

Optika v počítačovém vidění

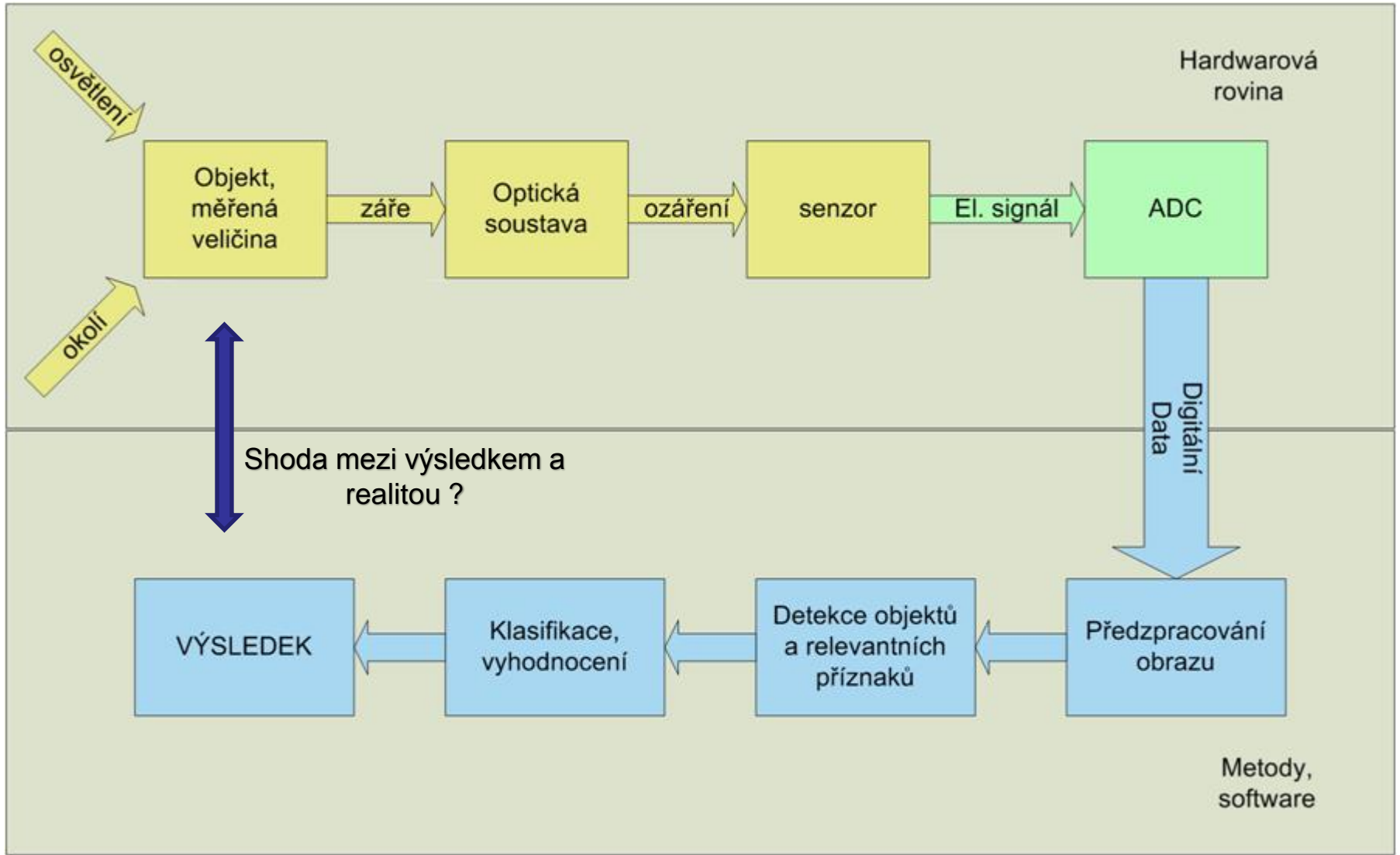
MPOV



Rozvrh přednášky:

1. osvětlení
2. objektivy
3. senzory
4. další související zařízení

Princip pořízení a zpracování obrazu



Pořízení obrazu – oblast hardware

Zpracování obrazu – oblast software

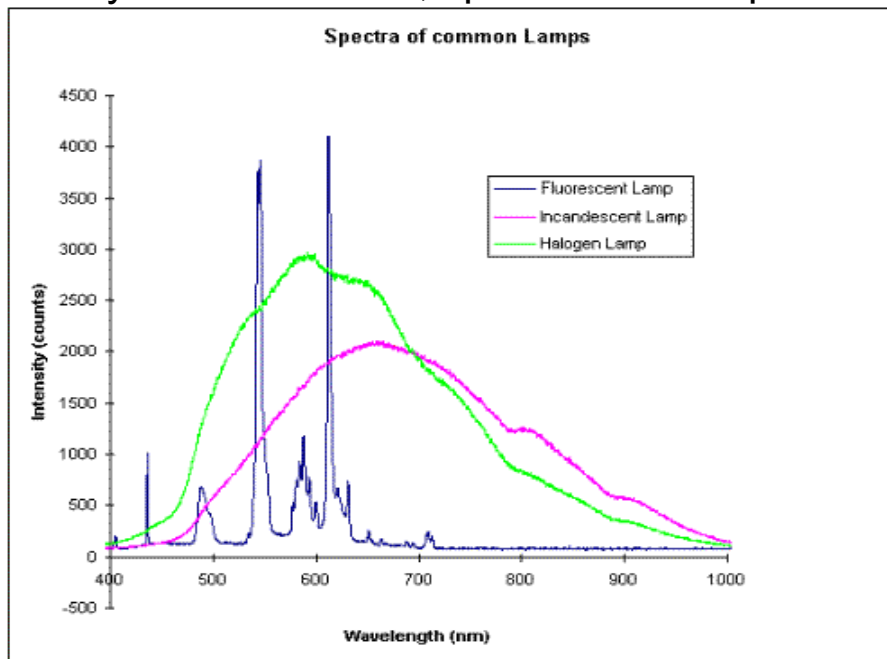
Objekt – měřená/detekovaná veličina

▶ Optické senzory -

- ▶ Zpravidla poskytují komplexnější informace než jednoduché snímače
- ▶ Ne vždy je výhodou použití optických senzorů obrazu
- ▶ Měřené/detekované veličiny a parametry mohou být –
 - ▶ prezenze/absence objektu,
 - ▶ velikost, obrys, popis tvaru (pozor na omezení při projekci),
 - ▶ barva, jasové charakteristiky,
 - ▶ struktura materiálů, textura,
 - ▶ plocha objektu, pozice objektu,
 - ▶ analytický popis objektu,
 - ▶ další parametry a vlastnosti objektu s využitím specifických vlastností scény nebo s využitím snímací metody -
 - ▶ 3D popis objektu – stereofotogrammetrie, rekonstrukce povrchu
 - ▶ transparentnost,
 - ▶ luminescence materiálu atd.
- ▶ **Obecně – jakákoliv veličina/parametr, která se dá převést na optický projev zachytitelný soustavou**

Osvětlení

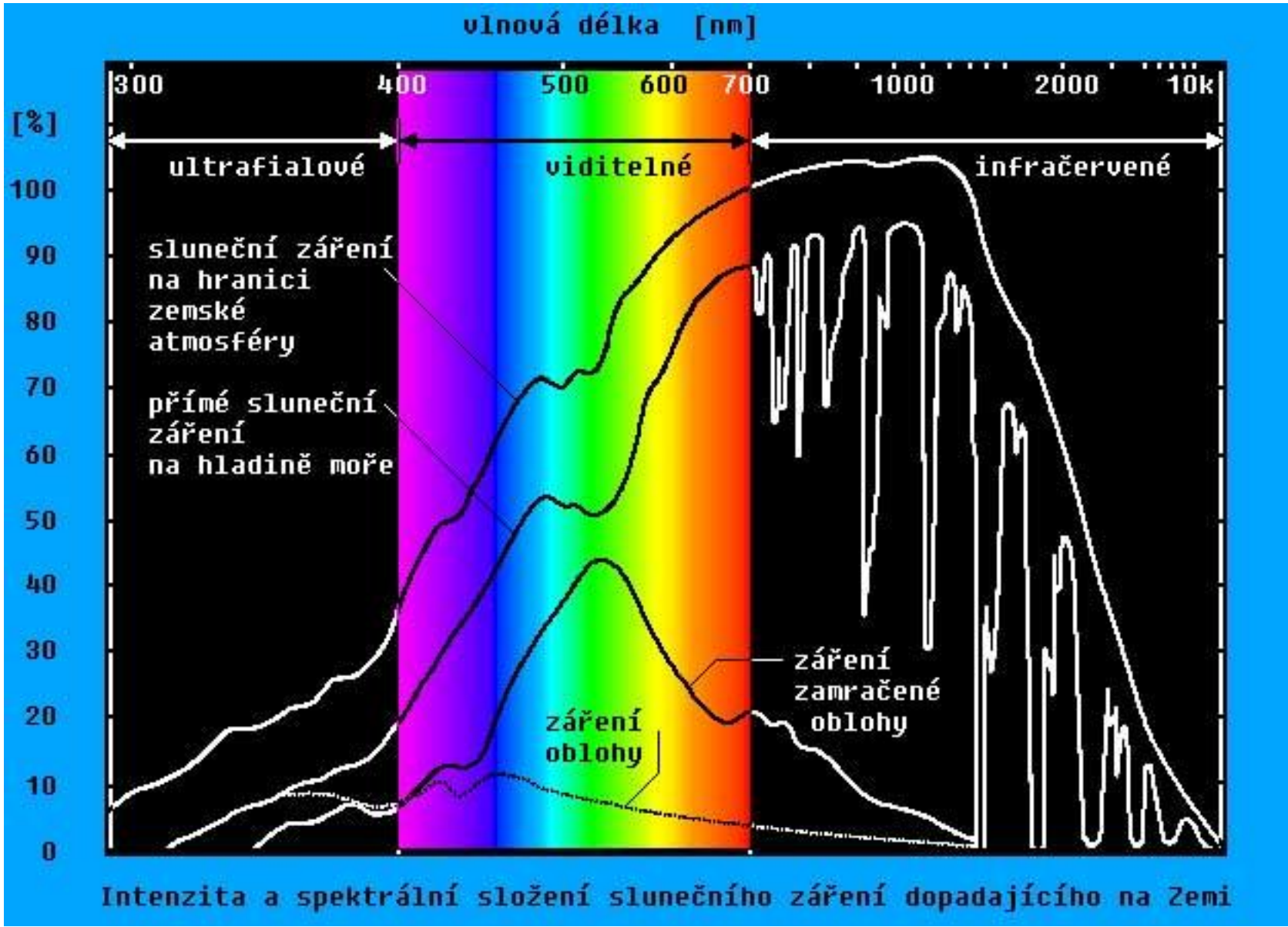
- ▶ **Cíl osvětlení – zajistit osvětlení objektu, potlačit nevýznamné vlastnosti objektu/pozadí, zkrátit expoziční dobu...**
- ▶ **Světlo – podle emise**
 - ▶ **Žárovka** - mírně bliká (AC), hřeje, velký příkon a náběhový proud, časté výměny, dobré barevné podání, účinnost typ. 4%, typ. do 1000W
 - ▶ **Halogenová žárovka** – mírně bliká (AC), hřeje, velký příkon a náběhový proud, časté výměny, dobré barevné podání (lepší než žárovka), účinnost max. 8%, typ. do 1000W
 - ▶ **Zářivka** – bliká (lze budít vysokou frekvencí, omezit typem luminoforu - dosvit), spec. napájení, doba mezi výměnami dlouhá, špatné barevné podání (dle luminoforu), typ. 100W



Osvětlení

- ▶ **LED** – modulovatelné osvětlení, nehřeje, malé rozměry, nízká intenzita (???), monochromatické i bílé, dlouhá životnost, přežhavitelnost, účinnost cca 20% a více, typická pološířka 50nm, mW až desítky W,
- ▶ **Laser** – modulovatelný, monochromatický, koherentní, téměř ideální bodový zdroj, dlouhá životnost (u polovodičových laserů účinnost cca 20%), dobrá navázatelnost na optickou trasu, mW až... záleží na režimu (pulsní),
- ▶ **Výbojky** – např. xenonové, pro zábleskové aplikace s velkým výkonem, velmi drahé, dlouhá životnost, účinnost vyšší než u zářivek typ. do 1000W, pulsně 100J,
- ▶ **Denní** – časově (krátkodobě) i barevně stálé, velké rozdíly intenzit
 - ▶ Slunce – bodové (aproximace), cca 1000 W/m²
 - ▶ Zamračeno – difúzní

Osvětlení



Intenzita a spektrální složení slunečního záření dopadajícího na Zemi

Osvětlení

▸ Světlo – podle rozložení (některé typy)

▸ Difúzní

- zatažená obloha, rozprostřené bodové/plošné zdroje, odraz od bílé stěny...

▸ Bodové

- zdůrazňují např. drsnost povrchu,
- silné odlesky.

▸ Zadní – transmise

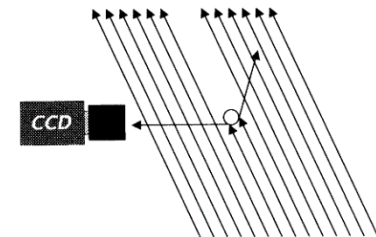
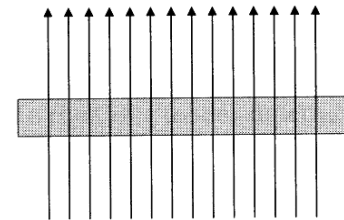
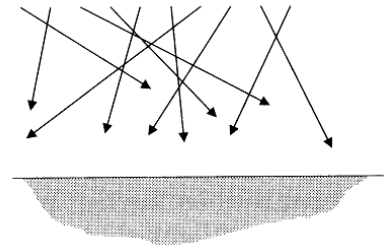
- Vhodné pro obrys objektu,
- jednoduchá segmentace objektu/pozadí,
- např. bodový zdroj a matnice

▸ Osvětlení v temném poli

- využívá reflexe na hranách objektu

▸ Světlo podle spektra

- Širokospektrální – denní světlo, žárovky, zářivky a výbojky (částečně)
- Úzkospektrální (LED – typicky 50nm pološířka, laser, spektrální čáry plynů...)



Ideální osvětlení – vždy dle typu objektu (absorbce, reflexe, rozptyl...) – vyzdvihnou žádané vlastnosti objektu a potlačit pozadí

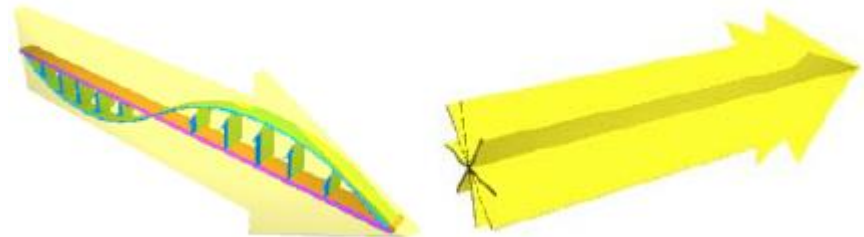
Osvětlení

Popis světla – částicový (kvantový) a vlnový model.

V teorii elektromagnetického pole je záření vyjádřeno jako oscilující elektromagnetické pole.

Vektorová pole popisující intenzitu elektrického pole E a intenzitu magnetického pole B jsou řešením systému Maxwellových lineárních diferenciálních rovnic. V obecném případě se 3D směr vektoru E mění. Sluneční světlo je náhodnou směsí a obsahuje všechny orientace, tj. nepolarizované světlo.

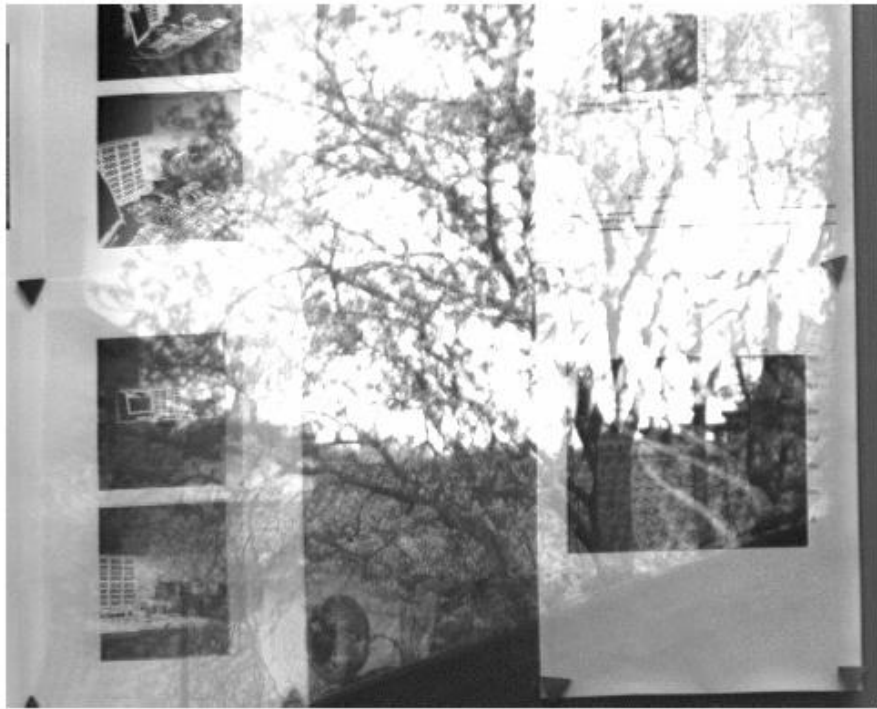
Polarizace po průchodu nepolarizovaného světla filtrem - např. : dvojlomý vápenec.
Polarizace odrazem.



Prakticky : **polarizační filtry** = rovnoběžná vlákna dlouhých molekul orientovaná v jednom směru.

Příklad: polarizované brýle pro rybáře. Polarizovaný filtr na objektiv fotoaparátu.

Osvětlení



Efekt polarizace – odfiltrování odlesku vhodným natočením polarizačního filtru

Objektivy

▸ Podle ohniskové vzdálenosti

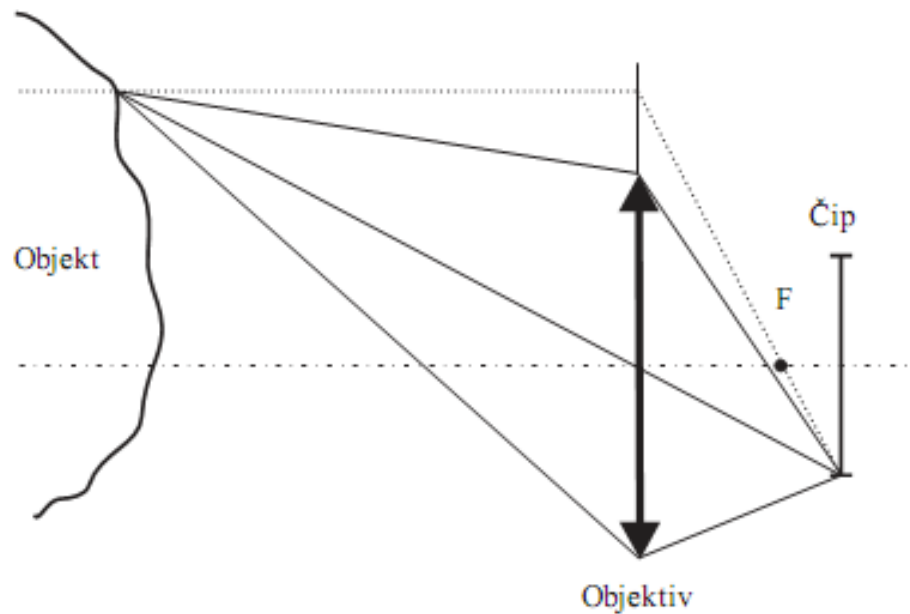
- normální,
- širokoúhlé,
- teleobjektivy.

▸ Podle změny ohniska

- s pevným ohniskem,
- s proměnným ohniskem,
 - zoom,
 - varifocal.

▸ Speciální objektivy

- mikroskopické,
- telecentrické.

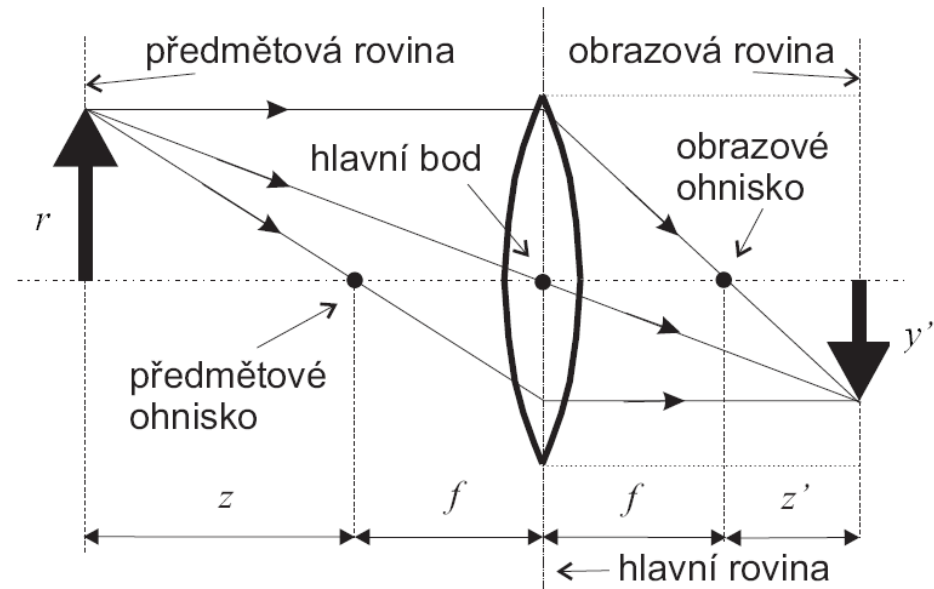


Objektivy

Model objektivu

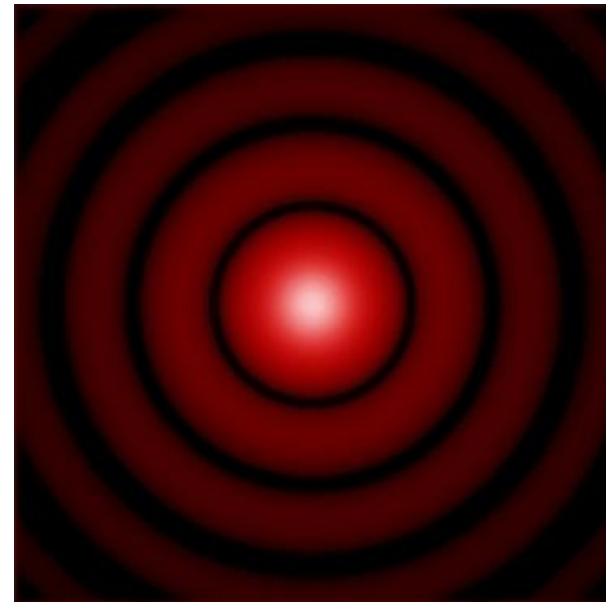
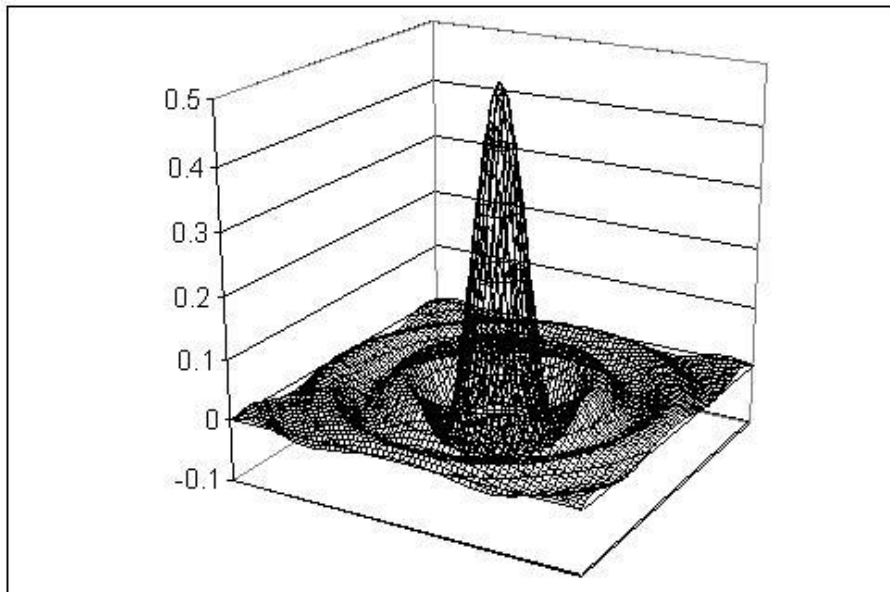
$$\frac{1}{f + z'} + \frac{1}{f + z} = \frac{1}{f}$$

$$mz = \frac{f + z'}{f + z}$$



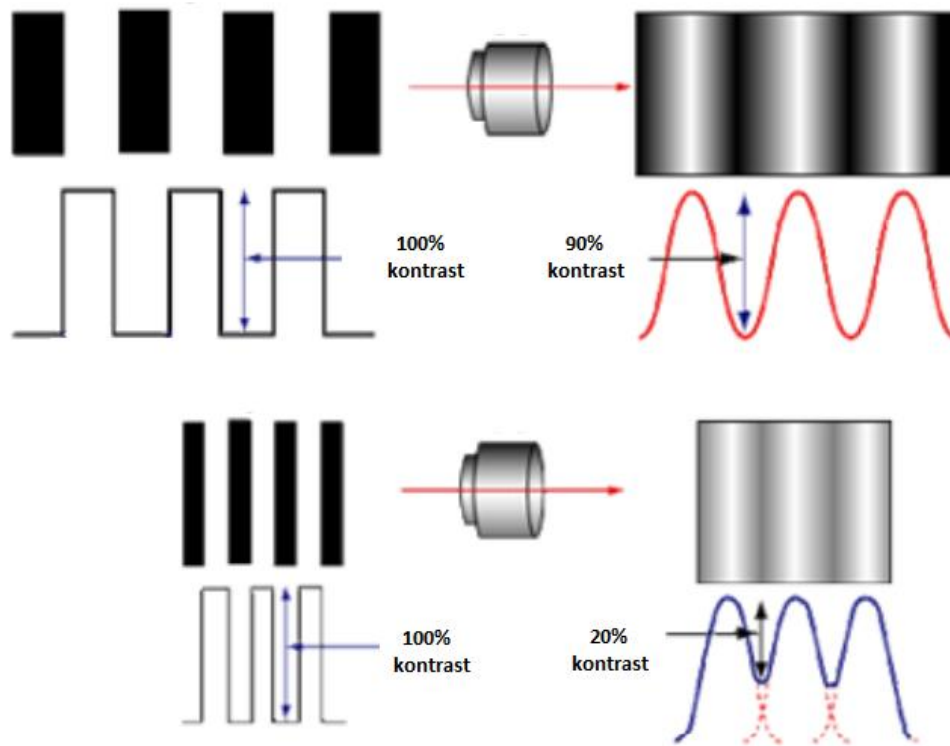
Objektivy

- **Parametry objektivu a obrazu (vzhledem k objektivu)**
 - Ohnisková vzdálenost (fix, zoom, varifocal)
 - Rozlišení objektivu (čar/mm)
 - Bodová rozptylová funkce - Airyho funkce



Objektivy

▀ Parametry objektivu a obrazu (vzhledem k objektivu)



Objektivy

- ▶ **Parametry objektivu a obrazu (vzhledem k objektivu)**
 - ▶ Světelnost – nejmenší nastavitelná clona pro danou ohniskovou vzdálenost
 - ▶ Minimální zaostřovací vzdálenost
 - ▶ Clona – pevná, nastavitelná (lamely)
 - ▶ Hloubka ostrosti

- ▶ Bajonet/mount/závit – připojení objektivu
 - ▶ Nejčastěji C/CS mount, M42, Canon, Minolta, Pentax...

- ▶ Ostření – manuální, pevné, automatické

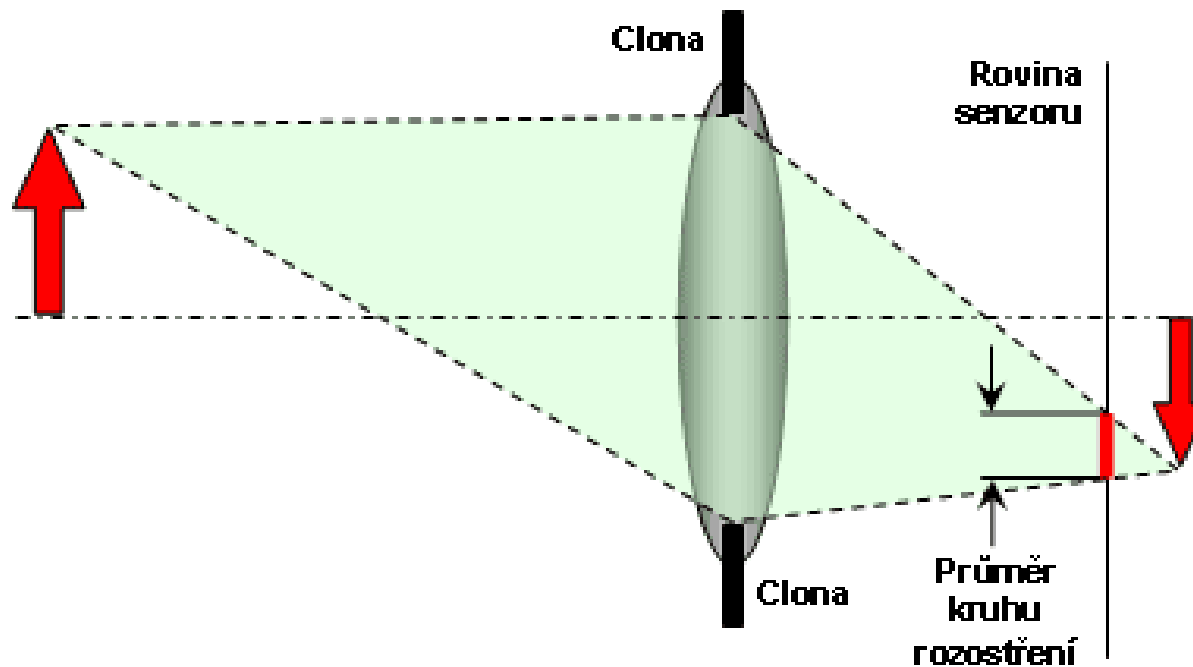
- ▶ Výstupní formát – 1/4“, 1/3“, 1/2“, 2/3“, 1“, Digital, Full frame (36x24 mm)

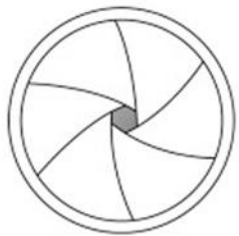
- ▶ Speciální vlastnosti objektivů – např. antireflexní vrstvy

Objektivy

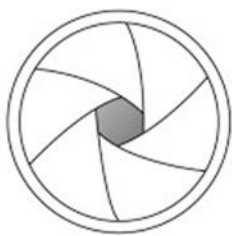
▸ Hloubka ostrosti

- Závislá na cloně, ohnisku a velikosti pixelu

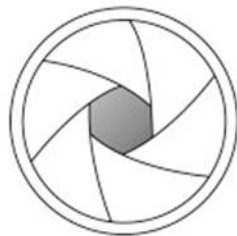




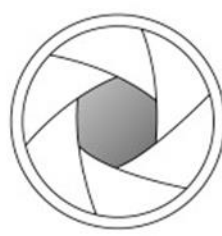
F16



F10



F6.3



F3.5



F2

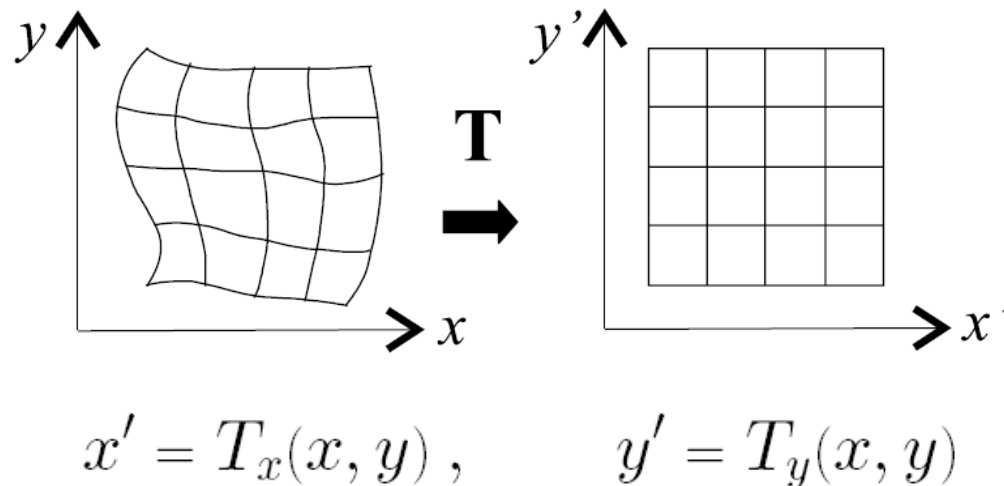


F1.4

Objektivy

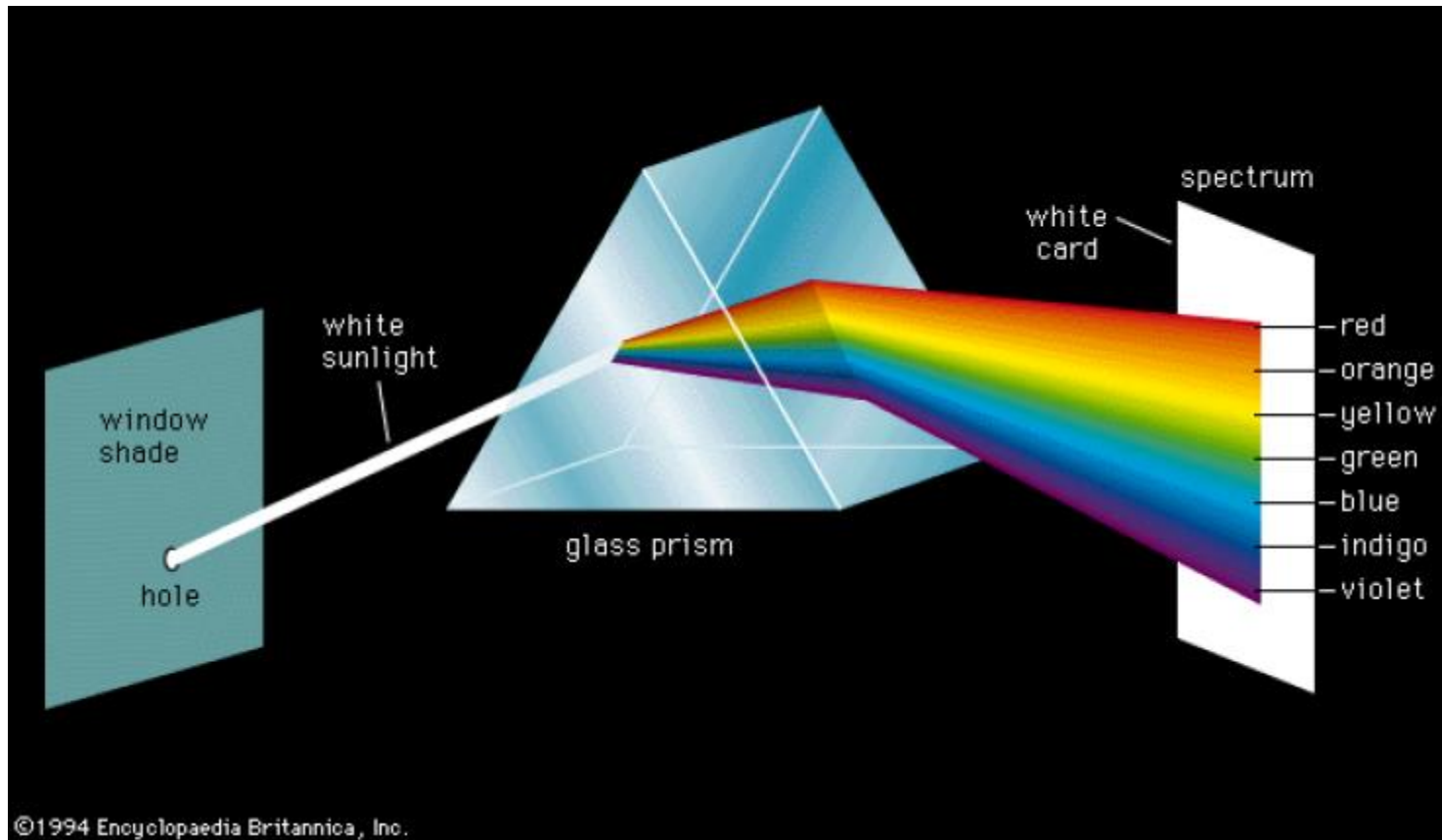
▀ Vady objektivu

- ▀ Geometrické zkreslení – hlavně soudkovitost
- ▀ Chromatická aberace (kompenzace LD členy – nízkorozptylová skla)
- ▀ Zpětný odraz od okolí senzoru – hlavně digitální zrcadlovky
- ▀ Vinětace



Objektivy

► Chromatická aberace



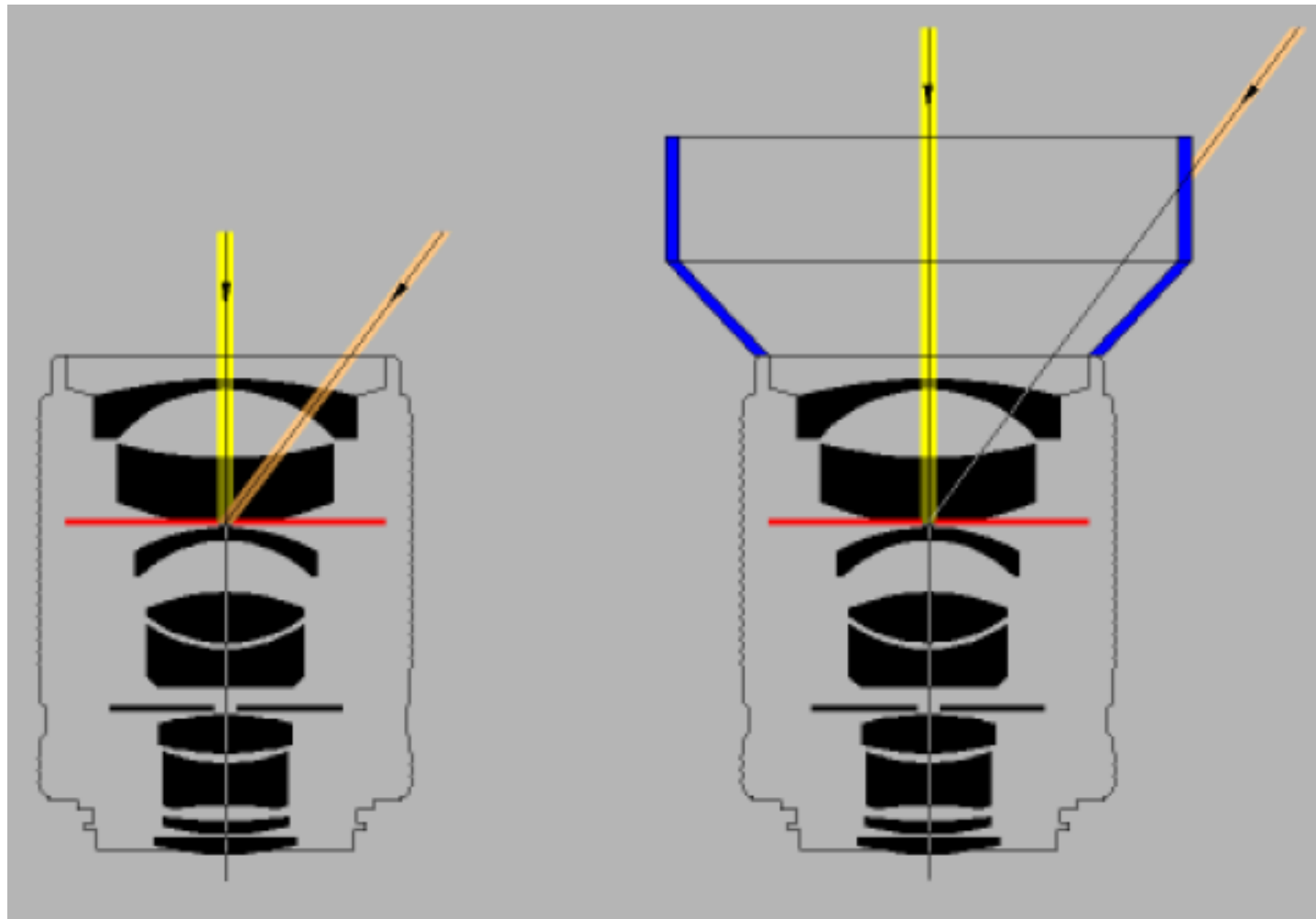
Objektivy

► Optická viněťace objektivu



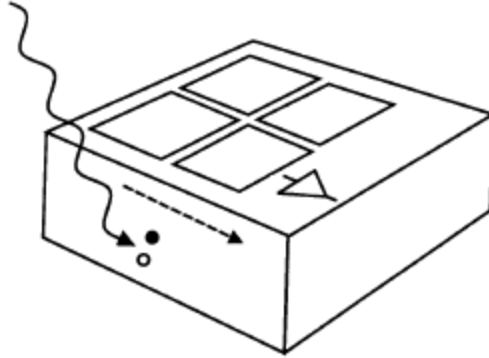
Objektivy

► Mechanická viněťace objektivu



Senzory

- ▀ Hlavní funkce – převod světelného „signálu“ na elektrický



- ▀ Využití vlastností fotoelektrického jevu v polovodičích (A.E. 1905)
- ▀ Typické velikosti pixelu – 2 μm ...20 μm (visible, IR, thermo)
- ▀ Fyzikální omezení – frekvence fotonu, velikost pixelu kontra vlnová délka, rozlišení senzoru, citlivost, vinětce čipu, efektivní plocha)

Senzory

Dle technologie

CMOS

CCD

Dle struktury

Řádkové (běžně 7500pix)

Plošné (běžně 3Mpix)

TDI - řádkové

Dle spektrální citlivosti

Černobílé

Barevné (jednočipové x vícečipové kamery)

Speciální (UV, infra)

FOTOELEKTRICKÝ JEV - popsat

Senzory

Barevné

S barevným kódováním - plošné

Aditivní barevný model (Bayer) - RGB

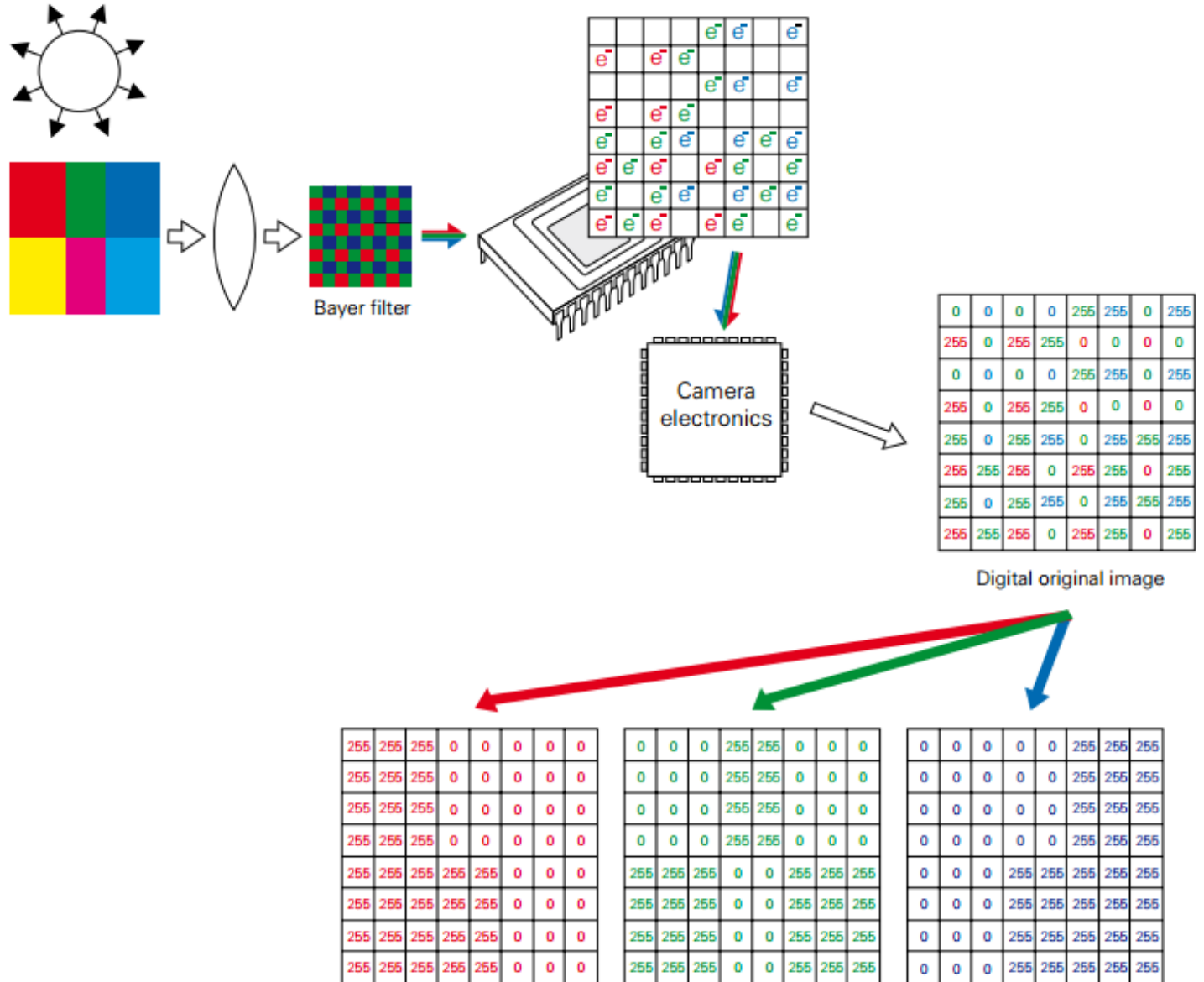
Subtraktivní barevný model - CMYG

R	G	R	G		
G	B	G	B		
R	G	R	G		
G	B	G	B		

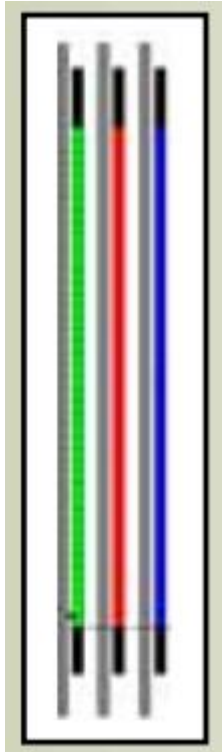
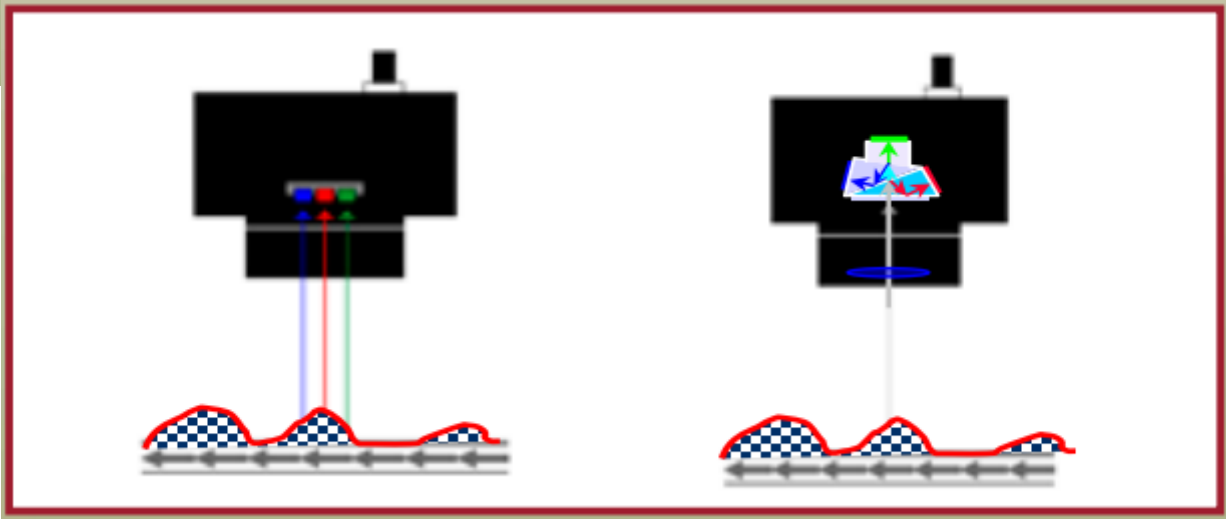
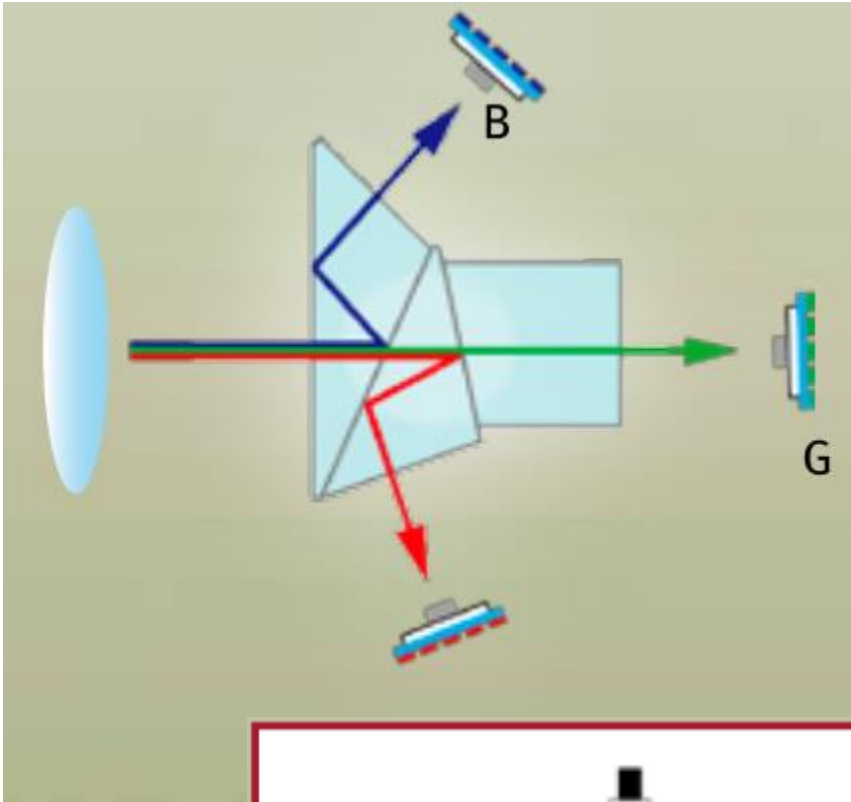
C	Y	C	Y		
M	G	M	G		
C	Y	C	Y		
M	G	M	G		

Senzory

Barevné – Bayer

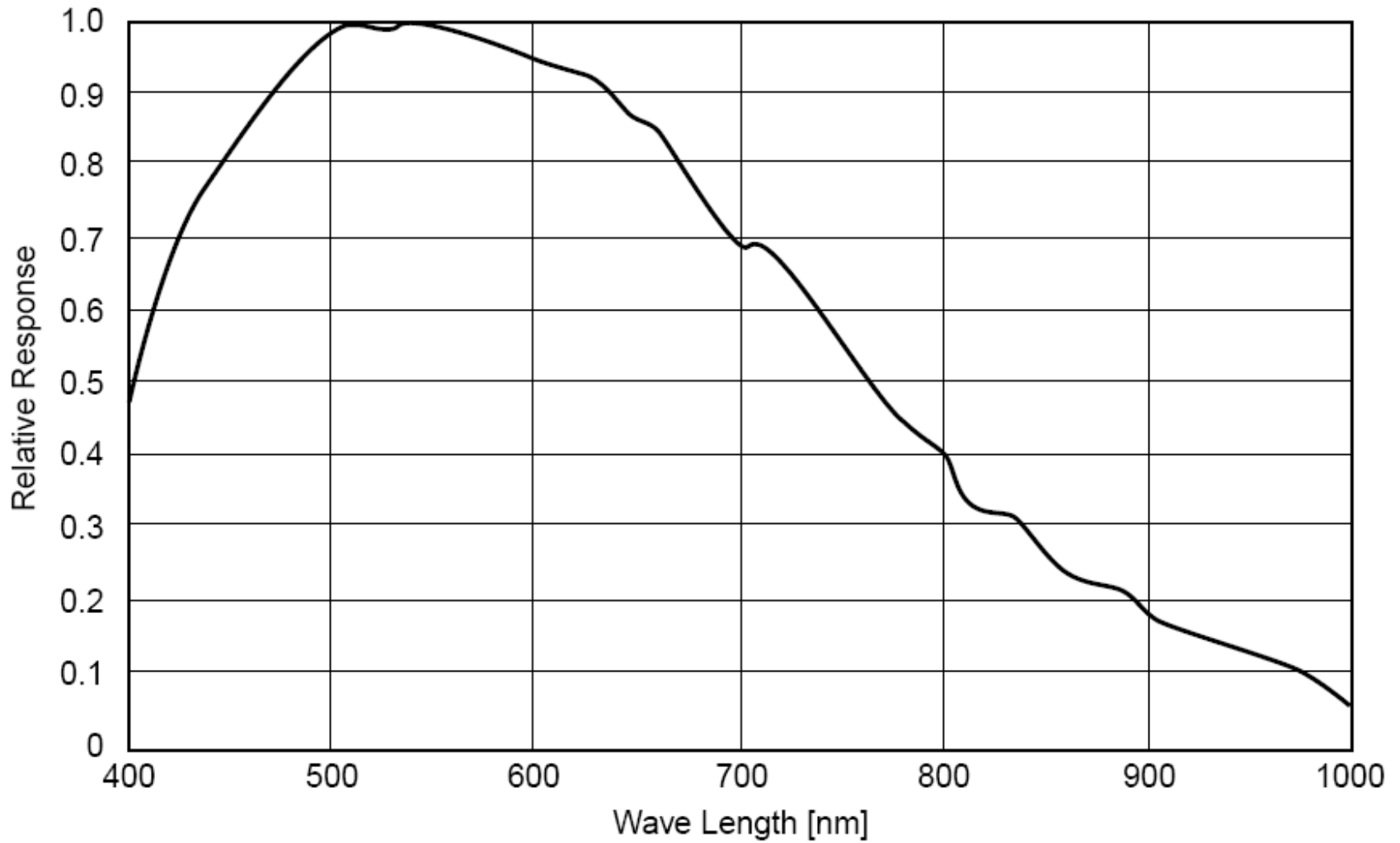


3 CCD, 3 CCD Linear



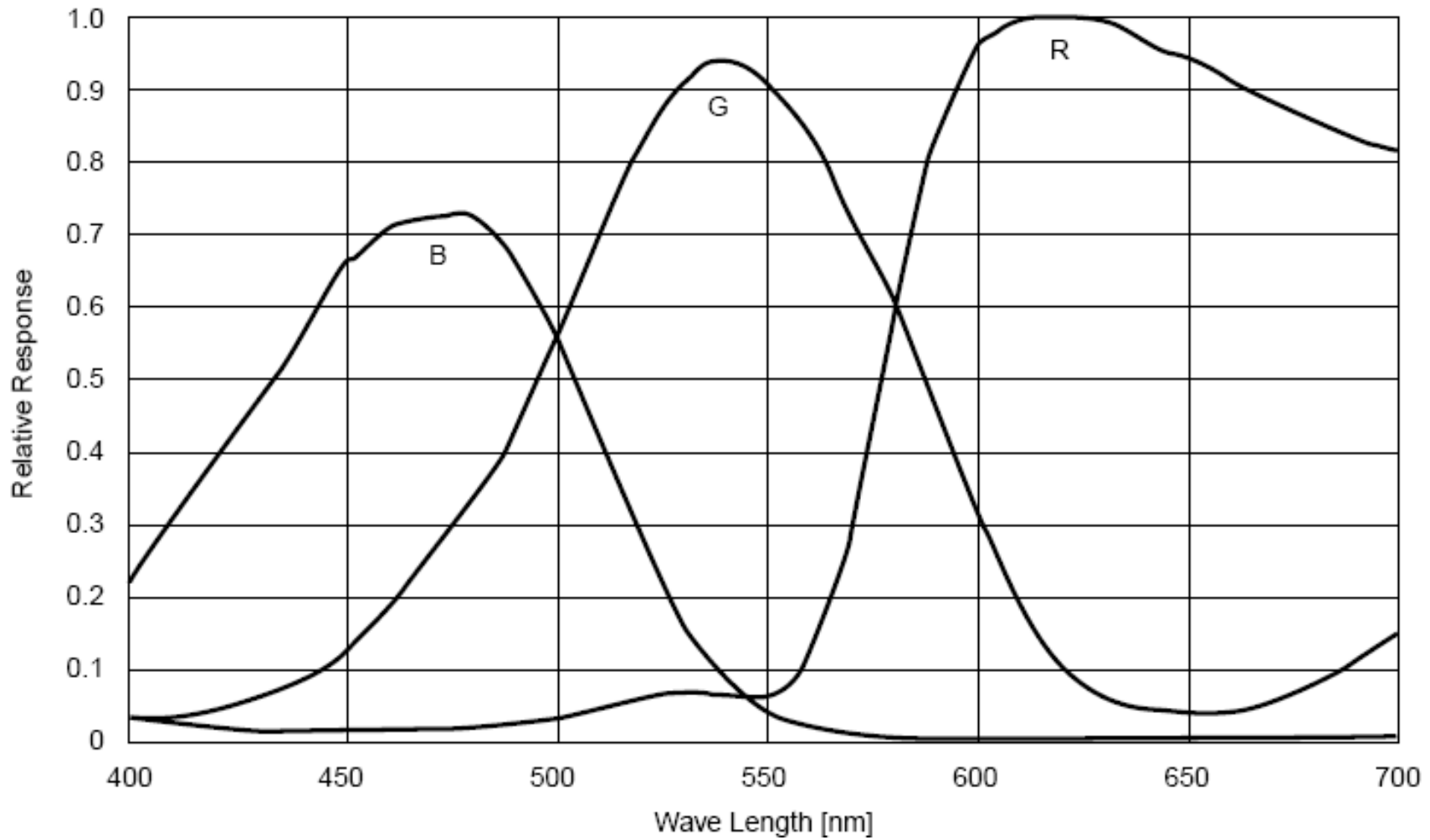
Senzory

▀ Spektrální citlivost Sony ICX085AL



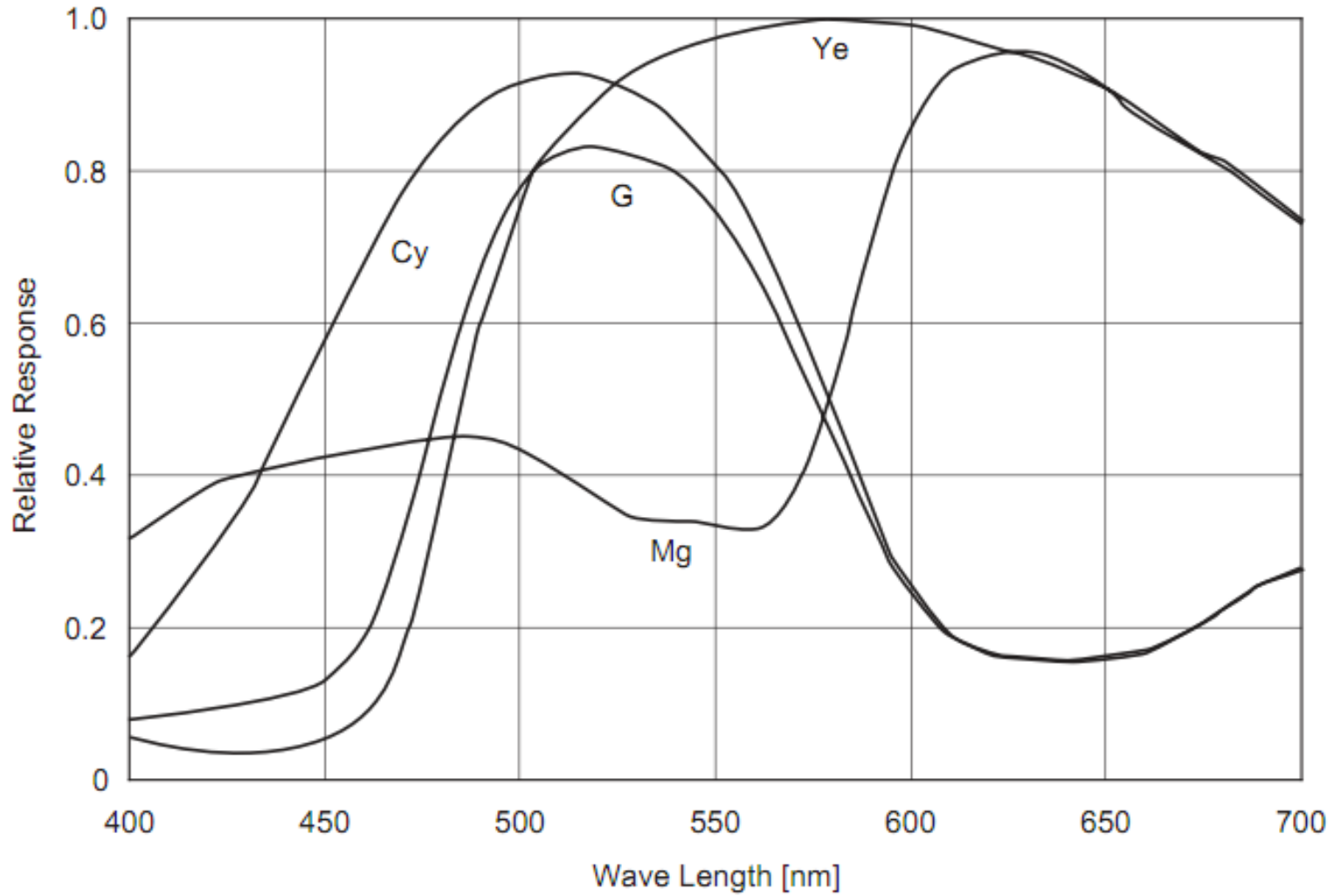
Senzory

Spektrální citlivost Sony ICX085AK – Bayerovo kódování



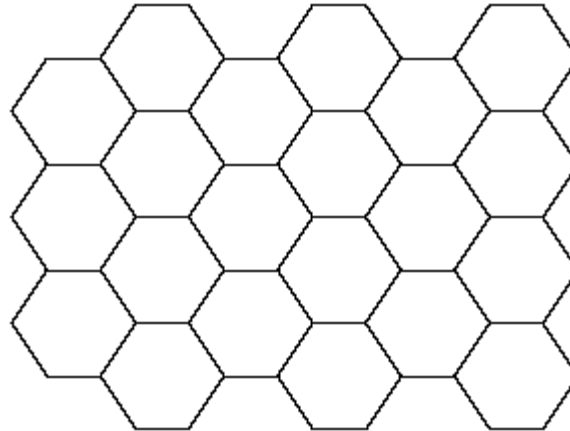
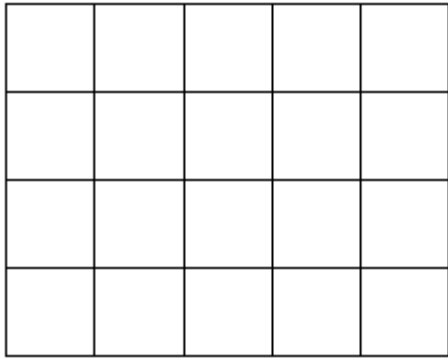
Senzory

Substraktivní kódování



Senzory

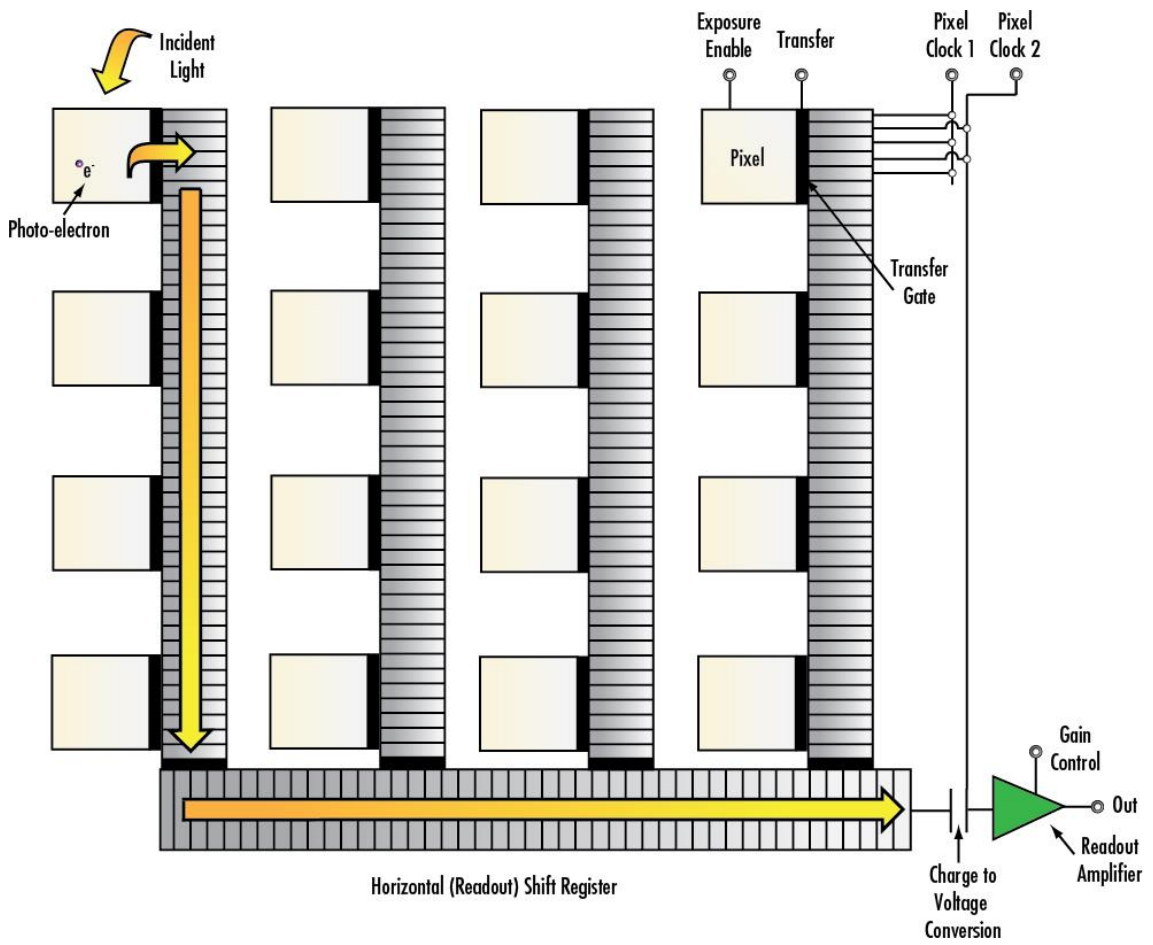
- Rozdělení plošných senzorů dle struktury
 - Čtvercové
 - Hexagonální
 - Jiné



Senzory

▀ Vysouvání náboje – CCD, čtení - CMOS, popis principu

▀ CCD :

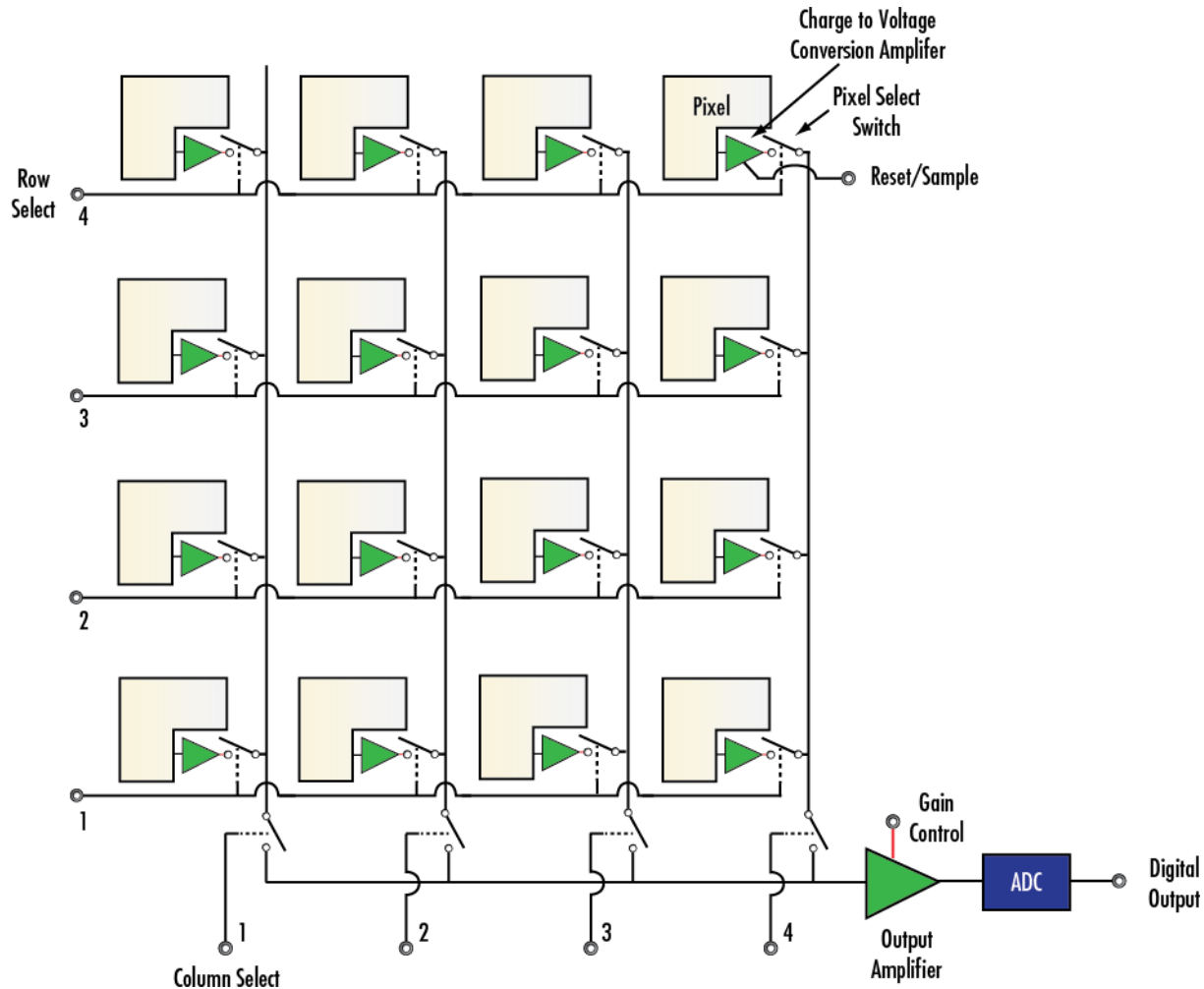


▀ Nutnost RG (reset gate), sample and hold obvodů (pokud nejsou součástí A/D převodníku)

Senzory

▀ Vysouvání náboje – CCD, čtení - CMOS, popis principu

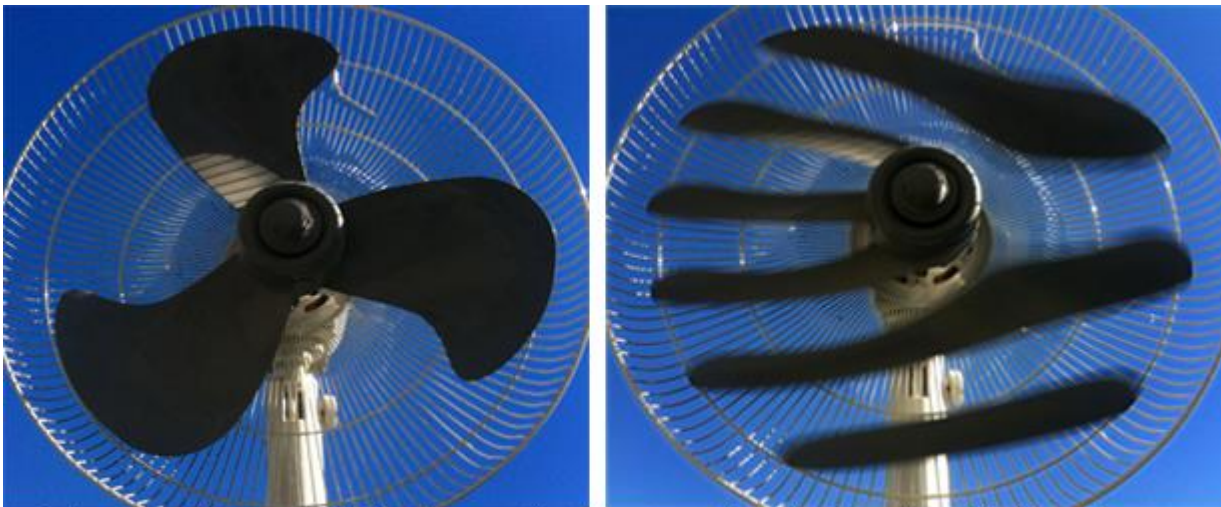
▀ CMOS :



Senzory

Expoziční doba CCD a CMOS

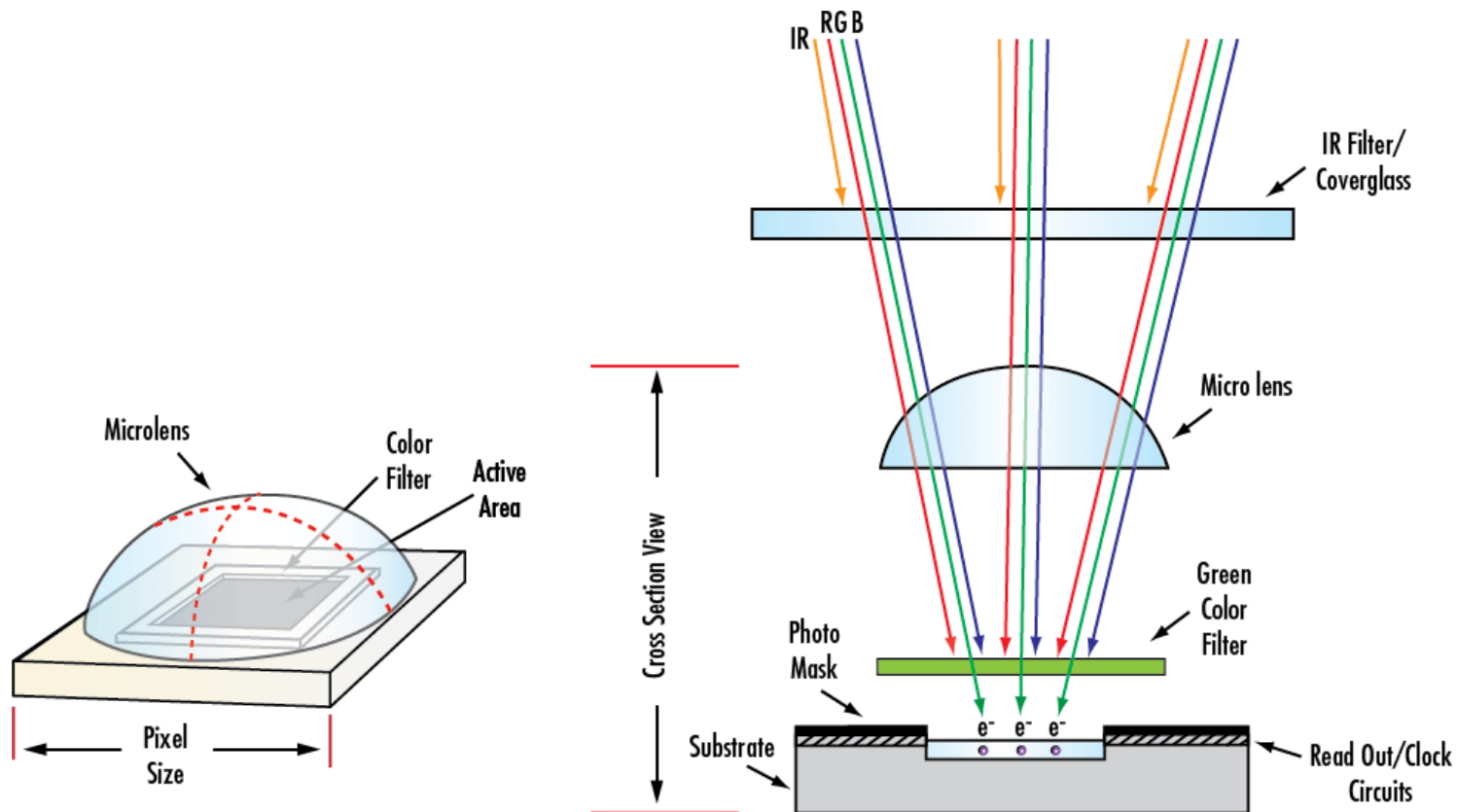
- ▶ Elektronická závěrka – global shutter – CCD + některé CMOS
- ▶ Štěrbínová závěrka – CMOS
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=EaB9EHeDLSk>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=Dk6o5RAIaj4>



Left, a house fan at rest. Right, the same fan in motion with the "rolling shutter" effect. (Camera: iPhone 3. Lens: 3.8mm. Exposure: 1/606th sec. @f/2.8. ISO: 64).

Senzory

- ▀ Kvantová efektivita
- ▀ Fill factor prakticky 100% díky mikročočkám (zvyšují vinětaci čipu)



Senzory

CCD

- + Linearita: CCD senzory pracují na principu přeměny fotonu na pár elektron-díra a integrování získaného náboje.
- + Nízký šum: je dán integrační povahou měření. Nechlazený čip při televizním vyčítání (PAL – 14.1875MHz) má SNR asi 60 dB.
- + Účinnost: Současné senzory mají vysokou účinnost
- + Global shutter
- QE kolem 40%, 80% pro back-illuminated CCD
- Vyčítání: jen celého čipu najednou (až na výjimky)
- Rychlost: horizontální pixelové hodiny zpravidla max 30MHz – dynamika náboje, parazitní kapacity – dynamický odběr, chlazení
- Omezený rozsah intenzit: je dán kapacitou výstupního kondenzátoru a elektronovou bariérou.

Senzory

CMOS

- + Logaritmická citlivost: CMOS senzory pracují na principu fotodiody. Měří se protékající proud v okamžiku vyčítání.
 - + Vyčítání: lze v jakémkoliv pořadí, např. můžeme číst pouze oblast zájmu (přímé adresování).
 - + Kamera i procesor na 1 čipu: CMOS technologie je dobře zvládnutá (procesory, paměti). Chytrá kamera (smart-camera).
 - + Rychlost i 150MHz na kanál
- QE = 30%

- Vyšší šum
- Nižší citlivost
- Rolling shutter – štěrbínová závěrka

Senzory

Senzor – shrnutí degradace

- Ztráta rozlišení, maximální detail – Shannon-Kotelnikův teorém
- Ztráta světelného spektra, barvy
- Přidání šumu
- Rozmazání obrazu pohybujícího se objektu vlivem délky expozice

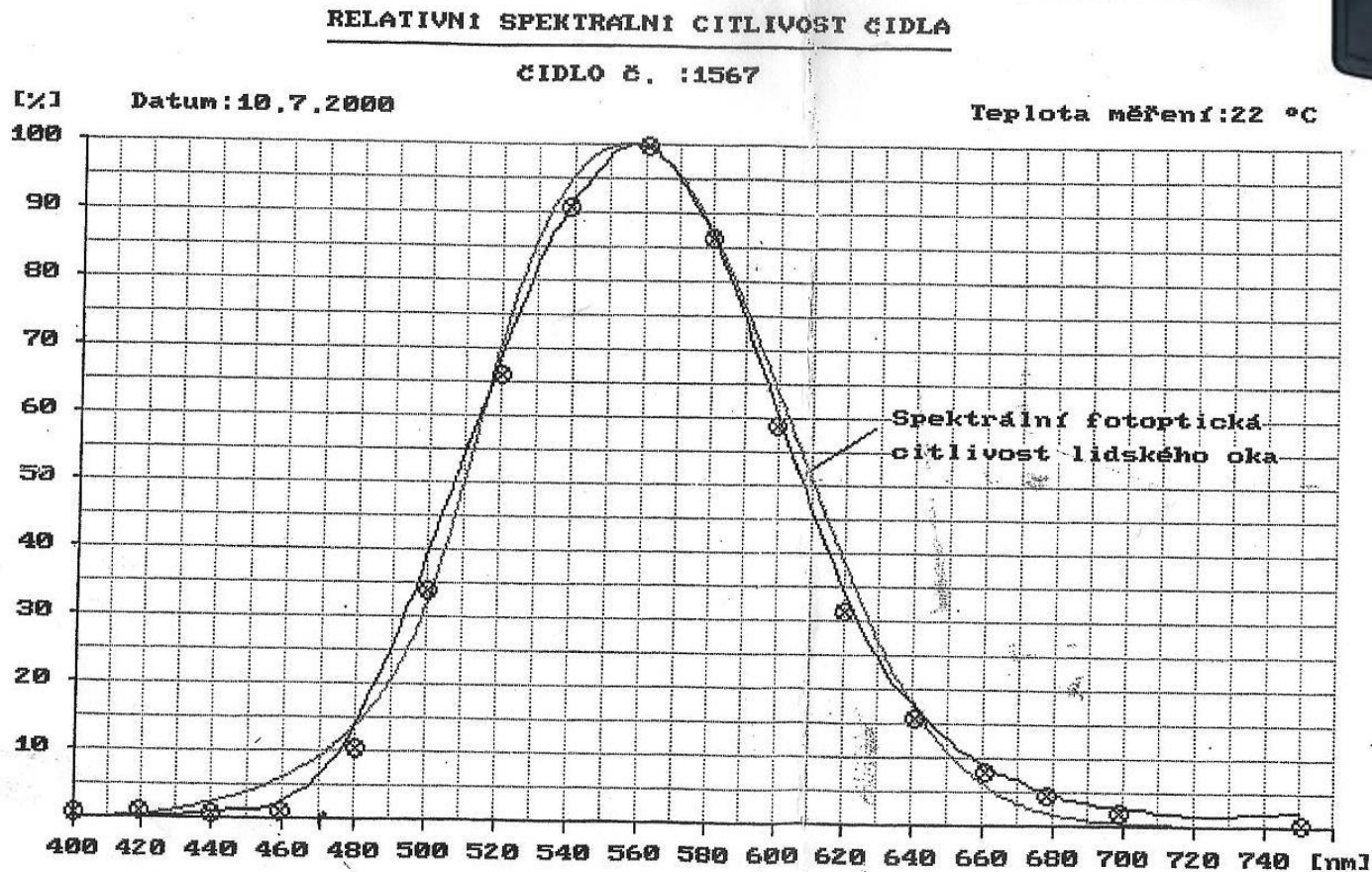
Jak volit vhodný senzor

- Dostatečné rozlišení
- Citlivost pro dané spektrum
- Vhodné rozhraní (vzdálenost kabeláže, rychlost přenosu)
- Možnost synchronizace s osvětlením

Kde dochází k největší ztrátě informace ???

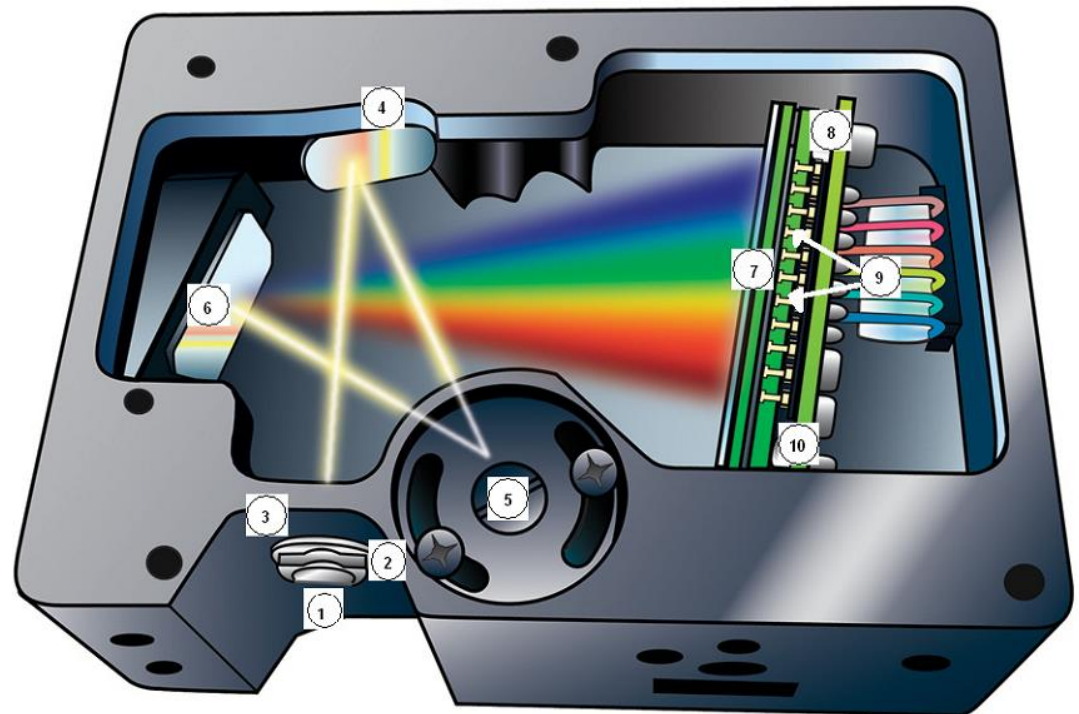
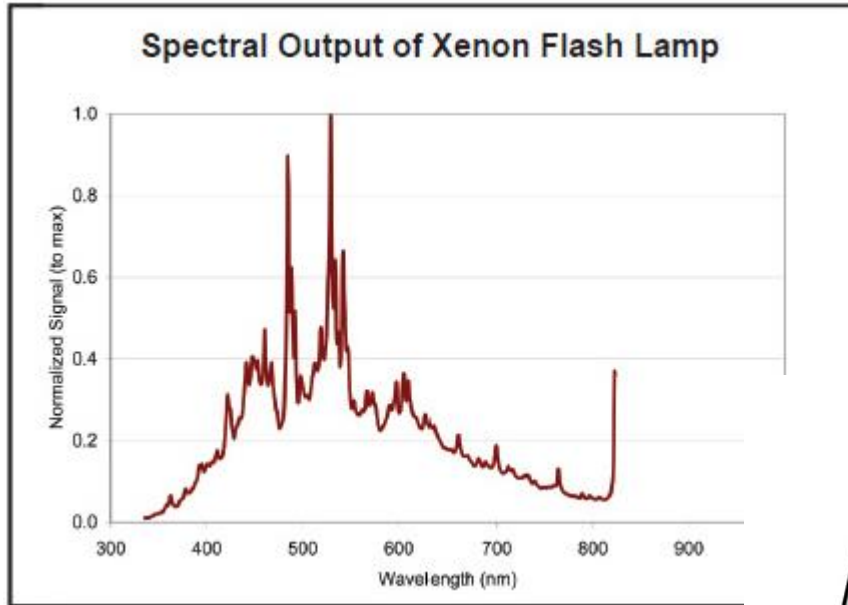
Další zařízení

Luxmetr – měří intenzitu osvětlení. Vztaženo k citlivosti lidského oka



Další zařízení

Spektrometr – průběh intenzity světelného spektra



Další zařízení

Monochromátor – velmi úzké spektrum

