

Обработка астрометрических наблюдений

3. Фотоприемники. Оборудование для оцифровки фотопластинок и исследования ПЗС.

кто: Семенцов В.Н.

когда: 26 февраля, 2021

дано изображения объектов в плоскости фотоприемника
имеем панорамный фотоприемник
знаем немножко геометрии, физики и химии
надо особенности изображения объектов на
фотоприемнике

D	диаметр телескопа
F	фокусное расстояние
β	угловой размер изображения звезды
s	яркость фона неба
n_*	поток излучения от звезды
$n_{\Phi} = \beta^2 s$	фоновый поток
t	время экспозиции
η	квантовый выход фотоприемника
m	порог срабатывания фотоприемника
B	отношение сигнал/шум

$$N_* = D^2 n_* t; \quad N_{\Phi} = D^2 \beta^2 s t.$$

эффективность телескопа при
наблюдении разных объектов
для яркой звезды ($N_* \gg N_\Phi$)

$$B = \frac{N_*}{\sqrt{N_*}} = Dn_*^{1/2}t^{1/2}$$

для слабой звезды ($N_* < N_\Phi$)

$$B = \frac{N_*}{\sqrt{N_\Phi}} = Dn_*\beta^{-1}s^{-1/2}t^{1/2}$$

на слабые объекты приемник должен
отреагировать:

$$D^2st = mF^2 \implies D/F > \sqrt{m/st}$$

$$m_{lim} \propto \lg \frac{1}{n_*} \sim \lg F$$

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны
- 1842 год — начало фотографирования Солнца

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны
- 1842 год — начало фотографирования Солнца
- 1851 год — мокрый коллоидный процесс

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны
- 1842 год — начало фотографирования Солнца
- 1851 год — мокрый коллоидный процесс
- 1871-1880е годы — изобретение сухих бромосеребряных желатиновых пластинок, оптических сенсibilизаторов и гиперсенсibilизации

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны
- 1842 год — начало фотографирования Солнца
- 1851 год — мокрый коллоидный процесс
- 1871-1880е годы — изобретение сухих бромосеребряных желатиновых пластинок, оптических сенсibilизаторов и гиперсенсibilизации
- 1885-1891 годы — Капское обозрение

Астрономическая фотография

- 1826 год — первая сохранившаяся гелиограмма с пейзажем
- 1839 год — дагеротипия, первый снимок Луны
- 1842 год — начало фотографирования Солнца
- 1851 год — мокрый коллоидный процесс
- 1871-1880е годы — изобретение сухих бромосеребряных желатиновых пластинок, оптических сенсibilизаторов и гиперсенсibilизации
- 1885-1891 годы — Капское обозрение
- 1887 — начало программы составления «Карты неба»

Астрономическая фотография (2)

- AGFA (пленка для аэрофотосъемки)
- ORWO (1964-1995)
- Eastman Kodak (кинопленка)
- Ilford (фотопленка и пл. для спектрографов)
- ТАСМА (пленка для аэрофотосъемки)
- СЛАВИЧ (фотобумага и пл. для спектрографов)

Электровакуумные фотоприемники

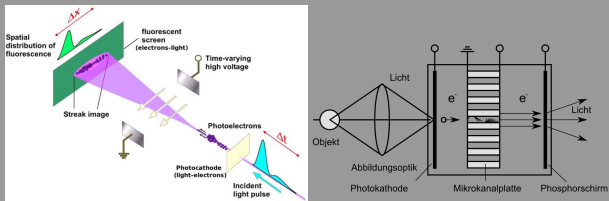


Рис. 1: Электронно-оптическая камера и схема ЭОП с МКП

Электрoвакуумные фотоприемники

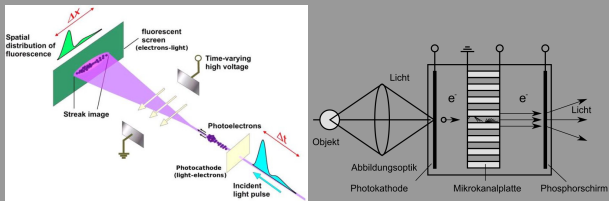


Рис. 1: Электронно-оптическая камера и схема ЭОП с МКП

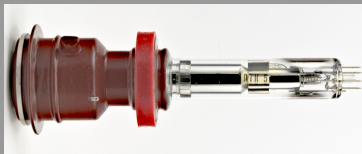


Рис. 2: ЛИ-702: supervidicon=суперкремникон

Твердотельные матрицы: ПЗС

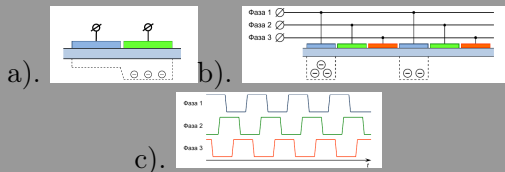
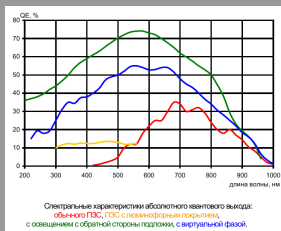


Рис. 3: а). перекрытие потенциальных ям б). простейший ПЗС-регистр в). тактовые диаграммы



Твердотельные матрицы: ПЗС (2)

- технология изготовления — MOS ~ 0.1 мкм
(между электродами — 0.2 мкм, слои — 0.3 мкм)

Твердотельные матрицы: ПЗС (2)

- технология изготовления — MOS ~ 0.1 мкм
(между электродами — 0.2 мкм, слои — 0.3 мкм)
- для пиксела 10 мкм это — $\sim 10\%$ вариации чувствительности

Твердотельные матрицы: ПЗС (2)

- технология изготовления — MOS ~ 0.1 мкм (между электродами — 0.2 мкм, слои — 0.3 мкм)
- для пиксела 10 мкм это — $\sim 10\%$ вариации чувствительности
- динамический диапазон $\sim 10^5$, темновой ток ~ 10

Твердотельные матрицы: ПЗС (2)

- технология изготовления — MOS ~ 0.1 мкм (между электродами — 0.2 мкм, слои — 0.3 мкм)
- для пиксела 10 мкм это — $\sim 10\%$ вариации чувствительности
- динамический диапазон $\sim 10^5$, темновой ток ~ 10
- эффективность считывания — 0.99995 — дает остаточных электронов **5**

Твердотельные матрицы: КМОП

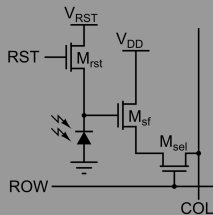


Рис. 5: КМОП с активными пикселями: ROW & COL — сигналы считывания по строке и столбцу, RST — сигнал сброса, V_{DD} — питание буфера (источкового повторителя M_{sf})

Панорамные фотоприемники en general



Рис. 6: Nicéphore Niépce (1765-1833) — Bibliothèque nationale de France

Приемник	R	DQE	DNR	Биография
Фотоэмульсия	$< 10^7$	0.01	~ 100	(1822)1840–2000
ТВ трубки	< 1000	0.01–0.20	< 100	(1911)1930–2000:
ПЗС (CCD)	$< 10^4$	0.3–0.99	$\sim 10^5$	1969–...
КМОП (CMOS)	$< 10^5$	0.2–0.7	$\sim 10^4$	1985–...

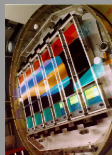


Рис. 7: By Sloan Digital Sky Survey (<http://www.sdss.org/>)

Сравнительные характеристики фотопластинок и приборов зарядовой связи

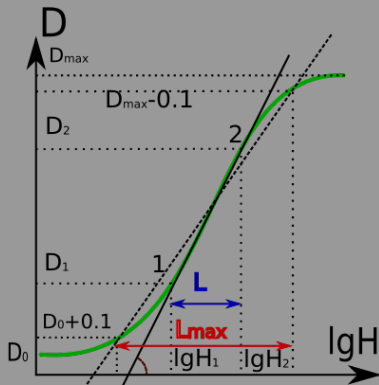


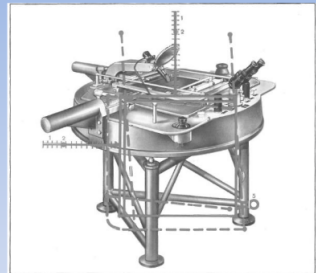
Рис. 8: Характеристическая кривая фотоэмульсии

Аналоговые и цифровые машины для измерения фотопластинок

- ASCORECORD
- PDS
- МАМА
- АРМ
- ФАНТАЗИЯ/ПАРСЕК
- обычные сканеры

ASCORECORD

Auswertung der Photoplatten am ASCORECORD (Zeiss Jena)



ASCORECORD: Koordinatenmessgerät „KOMESS 3030“ mit angekoppelter Peripherie zur Erhöhung des Bedienkomforts

PDS



Измеряемые пластинки устанавливаются на плоское стеклянное основание, положение которого выставляется с микронной точностью по обеим осям. Измеряются пластики размером до $9 \times 9''$. Диаметр пучка света подбором диафрагм и объективов микроскопа подгоняется к размеру элемента разрешения на пластинке.

APM (Cambridge)

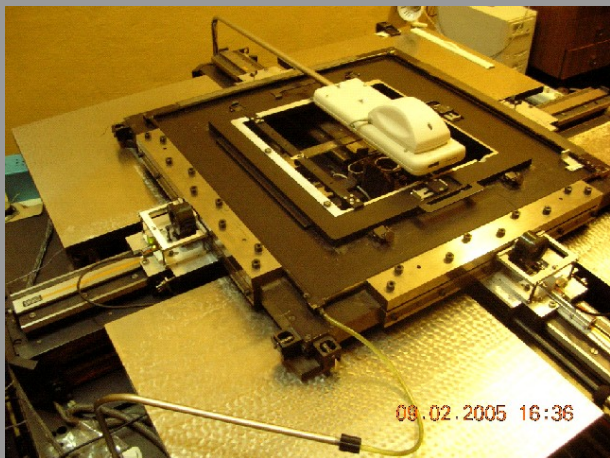


Внешнее сравнение с объектами ICRF дает следующие результаты для 126 объектов в обзоре UKST и 231 объектов POSS1, отождествленных с допуском в 2,5 угл. секунды:

Медианные смещения каталога UKST по α и δ равны $-0.06''$ и $0.06''$ с медианным разбросом 0.18 и $0.22''$

Медианные смещения каталога POSS1 по α и δ $-0.05''$ и $0.05''$ с медианным разбросом 0.27 и $0.31''$

ФАНТАЗИЯ



ФАНТАЗИЯ (2)

Система позиционирования			Система сканирования		
Характеристика	прежняя	настоящая	Характеристика	прежняя	Настоящая
	Лазерный интерферометр	Позиционный датчик "Renishaw"		ЭЛТ+ФЗУ	КМОП-камера + осветитель
Рабочее поле, мм	370x370	370x370	Поле зрения, мм ² , пикселов ²	4x4 4096x4096	6.5x4.9 2136x1602
Время позиционирования, с	4	2-5	Скорость считывания, Mdot s ⁻¹	0.020	10.0
Точность позиционирования, мкм	1	0.0-0.2	Апертура, мкм	2-3	—
Точность измерения положения, мкм	0.32	0.1	Размер пиксела, мкм ²	—	3.046x3.053
Скорость движения каретки, мм/с	330	80	Разрешение, мкм ²	1x1	3.046x3.053
Дрейф нуля-пункта за 6 часов работы, мкм	5-15	0.0-0.3	Дрейф нуля-пункта за 6 часов работы, мкм	2-3	0
			Динамический диапазон	2D	3D

Сравнение измерительных устройств

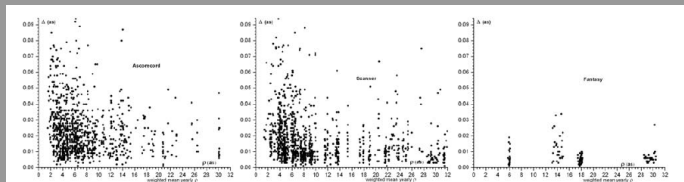


Fig.5 Errors of weighted mean yearly ρ

Table 1. Ascorecord - Scanner – Fantasy. The minimal, maximal and average errors for Fig.5

Ascorecord		Scanner		Fantasy	
min	max	min	max	min	max
$0.008'' < \Delta < 0.035''$		$0.004'' < \Delta < 0.022''$		$0.002'' < \Delta < 0.009''$	
average $\Delta = 0.022'' = 1.1 \mu\text{m}$		average $\Delta = 0.013'' = 0.65 \mu\text{m}$		average $\Delta = 0.006'' = 0.3 \mu\text{m}$	

Архив обработанных фотопластинок

APPLAUSE

Archives of **P**hotographic **P**lates for **A**stronomical **U**SE

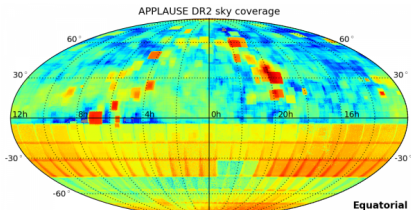
[Project](#) [Archives](#) [Documentation](#) [Query](#) [Contact](#) [Wiki](#)

[Login](#)

Data Release 2

Data Release 2 (DR2) was published on February 29, 2016. It contains data from the Bamberg, Hamburg, Potsdam, and Tartu plate collections. DR2 in numbers: 51517 scans, 42789 plates, 2.59 billion extracted sources, 58115 digital images of plate covers and logbook pages, 149 logbooks. The total size of the published files is 30 TB.

The following images illustrate that 99.92% of the sky is covered by plates in DR2. The most observed region is located in the constellation Cygnus, with a total number of 1093 plates. Areas with no data are shown in grey.



Search

Documentation

- [Overview of database structure](#)
- [Sample use cases](#)
 - [Calibrated light curve and phase diagram](#)
 - [Plates by observer name](#)
 - [Air temperature vs time](#)
- [Scripted Access](#)
- [Data Release 2](#)
 - [Contents of APPLAUSE DR2](#)
 - [Tables in APPLAUSE_DR2](#)
- [Data Release 1](#)
 - [Contents of APPLAUSE DR1](#)
 - [Tables in APPLAUSE_DR1](#)

Archives

[Archives of astronomical photographic plates](#)

<https://www.plate-archive.org/applause/>

October 24th, 2018 APPLAUSE Data Release 3 published. The source catalogue contains 3.508 billion extracted sources.

Литература по спецкурсу

дополнительная 2

- Докучаева О.Д. Астрономическая фотография. Материалы и методы. М.: Физматлит, 1994. 480 с.
- Докучаева О.Д. Фотографические методы в астрономии. М.: Знание, 1987. - 64 с. - (Космонавтика, астрономия).
- Носов Ю. Р. , Шилин В. А. Основы физики приборов с зарядовой связью, М.: Наука, 1986. 320 с.
- Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии, М. Наука, 1980, 272с

Задания к семинару

- 1 Шумы при фотографических наблюдениях и наблюдениях с ПЗС
- 2 Систематические ошибки измерительных машин (геометрические и температурные)
- 3 Каков разброс чувствительности отдельных пикселей ПЗС. Оценить теоретически.
- 4 Влияние эффекта Костинского на фотопластинке с несколькими последовательными экспозициями (на примере пластинок Астрографического каталога и повторной обработки зоны Bordeaux). Насколько примерно можно улучшить точность при учете этого систематического эффекта?

Спасибо за внимание