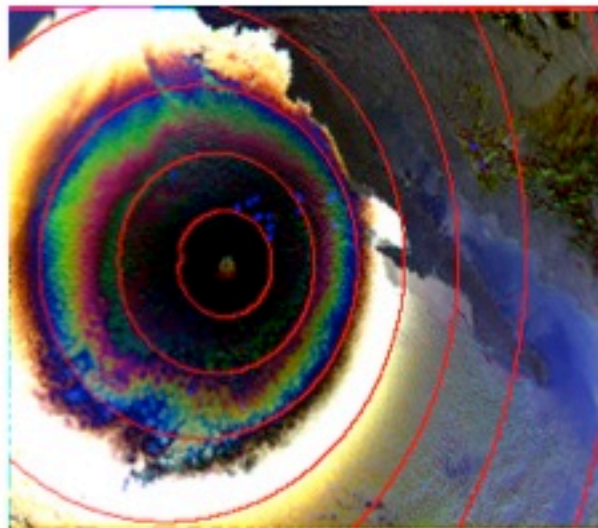


POLDER/PARASOL

intensity
reflectance



polarized
reflectance



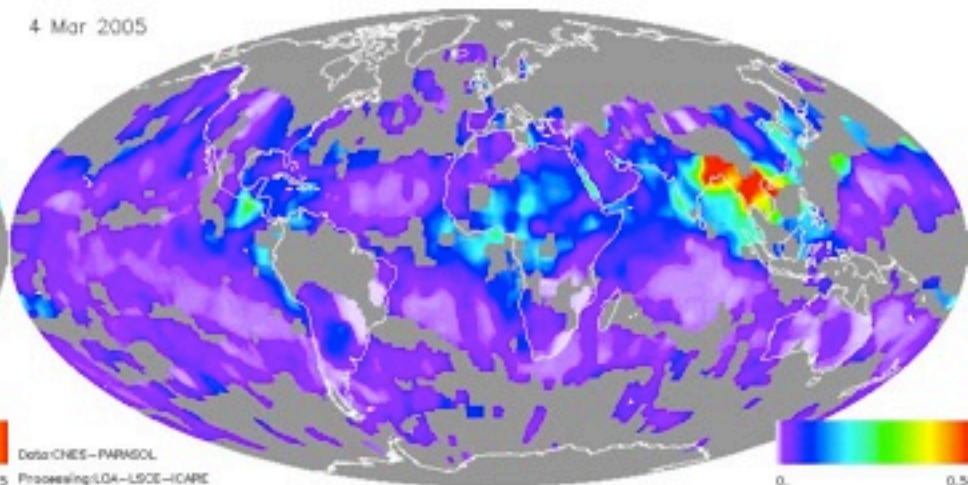
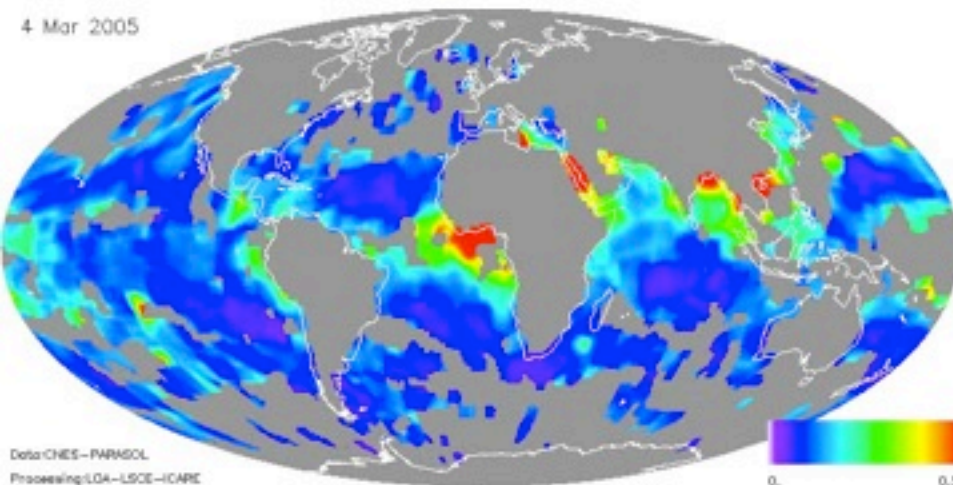
POLDER/PARASOL

total Aerosol Optical Thickness

fine mode Aerosol Optical Thickness

4 Mar 2005

4 Mar 2005



Data:CHES-PARASOL
Processing:LOA-LSCE-ICARE



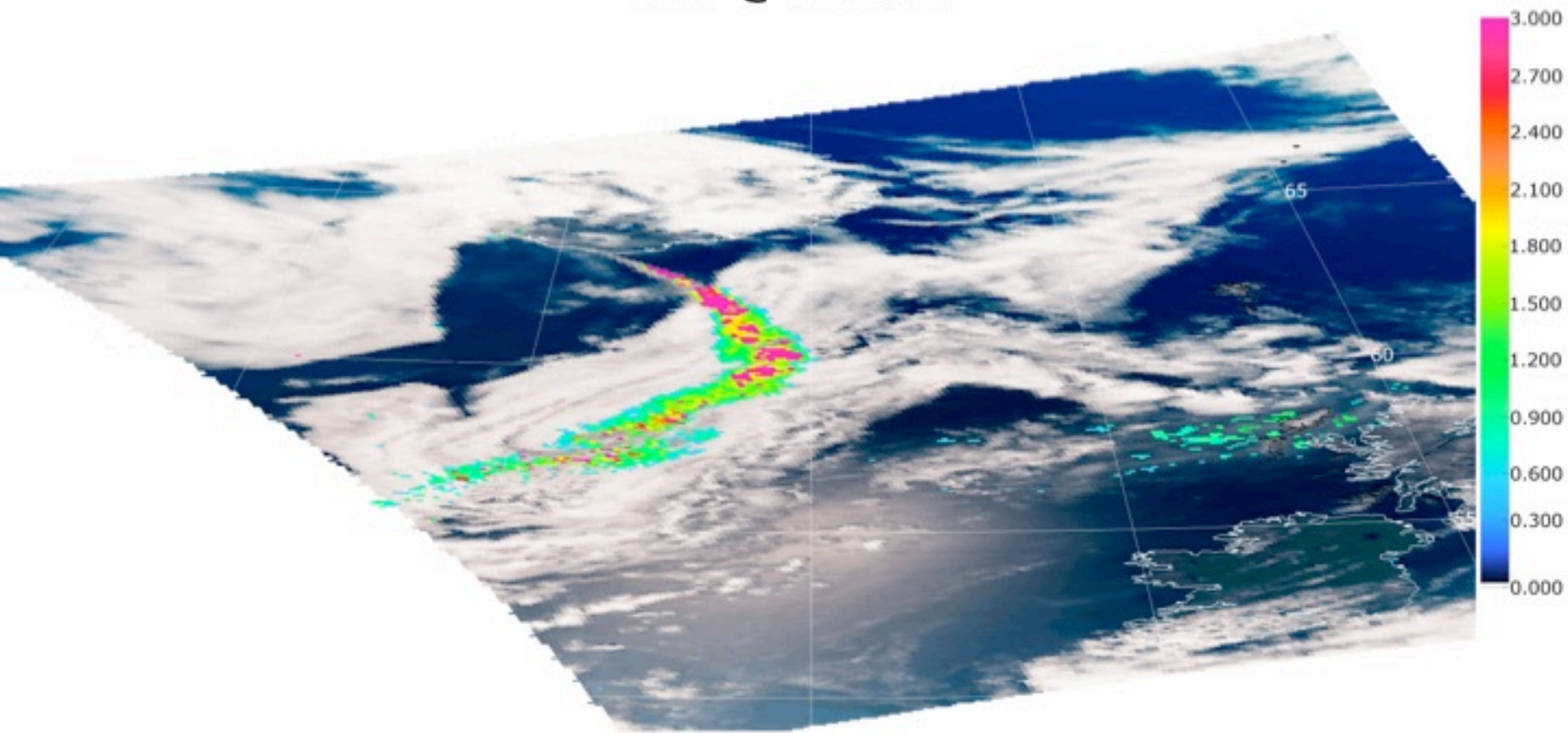
Data:CHES-PARASOL
Processing:LOA-LSCE-ICARE



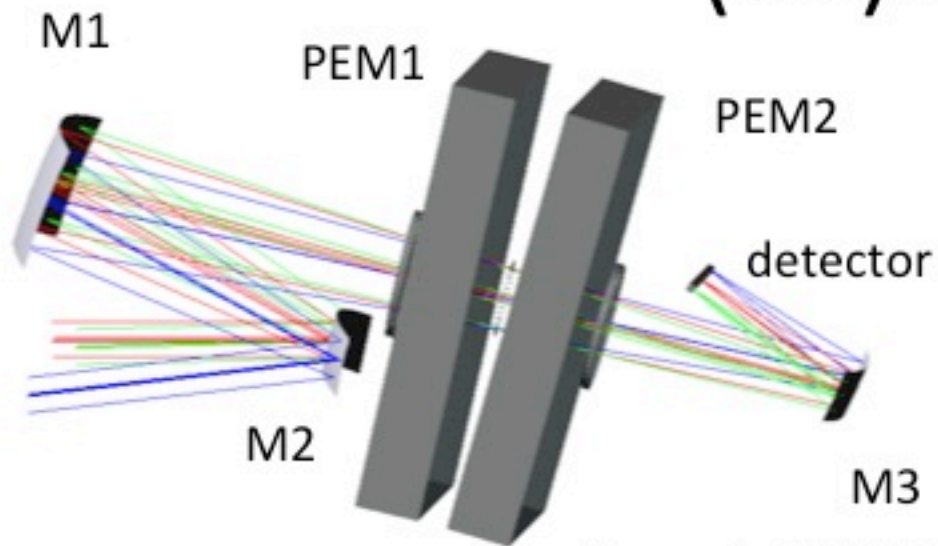
POLDER/PARASOL

Eyjafjallajokull volcano on May 8, 2010

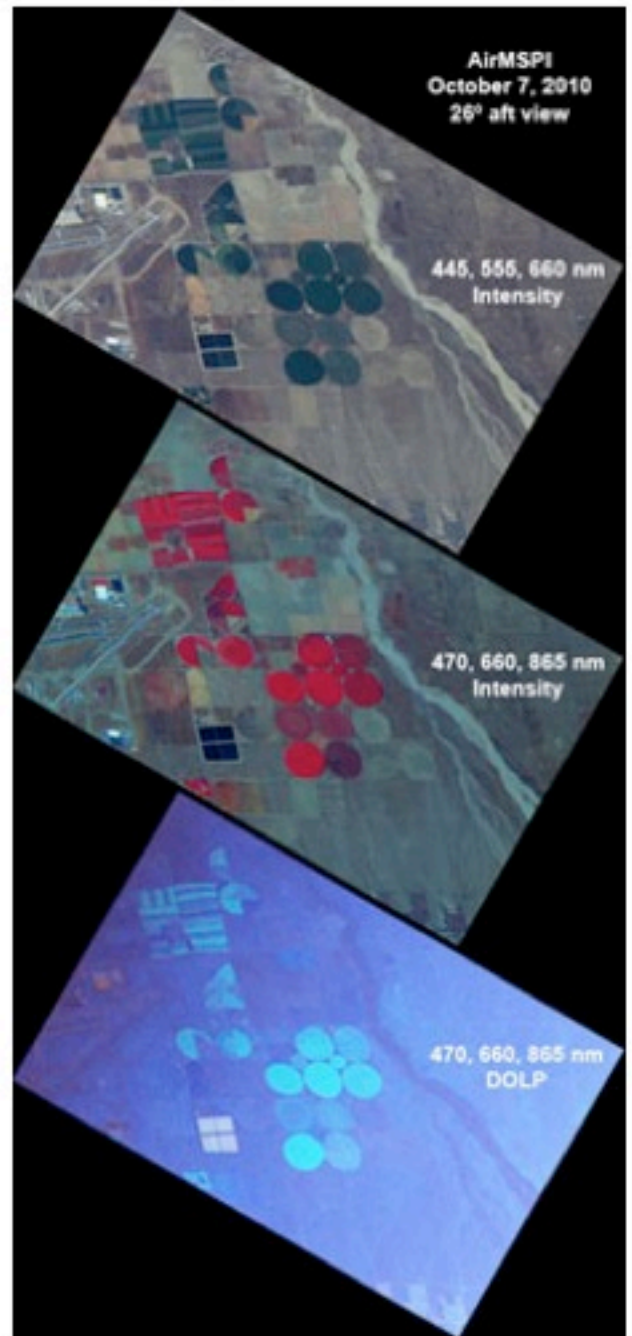
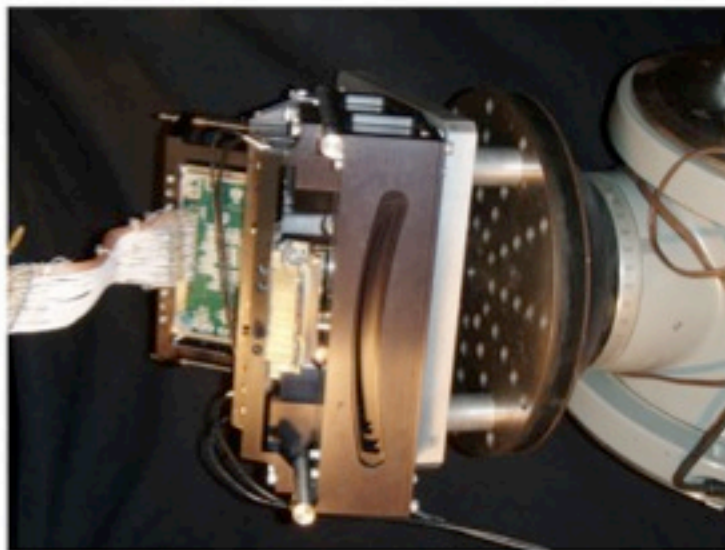
AOT @ 550 nm



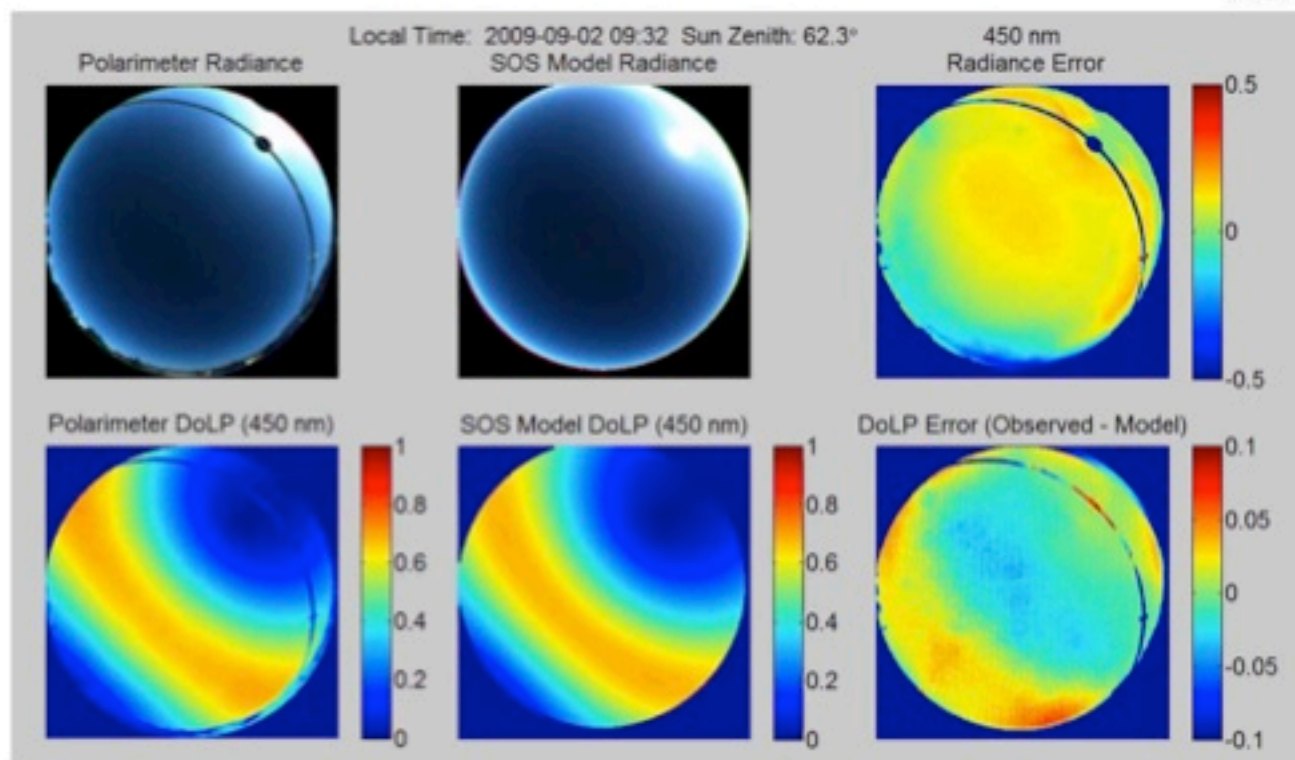
(air)MSPI



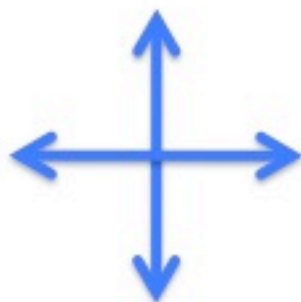
Diner et al. (2007,2010)



ground-based all sky polarimetry



2. spatial modulation



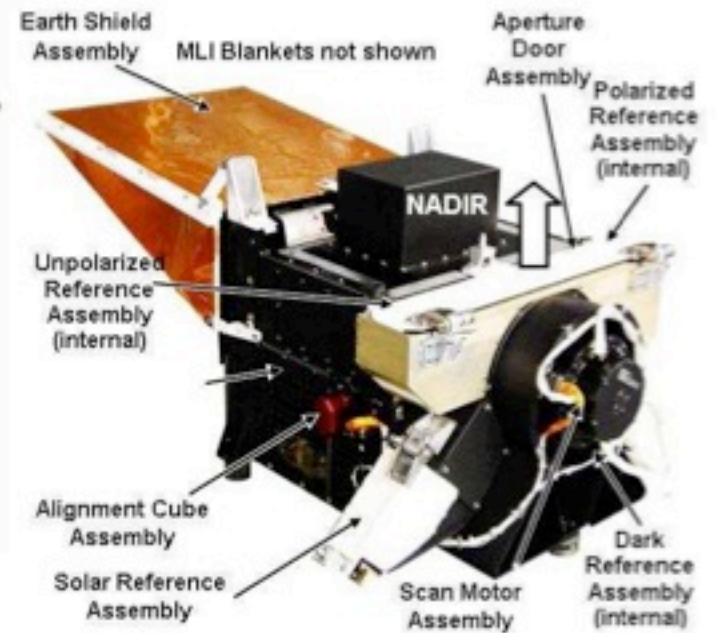
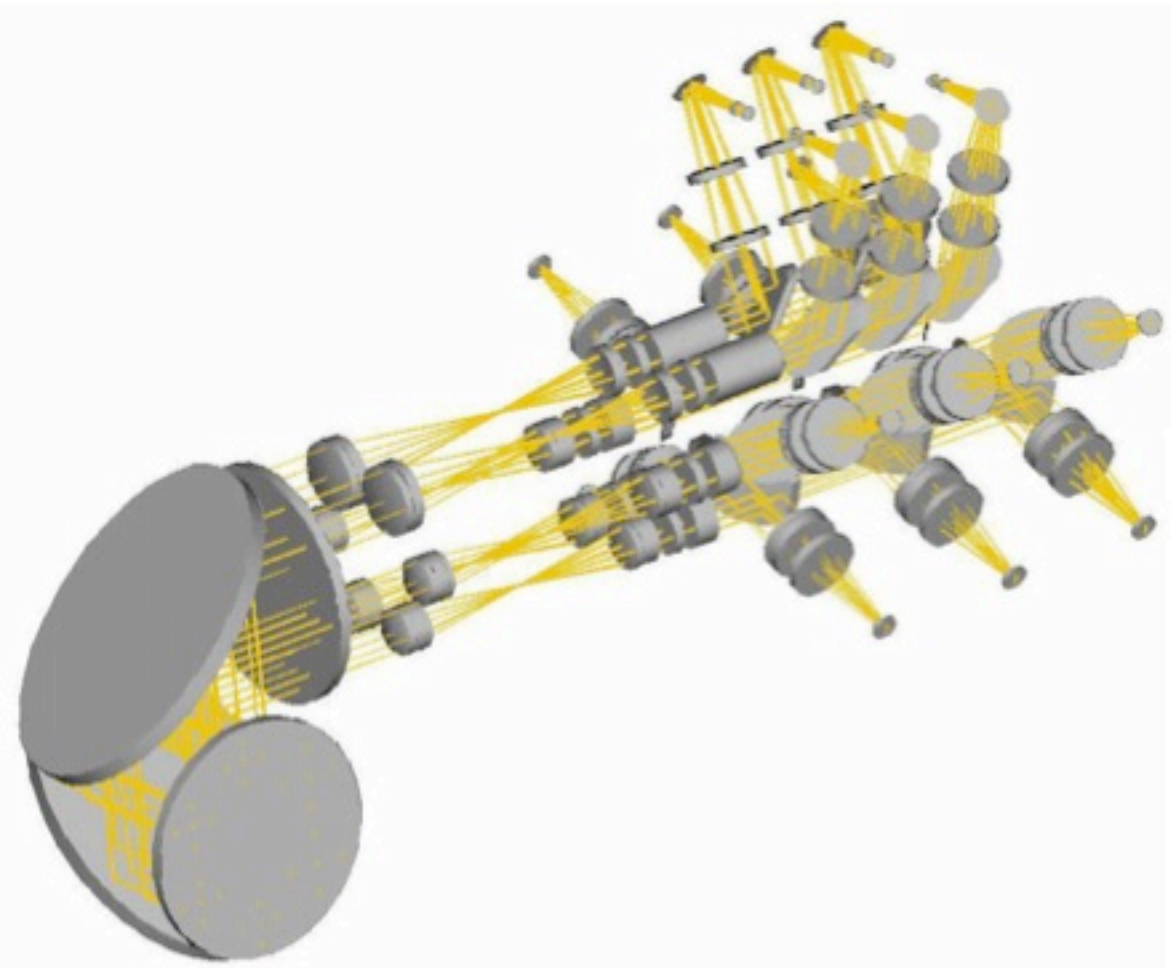
Advantages

- instantaneous measurement

Disadvantages

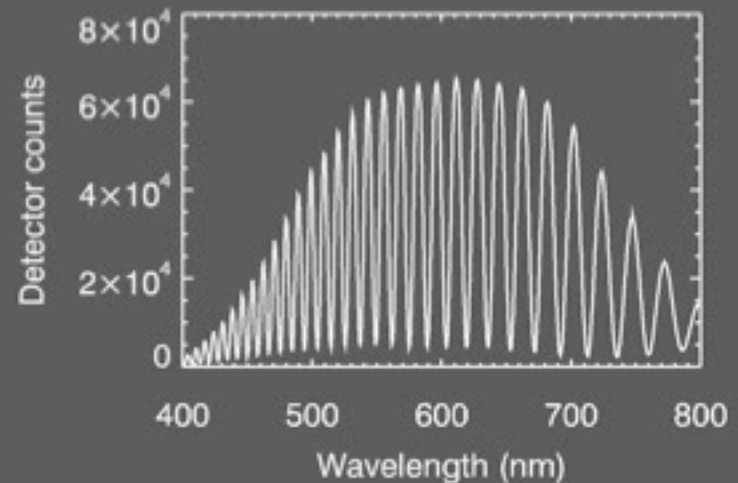
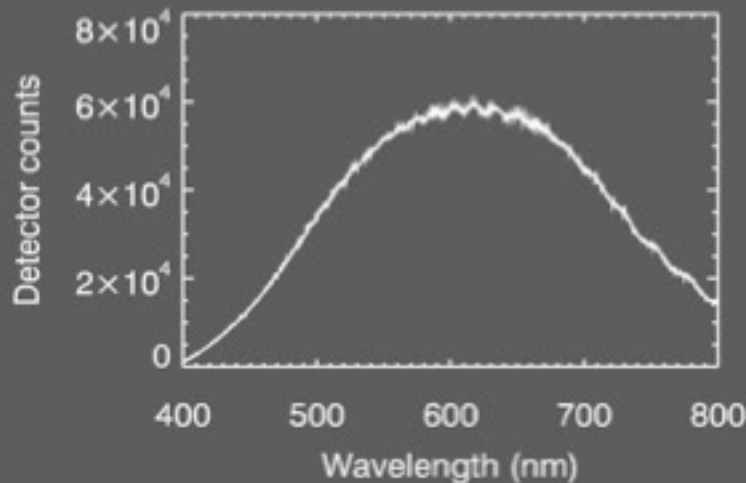
- susceptible to differences between beams:
 - transmission
 - alignment
 - aberrations
 - detector flat-fielding

GLORY-APS



<http://glory.giss.nasa.gov/aps/>

3. spectral modulation



Advantages

- all info in one shot
- no moving parts
- can be first element

Disadvantages

- spectrograph
- additional pixels

The logo features the word "SPEX" in a white, sans-serif font. A blue arc is positioned behind the letters, starting from the top of the 'P' and curving around to the bottom of the 'X'.

SPEX



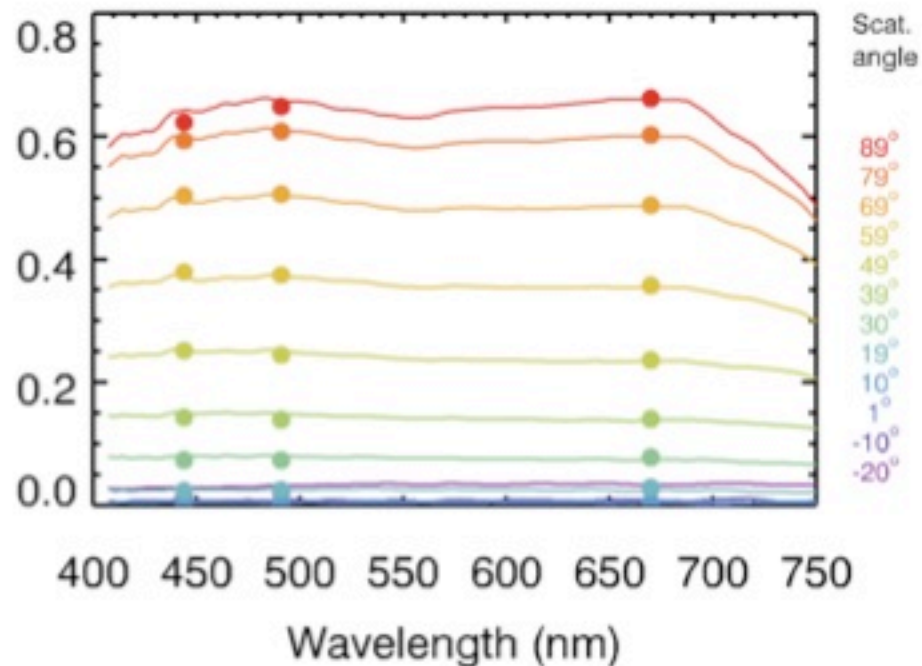
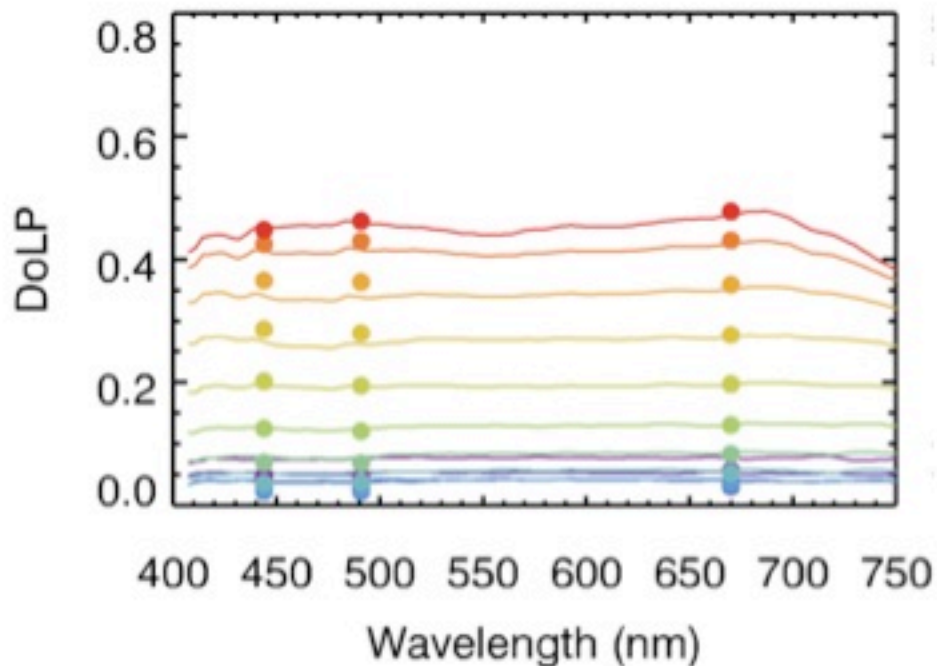
SPEX measurements @ CESAR, May 2012

24-05-2012

13:08 UTC

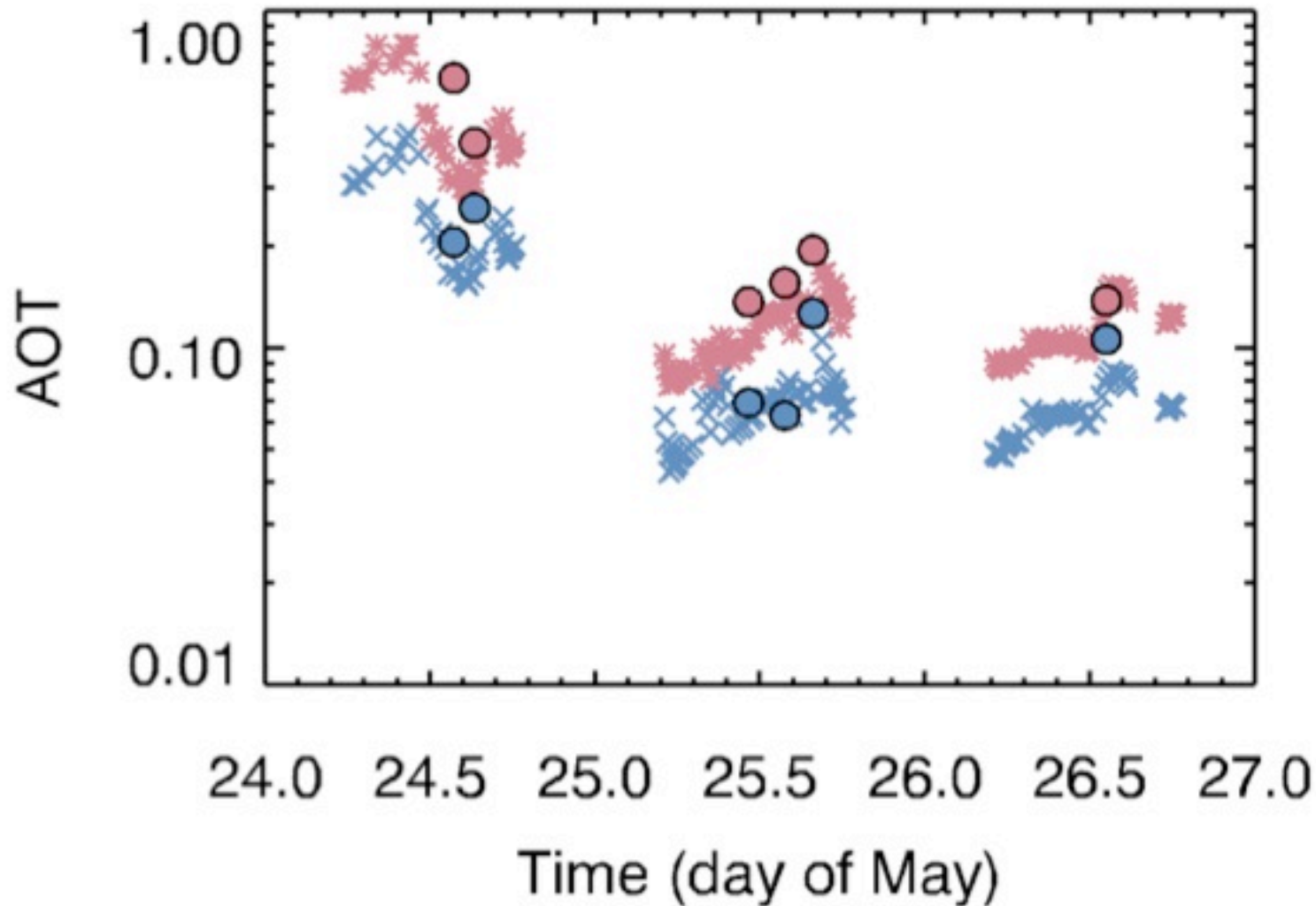
25-05-2012

11:37 UTC

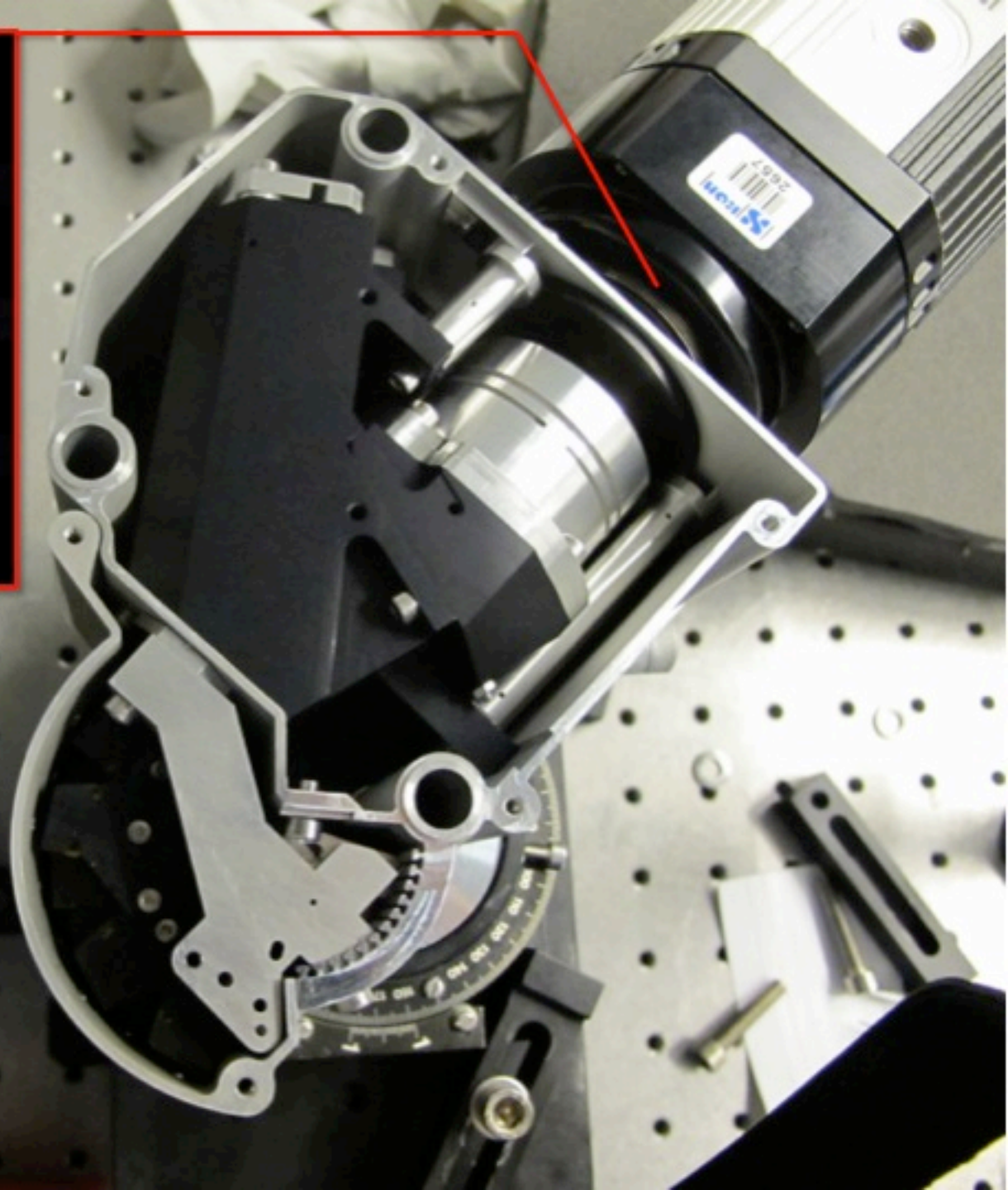
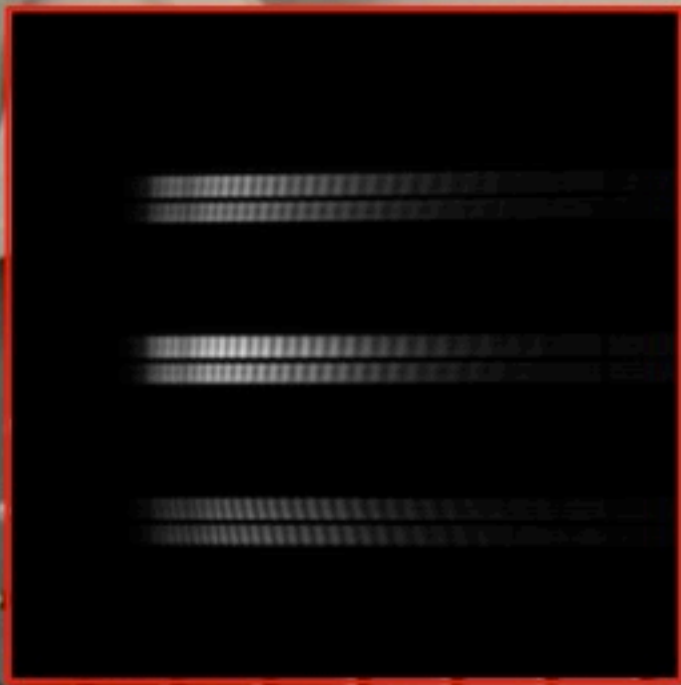


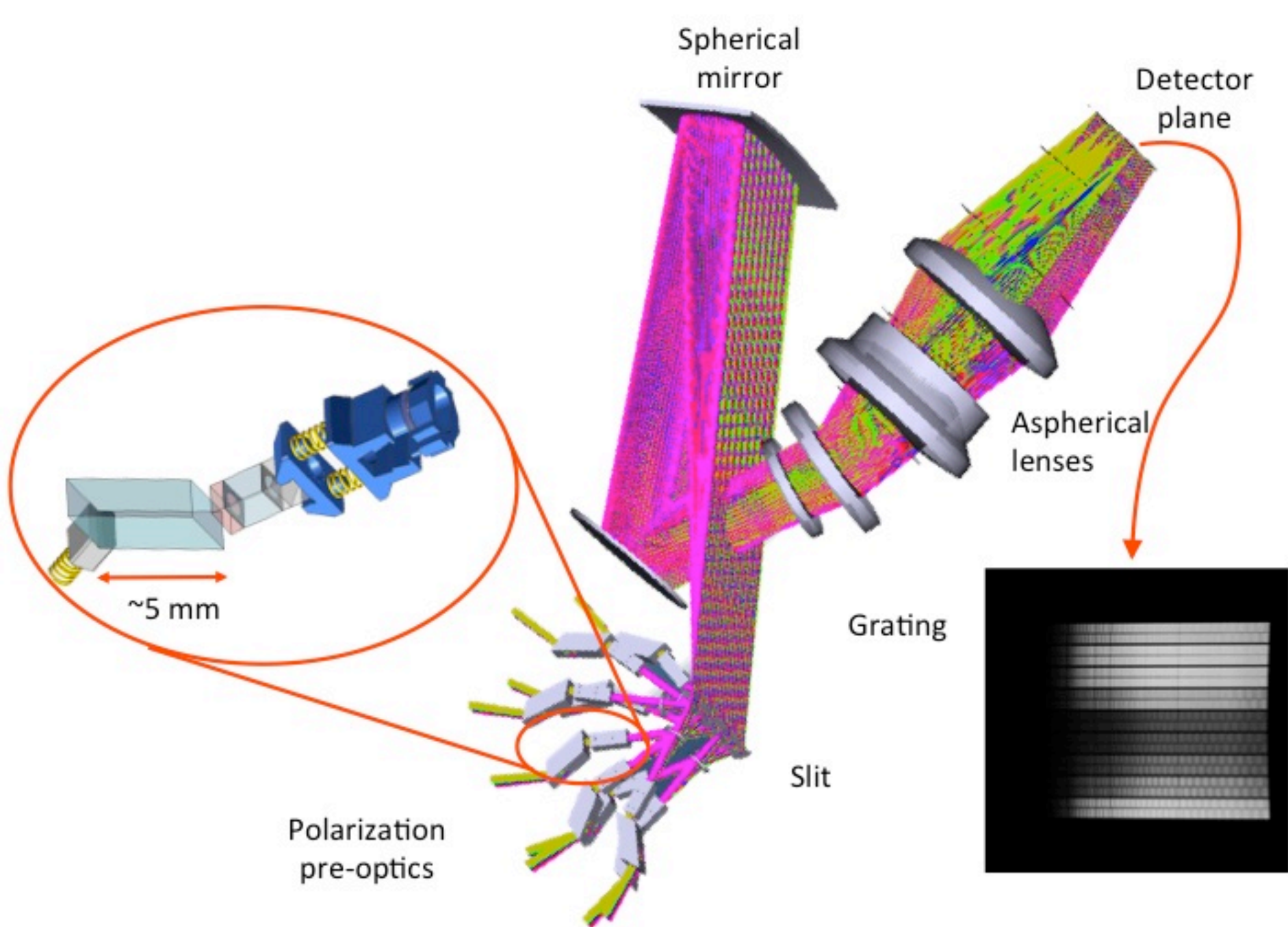
courtesy: Jeroen Rietjens

SPEX measurements @ CESAR, May 2012

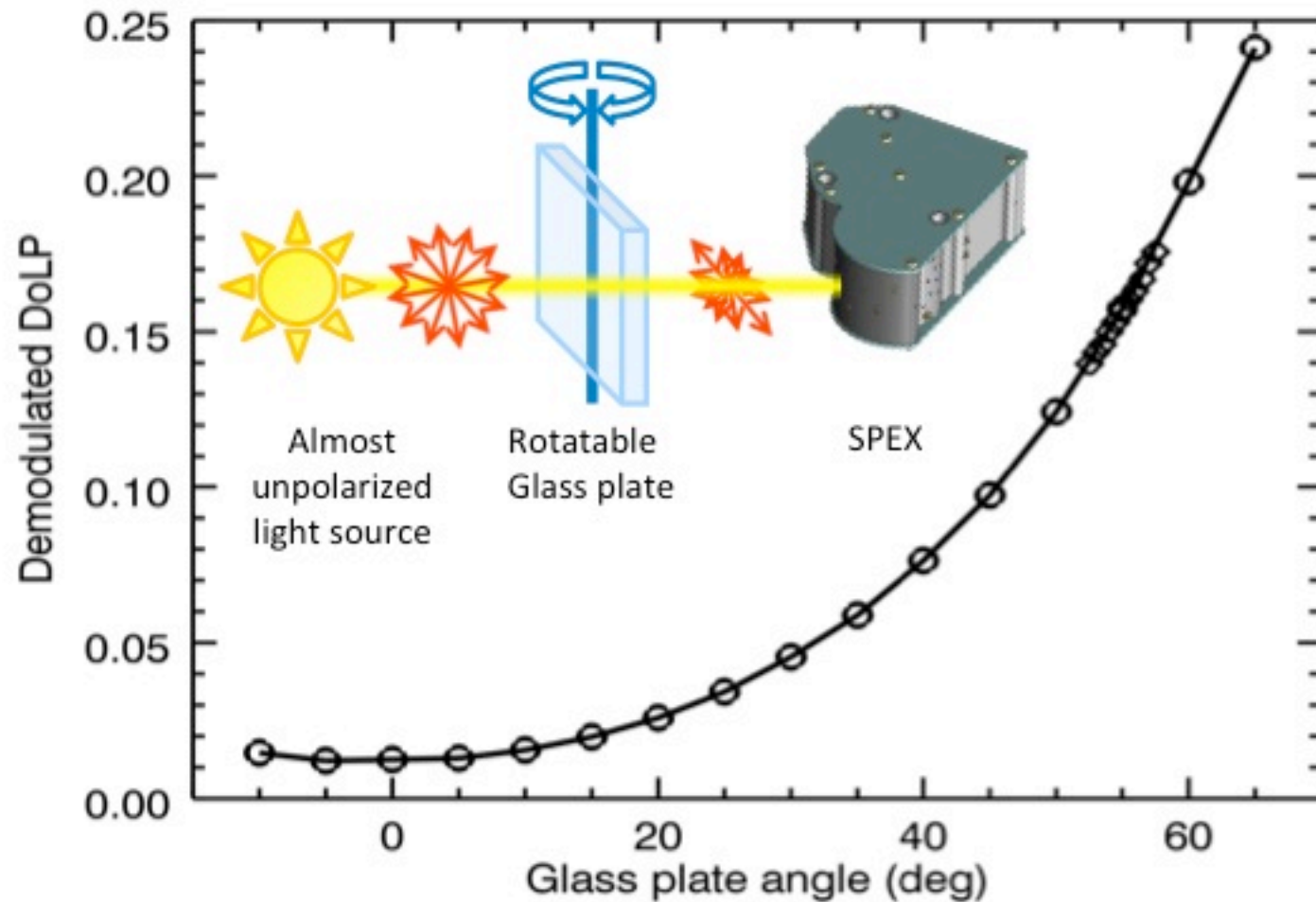


courtesy: Jeroen Rietjens

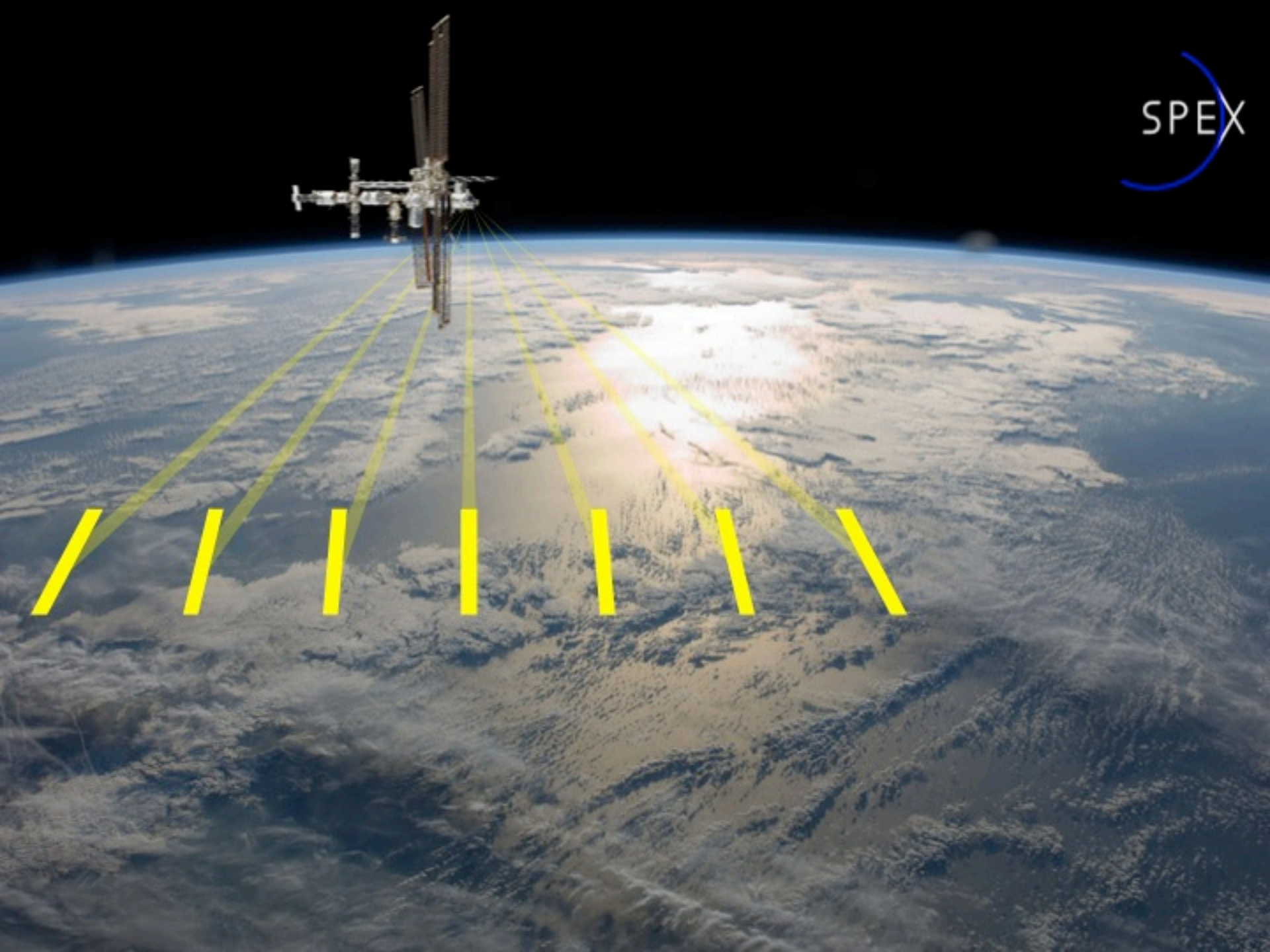




Courtesy of NOVA-ASTRON



- DoLP sensitivity is <0.001
- AoLP sensitivity is $<0.2^\circ$

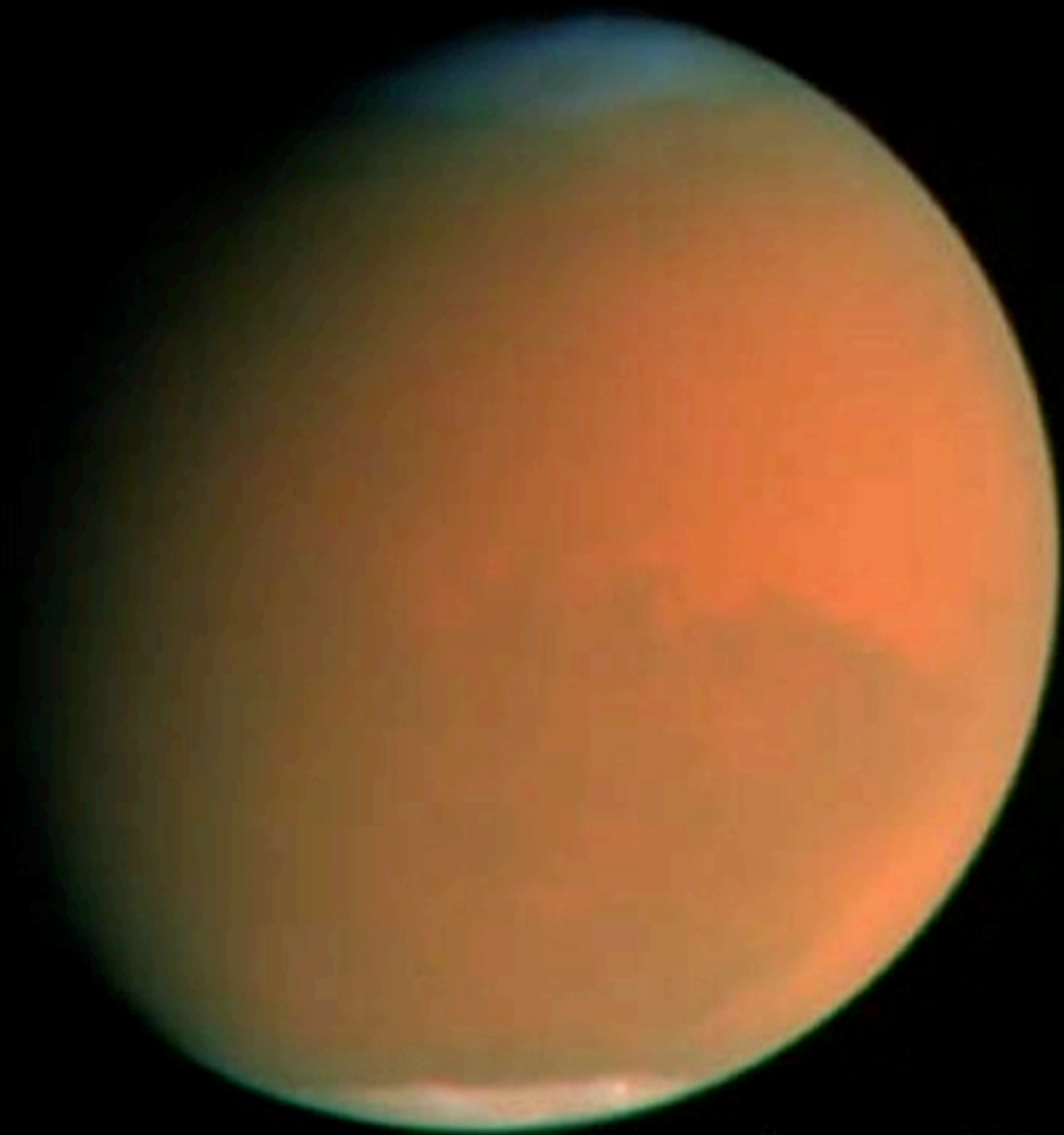


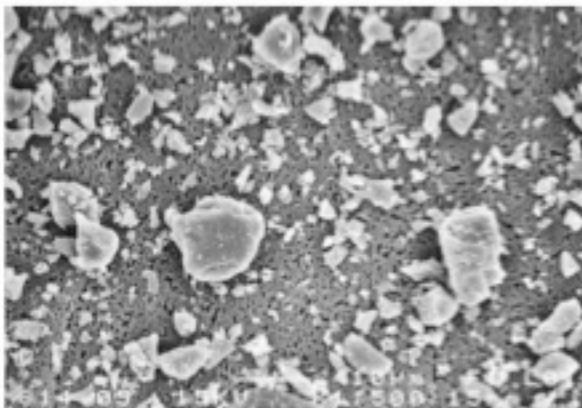


SPEX

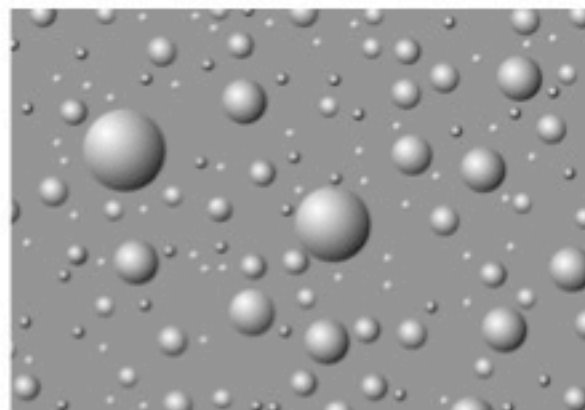


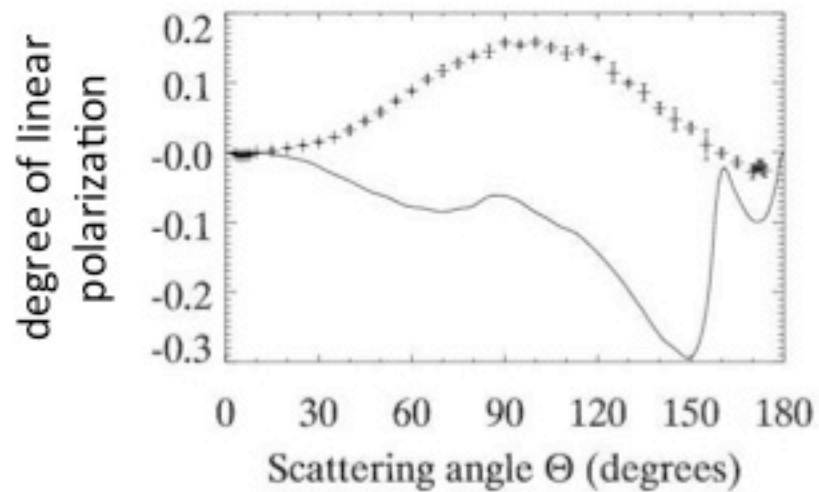
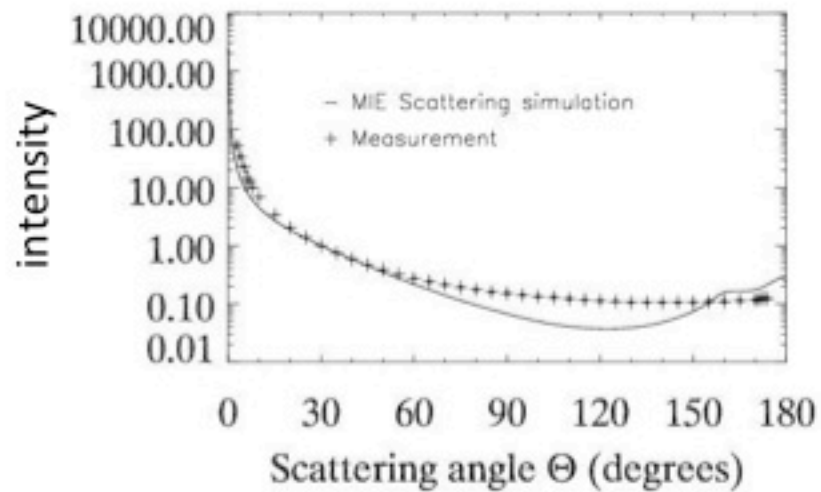






+++







NOVA

Nederlandse
Onderzoekschool
Voor
Astronomie

SRON

Nederlands
Instituut
voor
Ruimteonderzoek

RIVM

Rijks-
Instituut voor
Volksgezondheid en
Milieu

KNMI

Koninklijk
Nederlands
Meteorologisch
Instituut



Measure aerosols with
your smartphone!





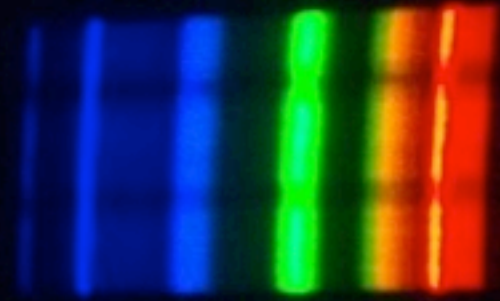
prototype



unpolarized sky spectrum



prototype



fluorescent lamp spectrum



prototype



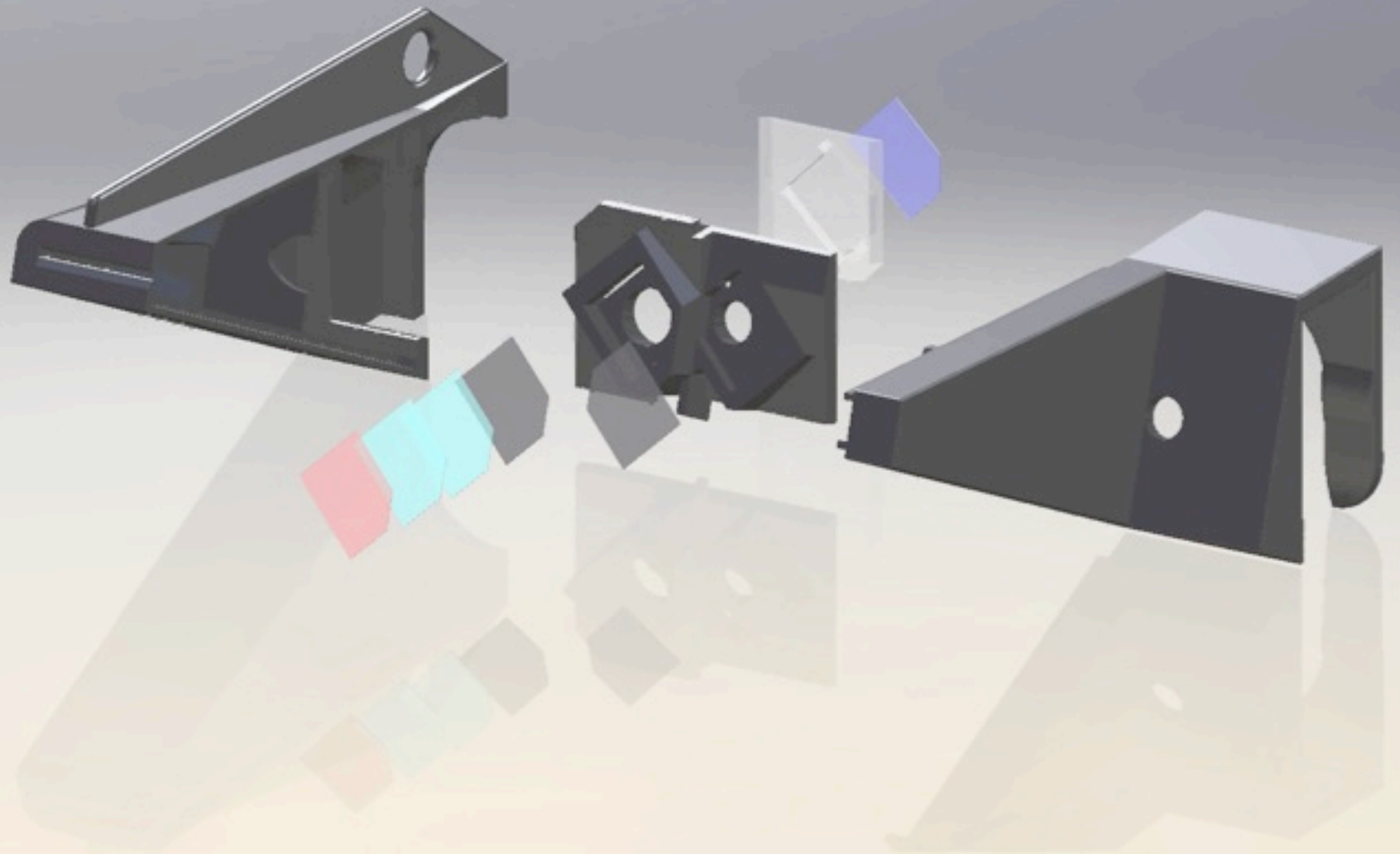
polarized sky spectrum

Winnaar Academische Jaarprijs 2012





production





production



Bijdragen aan schone lucht en goedkope rijden?

CNG kan je een schone manier zijn om te rijden. Het is een schone manier om te rijden. Het is een schone manier om te rijden. Het is een schone manier om te rijden.

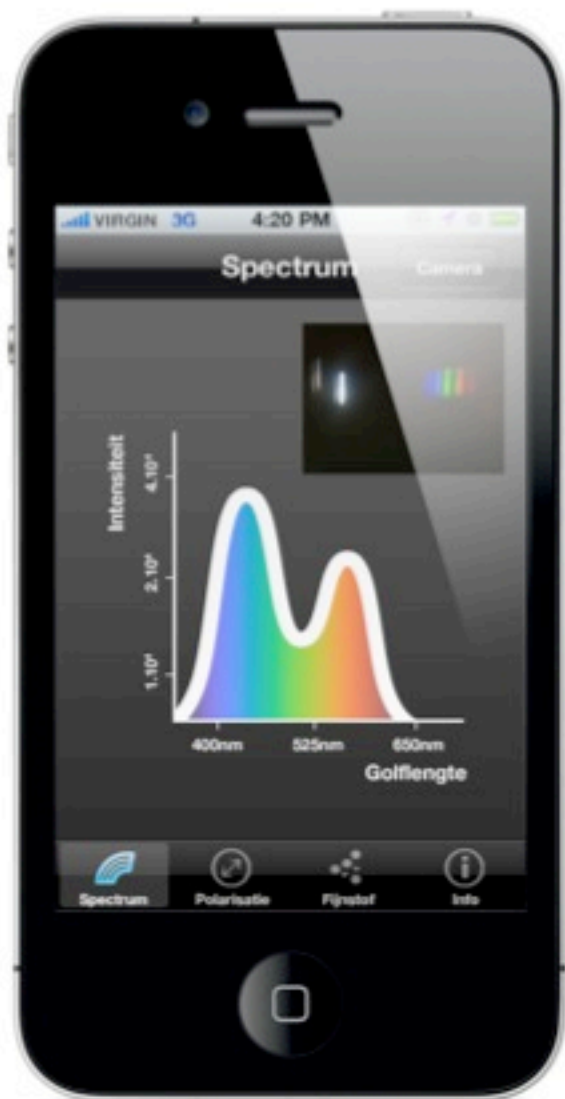
Wist u dat?

Voor € 30,- van Amsterdam naar Parijs rijdt op CNG en tegelijkertijd geen sprstof uitstoot!





aerosol measurements





meet fijnstof met je smartphone

0 metingen tussen 07:00 en 07:00

www.ispex.nl

The image features the ISPEX logo in the top left corner, which consists of a stylized 'S' with a rainbow gradient. To the right of the logo is the text "meet fijnstof met je smartphone". Below this is a white outline map of the Netherlands on a light blue background. At the bottom of the image, there is a text box containing "0 metingen tussen 07:00 en 07:00" on the left and the website address "www.ispex.nl" on the right.



Stroomloze iPhone's meten van de Universiteit Leiden met een opstelling van een iPhone. Links: de opstelling met een iPhone. Rechts: een vrouw die een iPhone gebruikt om een foto te maken van de opstelling.

Massaal meten met je smartphone

Reportage
Tijdschriftredactie

Het was langzaam maar zeker de stabilisator van de wereld. De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Maar dat was niet de reden waarom de iPhone zo succesvol is. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

Eenvoudig apparaat voor grootchalig meten

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.



De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

gaan de lucht in

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.



Speciaal de lucht wordt verzocht om onderzoek van het IPEx-project van onder meer de Universiteit Leiden, het



Met een iPhone kan verzocht om het IPEx-project van onder meer de Universiteit Leiden, het

'Minder fijnstof in Breda dan verwacht'

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.



Leiden: Met een iPhone kan verzocht om het IPEx-project van onder meer de Universiteit Leiden, het

iPhones meten stof

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.



Goede dag voor meting iSpex

Heldere dag voor Leiden, Breda en voor de meting van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.



De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

Leids iSpex meer dan alleen een gimmick

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

Burger speelt naar vuiltjes in de lucht

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

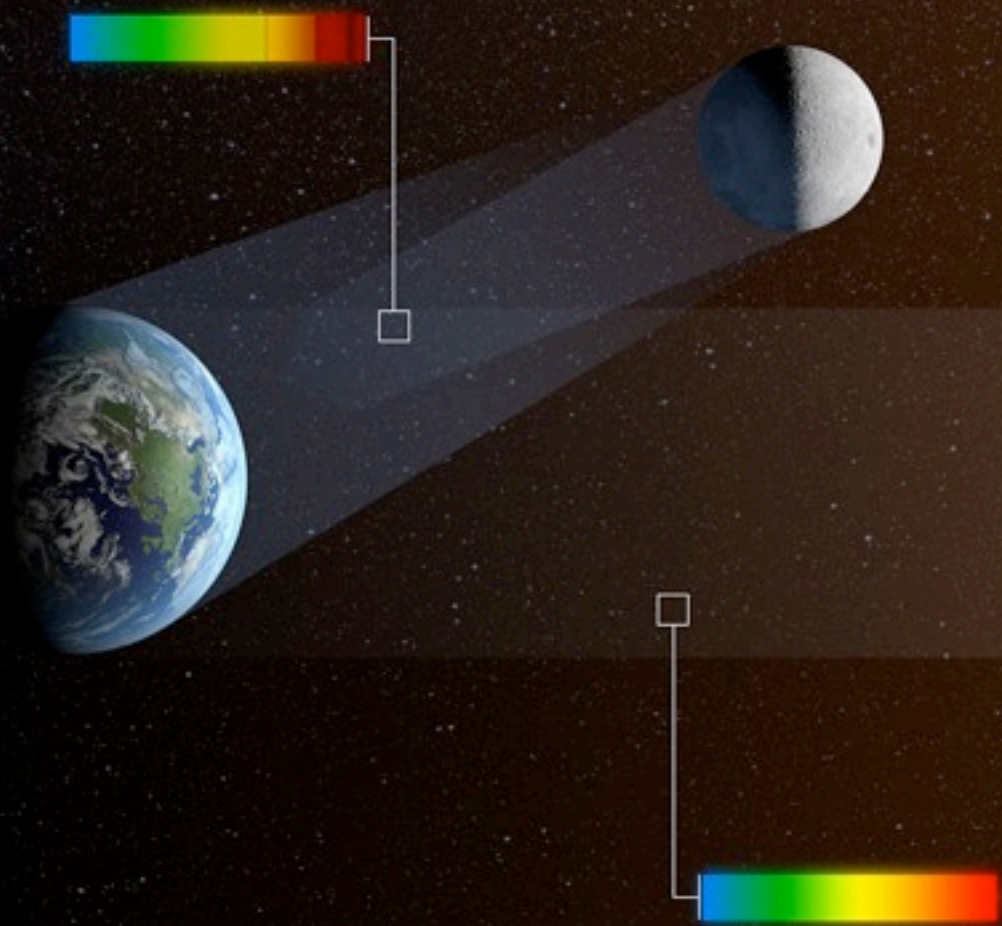
De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

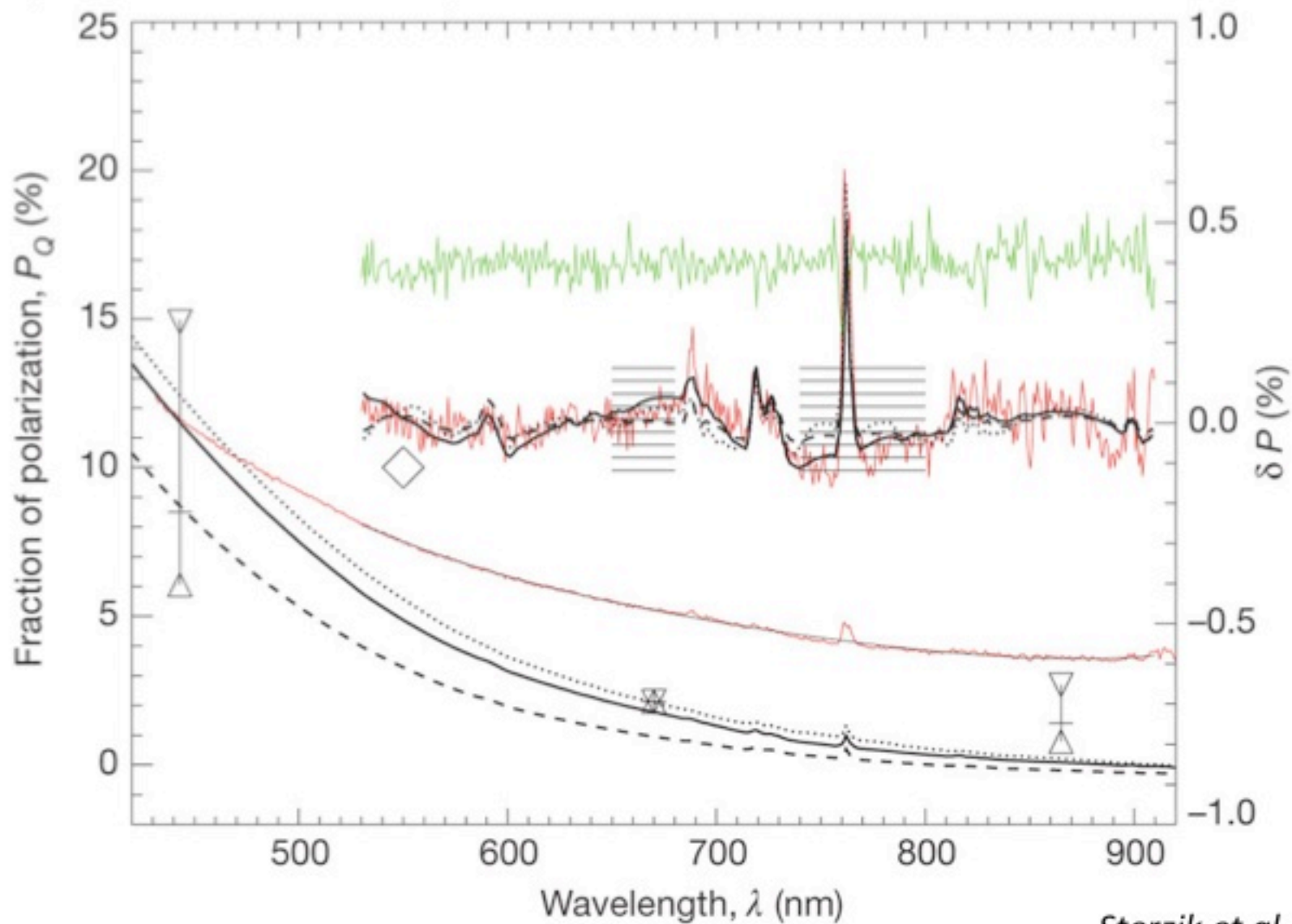
De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

De iPhone is nu de meest gebruikte smartphone ter wereld. Het is de combinatie van de iPhone met de smartphone-apps die de wereld veranderd heeft.

polarization spectrum of the Earthshine



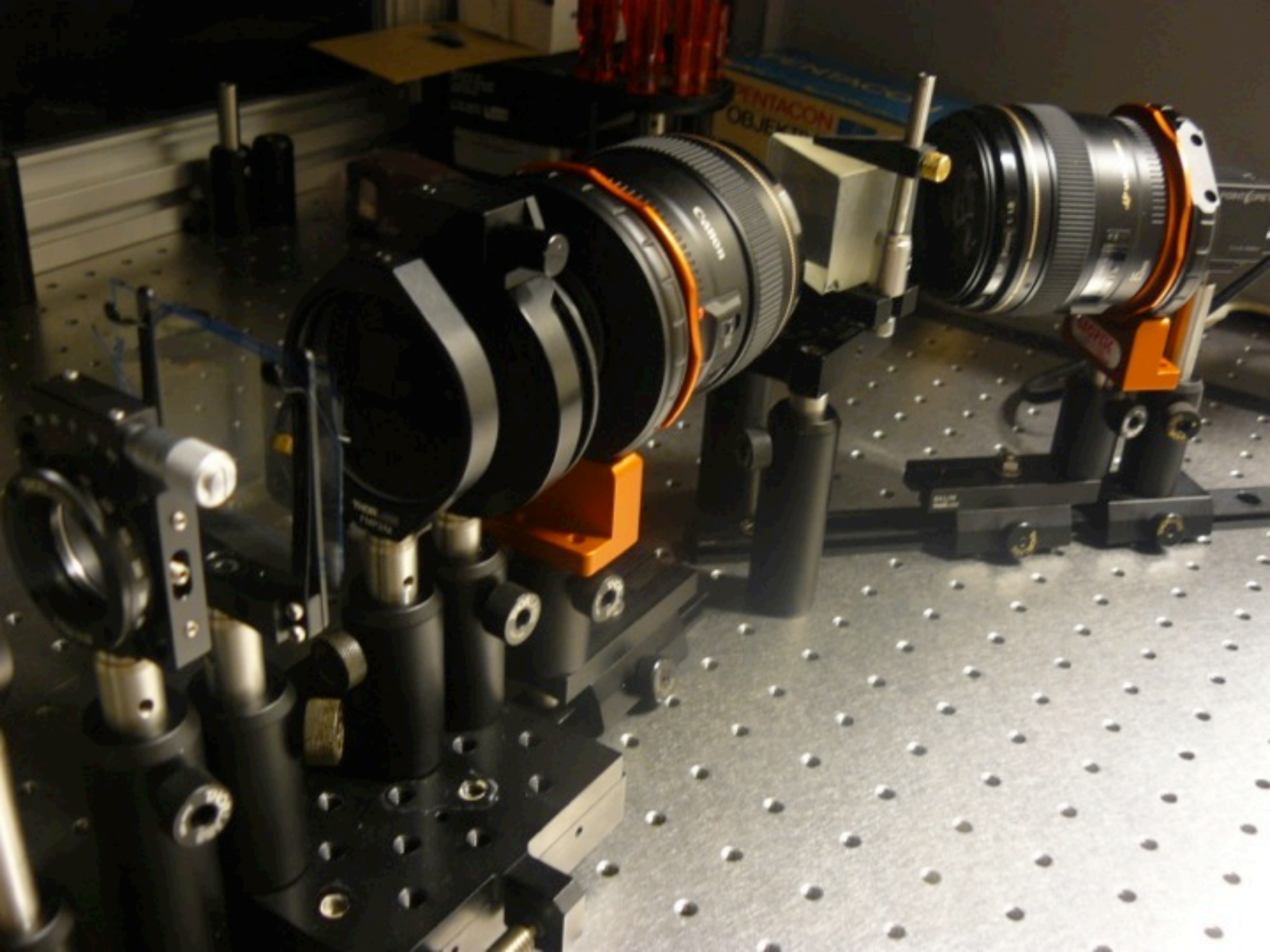
polarization spectrum of the Earthshine

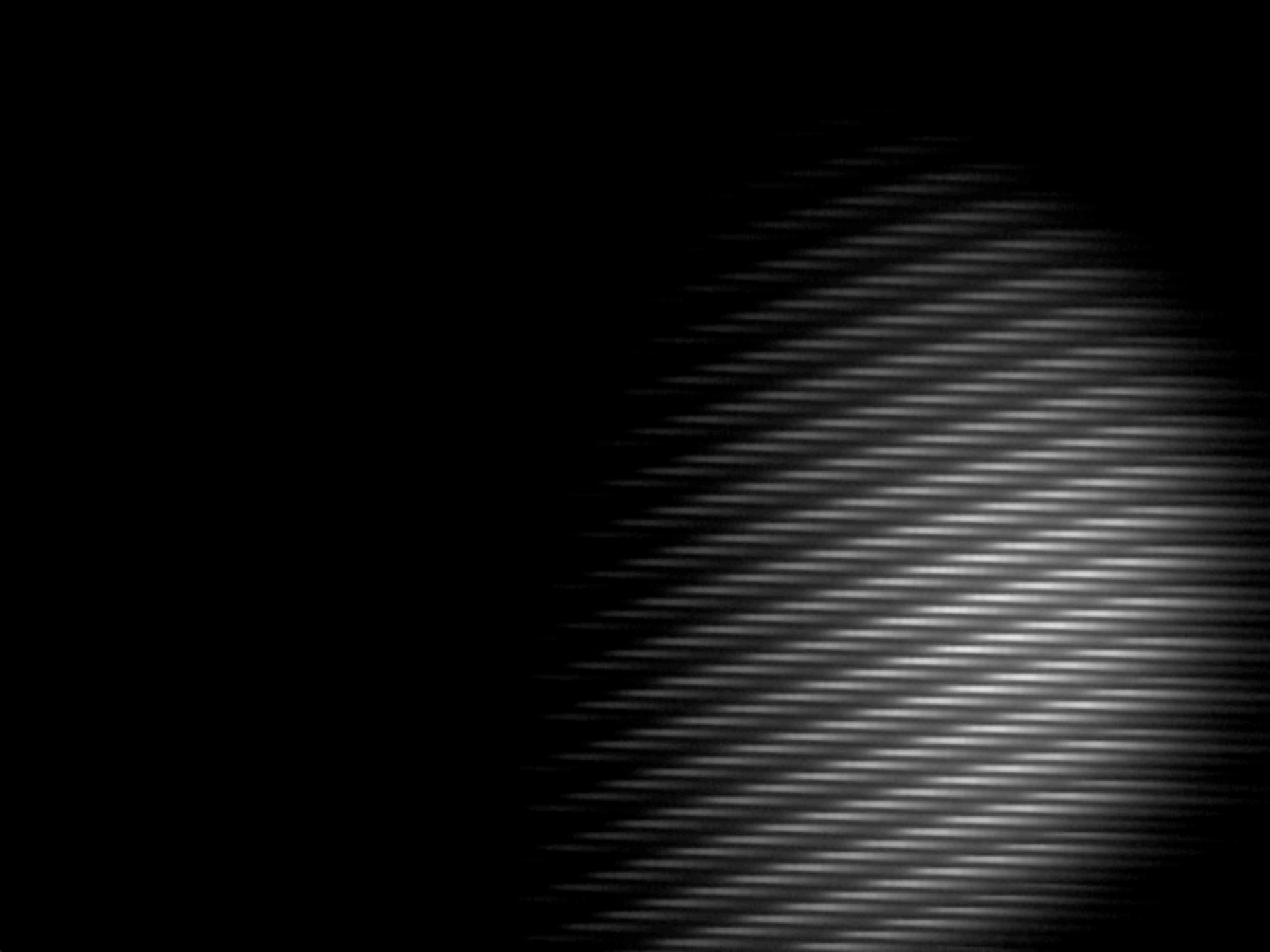




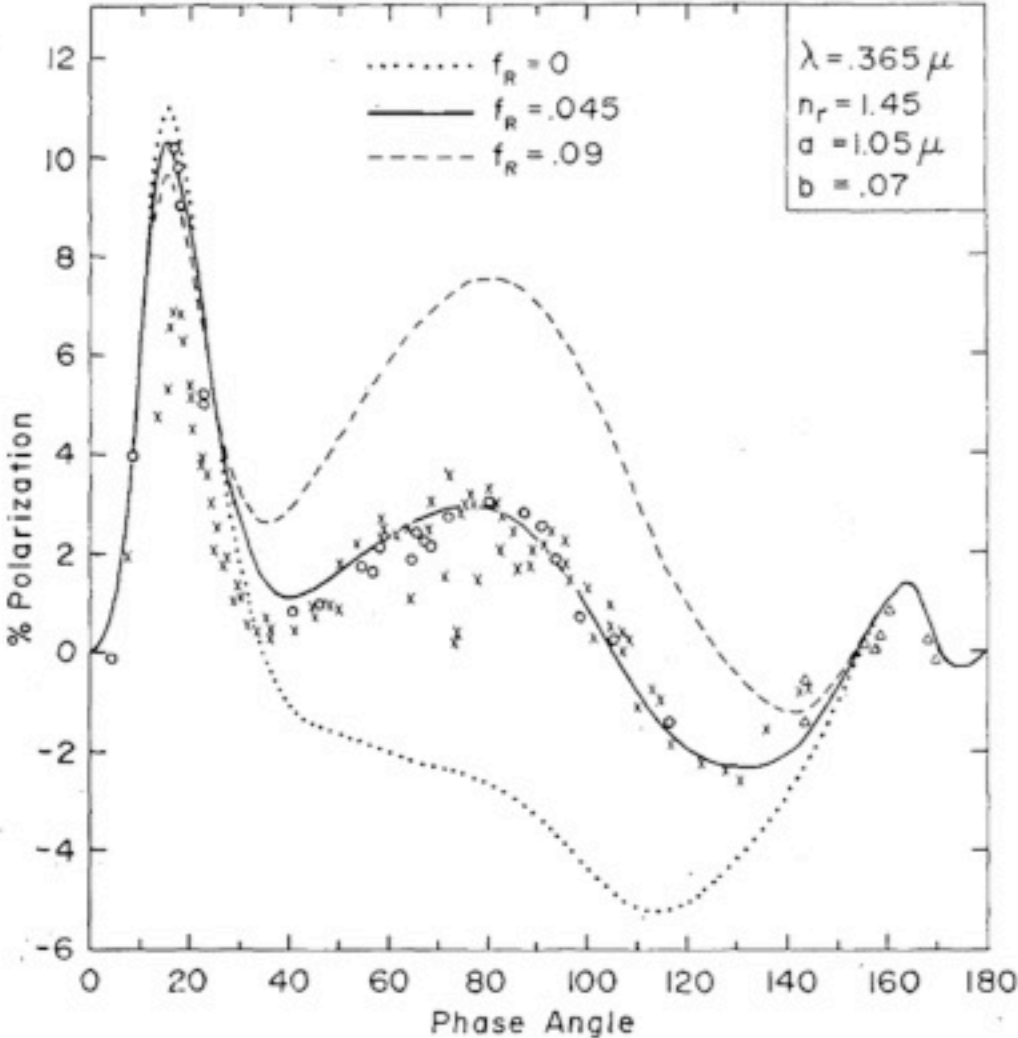
Lunar
Observatory for
Unresolved
Polarimetry of
Earth



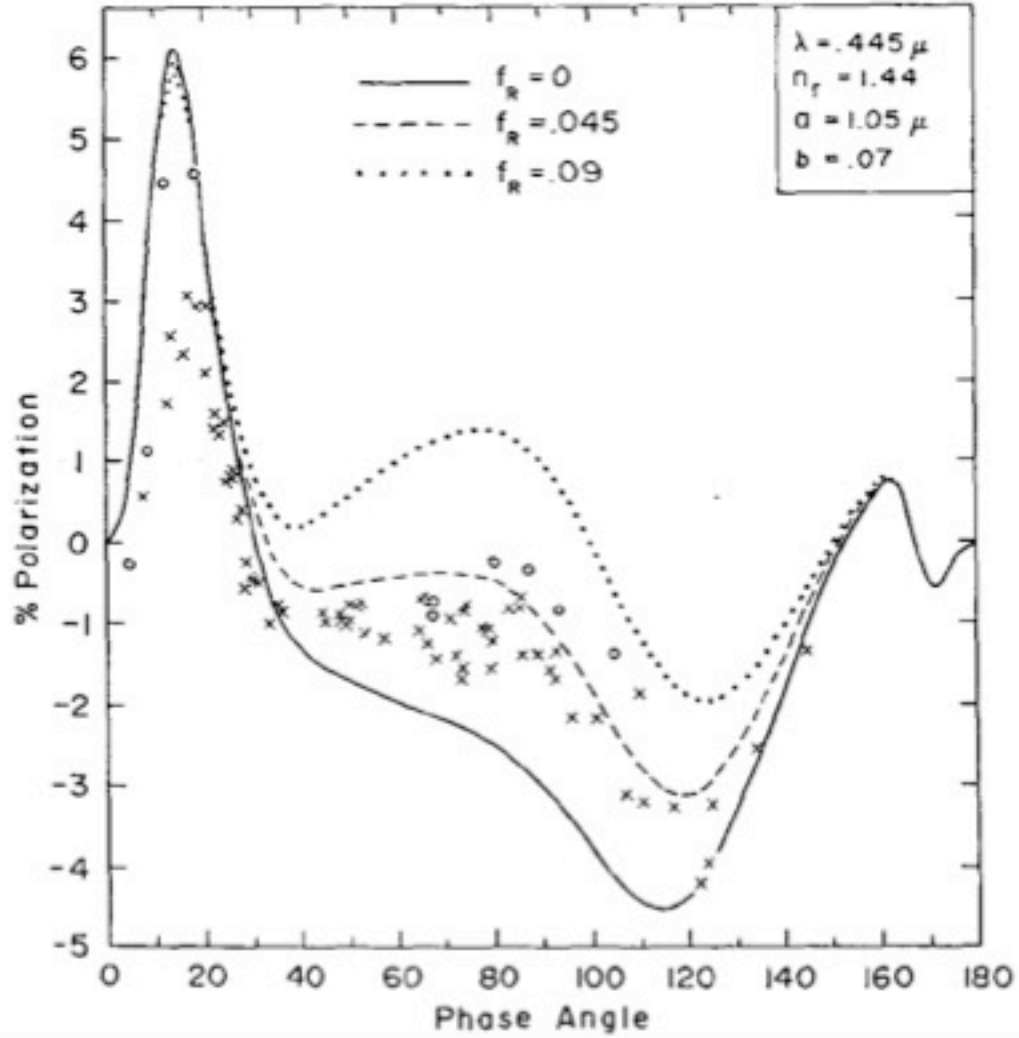




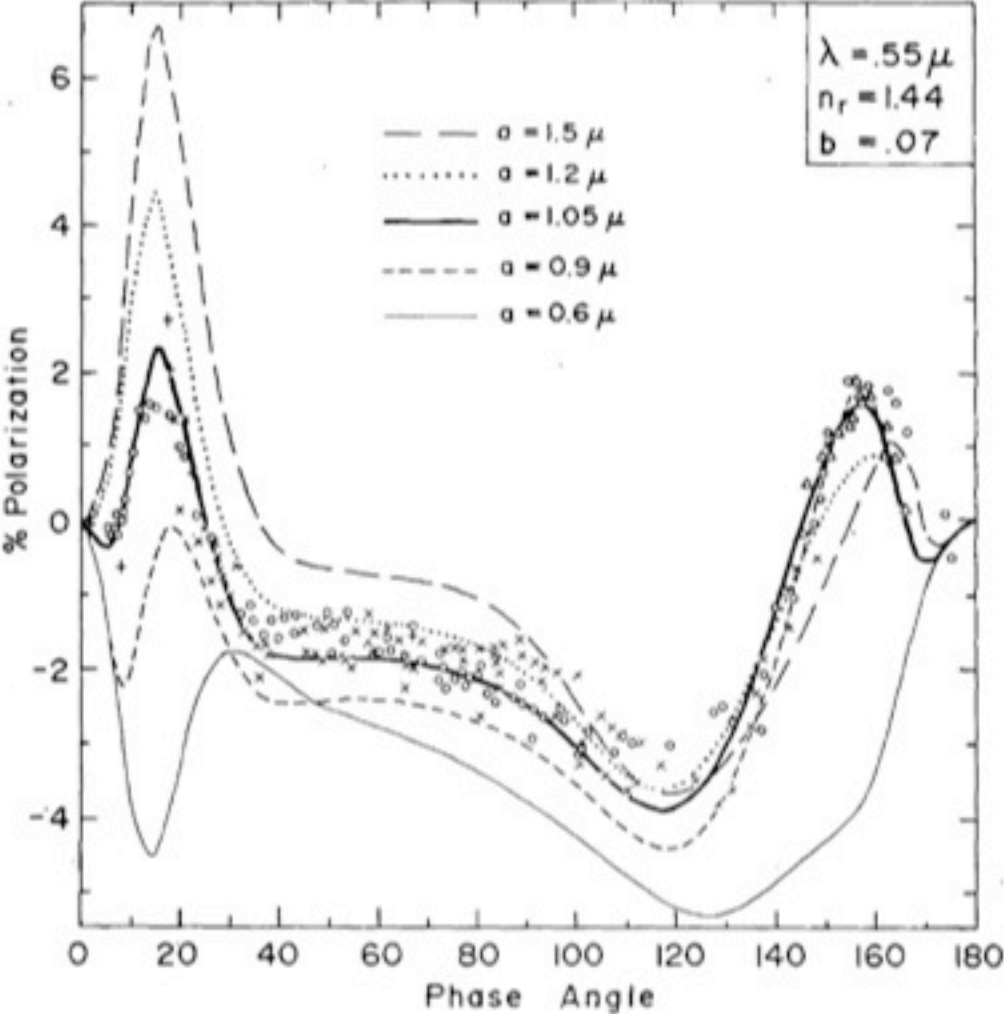
Polarimetry of Venus



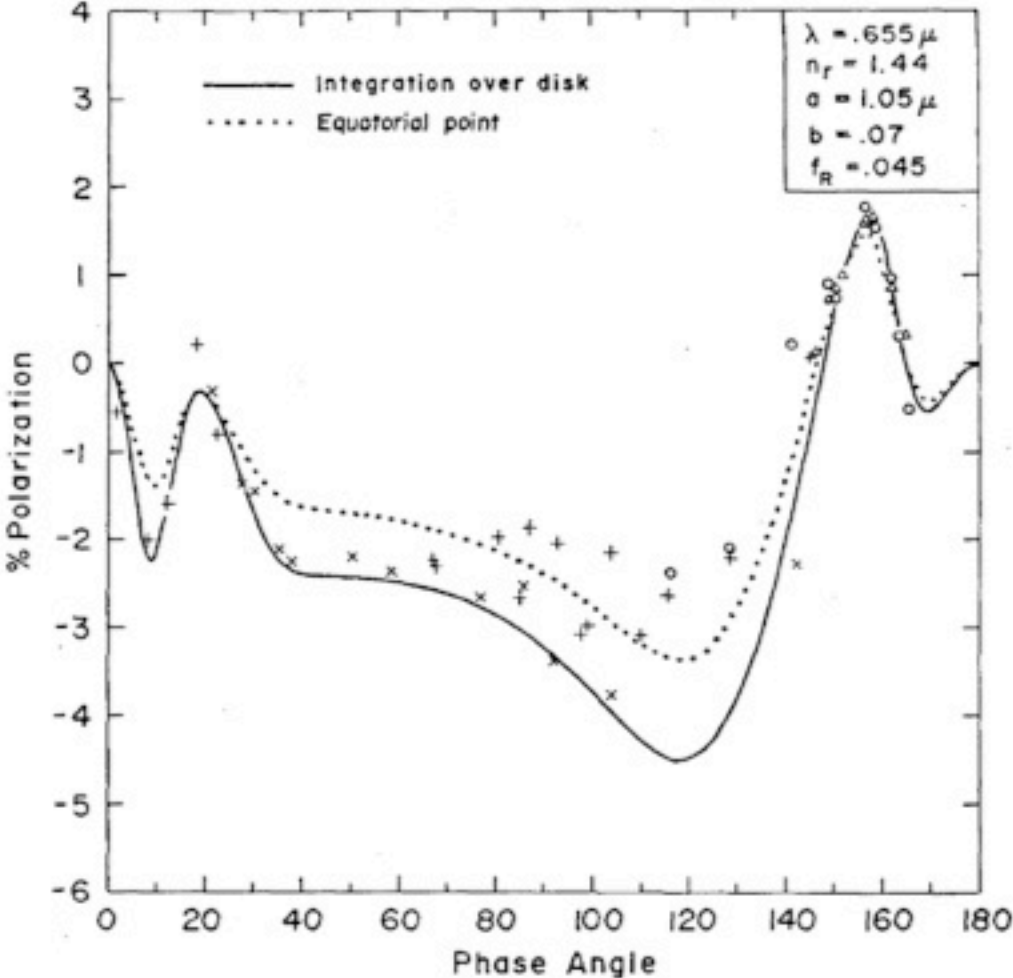
Polarimetry of Venus



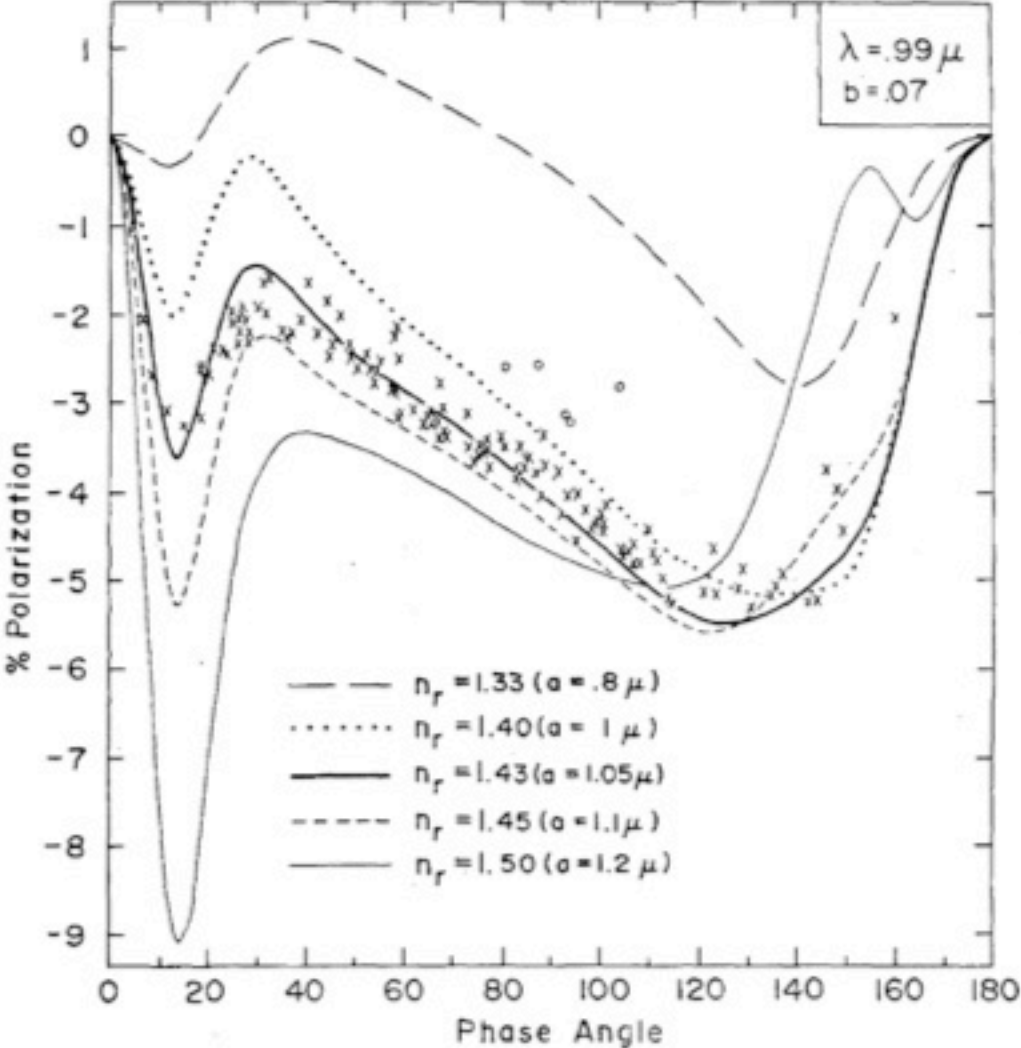
Polarimetry of Venus



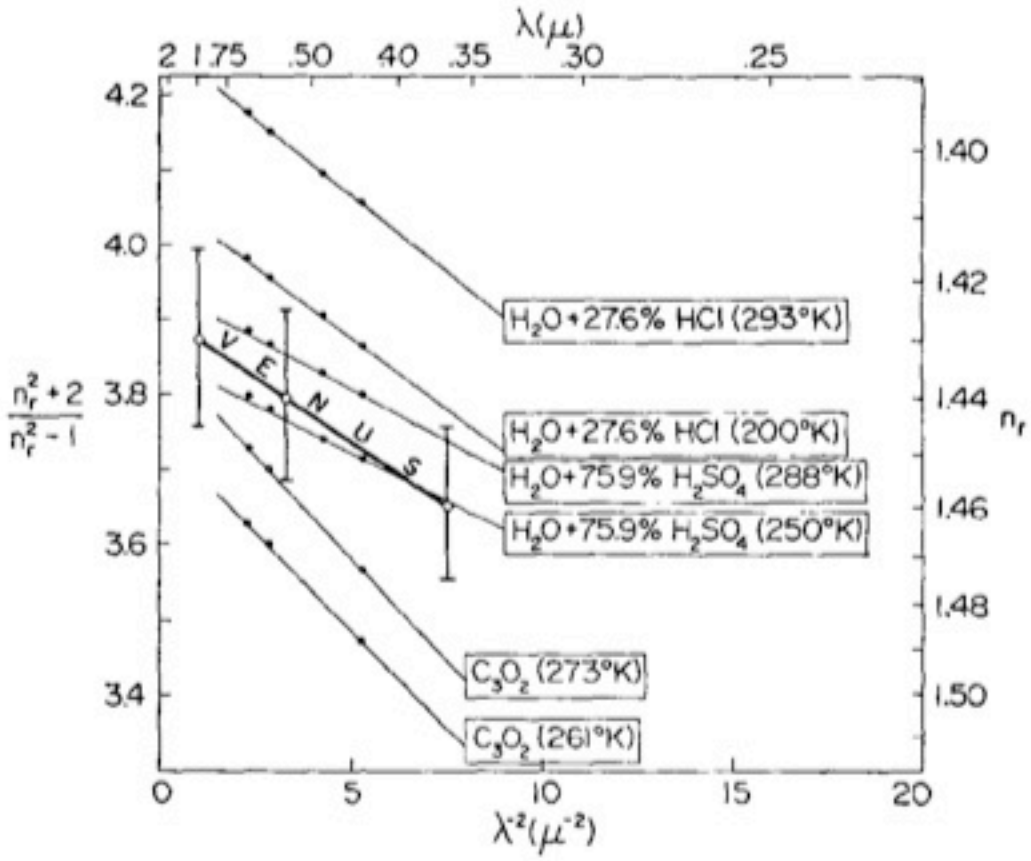
Polarimetry of Venus



Polarimetry of Venus



Polarimetry of Venus

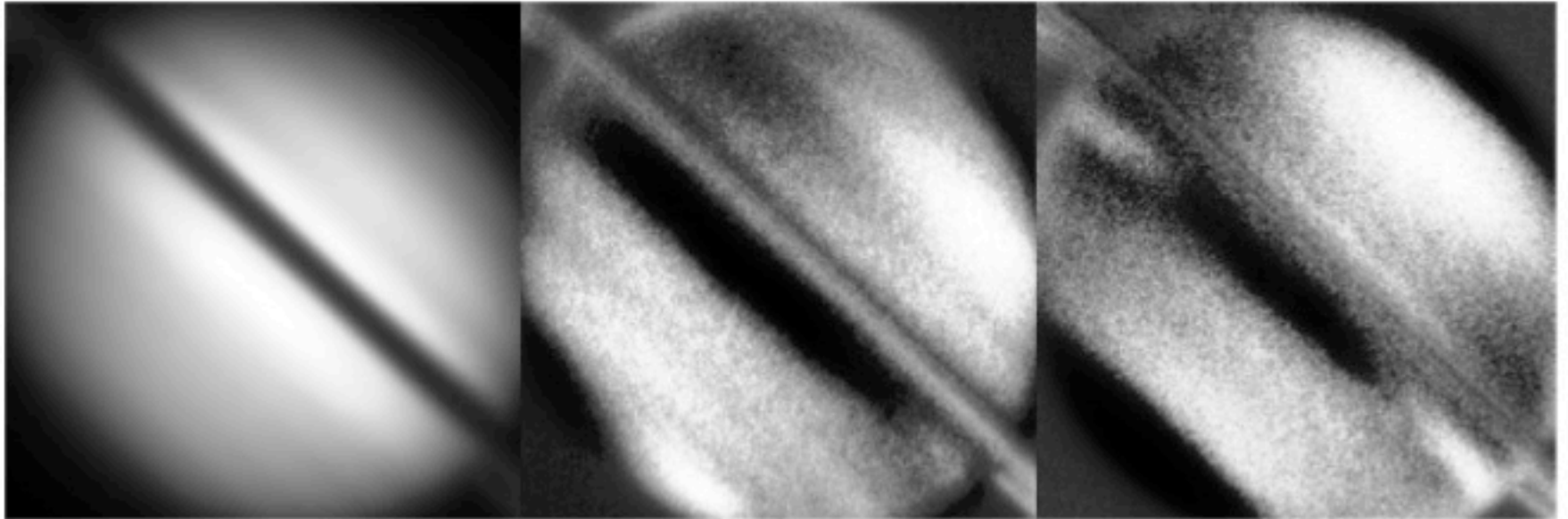


polarized rings around Saturn

I

Q

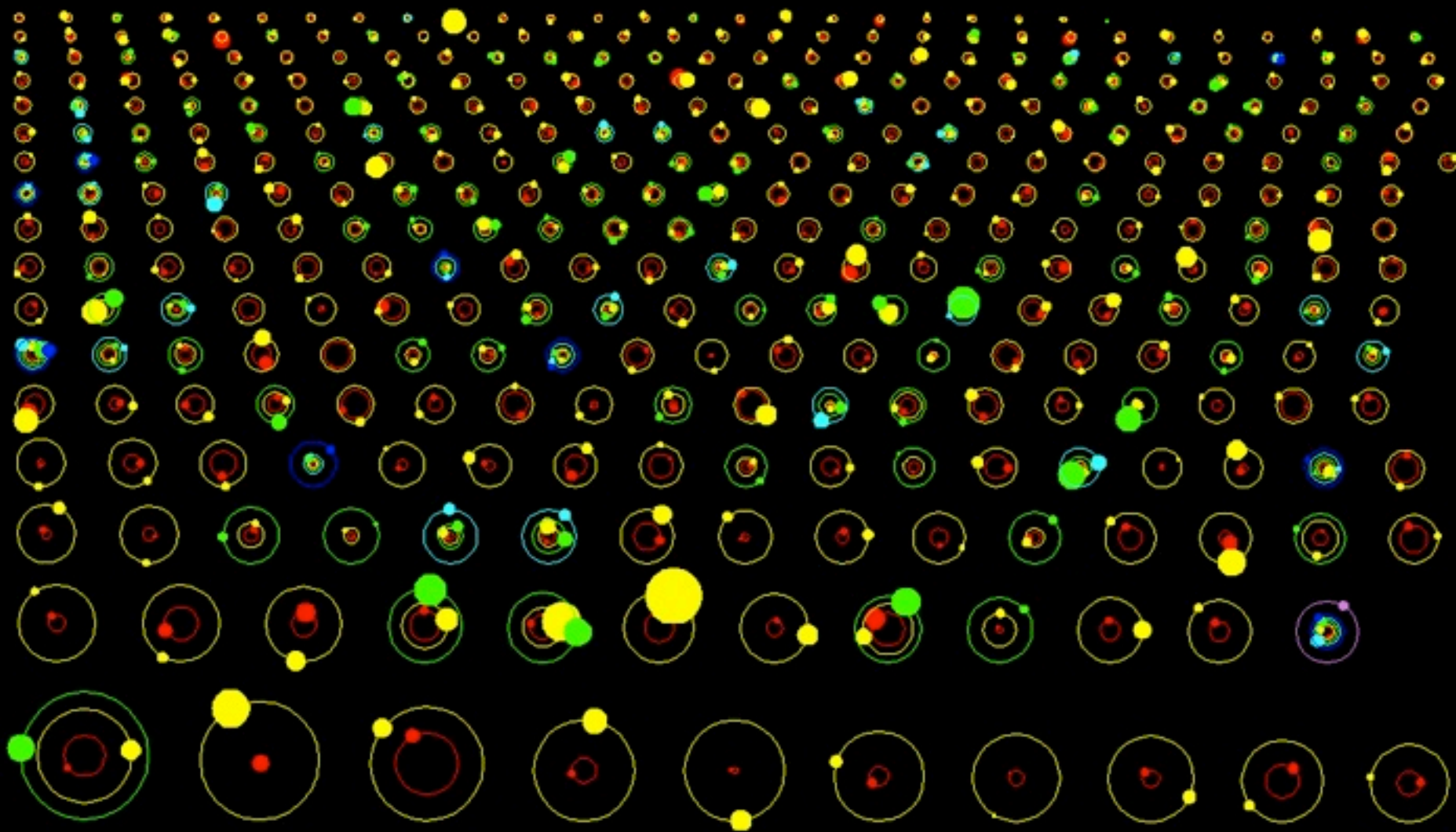
U



The Kepler Orrery II

t[BJD] = 2455879

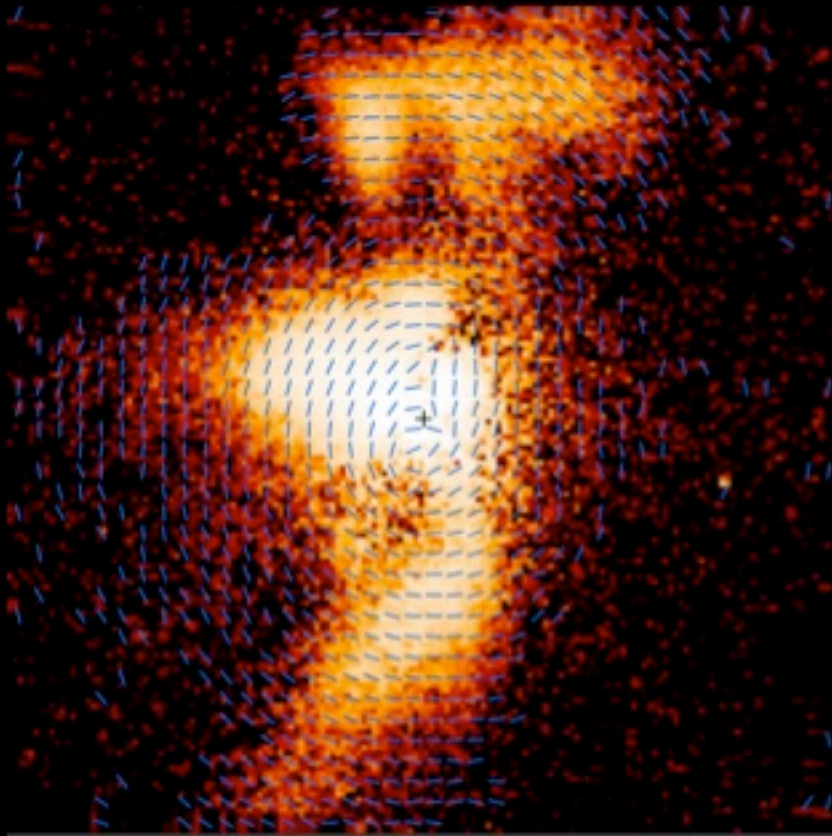
D. Fabrycky 2012



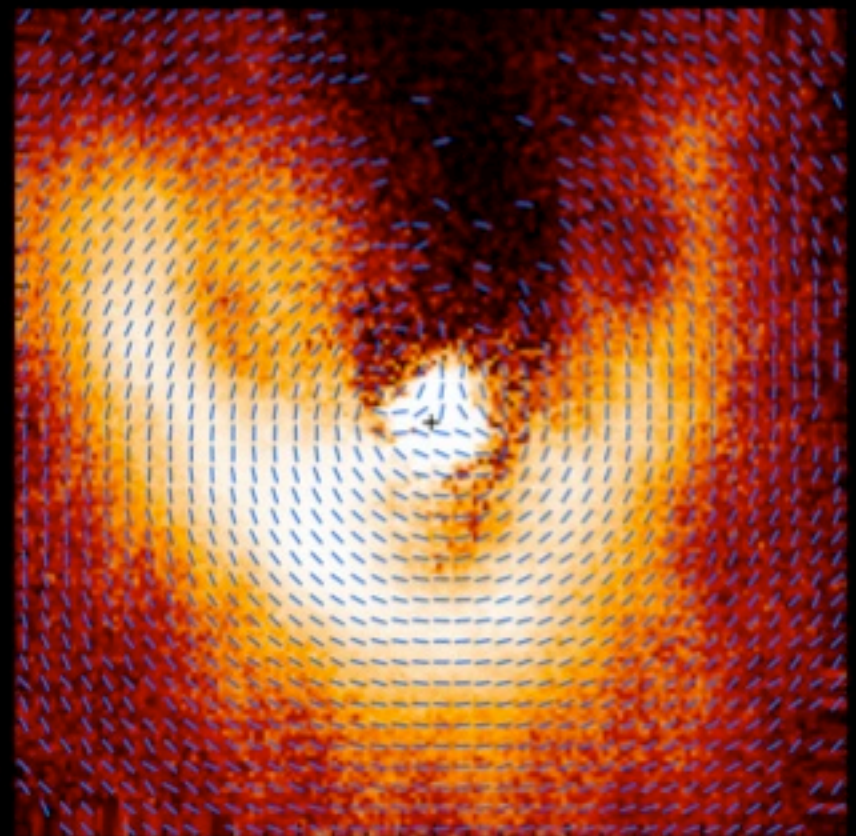


Sirius A&B

ExPo



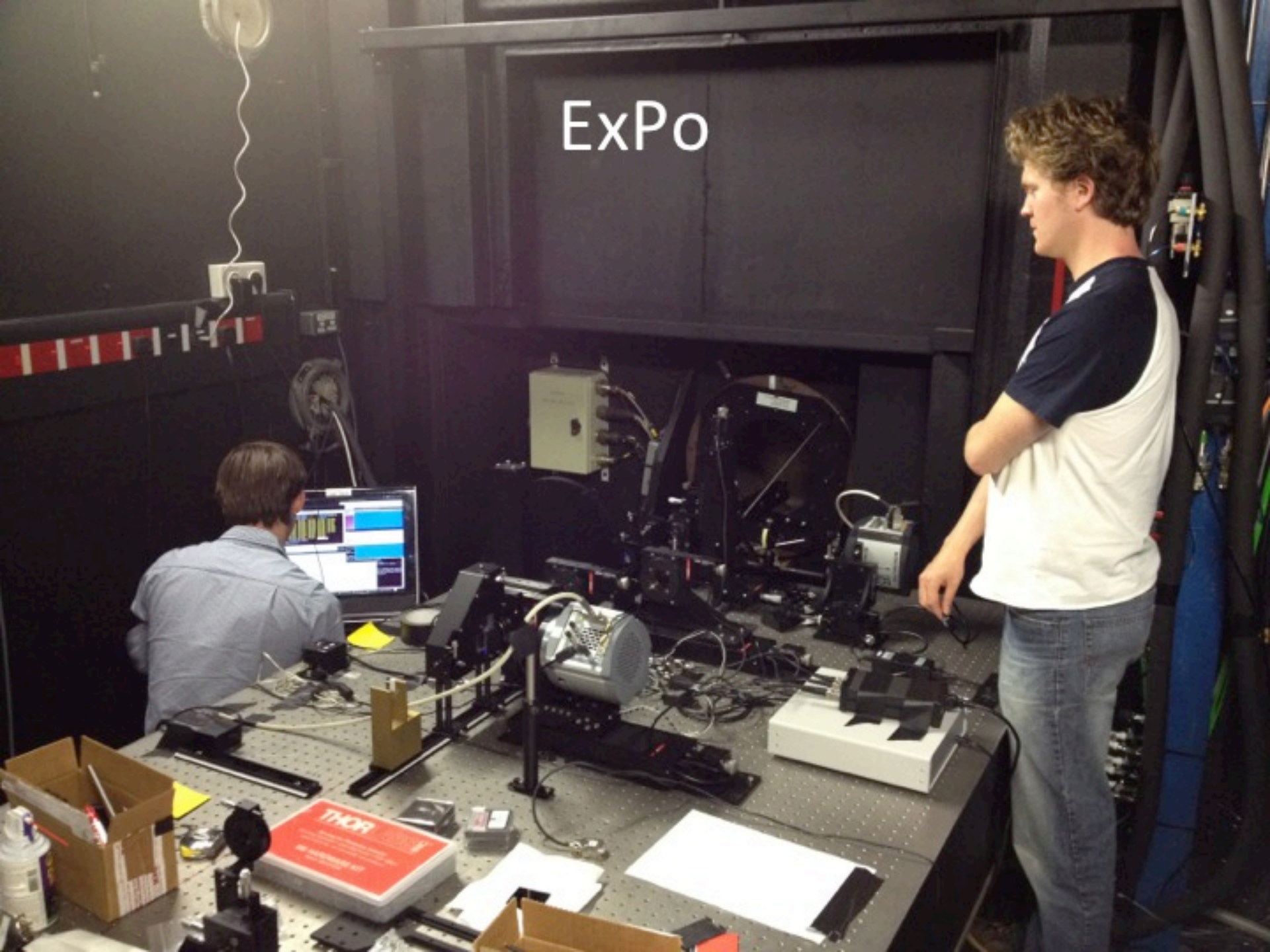
T-Tauri

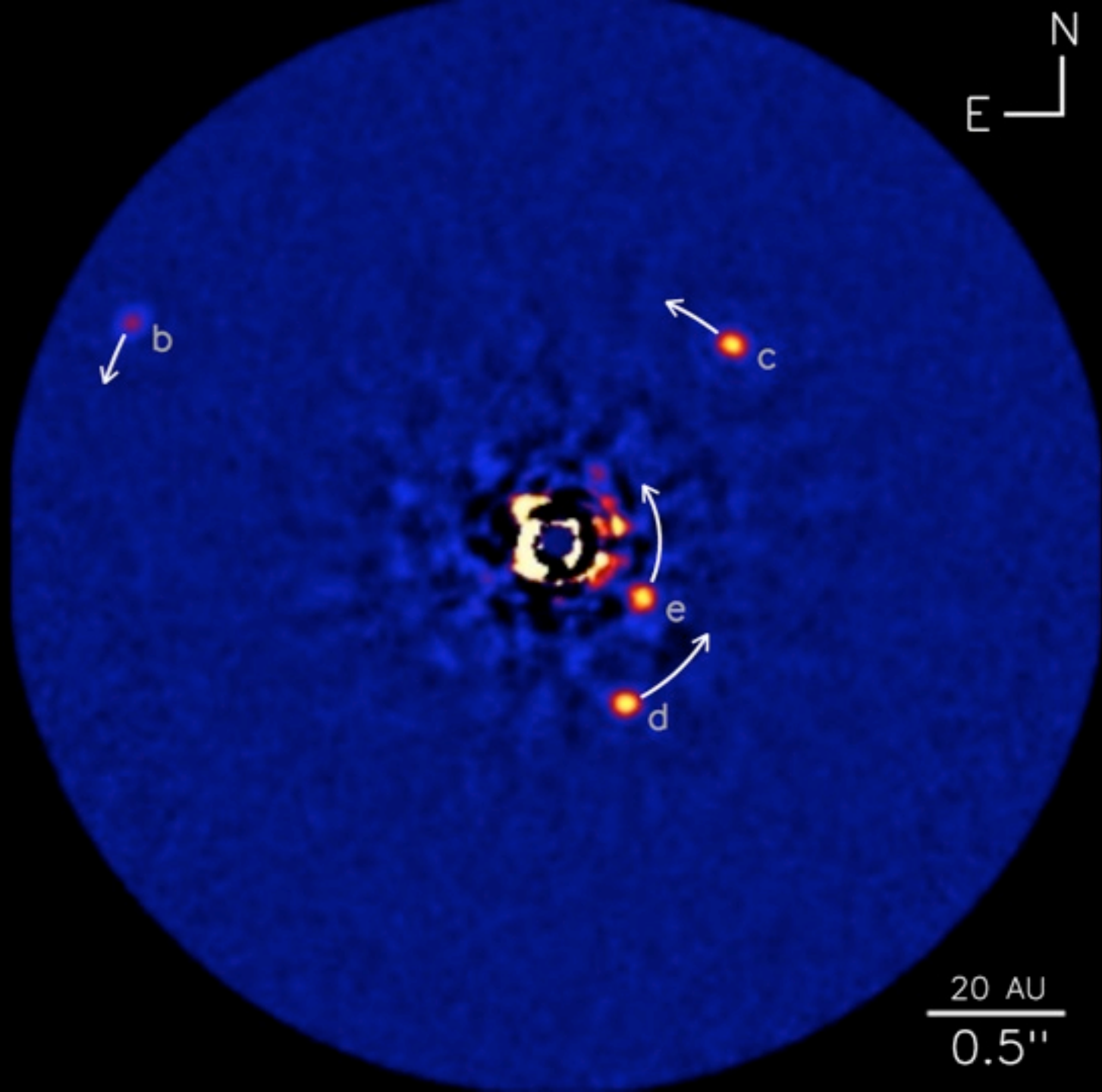


MWC147

courtesy: Michiel Rodenhuis

ExPo

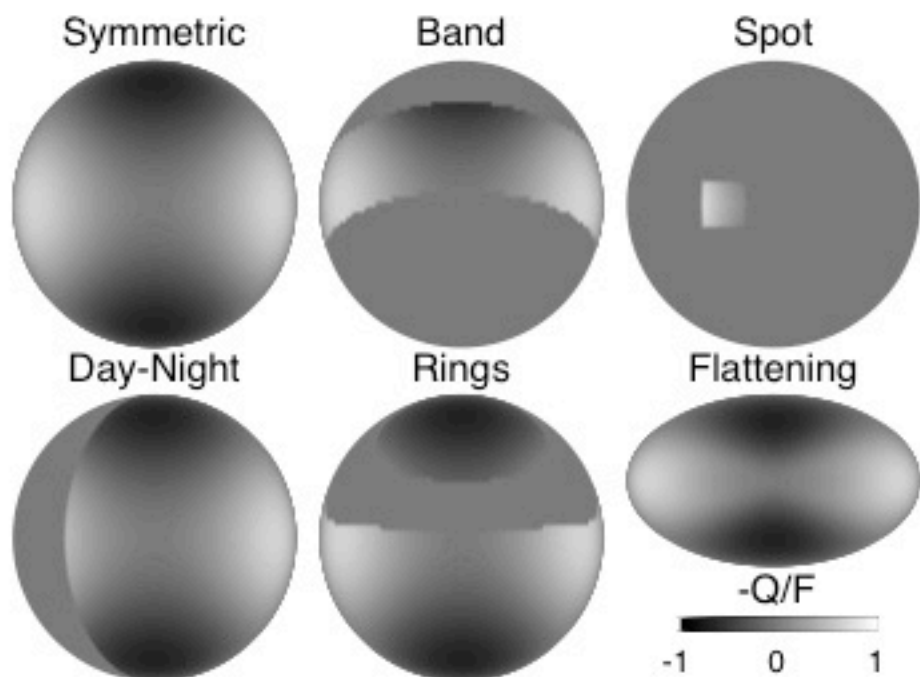




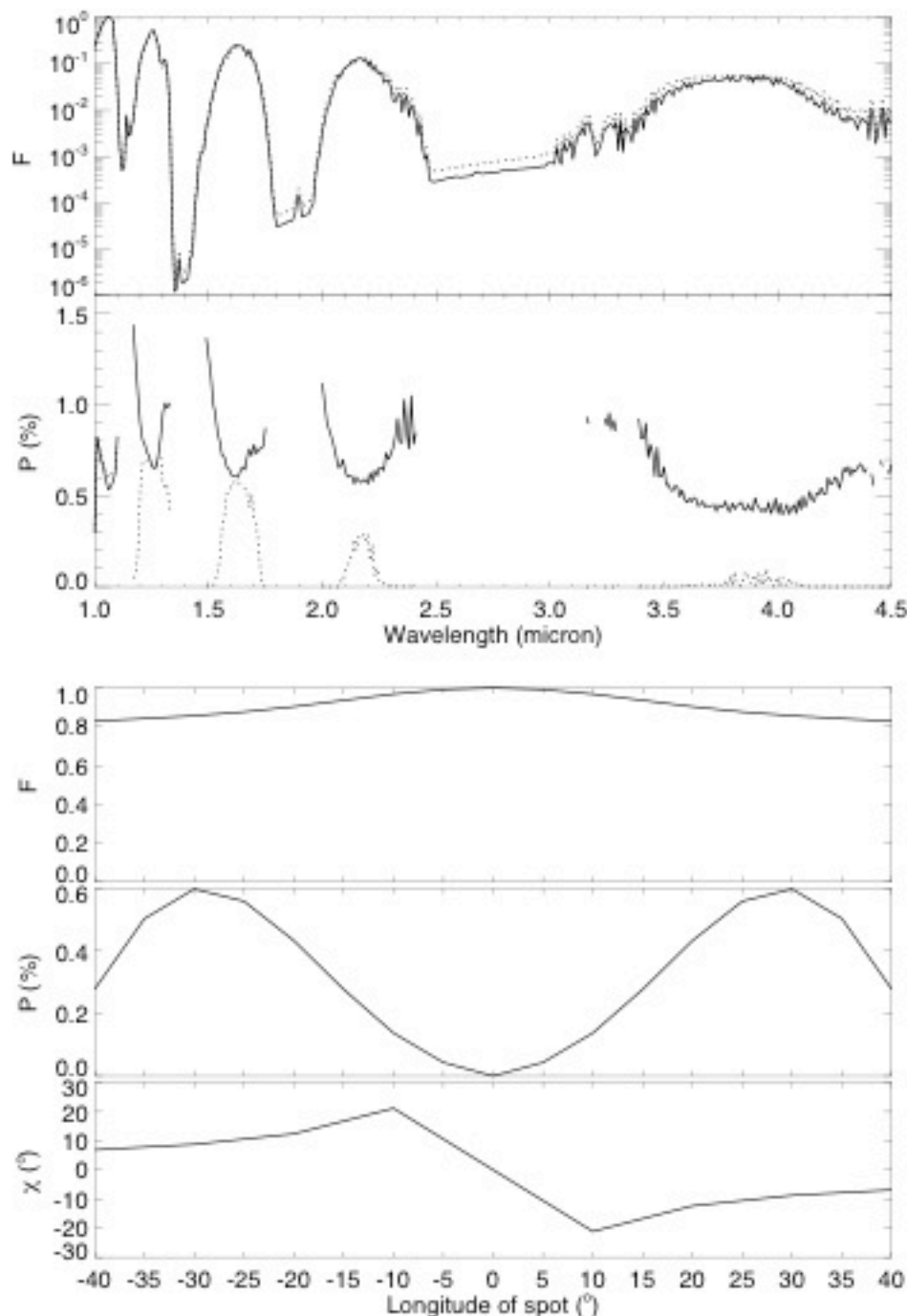
$\frac{20 \text{ AU}}{0.5''}$

HR 8799

The HR 8799 planets do not scatter much star light (too far away). But they do scatter their own thermal emission!



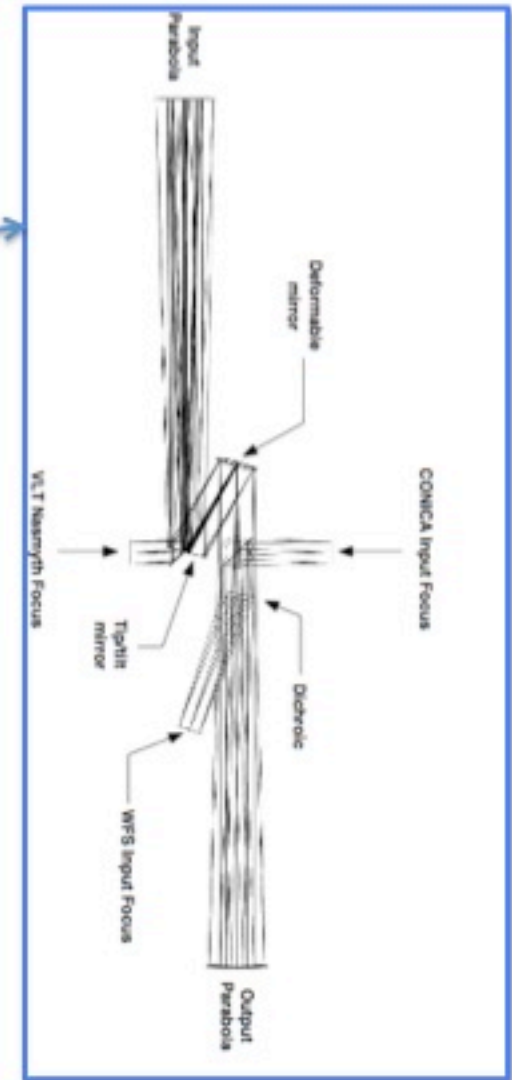
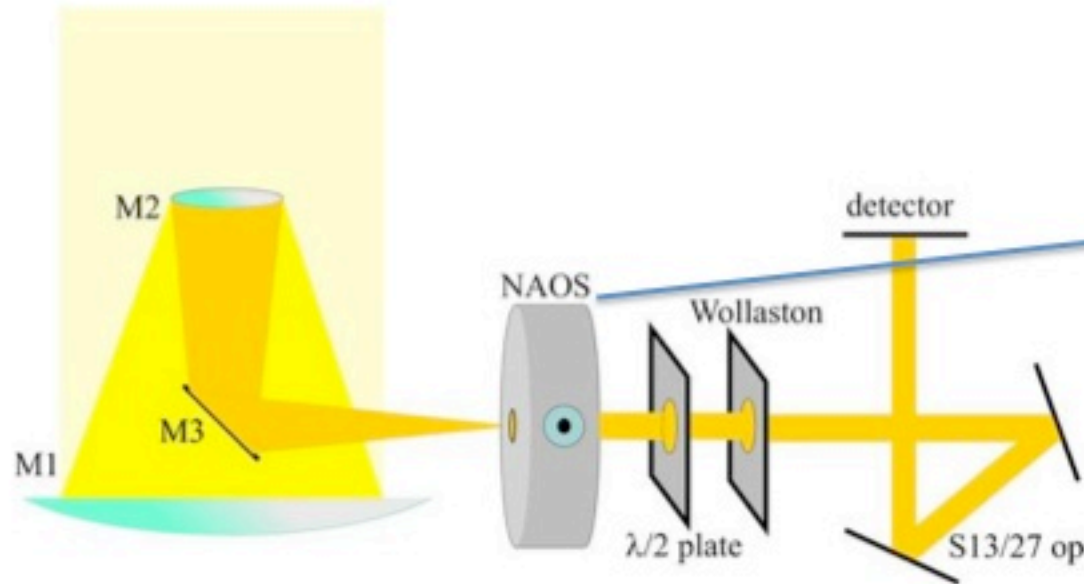
de Kok et al (2011)



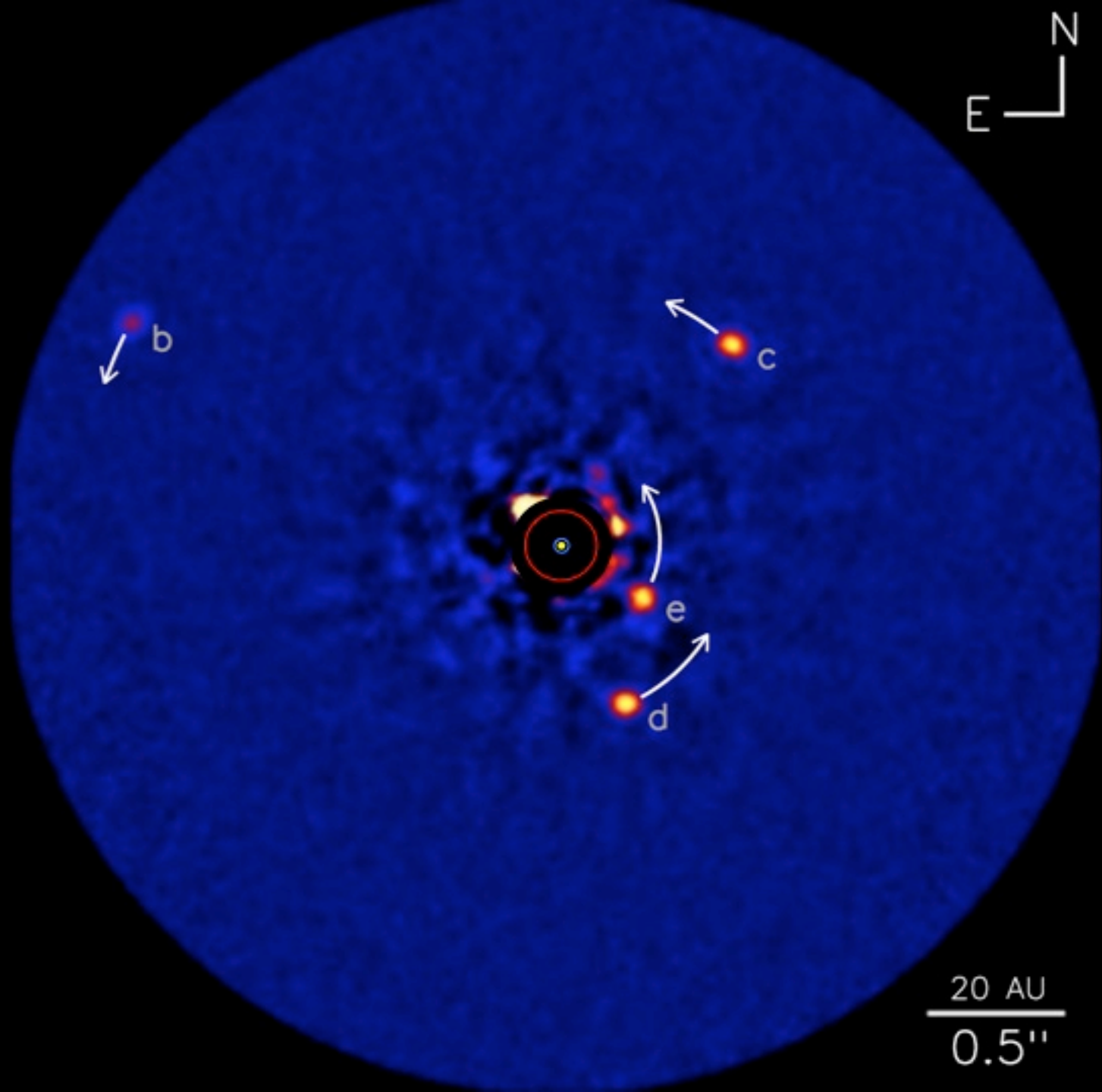
VLT/NaCo



pupil-stabilized polarimetry



- corotate NaCo with telescope
- IP stabilized & minimized
 - calibrated on standard stars
- field rotates w.r.t speckles
 - PCA PSF subtraction

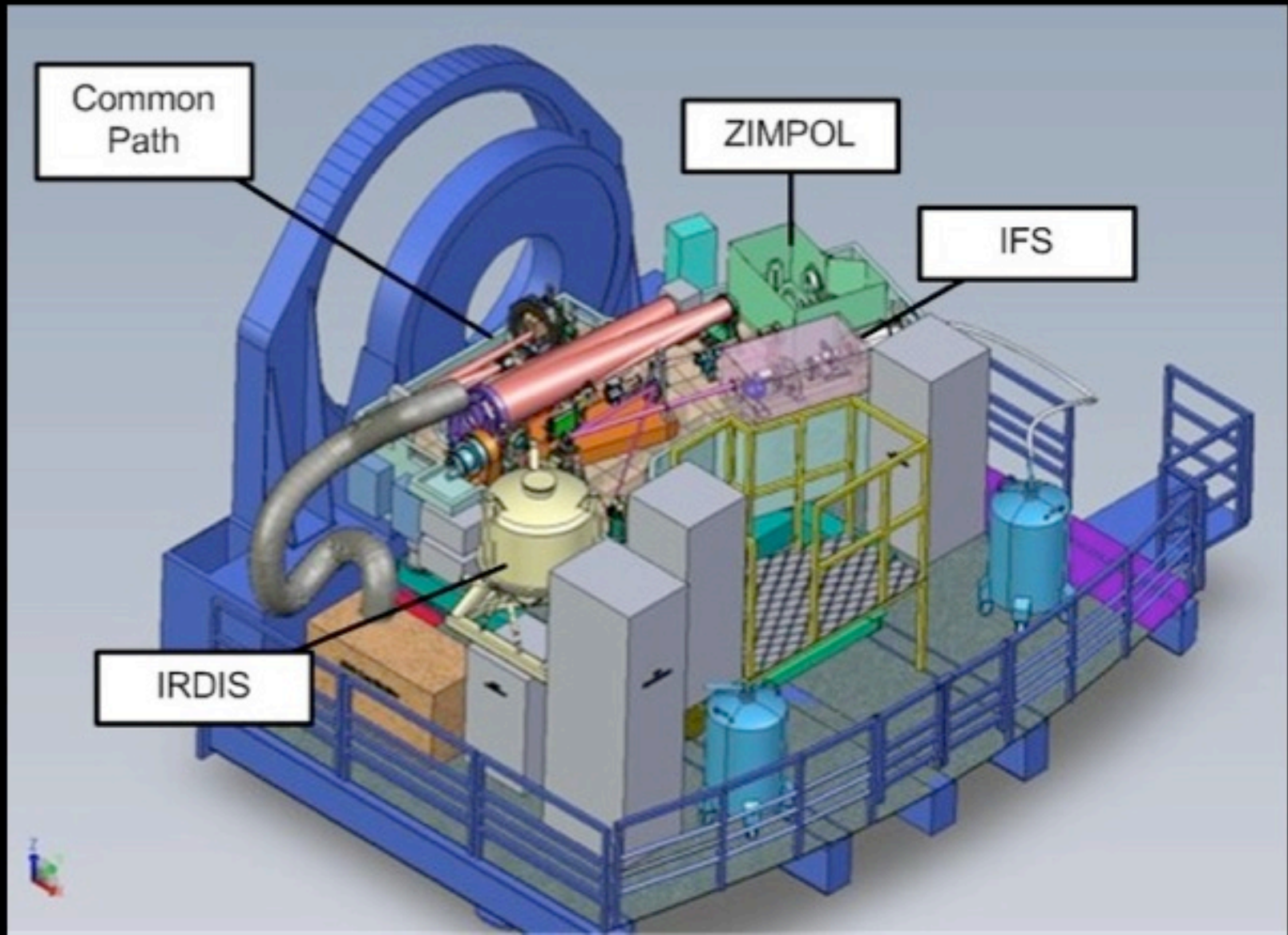


$\frac{20 \text{ AU}}{0.5''}$

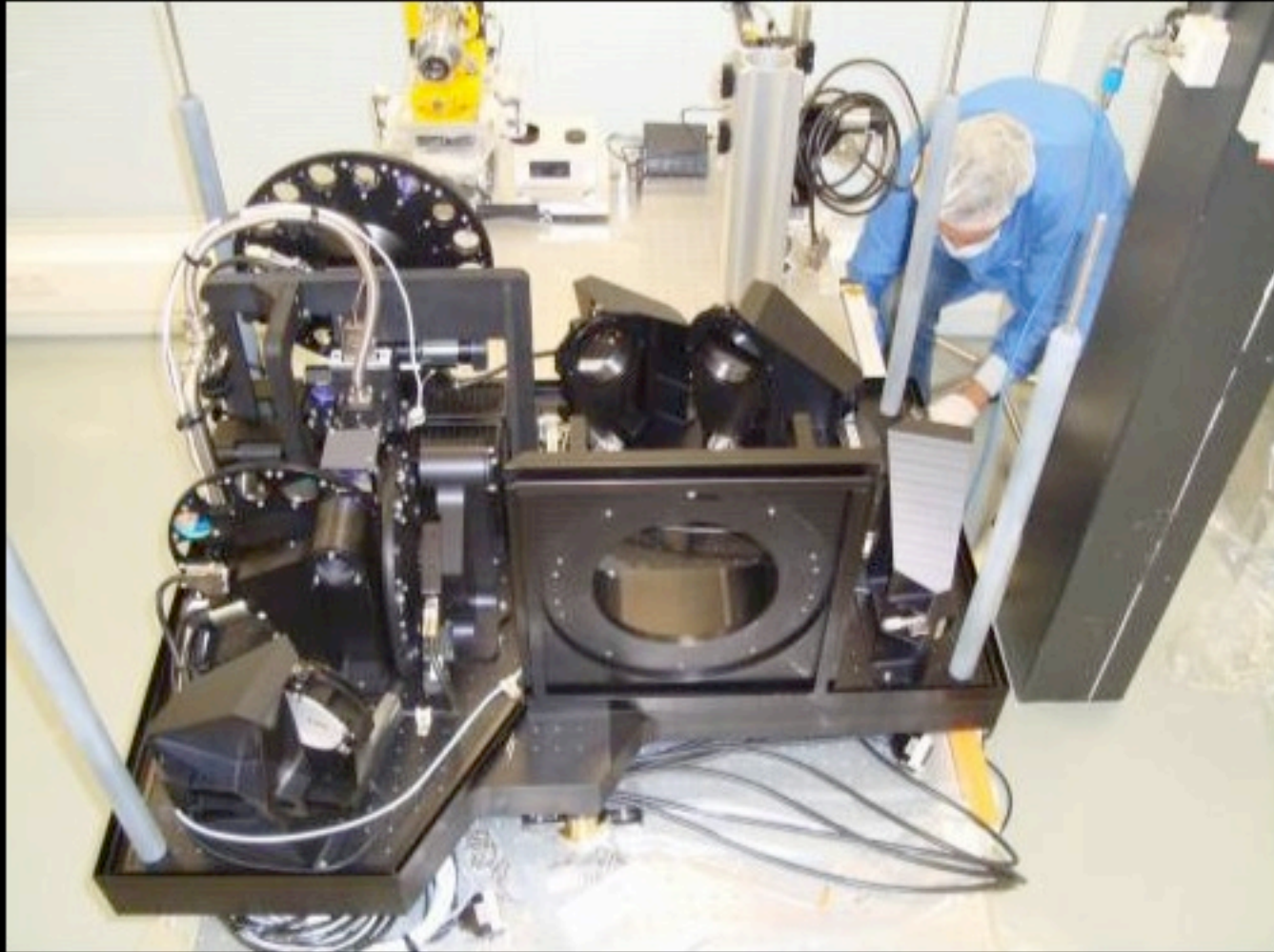
HR 8799



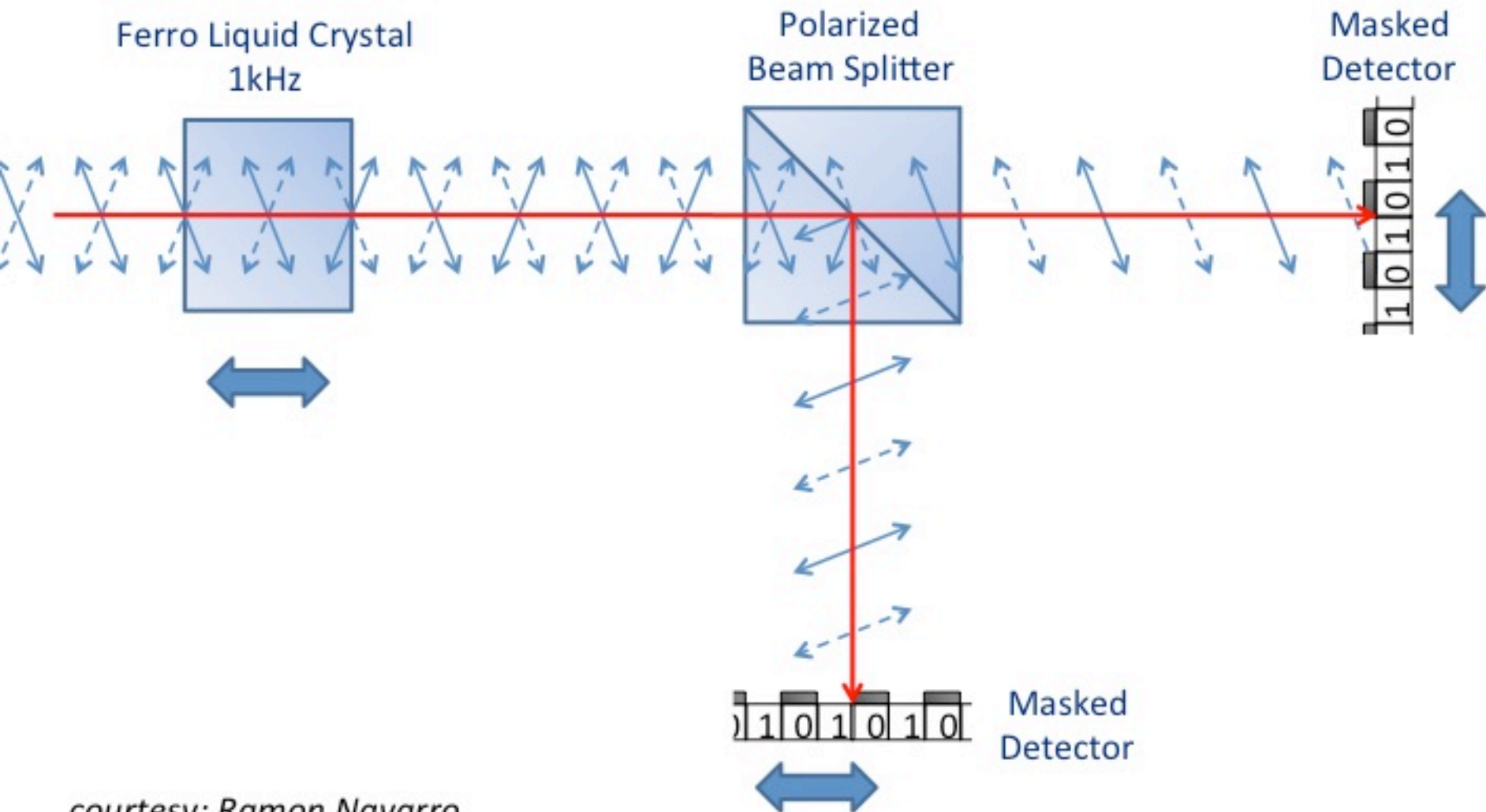
VLT/SPHERE



VLT/SPHERE-ZIMPOL

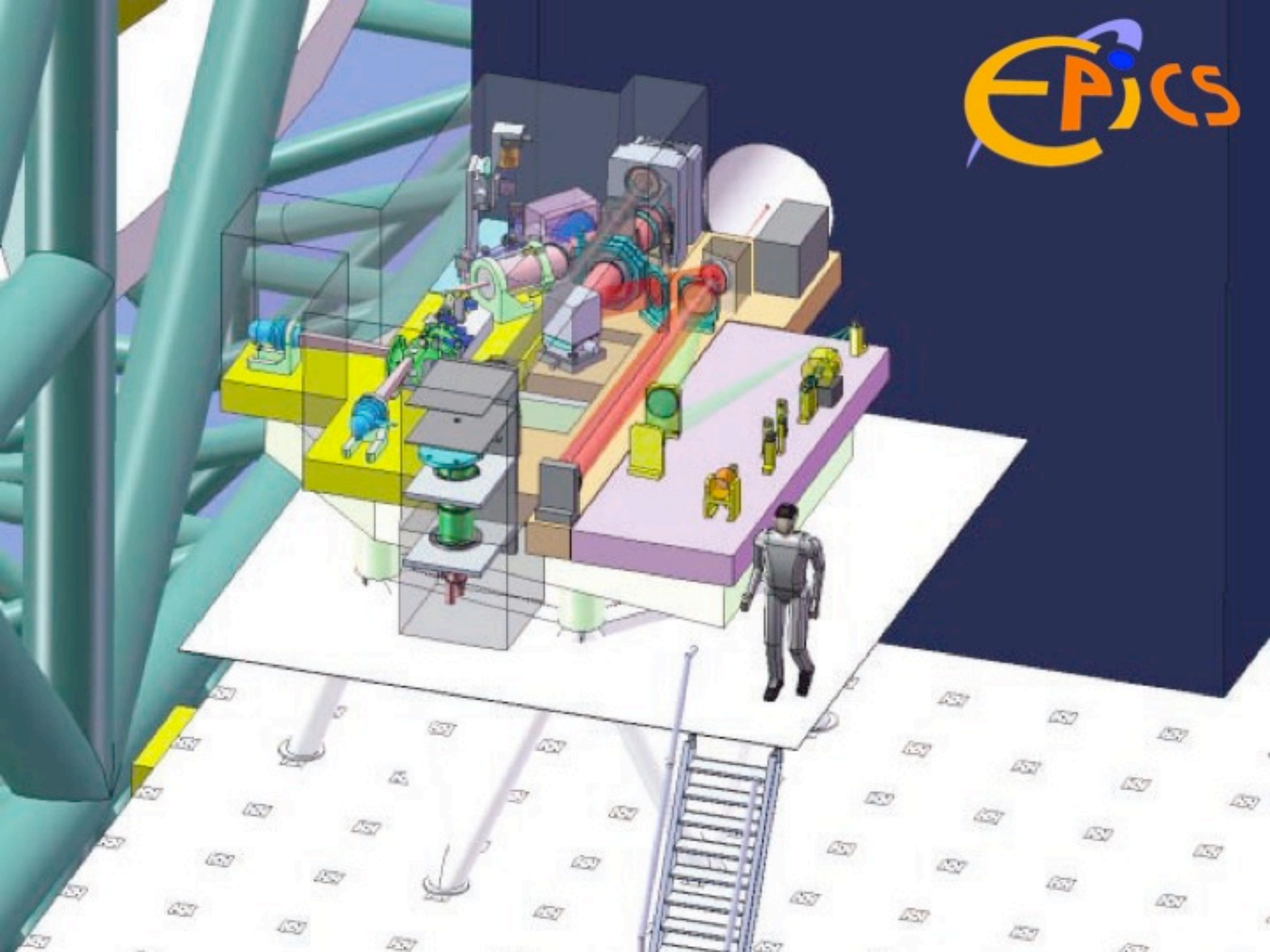


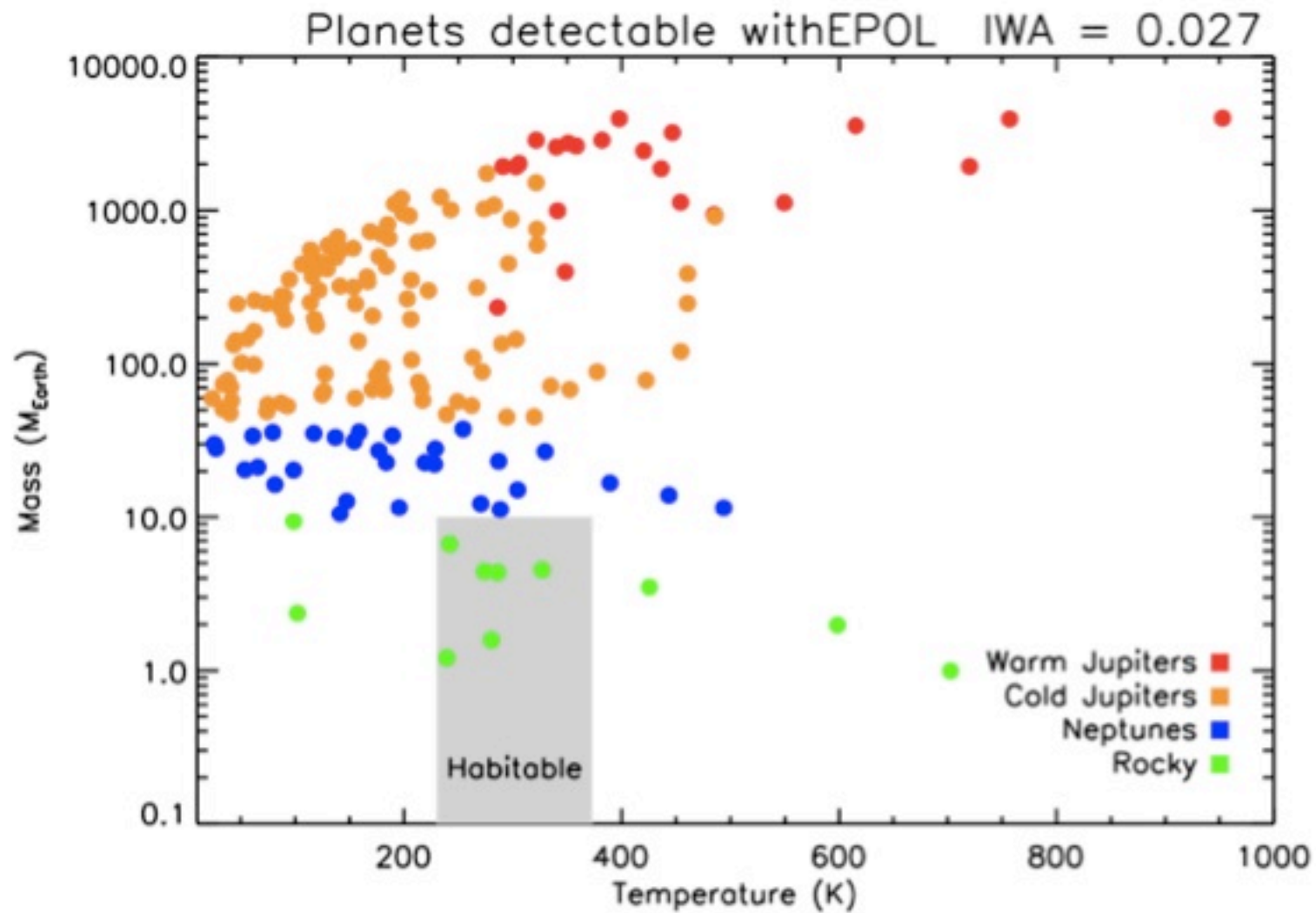
Sphere - ZIMPOL Concept



courtesy: Ramon Navarro

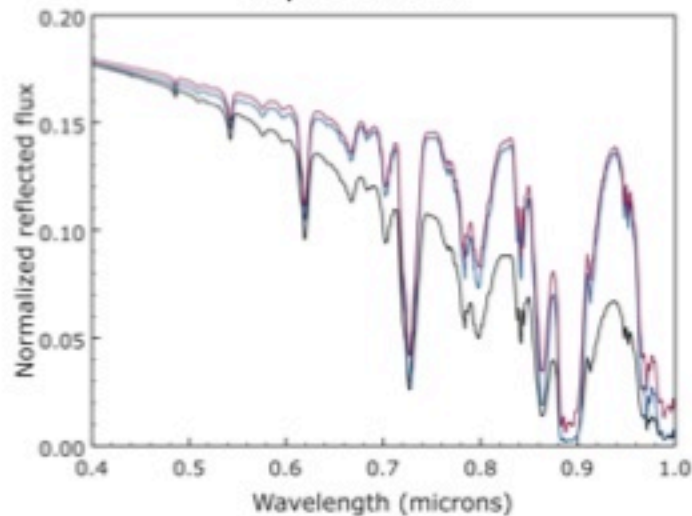




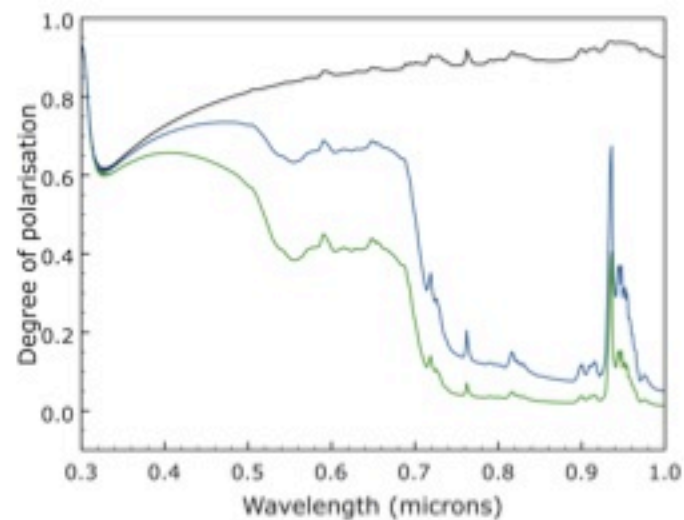
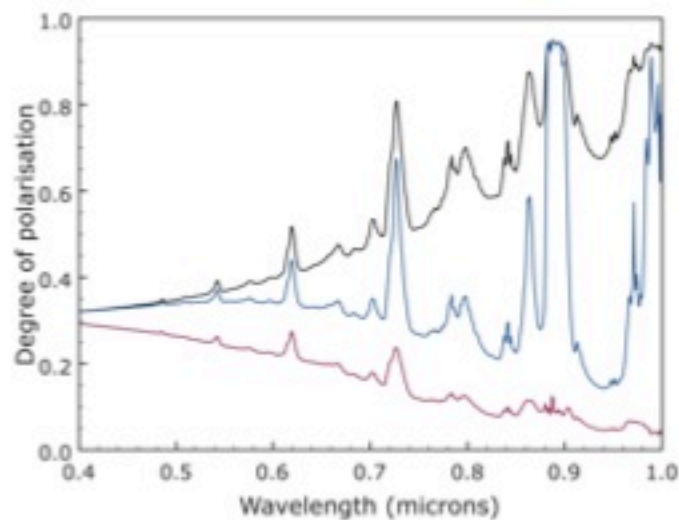
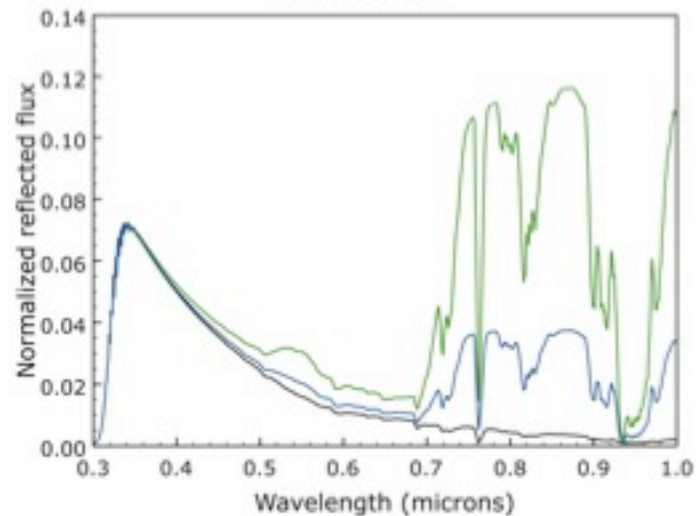


exoplanet characterization

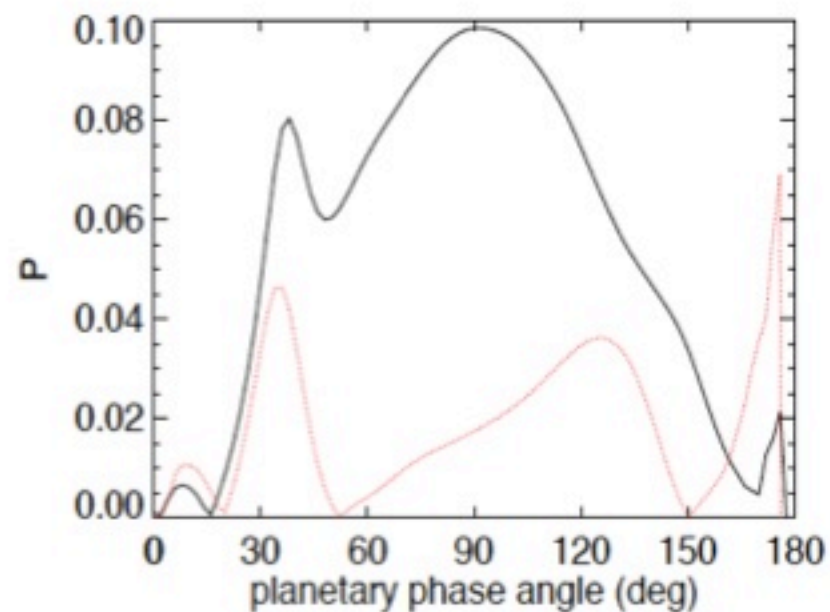
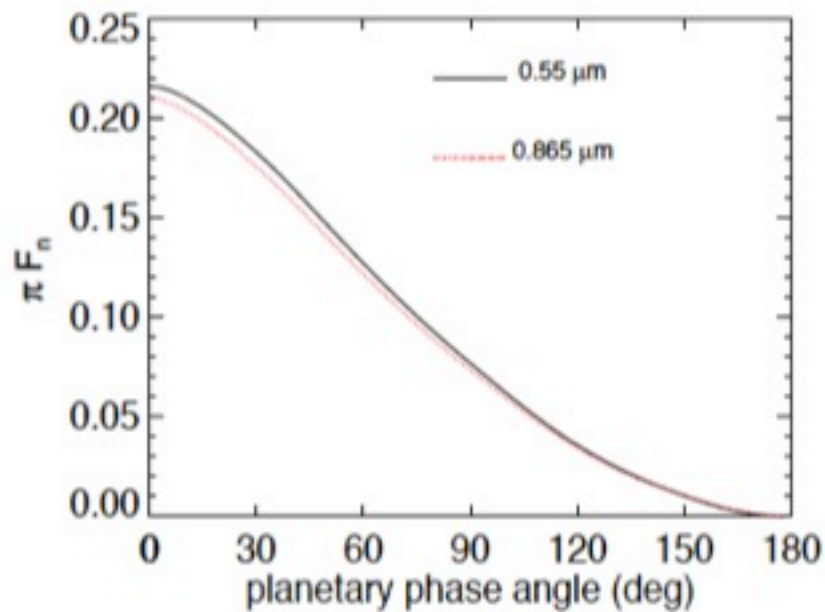
Jupiter-like



Earth-like



exoplanet characterization



Looking for
extraterrestrial life...

through polarized
glasses!

