

Pomiary jasności tła nocnego nieba z wykorzystaniem aparatu cyfrowego.

Tomek Mrozek

1. Instytut Astronomiczny UWr
2. Zakład Fizyki Słońca CBK PAN

Jasność nieba



Jasność nieba



Jelcz-Laskowice 20 km od centrum Wrocławia

Pomiary jasności tła. Łatwe i trudne.



teren Instytutu
Astronomicznego
UWr, 4 km od
centrum Wrocławia



Jelcz-Laskowice,
20 km od
centrum
Wrocławia



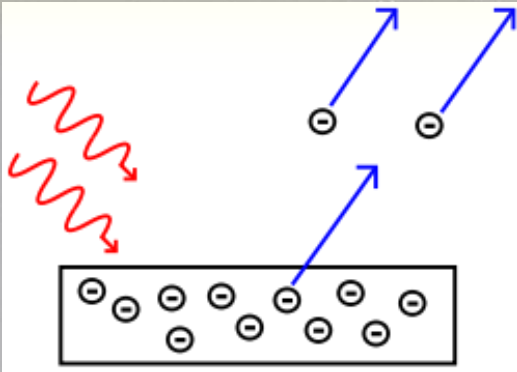
obserwatorium w
Białkowie, około 60
km od centrum
Wrocławia

Potrzebny sprzęt

1. Aparat pozwalający rejestrować obrazy surowe, tzw. RAW.
2. Ręczna regulacja czasu ekspozycji oraz ustawiania ostrości.
3. Statyw.
4. Wężyk spustowy (można się obejść bez).
5. Komputer z odpowiednim oprogramowaniem.

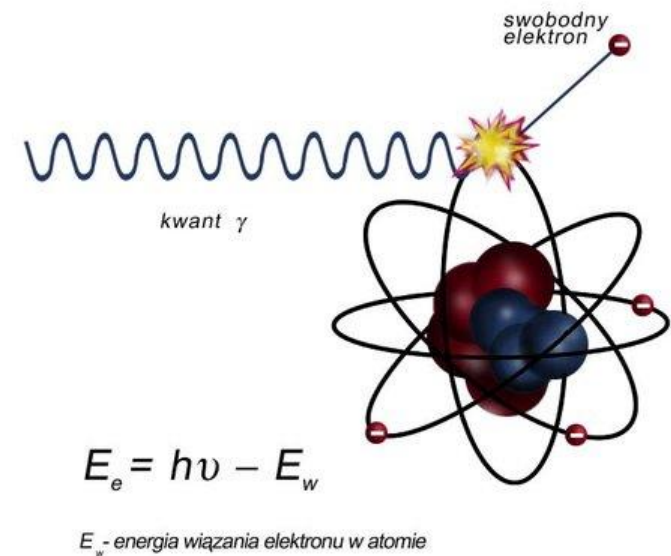
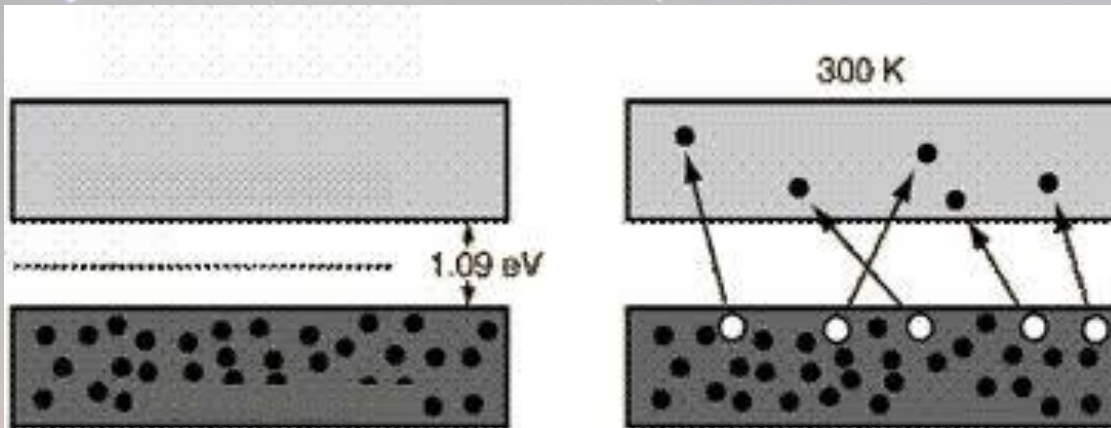


Efekt fotoelektryczny

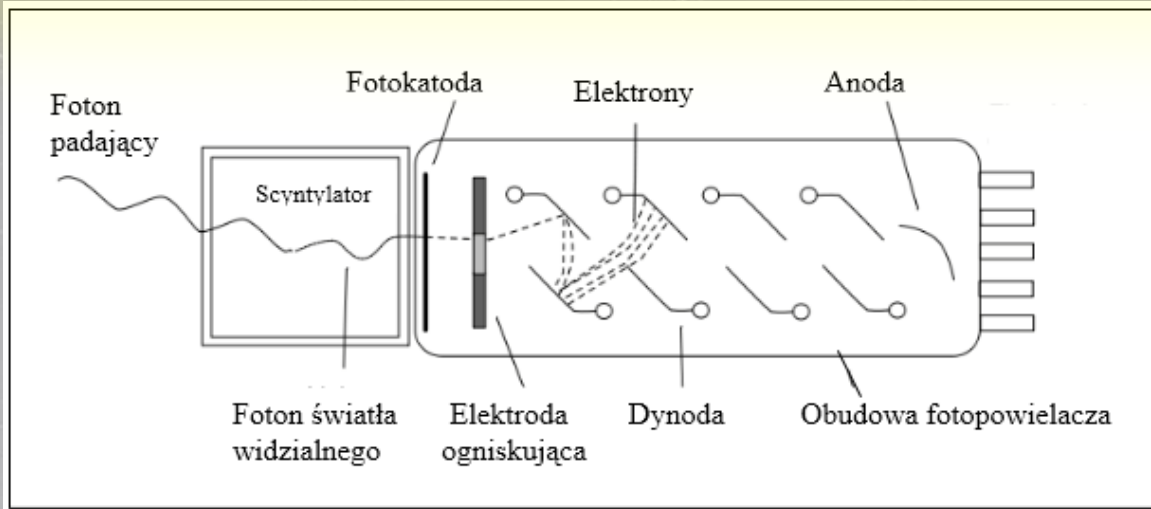


Efekt fotoelektryczny- efekty elektryczne występujące w ciałach pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego:

- zewnętrzny - emisja elektronów z powierzchni przedmiotu
- wewnętrzny - przenoszenie nośników ładunku pomiędzy pasmami energetycznymi



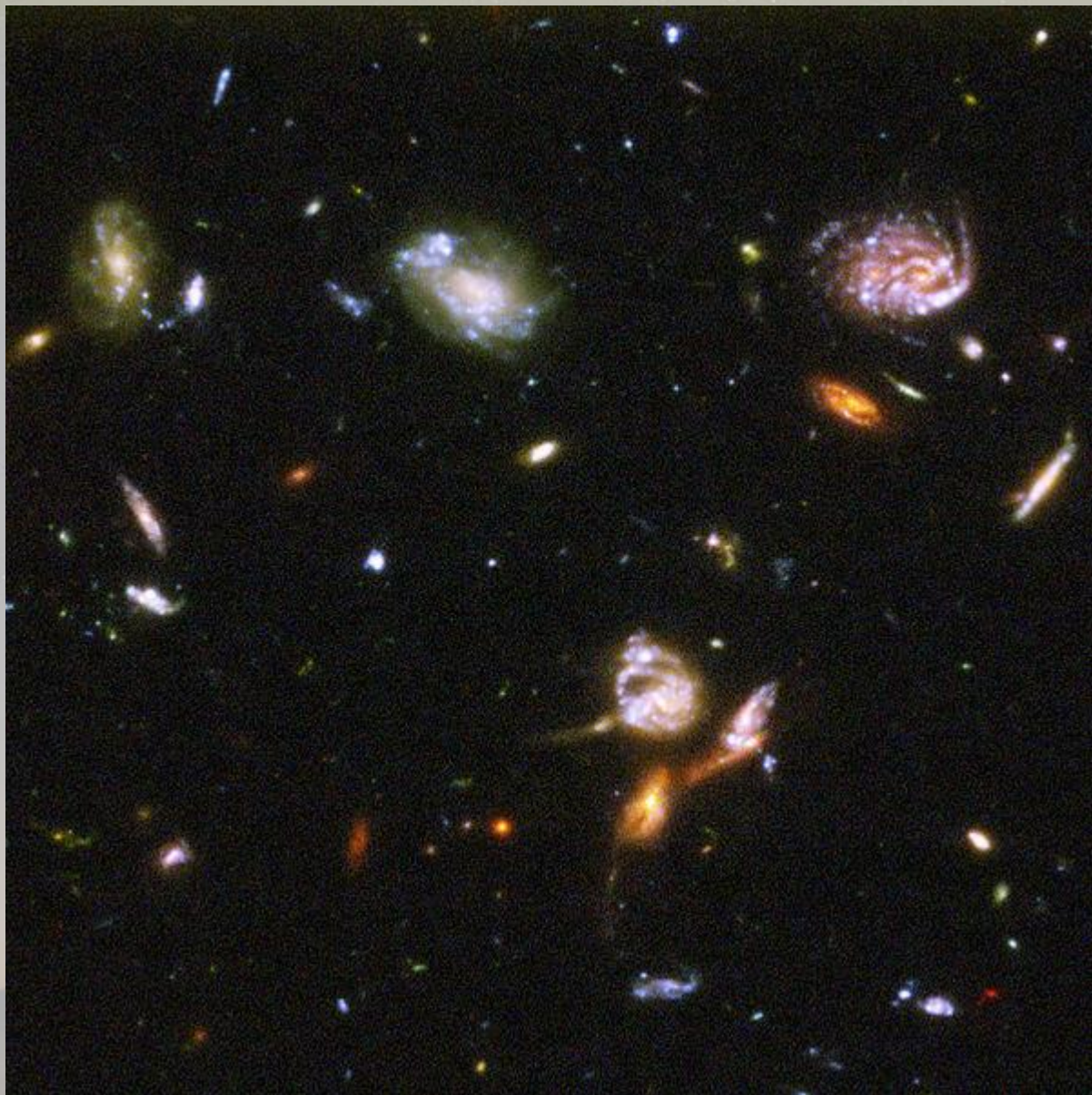
Fotopowielacz



Przydatny przy obserwacjach pojedynczych gwiazd – nie nadaje się do robienia obrazów.



Charge Coupled Device (CCD)



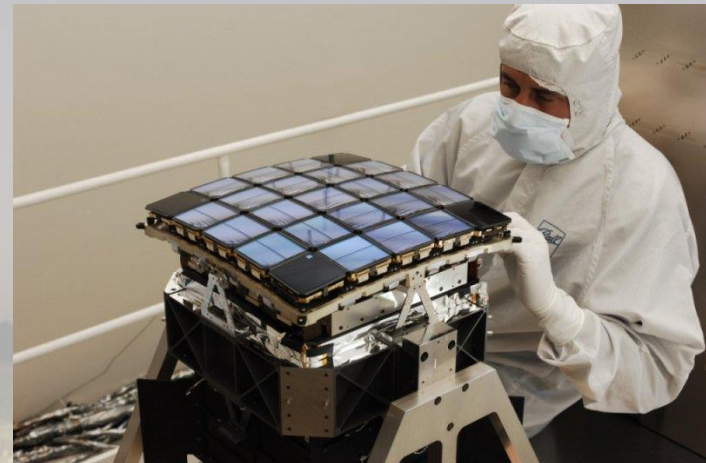
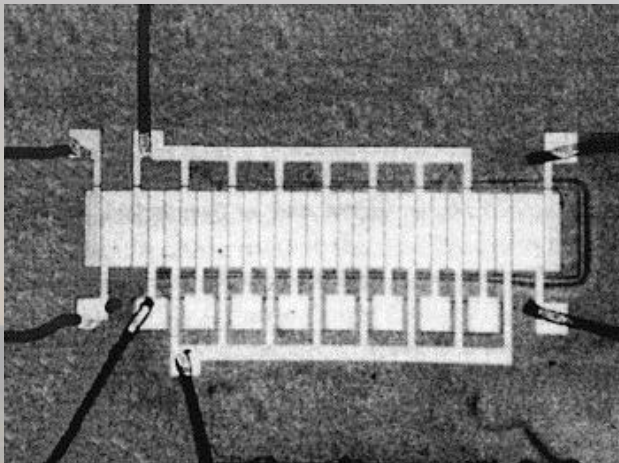
Największa rewolucja w astronomii od czasów zastosowania fotografii.

Zapis cyfrowy pozwala na składanie (dodawanie) klatek, co pozwala osiągać efektywne ekspozycje trwające nawet kilka miesięcy!

CCD



George E. Smith i Willard S. Boyle – nagroda Nobla w 2009 r.



CCD – działanie

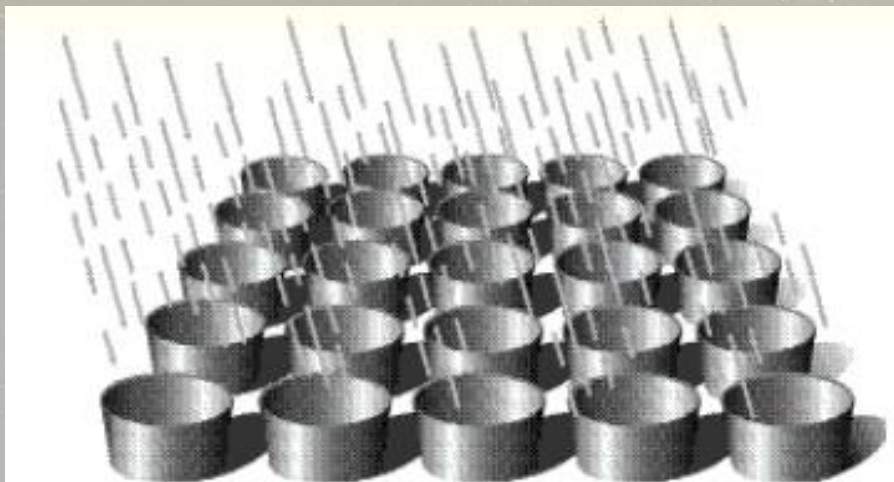
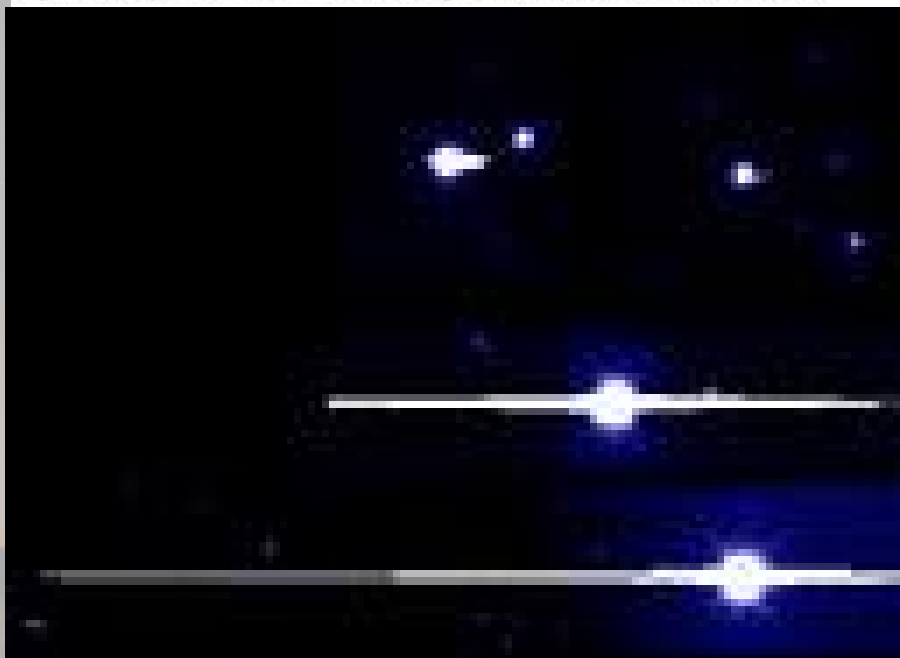


Fig. 3. The pixels of a CCD collect light and convert it into electrons.

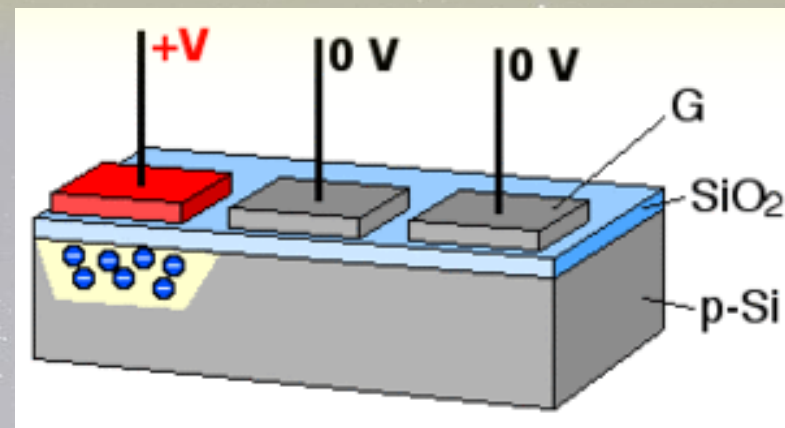
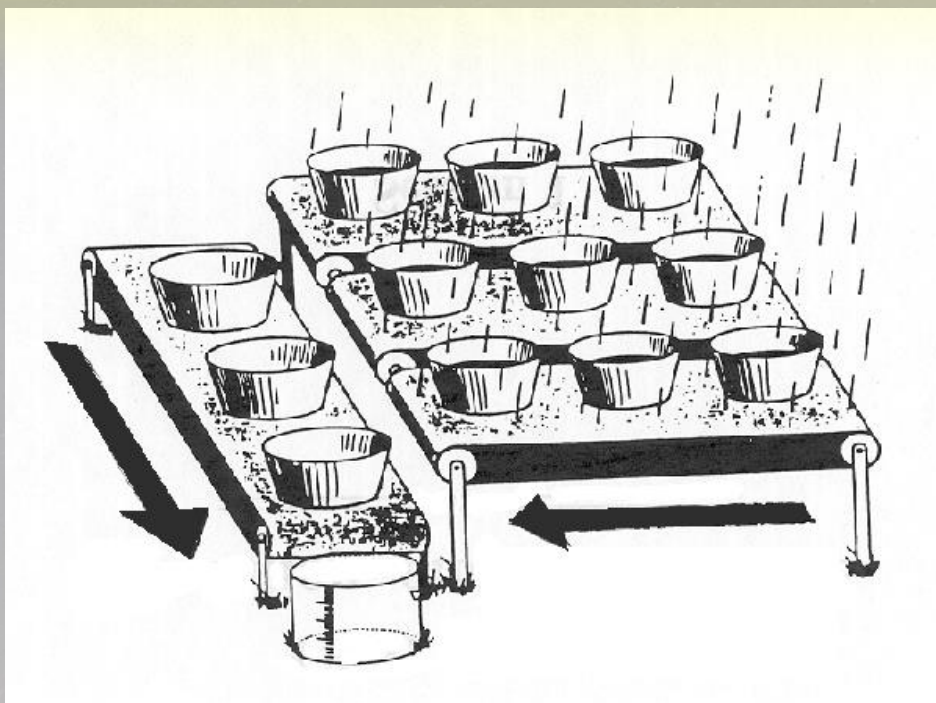


CCD można wyobrazić sobie jako macierz zbiorników na elektrony.

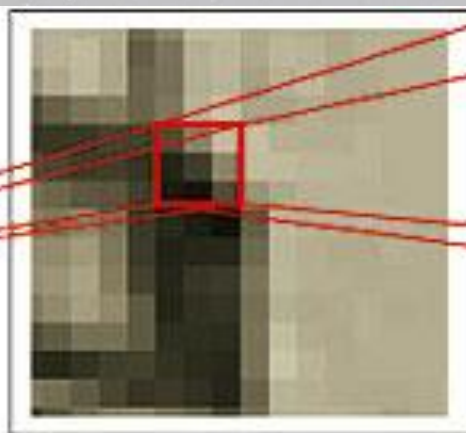
W takim zbiorniku mogą się pojawiać dodatkowe elektrony, które nie są produkowane przez padające promieniowanie.

Poza tym zbiorniki mogą być dziurawe, źle posprzątane, z zatkanym odpływem, mogą się przepełniać itd.

CCD – działanie



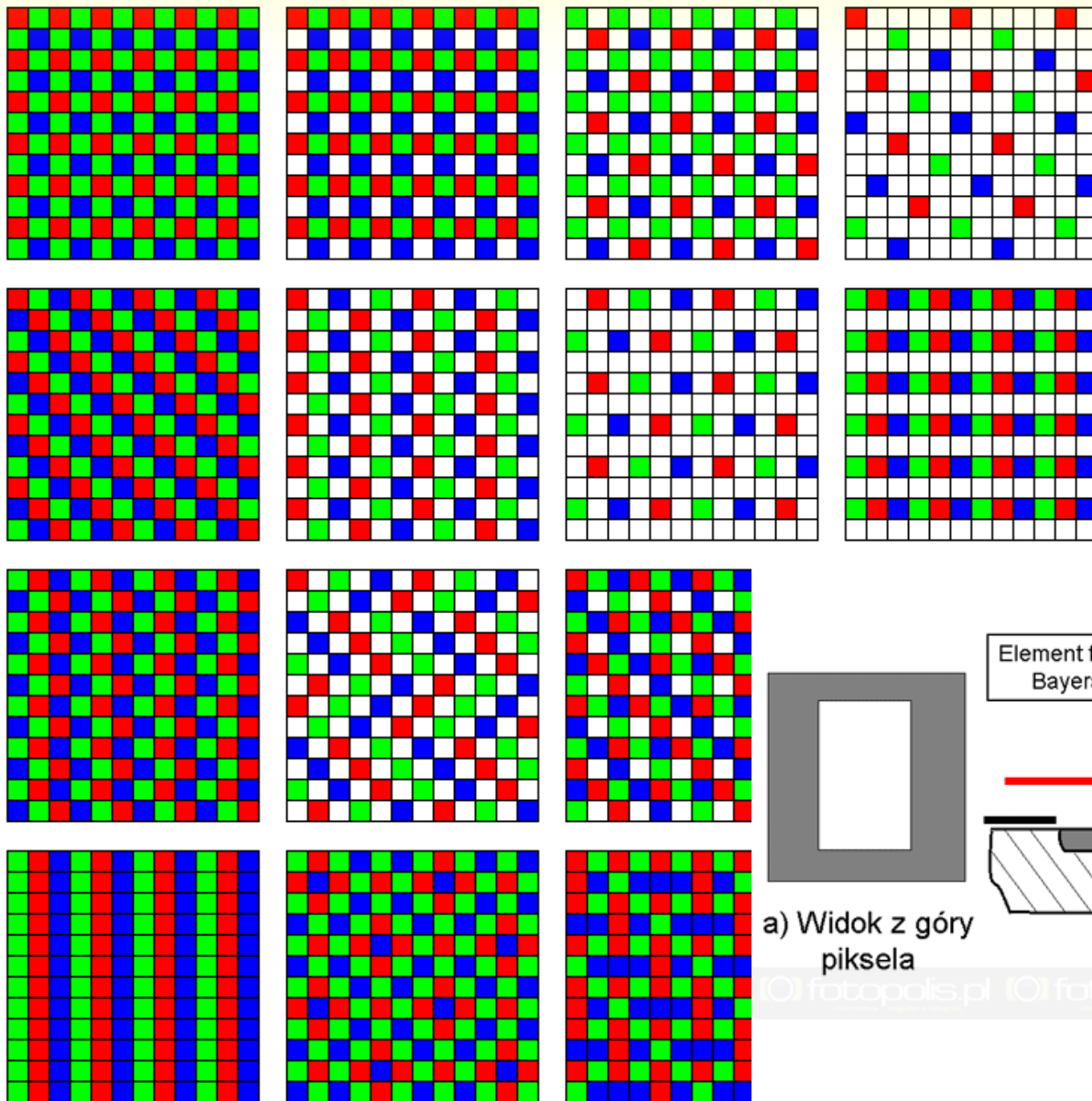
Przesyłanie ładunku



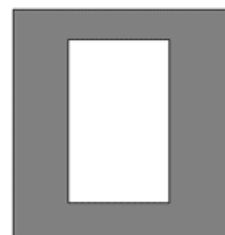
25	60	98
18	30	60
16	8	30

Zmierzone wartości sygnału zapisywane są do macierzy, która odczytana w komputerze może być wyświetlona jako zdjęcie.

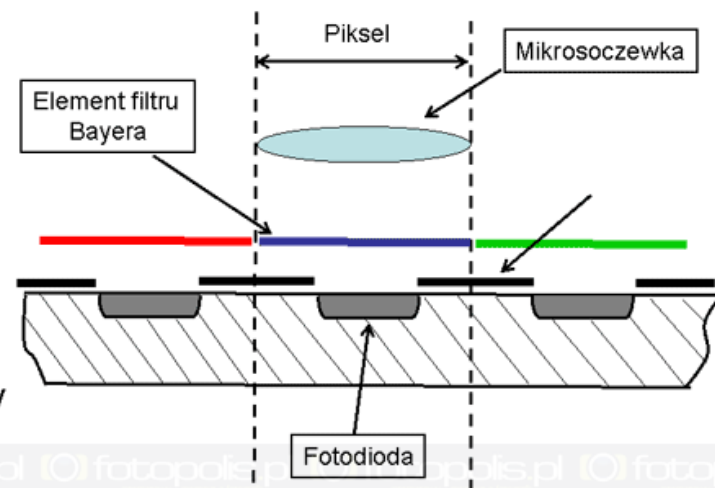
CCD – piksel (element obrazu)



Kolorowy obraz jest zapisywany dzięki pokryciu detektora wielokolorową maską (np. filtr mozaikowy Bayera)



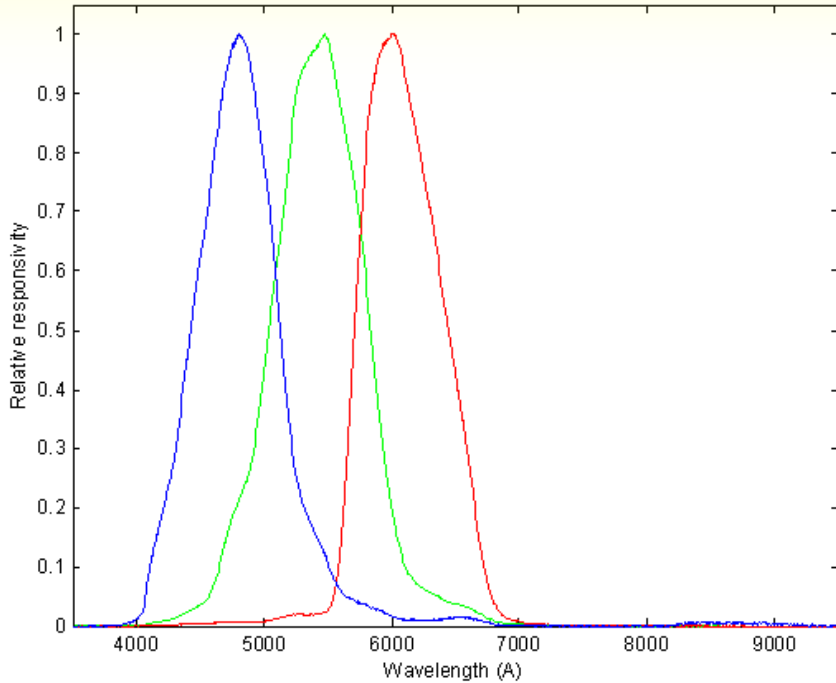
a) Widok z góry piksela



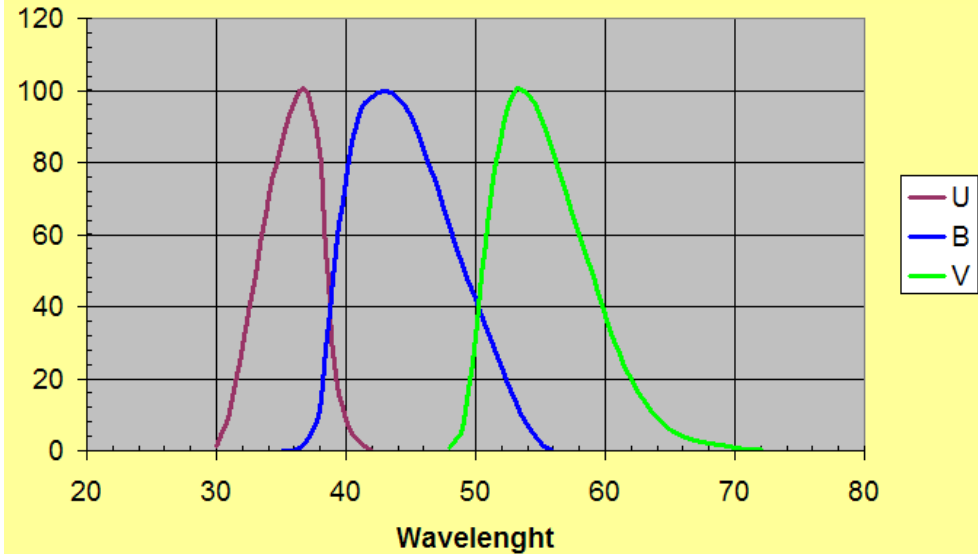
b) Przekrój poprzeczny matrycy. Rysunek uproszczony

Krzywe czułości filtrów RGB

CANON 350D with the internal IR cutoff filter (red, green and blue pixels) - 5000 K lamp

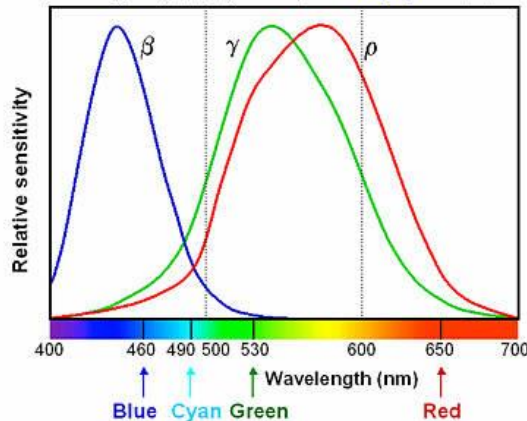


Normalized Transmission function of the UBV filters



Human spectral sensitivity to color

Three cone types (ρ , γ , β) correspond *roughly* to R, G, B.

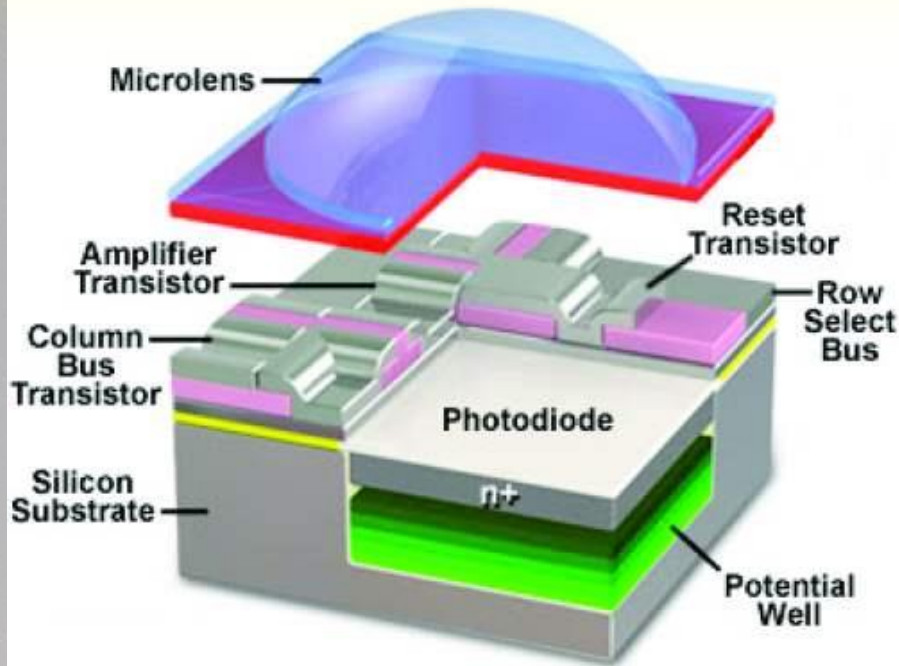


Aparat ma dawać obraz zbliżony do tego, który widzi oko.

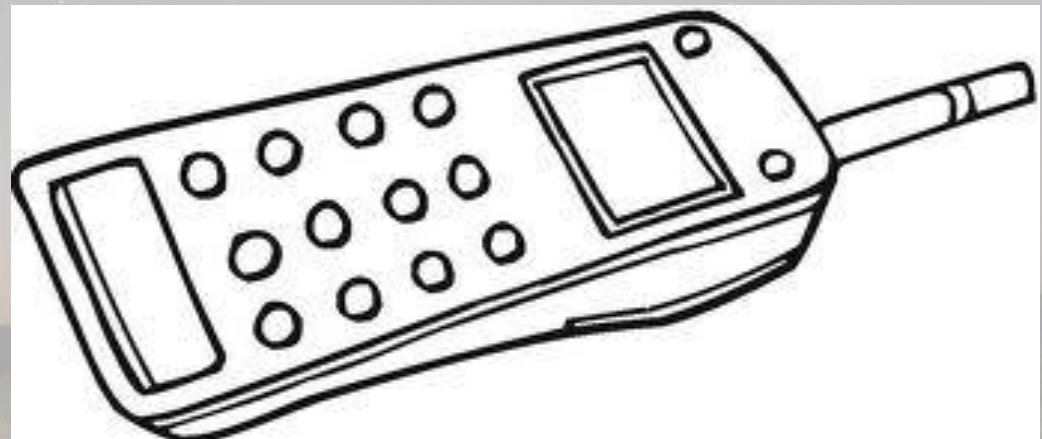
Charakterystyki filtrów są zmienne od modelu do modelu, ale średnio rzecz biorąc filtr G jest zbliżony do filtru V systemu Johnsona

Active Pixel Sensor (APS)

Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode



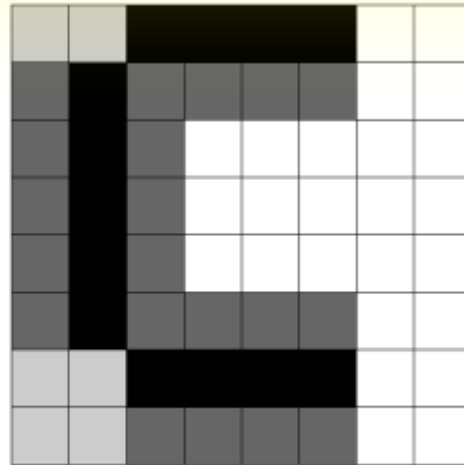
- mniejsza powierzchnia aktywna (większy wpływ szumu elektroniki)
- czytanie każdego piksela (szybszy, live view, niepotrzebna migawka)
- bardziej odporny na uszkodzenia
- praktycznie wyparty CCD w większości zastosowań



Zdjęcie cyfrowe

100	100	0	0	0	0	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
100	100	0	0	0	0	255	255
100	100	50	50	50	50	255	255

(a)



(b)

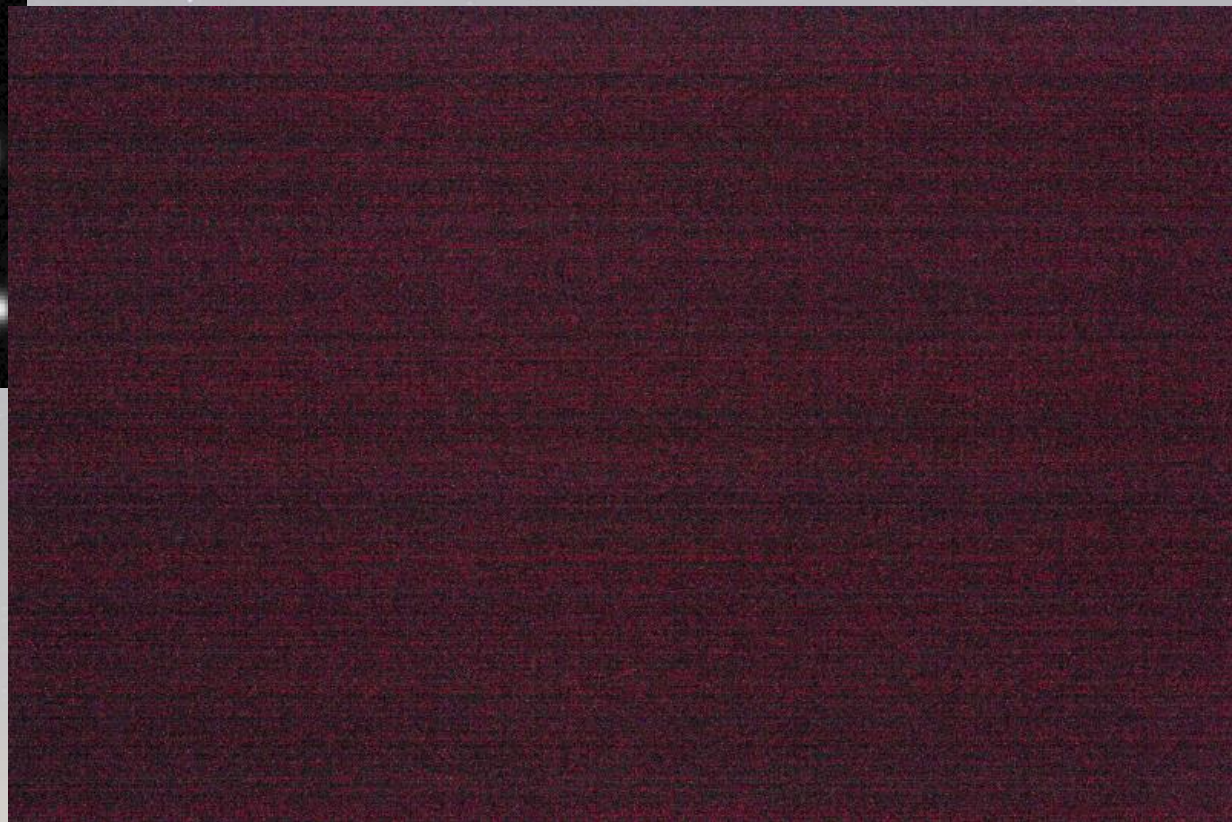
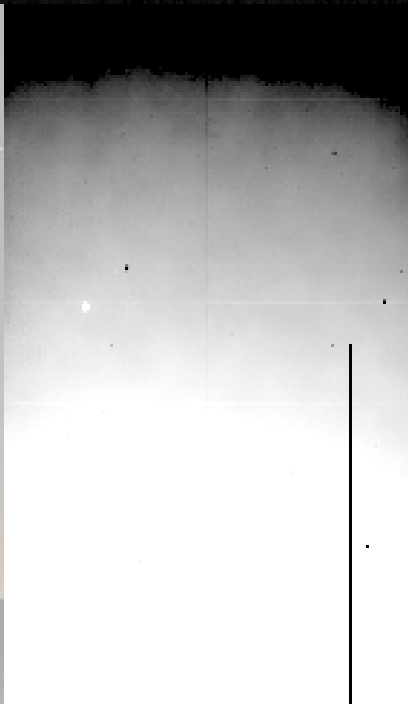
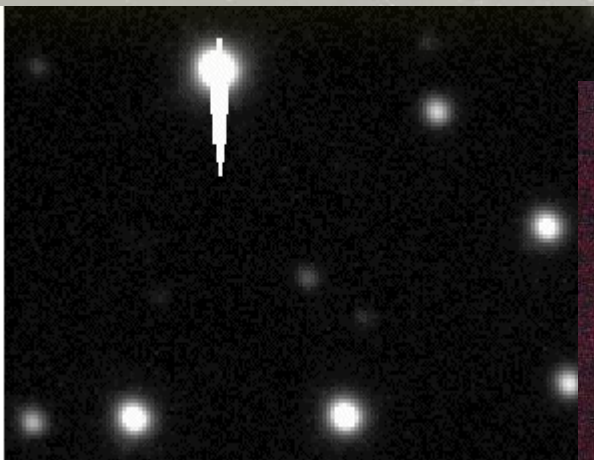
zdjęcie cyfrowe jest po prostu zestawem liczb (współrzędne w macierzy, wartość sygnału, informacja o kolorze piksela)

liczby możemy dodawać, odejmować, mnożyć, dzielić, podnosić do potęgi itd.

z tego względu fotografie cyfrowe można poprawiać (ale nie w photoshopie) poprzez usuwanie efektów związanych z działaniem elektroniki, wad optycznych układu optycznego, poprawianie wartości sygnału do szumu itd..



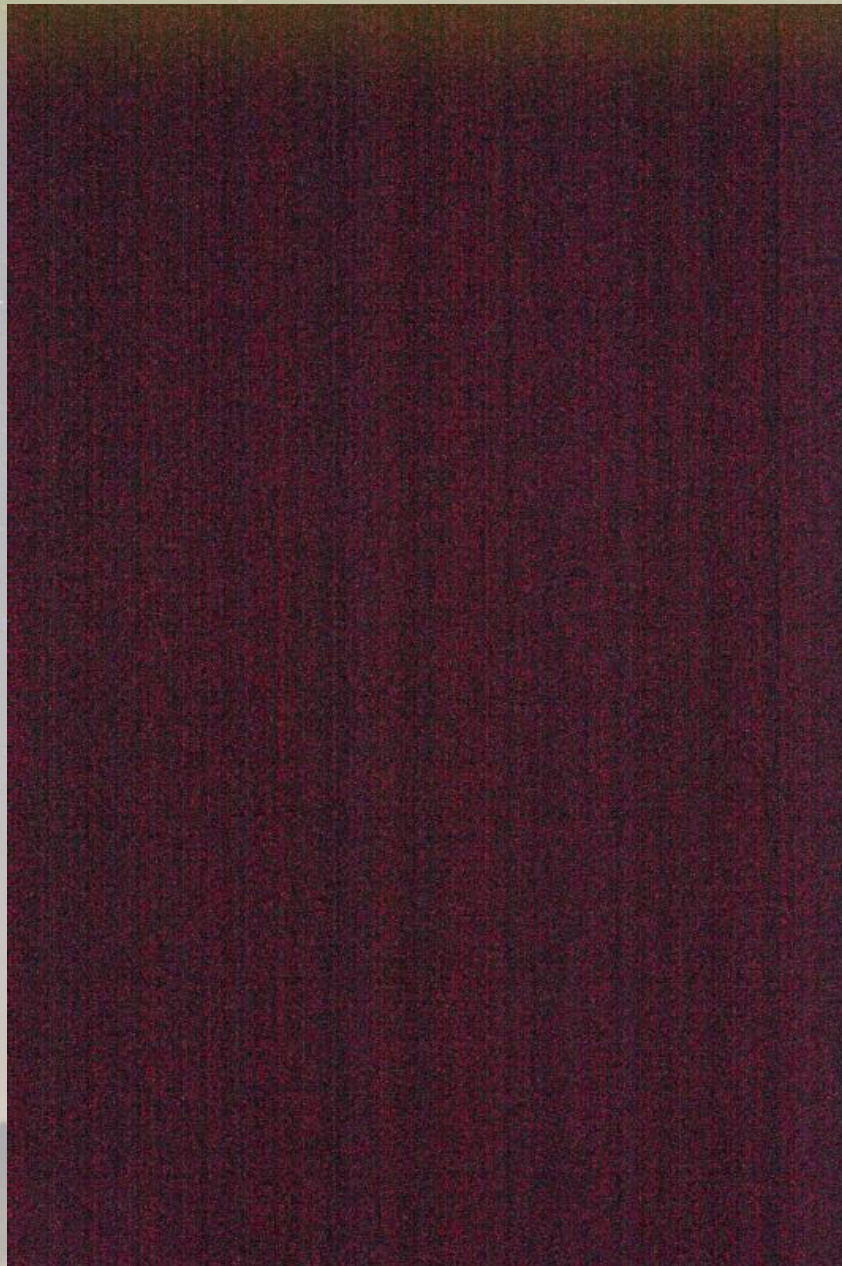
Efekty instrumentalne



Gorqce i zimne piksele



BIAS, offset



obiektyw zamknięty

wykonany w dowolnym
momencie

czas ekspozycji maksymalnie
krótki

jest odejmowany od oryginalnego
zdjęcia

w amatorskiej astrofotografii
jest praktycznie niezauważalny

DARK



wykonanie obrazu typu Darkframe:

obiektyw zamknięty

wykonany bezpośrednio po lub przed danym zdjęciem

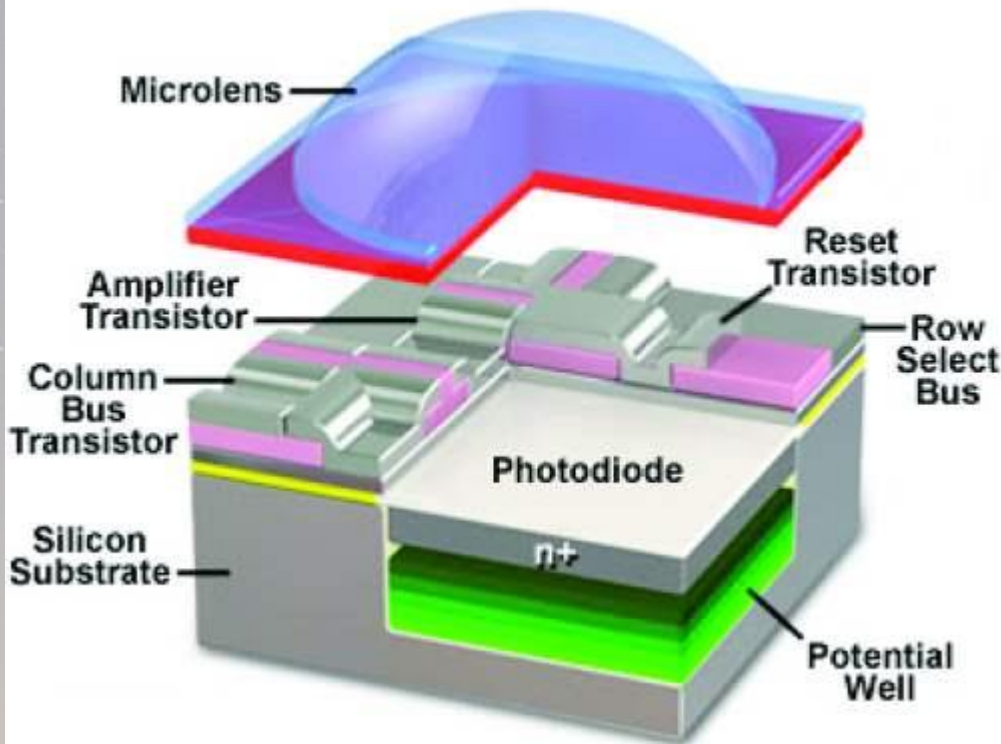
czas ekspozycji równy czasowi z jakim było otrzymane właściwe zdjęcie (niekoniecznie)

jest odejmowany od oryginalnego zdjęcia

Wynik: usunięcie/minimalizowanie szumu, usunięcie gorących i zimnych pikseli

Szum

Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode



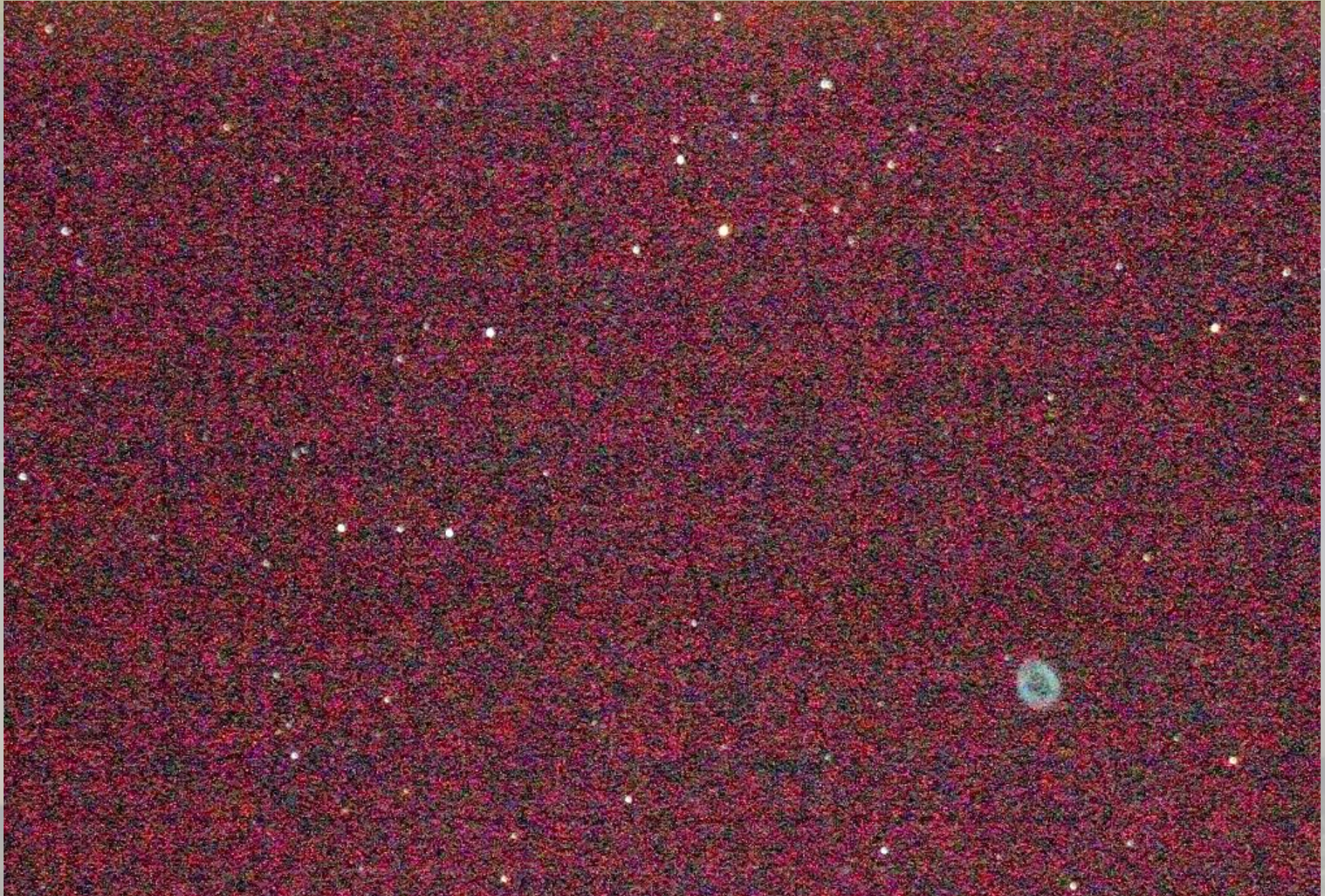
Mierzony sygnał (prąd) jest bardzo mały i wymaga wzmocnienia.

W każdym układzie elektronicznym jest pewna część elektronów, które nie są wybite przez fotony.

One też są wzmacniane.

Ich liczba w każdym pikselu jest przypadkowa. Widać to przy tzw. dużych wartościach ISO (dużych wartościach wzmocnienia).

Szum



Szum



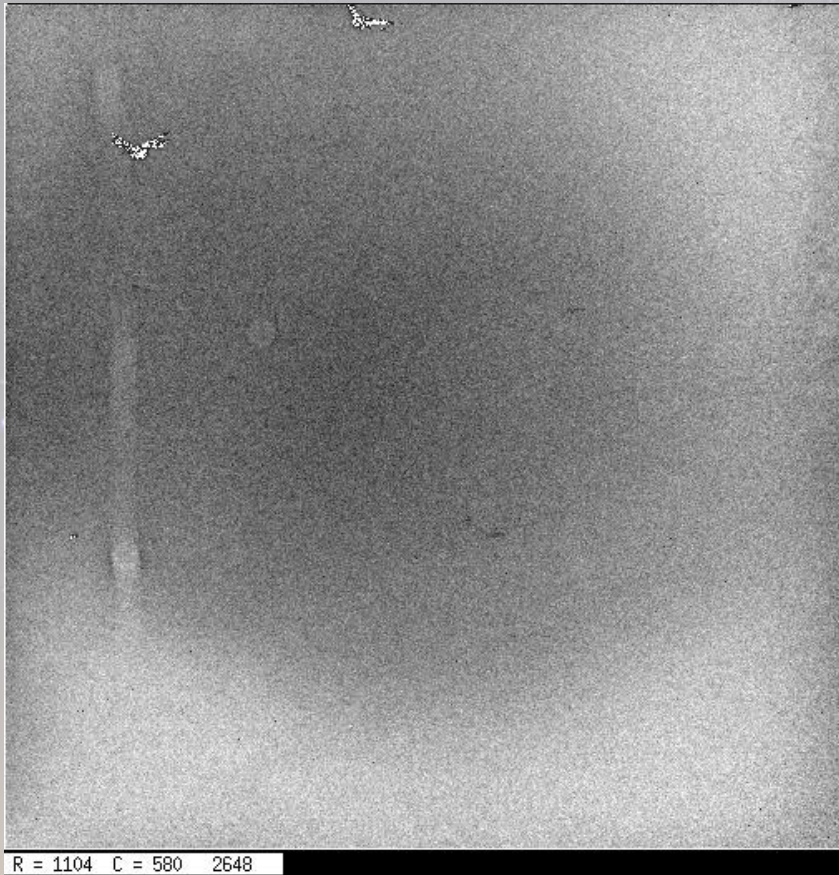
Składanie klitek, a pomiar jasności tła



Winietowanie



Flatfield



wykonanie obrazu typu flatfield:

obiektyw otwarty i skierowany na jednorodnie oświetloną powierzchnię

wykonany w dowolnym momencie (ale nie pół roku później)

czas ekspozycji dobrany tak aby klatka była dobrze naświetlona ale nie prześwietlona

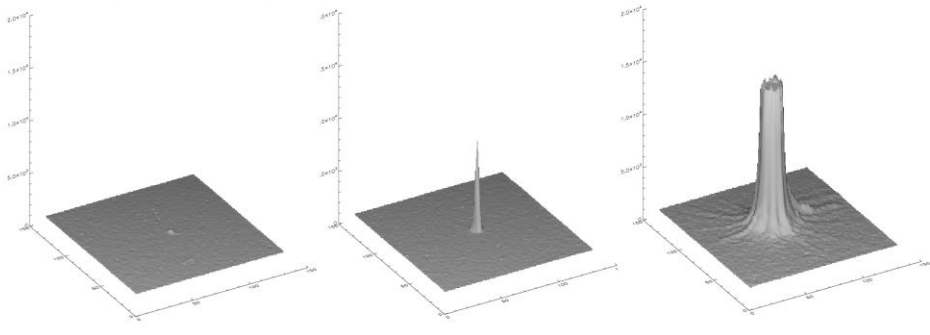
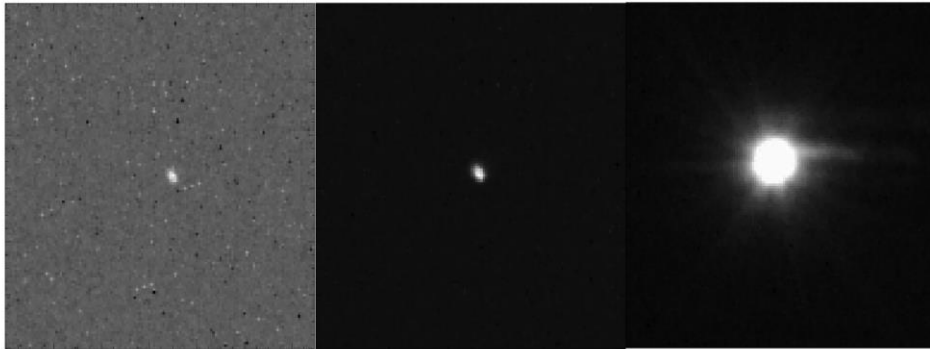
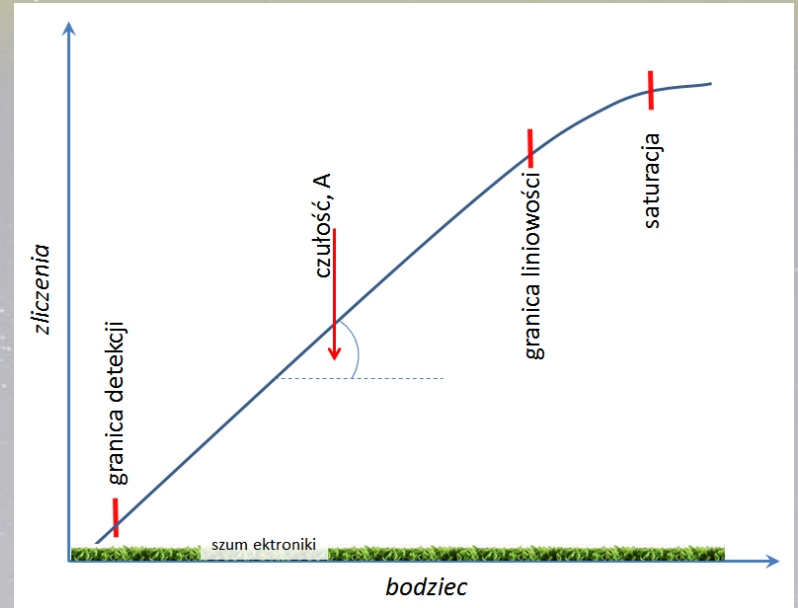
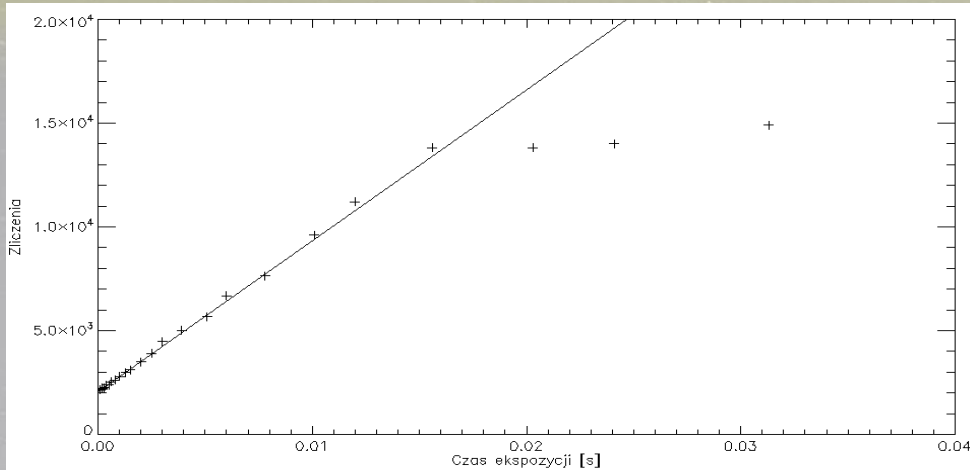
oryginalne zdjęcie jest dzielone przez obraz typu flatfield

w przypadku obiektywów o bardzo szerokim polu widzenia wykonanie obrazu typu flatfield jest trudne

Obraz po redukcji



Obraz przesaturowany i niedoświetlony



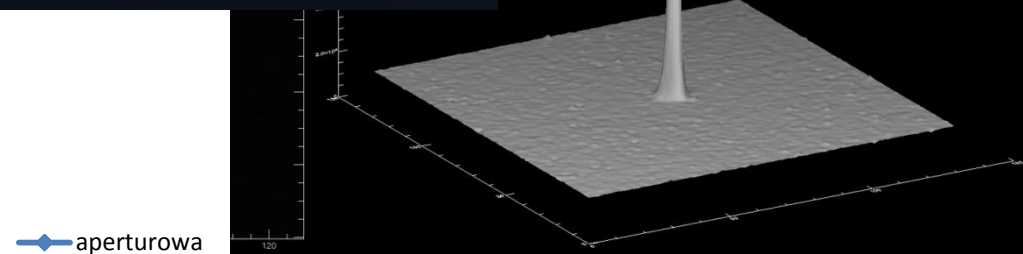
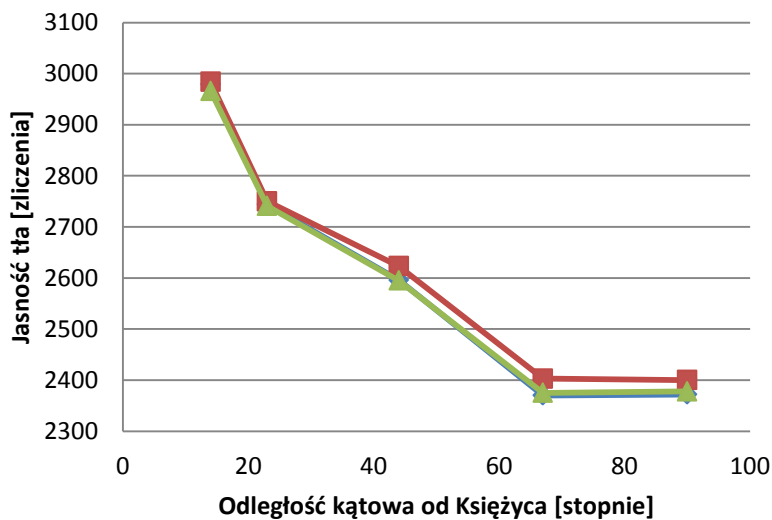
Obszary przesaturowane i niedoświetlone nie dają odpowiedniej informacji o ilości padającego światła.

Należy określić zakres odpowiedzi liniowej aparatu (wystarczy zrobić to raz).

IRIS i proste ćwiczenie na początek (15.11.2013 r., Orle)



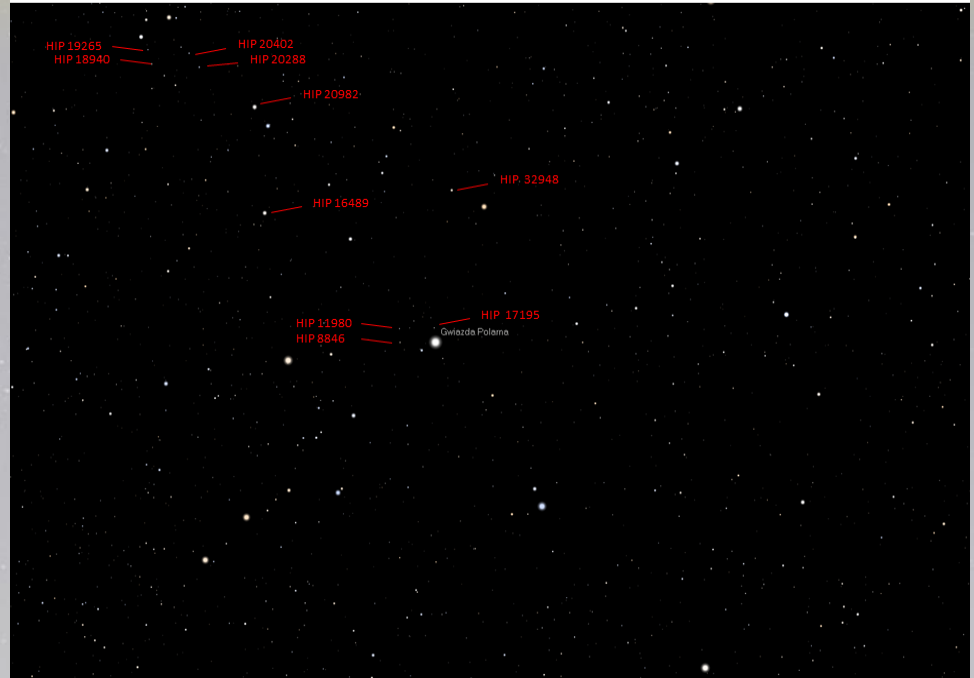
1. Plejady - 14°
2. Aldebaran - 23°
3. Betelgeza - 44°
4. Pollux - 67°
5. Dubhe - 90°



Pierwszy pomiar (30.12.2013 r., Białków)



Standaryzacja



Potrzebnych będzie przynajmniej kilkanaście nieprzesaturowanych gwiazd o jasnościach różniących się o około 2.5 – 3 mag.

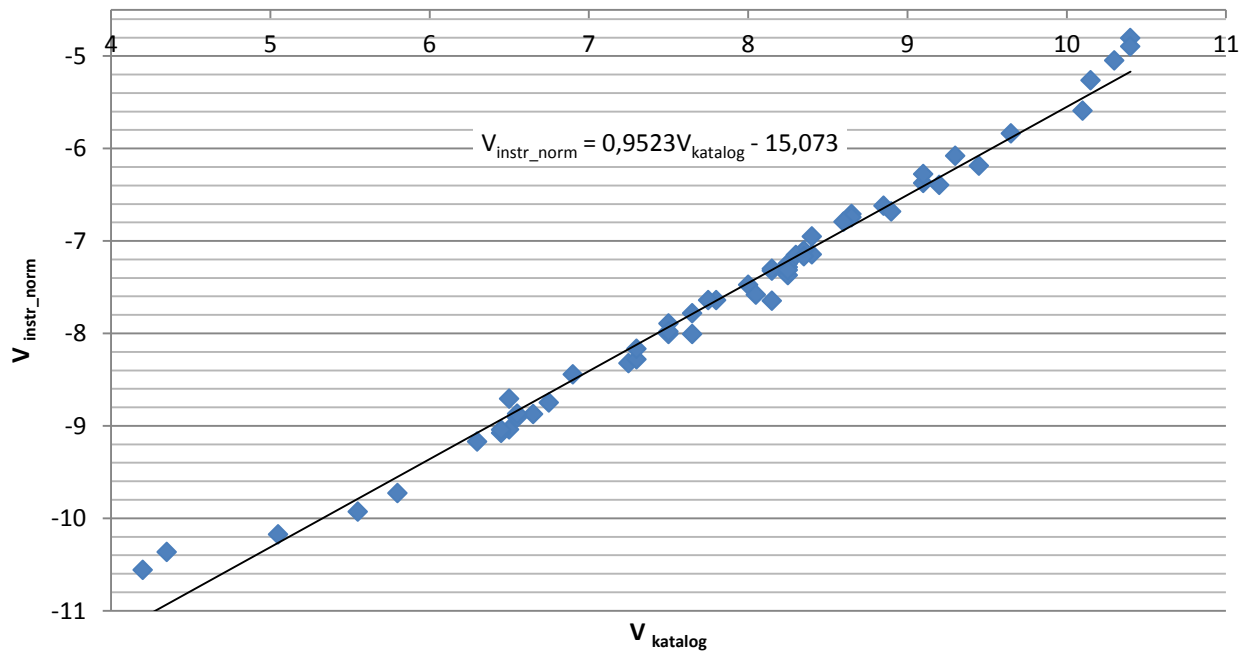
Standaryzacja

Jasność instrumentalna
(normowana czasem ekspozycji)

$$V_{inst_norm} = -2,5 \times \log\left(\frac{C}{t_{exp}}\right)$$

Sporym kłopotem jest wyznaczenie nachylenia (współczynnik kierunkowy) dopasowywanej krzywej. Z dobrym przybliżeniem można założyć, że jest równy 1 i standaryzację ograniczyć do wyznaczenia stałej (średnia różnica jasności).

Janości instrumentalne / s



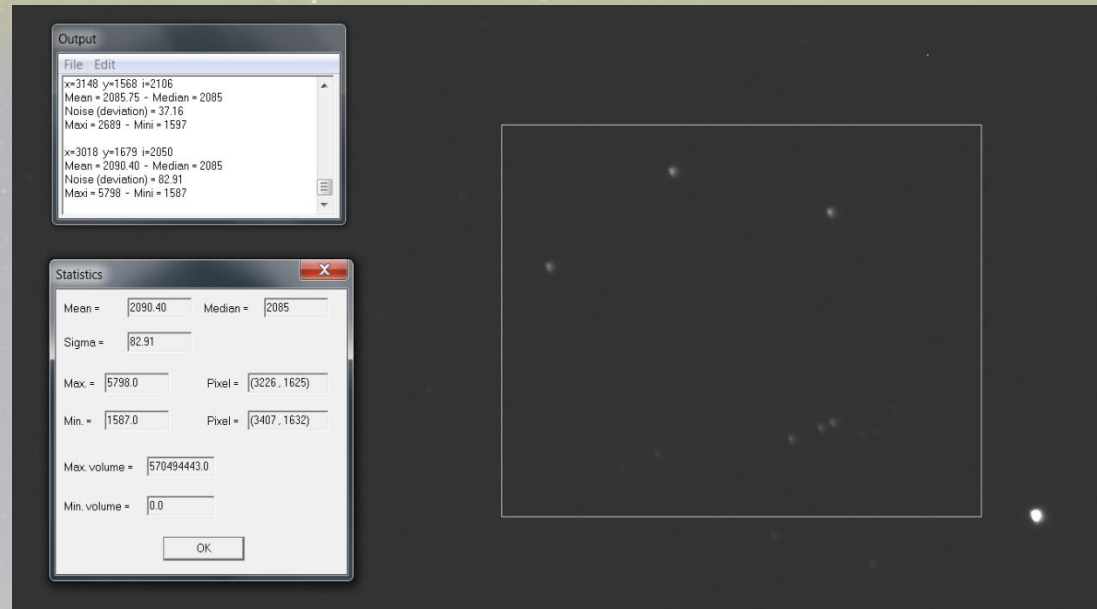
Wyznaczenie jasności tła.

Jasność tła (instrumentalna) normowana na jednostkę czasu (sekunda) i jednostkę powierzchni (").

$$V_{itlo_nst_norm} = -2,5 \times \log \left(\frac{C}{t_{exp} * S} \right)$$

Ostatecznie jasność tła:

$$V_{tlo} = \frac{V_{tlo_instr_norm} + 15,073}{0,9523}$$



Astrometry.net

Home Explore Upload API Support

Images > bialkow_polarna_full_res01.JPG

Submitted by anonymous (1) on 2014-02-13T16:15:55Z as "bialkow_polarna_full_res01.JPG" (Submission 181072) under Attribution 3.0 Unported

Job Status

Job 227598: Success

Calibration

Center (RA, Dec): (208.826, 89.612)
 Center (RA, hms): 13^h 55^m 18.315^s
 Center (Dec, dms): +89° 36' 44.874"
 Size: 20.6 x 13.7 deg
 Radius: 12.376 deg
 Pixel scale: 14.3 arcsec/pixel
 Orientation: Up is 173 degrees E of N
 WCS file: wcs.fits
 New FITS image: new-image.fits
 Reference stars nearby (RA,Dec table): rdis.fits
 Stars detected in your images (x,y table): axy.fits
 KMZ (Google Sky): image.kmz

Nearby Images (View All)

Podsumowanie

Jasność zmierzona w Białkowie to $21,22 \text{ mag/arcsec}^2$ jest bliska pomiarom wykonanym innymi metodami.

Jesienią wykonane zostaną obserwacje różnymi metodami, w tych samych warunkach i przeanalizowane zostaną błędy poszczególnych metod i użytego sprzętu. Warto byłoby skoordynować te działania z z pomiarami w innych miejscach.

Istotne jest maksymalne uproszczenie metody, bez utraty jakości wyniku końcowego. W tym celu należy zbudować bazę danych instrumentalnych (krzywe kalibracyjne dla różnych modeli aparatów)

Wykorzystanie szeroko dostępne sprzętu daje możliwość na uzyskanie masowych pomiarów tła nieba, które mogą zostać użyte do tworzenia map zanieczyszczenia światłem na terenie Polski.