


# FOTONÁSOCIČ

- 1887 Heinrich Hertz objev *fotoefektu*
- emitované fotony po dopadu na fotokatodu
- dle klasické fyziky elektronům předána kinetická energie dopadajícího záření → čím větší intenzita tím více emitovaných elektronů
- není pravda! → energie elektronů závisí na 

# FOTONÁSOCIČ

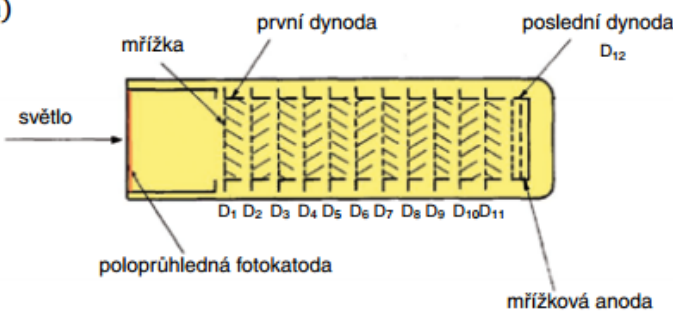
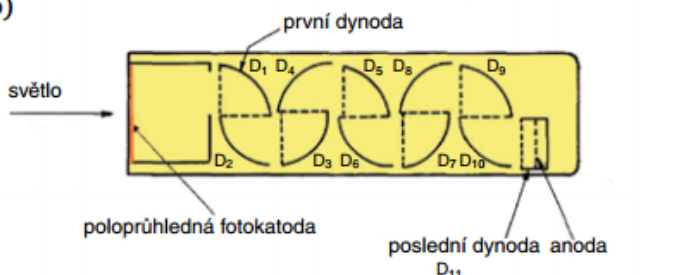
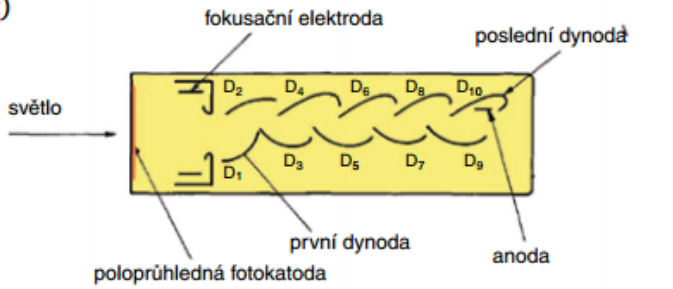
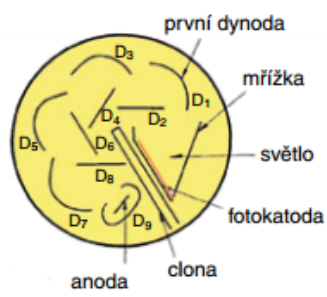
- prahová frekvence  $\nu_0$  vlastní pro každou látku
- pokud je dopadající frekvence  $\nu$  tak energie elektronů je

$$E_{\max} = h(\nu - \nu_0)$$

- vysvětlení 1905 Albert Einstein
- předávání energie po kvantech
- kvantum světla = foton

# FOTONÁSOCIČ

- při nízkých frekvencích dopadajícího záření nedochází k vyražení elektronů
- využití fotojevu – solární články, fotodiody či fototranzistor
- v astronomii se využívá ve *fotonásobičích*

Popis soustavy	Obrázek
<p>Žaluziový systém pozůstává z dynod tvořených souborem malých destiček uspořádaných v úhlu 45° vzhledem k ose elektronky. Sklon těchto destiček je v následujícím stupni opačný. Před každou dynodou je jemná mřížka, jejímž účelem je zachycování nízkenergetických sekundárních elektronů.</p>	<p>a)</p> 
<p>Komůrkový systém s mřížkami používaný u fotonásobičů s menším průměrem baňky. Při větších anodových proudech u něho nastávají problémy s prostorovým nábojem.</p>	<p>b)</p> 
<p>Lineárně fokusovaný systém, navržený k účelné fokusaci elektronových drah, která zajišťuje rychlou odezvu a malý rozptyl doby průletu elektronů mezi stupni. Pro optimalizaci dopadu fotoelektronů na první dynodu je v systému speciální fokusační elektroda i tvar první dynody.</p>	<p>c)</p> 
<p>Kruhově fokusací systém, který umožňuje konstrukci kompaktních malých fotonásobičů, u nichž není fotokatoda na čelní desce elektronky, ale na kovové (např. niklové) destičce.</p> <p><i>jednotlivé dynody jsou v obrázcích označeny D1 D2...D12</i></p>	<p>d)</p> 

# FOTONÁSOBIČ

- dynody jsou umístěny ve vakuované baňce
- mezi fotokatodou a anodou napětí tisíce voltů
- urychlování elektronů → sekundární emise →  
lavinové zesílení proudu o koeficient  $\approx 5$ )
- dynody ze slitin AgMg, CuBe, NiAl po  
nanesení vrstvy MgO, BeO nebo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

# FOTONÁSOBIČ

- celkové zesílení – počet dynod

$$M = \mu^n$$

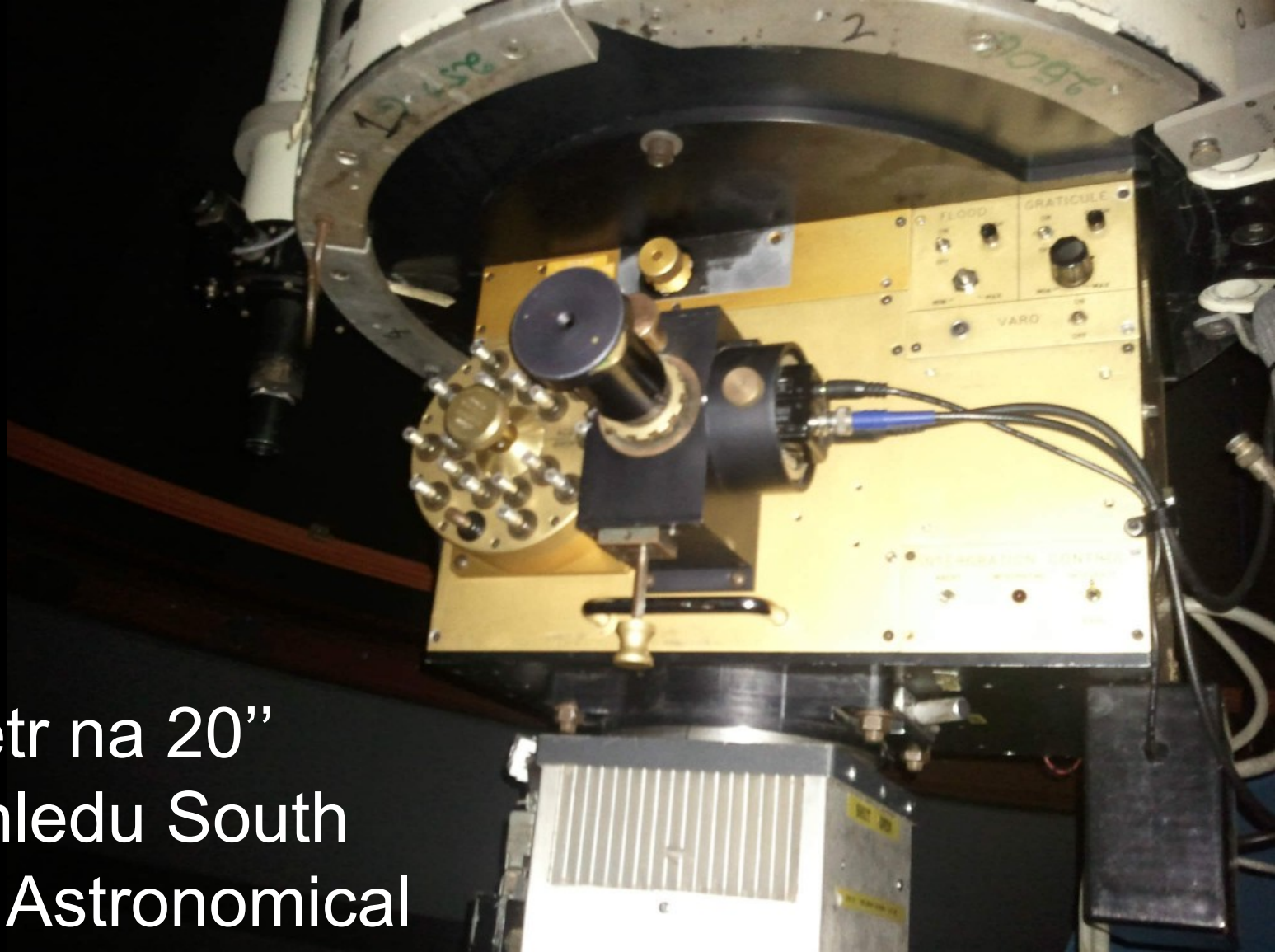
- devět dynod ( $n = 9$ ) a  $\mu = 4,5 \rightarrow M \sim 10^6$

- přednost – velká sběrná plocha, rychlá odezva, linearita, krátká doba průchodu signálu k výstupu, velký zisk signálu s nízkým šumem

- pozemská fotometrie s přesností na tisíce magnitudy

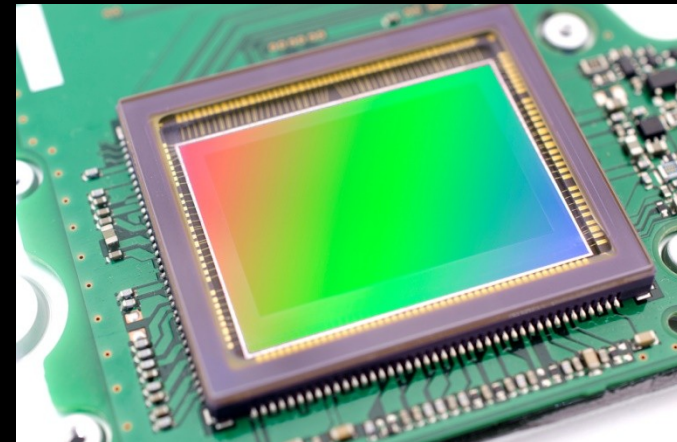


- Fotometr na 20'' dalekohledu South African Astronomical Observatory (SAAO)
- v Sutherlandu



# CCD

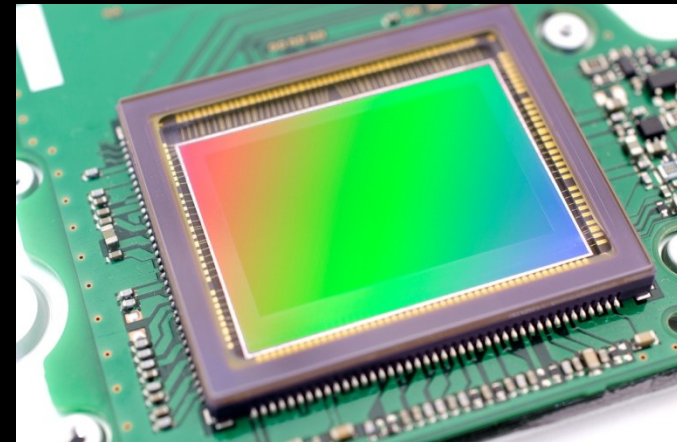
- nábojově vázané prvky (charge-coupled devices)
- 1969 Willard Boyl a George E. Smith
- polovodičový obrazový senzor umožňující kumulovat vyražené náboje světlem
- systém vodorovných elektrod se záporným nábojem drží elektrony v potenciálové jámě
- *pixel* = obrazový element





# CCD

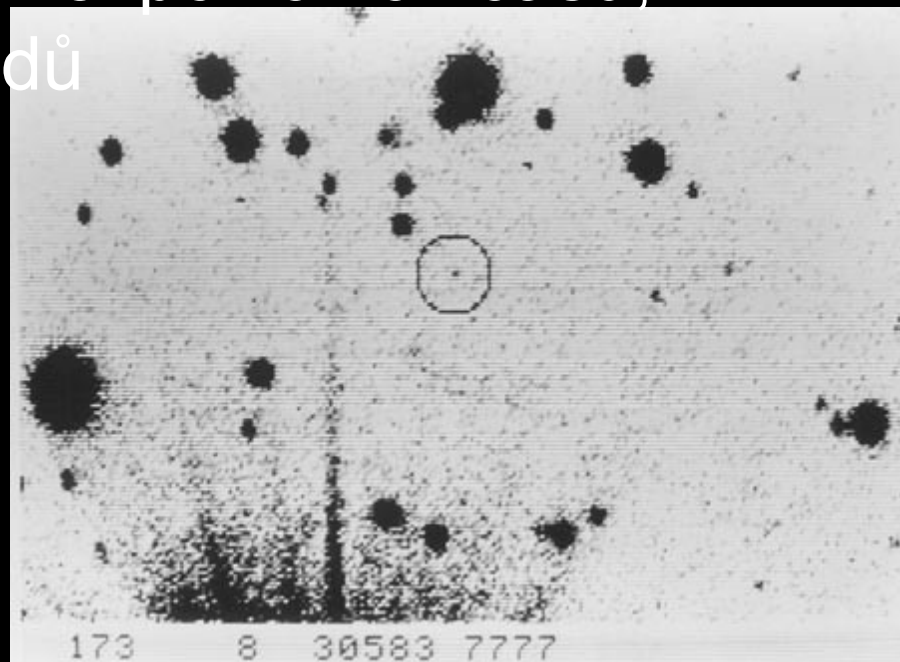
- uspořádání pixelů na čipu
  - lineární – jedna řada pixelů (detektor *RETICON*)
  - matice – plošné CCD
- velikosti pixelů několik mikrometrů
- CCD kamera je zobrazovací detektor v ohniskové rovině dalekohledu
- celková doba snímání – integrace světla tzv. *expozice*
- kapacita pixelu až  $10^5 e^-$



# CCD

- plošné CCD nahrazuje fotografickou desku
- vysoká účinnost
  - fotografie 1-2 %
  - CCD více než 75 %
- využití CCD – zkrácení expozičních časů, větší dosah dalekohledů

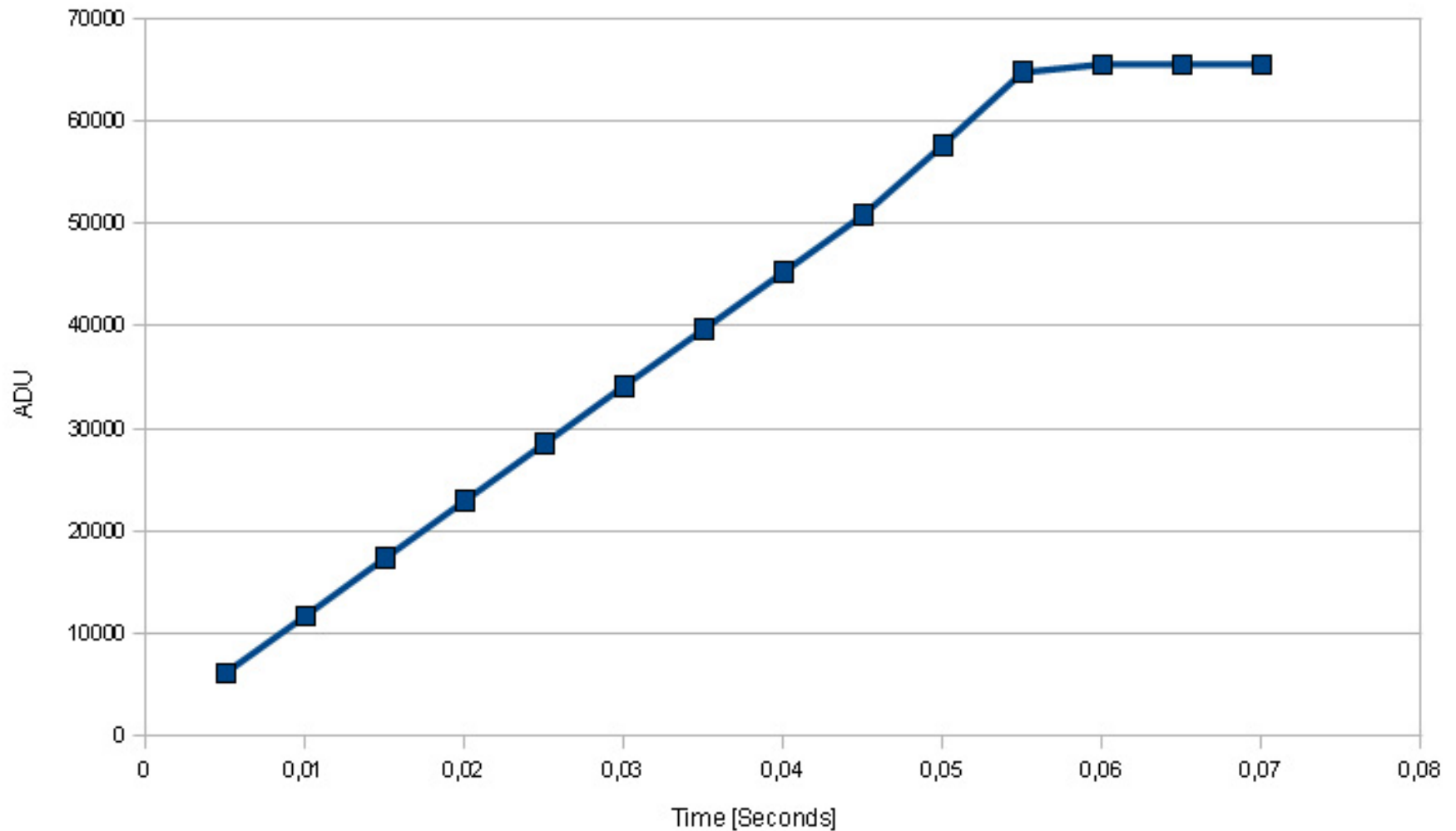
**Halleyova kometa  
16.10.1982 (CALTECH),  
11 AU, Hale telescope**



# Linearity CCD

Atik 314L+

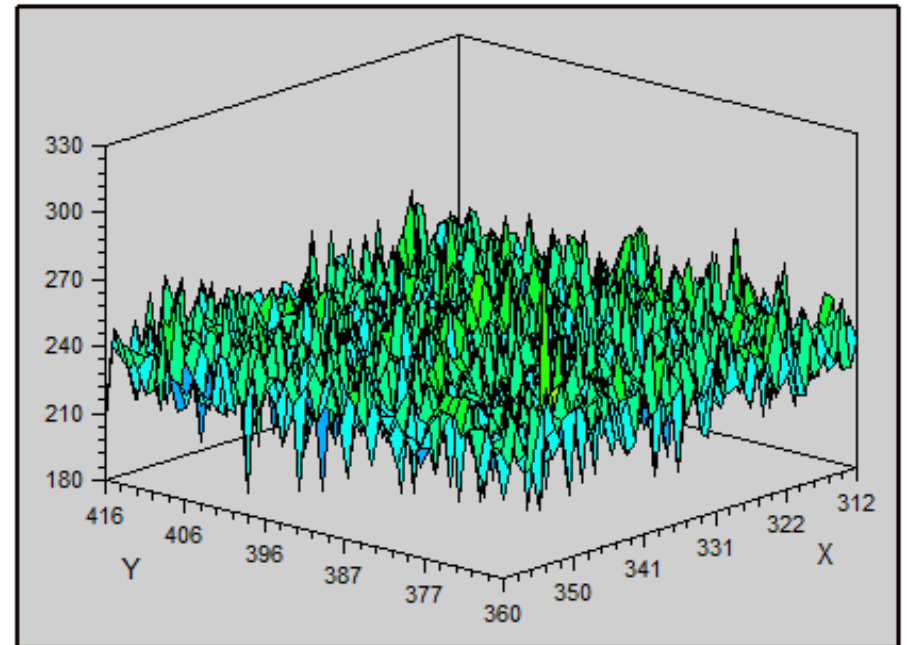
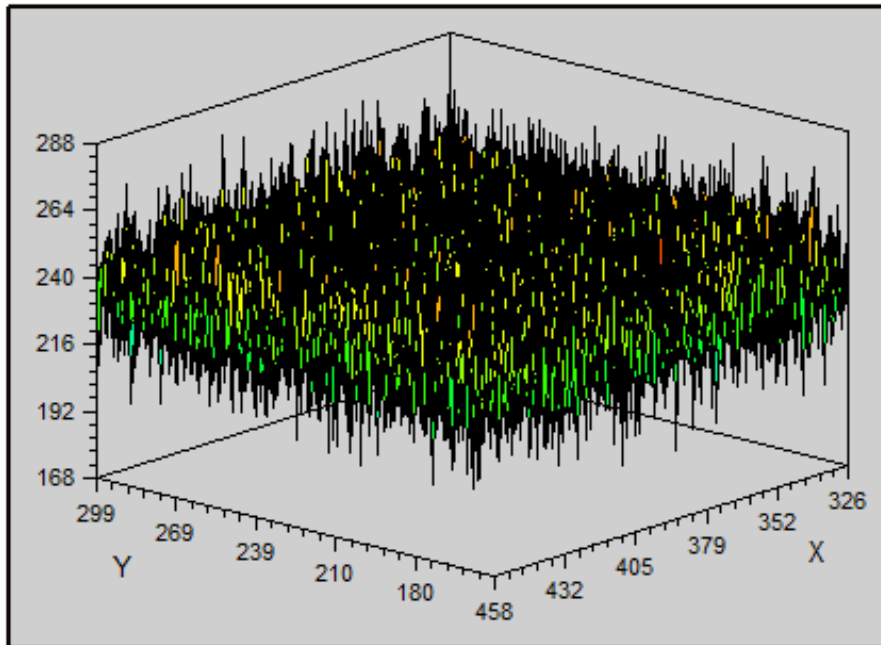
Linearity test (Light response test)



# ŠUM CCD

- teplotní šum (chlazení čipu), závislý na době expozice
  - peltierův článek
  - kapalný dusík
  - kapalné hélium
- výstupní šum (čtecí šum), nezávislý na době expozice
- většina šumů je přímo úměrná  $t^2$  → čím delší expozice, tím menší význam vůči signálu → větší poměr signál/šum (S/N)

# BIAS A DARK



Srovnání bias snímku (vlevo) a dark snímku s expozicí 360 sekund (vpravo)

# FLAT

- pixely nemají stejnou citlivost –  
nerovnoměrnost
- rozdíl mezi 5 – 10 %
- optické systémy vinětace – nerovnoměrné  
osvětlení v ohniskové rovině
  
- pořízení FLAT snímku
  - na obloze – večer, ráno
  - na plátně – potřeba vhodných lamp

FLAT

