

Астрофизическое оборудование

3. Наше время

Емельянов Эдуард Владимирович

Специальная астрофизическая обсерватория РАН
Лаборатория обеспечения наблюдений

23 мая 2016 года



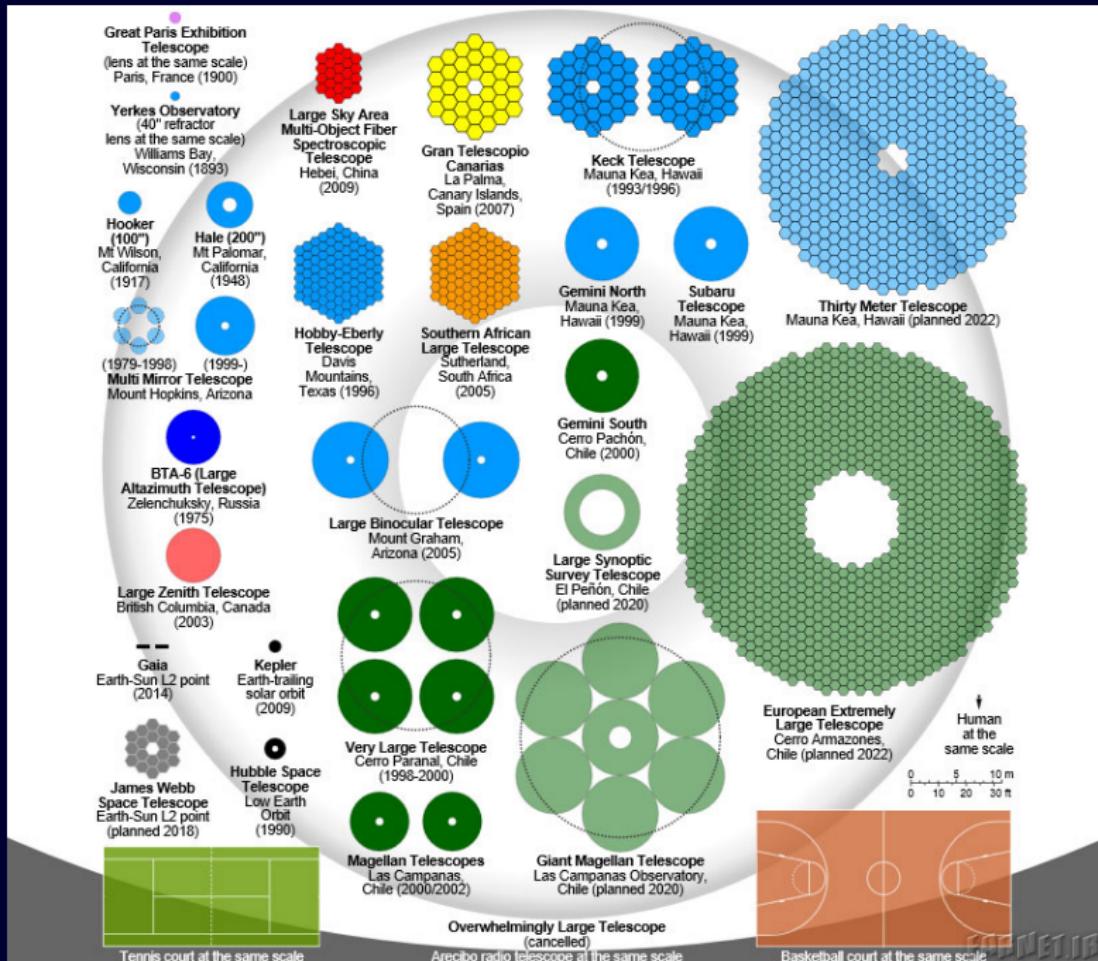
1 Наземная астрофизика

- Большие телескопы
- Детекторы изображений

2 Космическая астрофизика

3 Современные направления

- Активная оптика
- Спектр-интерферометрия
- Адаптивная оптика
- Lucky-imaging, Superresolution

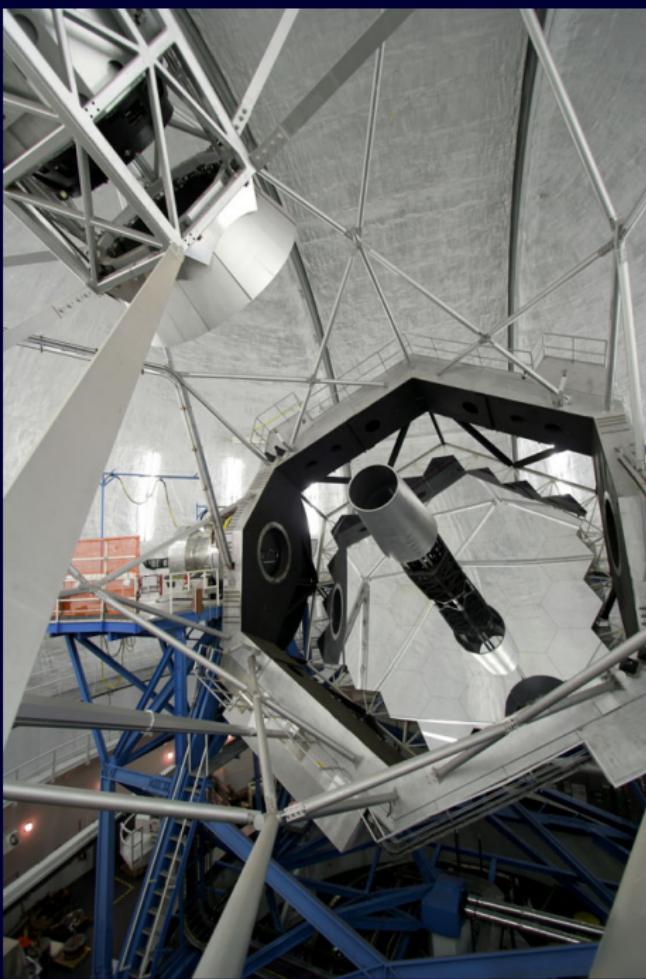


Зачем такие большие?

Задачи, требующие построения гигантских телескопов

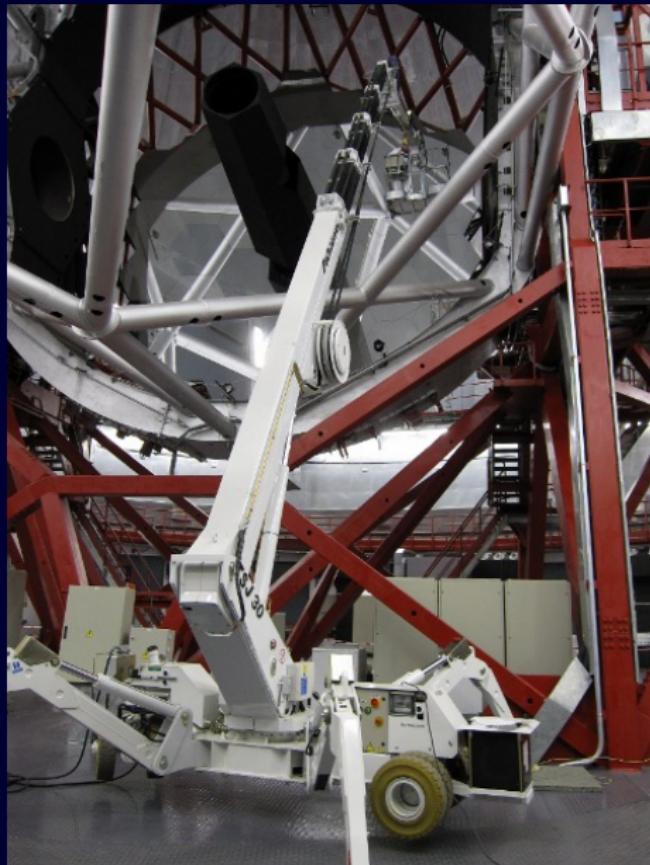
- происхождение Вселенной;
- механизмы образования и эволюции звезд, галактик и планетных систем;
- физические свойства материи в экстремальных астрофизических условиях;
- астрофизические аспекты зарождения и существования жизни во Вселенной.





Телескопы Кека

1993 — Кек-1 (Мауна Кеа), 10 м, 36 сегментов из церодура, площадь рабочей поверхности 75.76 м^2 — крупнейшие в мире!



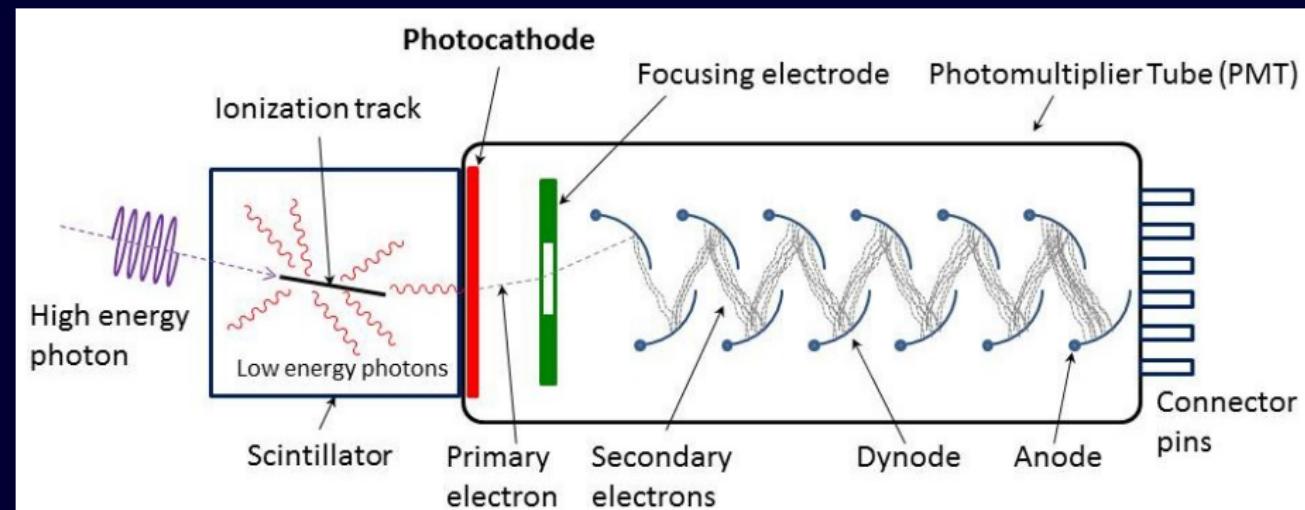
Большой Канарский

2007 (2009), ла Пальма, 10.4 м, 36 сегментов из церодура, площадь рабочей поверхности 74.14 м^2 .

Детекторы изображений

ФЭУ

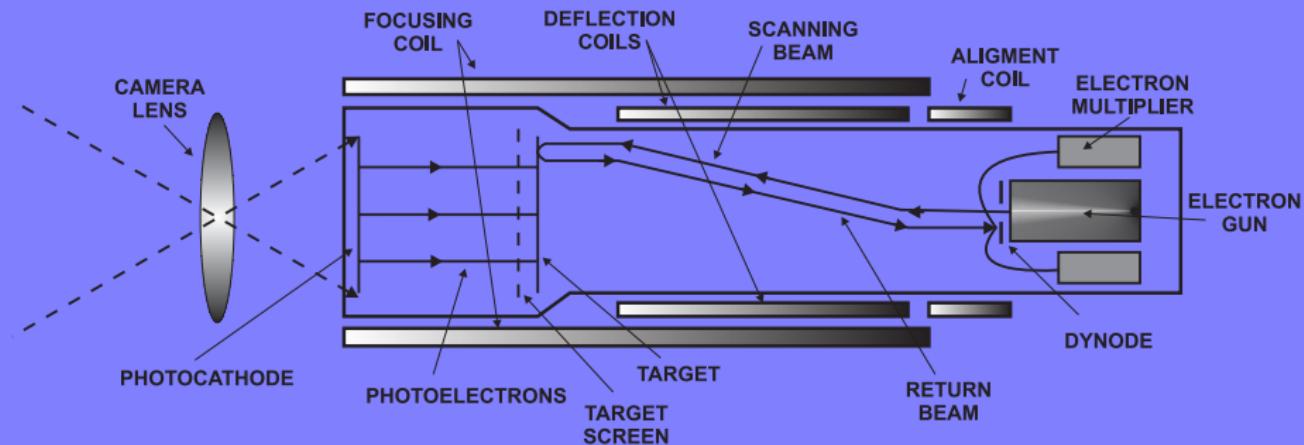
1940-е годы. Счет фотонов. Большие — потому одноканальные.



ЭЛТ

1964, E. Luedicke, A. D. Cope, and L. E. Flory. Astronomical Image-Integration System Using a Television Camera Tube.

На $3^m \div 4^m$ чувствительнее фотопластинон.

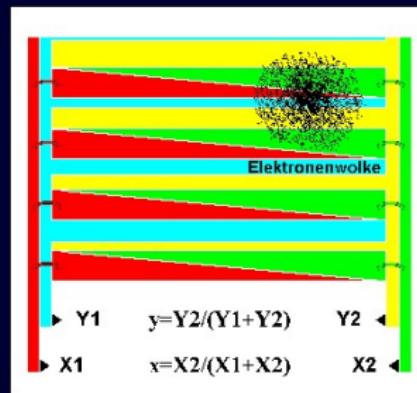
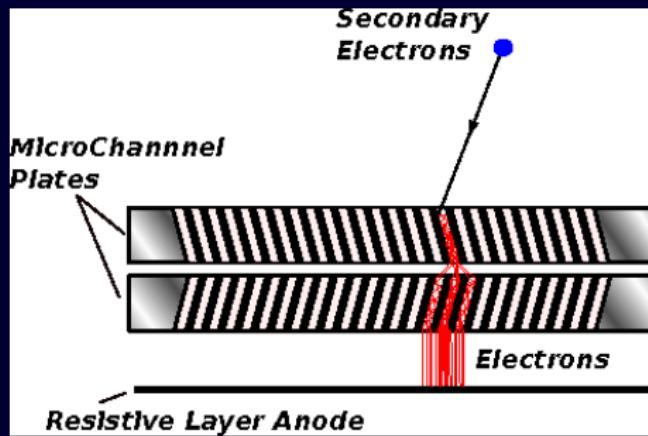


МКП + КПА

Конец 1970-х — микроканальные пластины.

1983, Siegmund, O.H.W. et al. "Application of the wedge and strip anode to position sensing with microchannel plates and proportional counters".

1986, Siegmund, O.H.W. et al. "Wedge and strip image readout systems for photon-counting detectors in space astronomy".



Integration of Photon-Induced Charge

Raindrops

Parallel Bucket Array

Serial Bucket Array

Parallel Register Shift (1 Row)

(a)

Serial Register Shift to Output

(b)

(c)

Figure 5

Bucket Brigade CCD Analogy

Conveyer Belt
Calibrated Measuring Container

ПЗС

1969, Уиллард Бойл и Джордж Смит, лаборатории Белла.

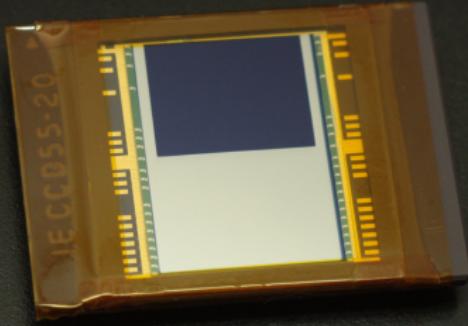
1975 — первая ПЗС 100x100 (Steven Sasson, Kodak).

1976 — запуск спутника-шпиона с ПЗС 800x800.

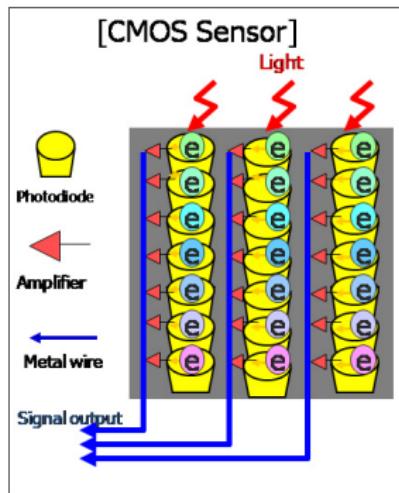
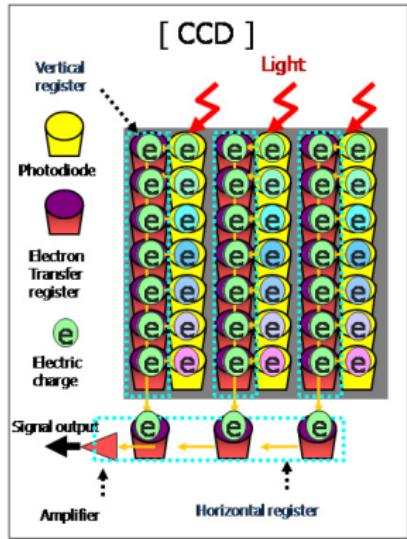




Слоановский обзор SDSS, 30 ПЗС
2048x2048 в сканирующем режиме.



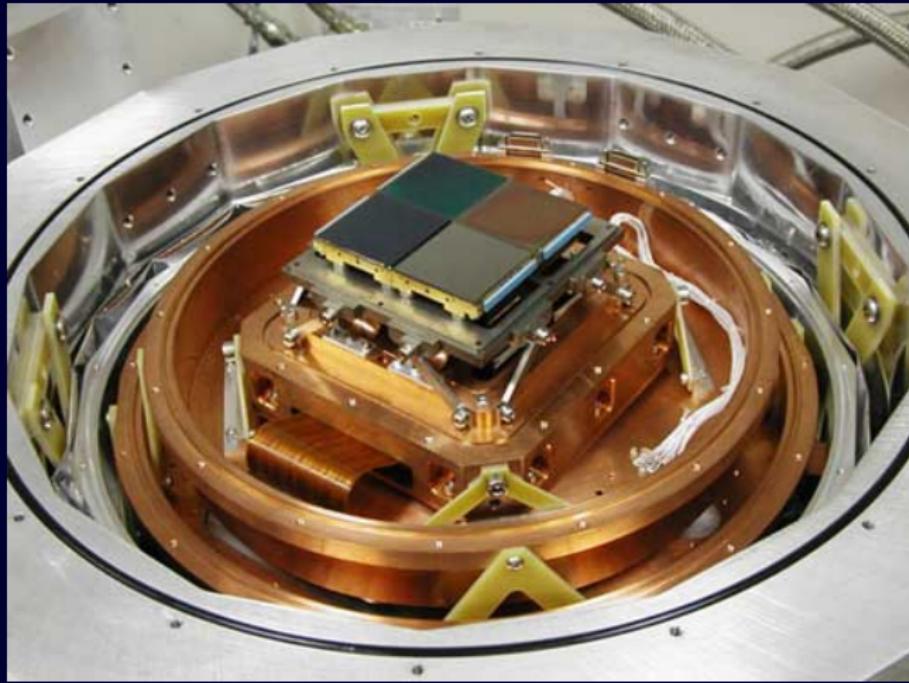
ПЗС с переносом заряда позволяют уменьшить воздействие посторонней засветки во время экспозиции.



КМОП

Конец 1980-х —
«активно-пиксельные
датчики».
Недеструктивное
считывание,
произвольный доступ.
Но низкая квантовая
эффективность.
ИК-детекторы на
HgCdTe

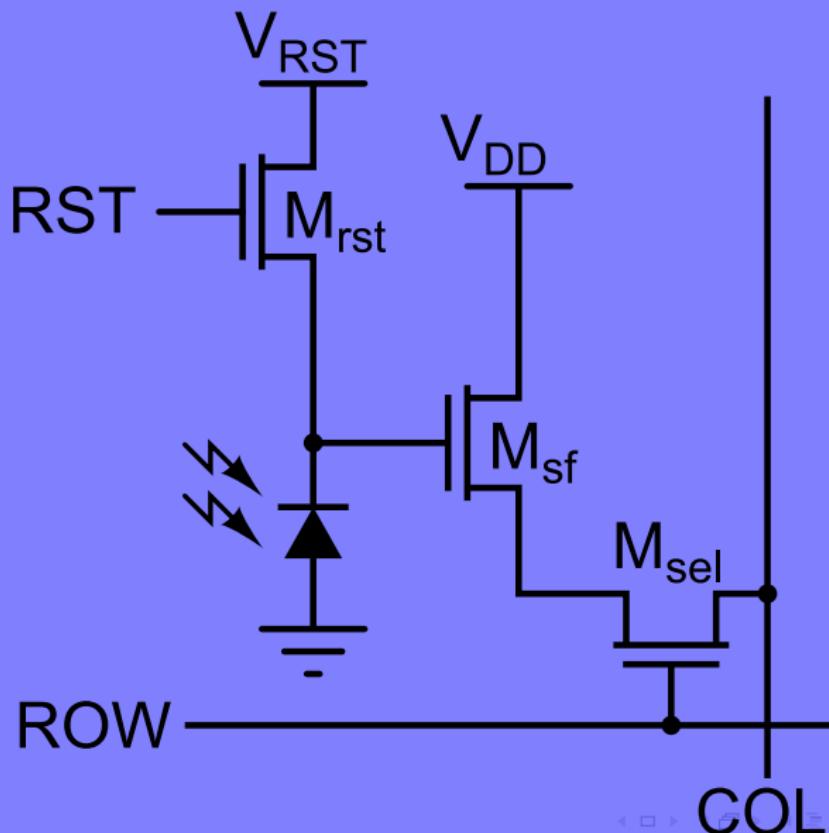




КМОП

Конец 1980-х —
«активно-пиксельные
датчики».
Недеструктивное
считывание,
произвольный доступ.
Но низкая квантовая
эффективность.
ИК-детекторы на
 $HgCdTe$

КМОП

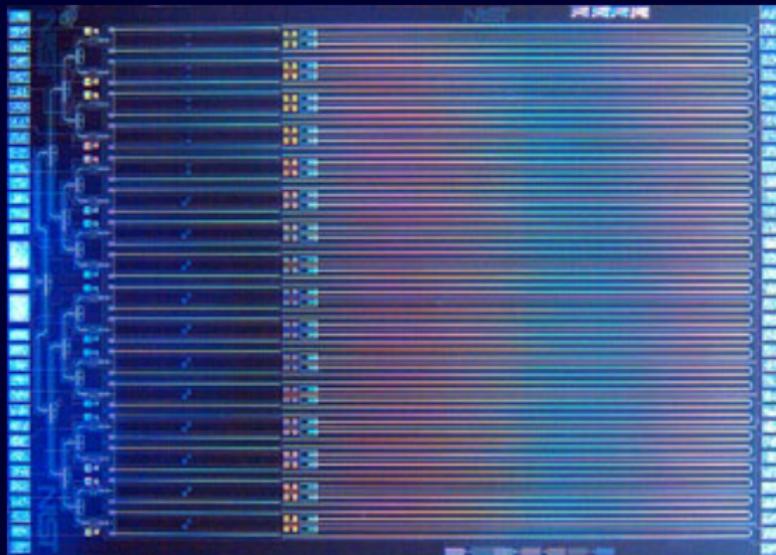


СТП

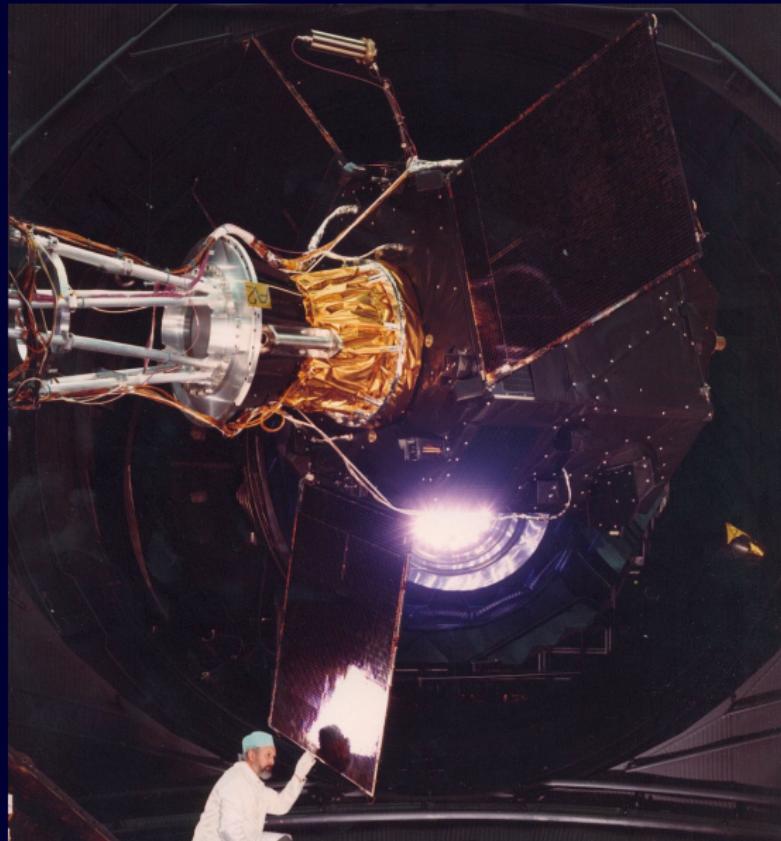
Два сверхпроводника, разделенных тонким изолятором.

Алюминий (1.2К), ниобий (4.2К).

100..1000ГГц — радиоастрономия. Счетчик фотонов в широком диапазоне.

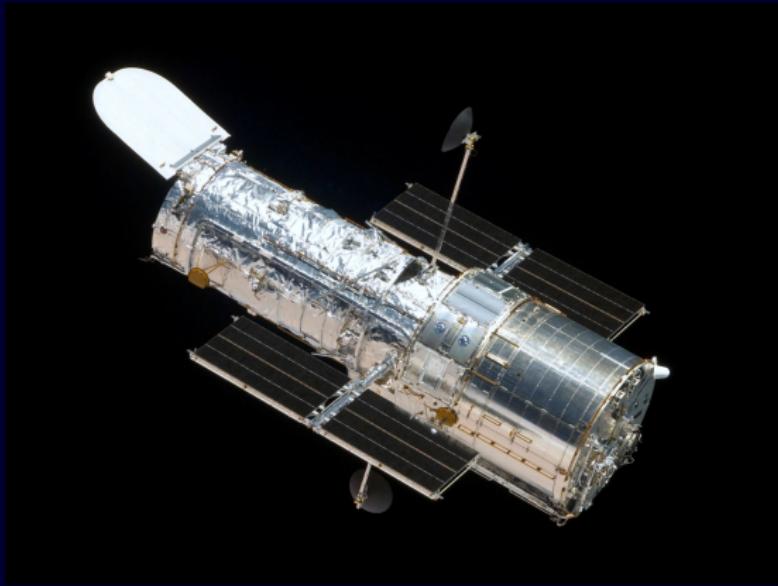


Космическая астрофизика



1989, Hipparcos — High Precision Parallax Collecting Satellite.

1mas. Каталоги Hipparcos и Tycho.



Телескоп им. Хаббла

2.4 м зеркало.

1978 — стартовое финансирование, 36 млн.др.

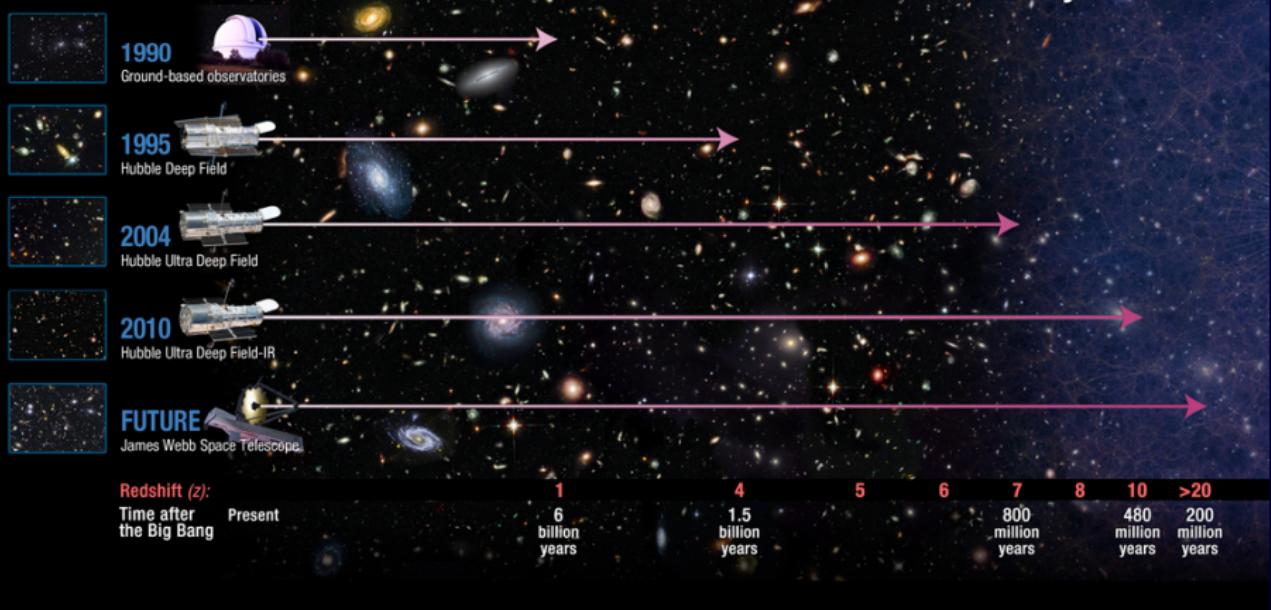
1986 — общий бюджет проекта вырос до 1.175 млрд.др.

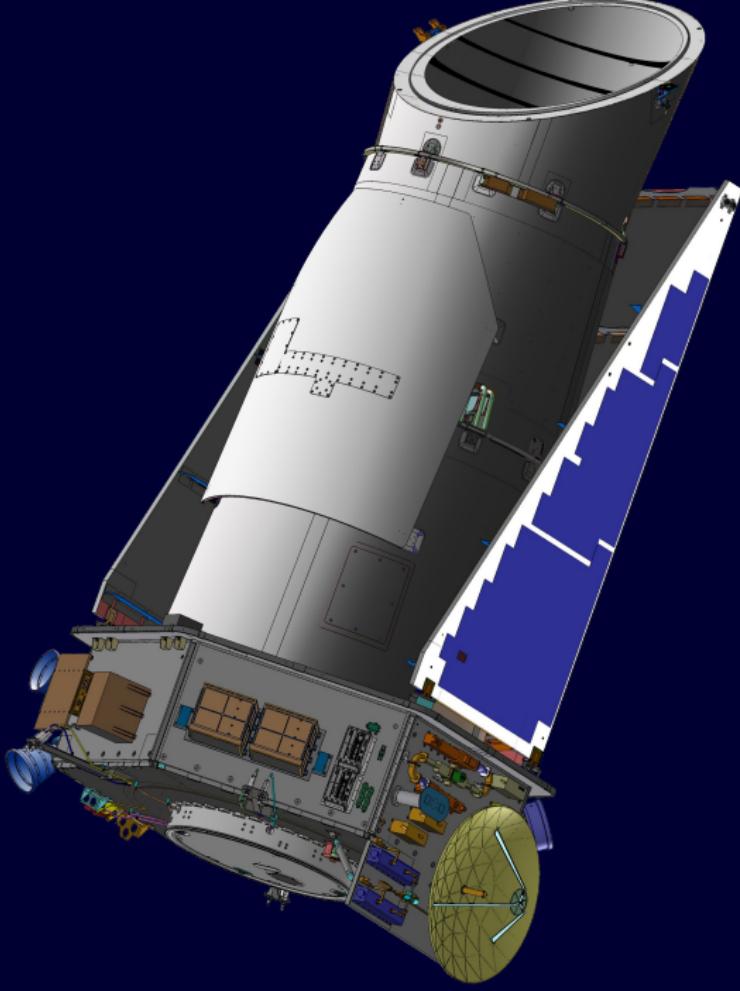
25 апреля 1990 г. — 2.5 млрд.др.

1999 — около 6 млрд.др. + 593 млн.евр. от ЕКА.

Четыре экспедиции.

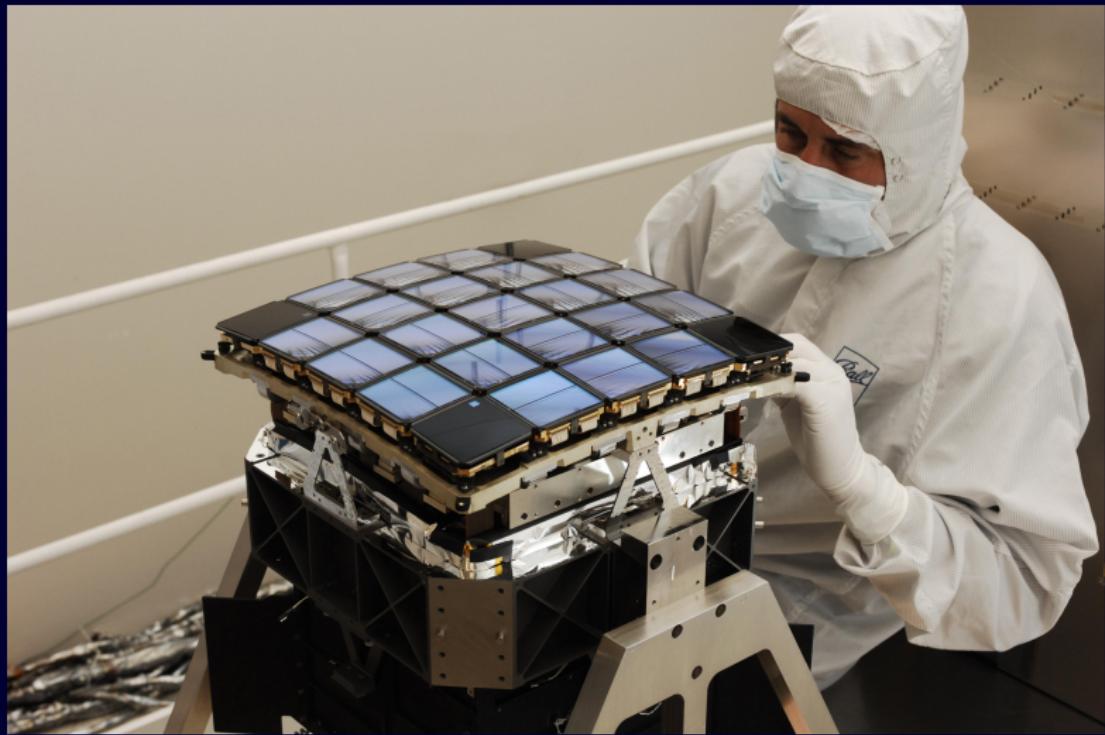
Hubble Probes the Early Universe



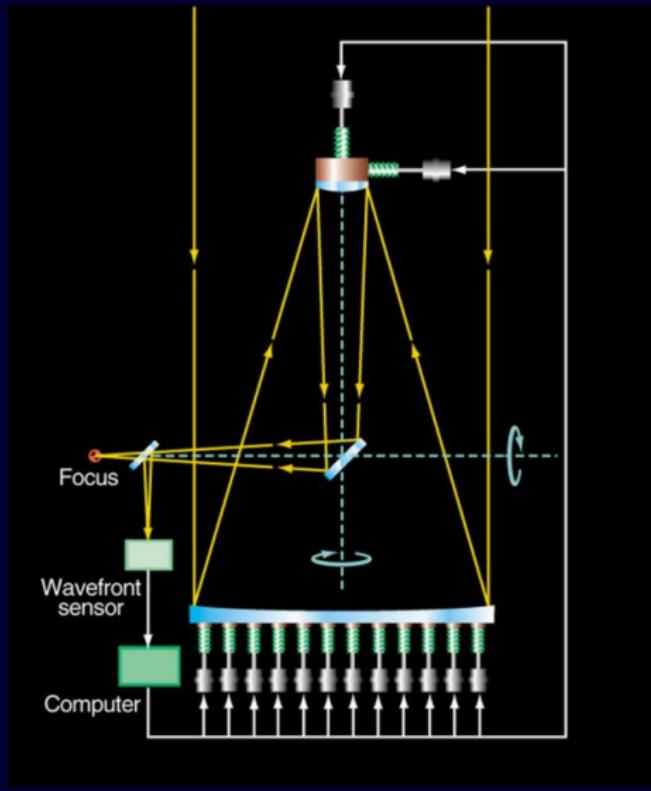


Телескоп Кеплера

2009, поиск экзопланет. 0.95 м апертура, зеркало 1.4 м.
42 ПЗС 2200x1024.
 ~ 0.5 млрд.длр.



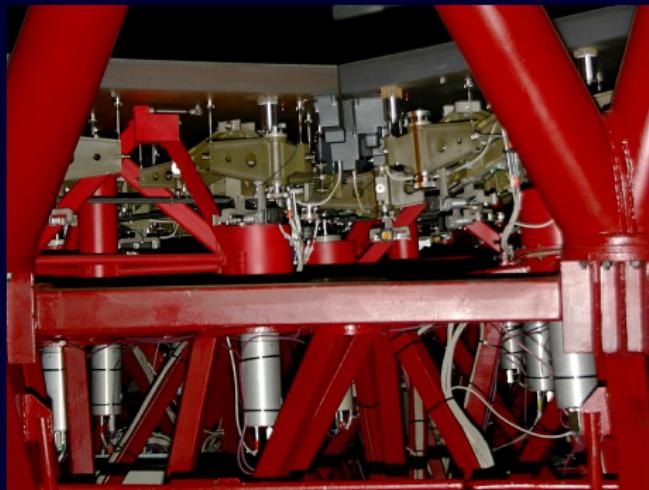
Активная оптика



VLT

VLT: 150 актуаторов на зеркале, управляемое вторичное зеркало. 1 сет — 30 секунд (для избавления от атмосферных эффектов). В случае отсутствия опорной звезды в кадре сигналы вычисляются по модели (учитывающей наклон оси и температуры).

Активная оптика



GTC

Зеркало — 17т.

Спектр-интерферометрия

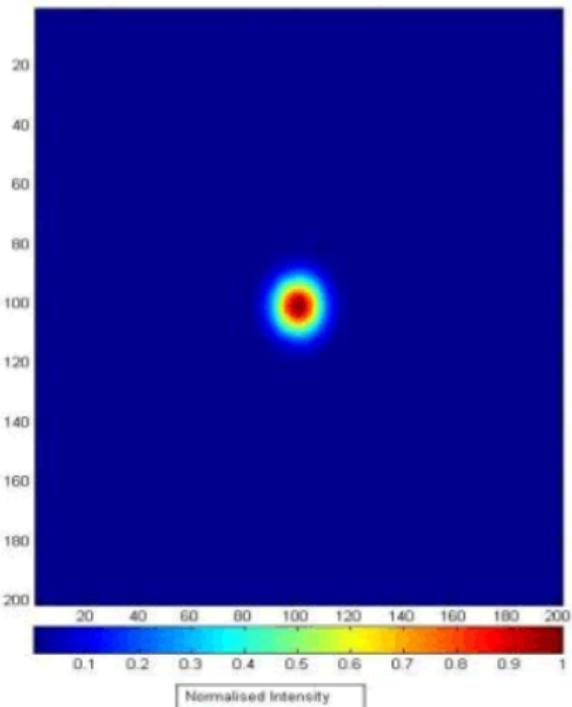


Fig.2.A: No Turbulence

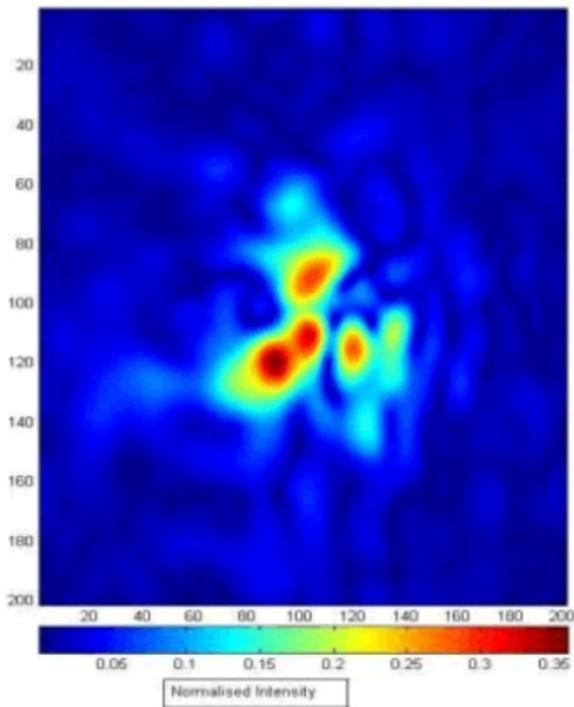


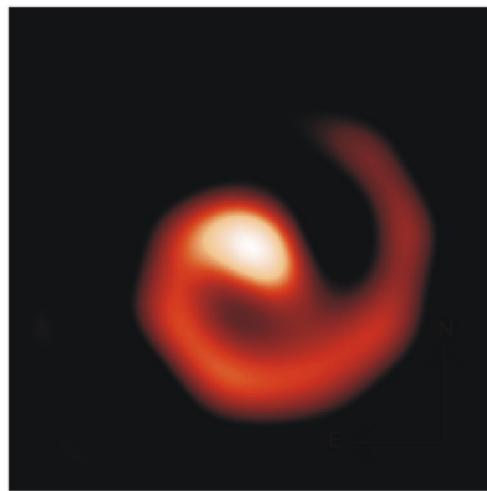
Fig.2. B: Strong Turbulence

Спекл-интерферометрия

WR 104 at 2.27 Microns

April 98

1/10 ARCSSEC



160 AU



Адаптивная оптика

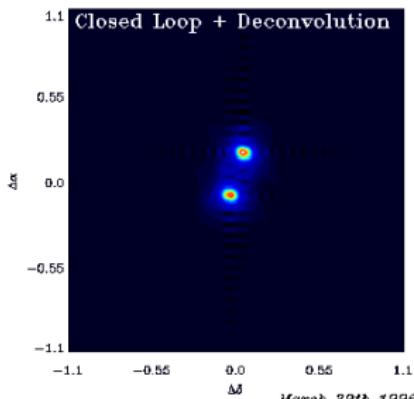
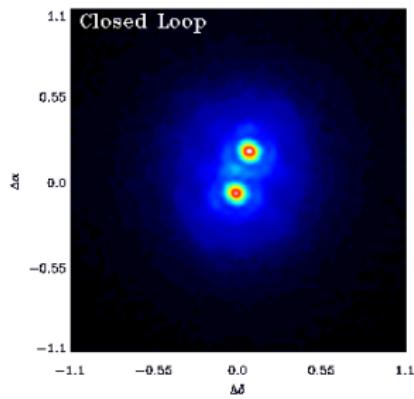
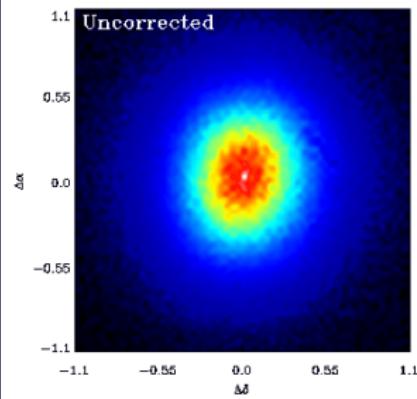
30 \div 60 mas. Искусственные звезды: звезды Рэлея (ближний ИК, 15 \div 25 км) и натриевые (80 \div 100 км, 589 нм).

CFHT Adaptive Optics Bonnette & Monica

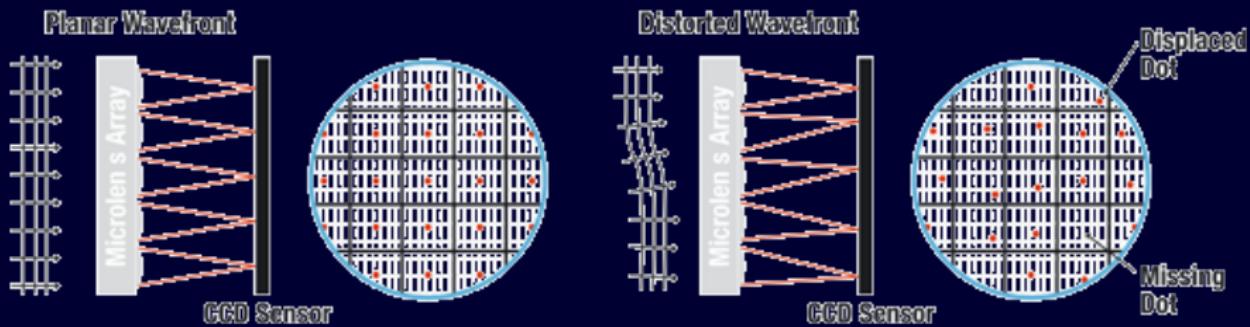
Double star, separation=0.276"
Seeing=0.7" @ 0.5mic

Magnitude=10.7
Strehl Ratio=30%

H band, Integration=40 sec
Maximum likelihood



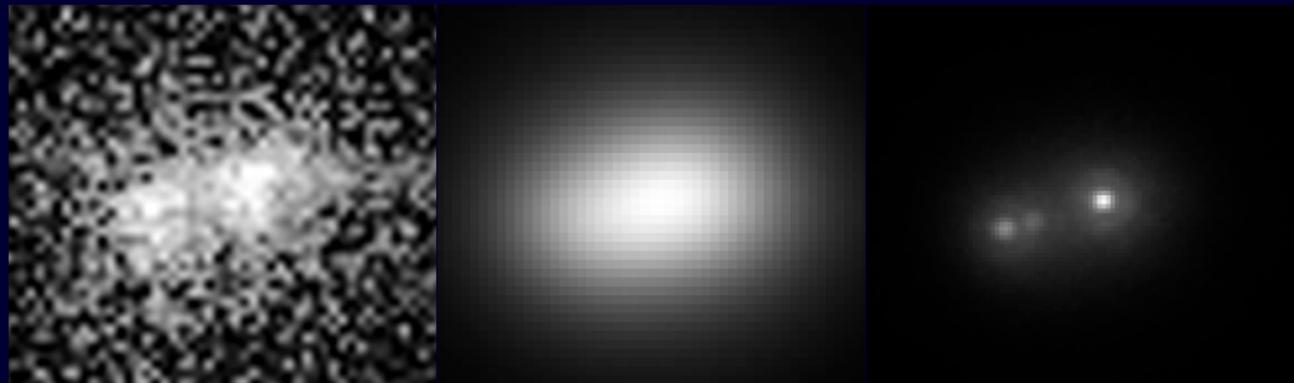
Адаптивная оптика



Адаптивная оптика



Lucky-imaging, Superresolution



Куб данных с экспозициями $10 \div 50$ мс.

Совмещение снимков с наименьшим числом Штреля.

Усреднение.

Итог: было 900 mas, стало 40!

Для малых телескопов ($< r_0$) это Superresolution.



Спасибо за внимание!

[mailto](mailto:)

eddy@sao.ru

edward.emelianoff@gmail.com

