

1



Optické systémy

Zdroje svetla
Optická cesta
Snímače

2

Optické prvky: zrkadlá, filtre...

3.4.4. Zrkadlá

- * rovinné
- * duté - majú ohnisko
- * vypuklé - zdanlivý obraz
- * polopriepustné - problémy s polarizovaným svetlom

3.4.5. Filtre - selekcia vlnových dĺžok

- * polarizačné filtre - lineárna, kruhová polarizácia
- Pozn: Filtre sa musia aplikovať v rovobežnom zväzku lúčov, inak pôsobia ako opt. kln - posúvajú priesečník lúčov.

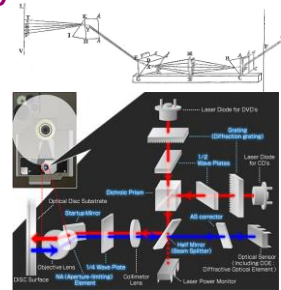
3.4.6. Ostatné prvky

- * hranoly (trojboký, pentagonálny),
- * clony, štrbiny, tieniace krídlečka,
- * optické mriežky, šedý klin

3

Optické systémy Optická cesta

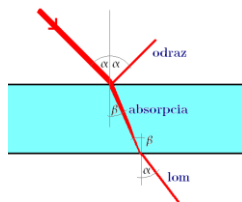
- Zrkadlá
- Clony
- Filtre
- Hranoly
- Šošovky
- Mriežky



4

Interakcia žiarenia s hmotou

- Odraz
- Lom
- Absorpcia
- Rozptyl
- Emisia žiarenia



antireflexné pokrytie – v určitom rozsahu vln svetlo prechádza šošovkou prakticky bez strát

5

Snellov zákon lomu

Snell's law / law of refraction

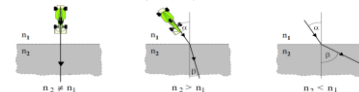
$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

α – je uhol dopadu
 β – je uhol lomu
 $v_{1,2}$ rýchlosť vlnenia v prostredí 1,2
 $n_{1,2}$ index lomu v prostredí 1,2

Lúč sa vo vnútri šošovky láme podľa Snellovho zákona. Okrem toho sa malá časť svetla odráža (antireflexné pokrytie – v určitom rozsahu vlnových dĺžok svetlo prechádza šošovkou prakticky bez strát).



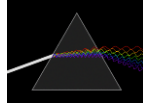
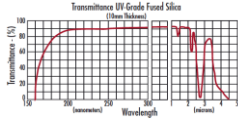
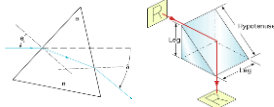
Metamateriály



6

Optické prvky: hranol

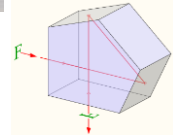
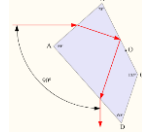
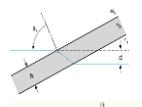
Prism, Prisma, Призма, hranol



7

Optické prvky: hranol

Prism, Prisma, Призма, hranol



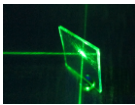
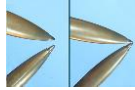
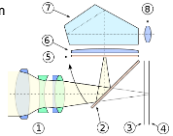
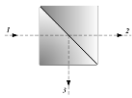
8

Optické prvky: zrkadlá

Mirror, Spiegel, зеркало, zrcadlo

• **rovinné**
povrchovo pokovené

• **polopriepustné**
half mirror, beam splitter, Strahlteiler
problémy s polarizovaným svetlom

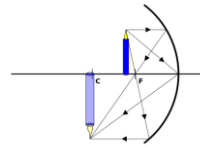


9

Optické prvky: zrkadlá

• **duté** (concave)
majú ohnisko

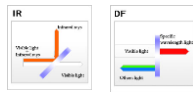
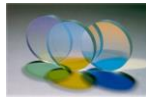
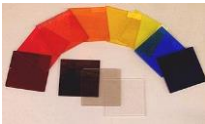
• **vypuklé** (convex)
zdanlivý obraz



10

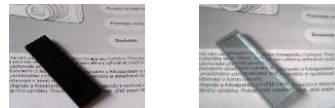
Optické prvky: filter

Filter, Светофильтр

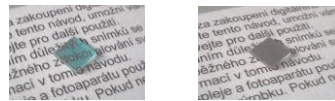


11

Optické prvky: filter



Skličko z ovládače sa javí ľudskému oku ako černé. Stejně ho vyfotil i neupravený foťák (vlevo). Webkamera s odstraněným IR filtrem ho však vidí jako žré (pravdo). Ač to tak vůbec nevypadá, na obou foťácích je stejné skličko!



V prípade IR filtru je situácia opačná: Vlevo tak, jak ho vidí lidské oko. Vpravo vyfocený přes skličko z ovládače - focena byla tedy jen infračervená složka. Filtr se zde jví jako zcela neprůhledný.

12

Optické prvky: šošovky

Lens, Linse, Линза, čočka

Základné typy šošoviek

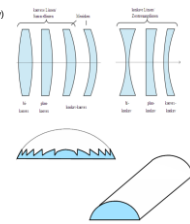
- spojky (spojné šošovky, konvexné šošovky)
- rozptylky (rozptylné šošovky, konkávne šošovky)

Reálny obraz - dá sa zachytiť na priemethu, napr. papier, prevrátený

Zdanlivý obraz - nedá sa zachytiť na priemethu, neprevrátený a zväčšený

Tvary šošoviek

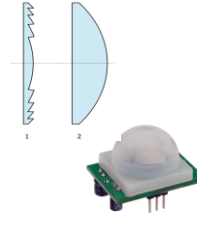
- spojné (dvojvypuklá, plosovypuklá, dutovypuklá)
- rozptylné (dvojdutá, plosodutá, vypuklodutá)
- Fresnelova šošovka
- vlnová šošovka



13

Fresnelova šošovka

Fresnel lens



14

Optické prvky: šošovky

lens

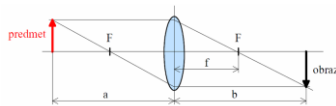
Ostrý obraz - platí zobrazovacia rovnica :

$(6 - 1)$ zväčšenie $(6 - Z)$

Zaostrovanie

a i f sú dané, zaostrenie zmenou b

Pre predmet $v \rightarrow \infty$ je $b = f$, pre všetky ostatné a je b väčšie



15

Zobrazovacia rovnica

lens equation

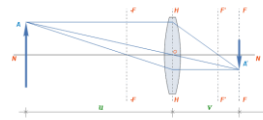
$$Z = \frac{A'}{A} = \frac{-v}{u} = \frac{v-f}{f} = \frac{-f}{u-f}$$

Zobrazovacia rovnica:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

Ohniková vzdialenosť:

$$f = \frac{v \cdot u}{v + u}$$



Z - priechne zväčšenie šošovky

A - výška predmetu v (m)

A' - výška obrazu v (m)

u - vzdialenosť predmetu od stredu šošovky v (m)

v - vzdialenosť obrazu od stredu šošovky v (m)

f - ohniková vzdialenosť šošovky v (m)

Prevrátená hodnota ohnikovej vzdialenosti je optická mohunosť (φ)

16

Zobrazovacia rovnica

Znamienková konvencia

predmetová vzdialenosť u
kladná ($u > 0$) pred šošovkou
záporná ($u < 0$) za šošovkou

obrazová vzdialenosť v
kladná ($v > 0$) za šošovkou → obraz je skutočný
záporná ($v < 0$) pred šošovkou → obraz je neskutočný

ohnisková vzdialenosť

spojky +f

rozptylky -f

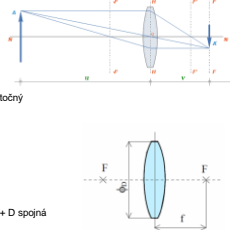
optická mohunosť

$$M = \frac{1}{f} [D; m]$$

jednotka je dioptria D

+ D spojná

priemer šošovky Φ_0 , (svetelnosť)

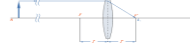


17

Optické prvky: šošovky

zobrazovanie

Predmet je nekonečne vzdialený a jeho obraz je nekonečne malý



Predmet je vzdialený viac ako 2x ohniková vzdialenosť šošovky ($u > 2f$).

Obraz je:

- skutočný $v > 0$

- zmenšený $|z| < 1$

- prevrátený $z < 0$



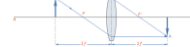
Predmet je vzdialený presne 2x ohniková vzdialenosť šošovky ($u = 2f$).

Obraz je:

- skutočný $v > 0$

- rovnaký $|z| = 1$

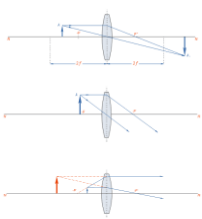
- prevrátený $z < 0$



18

Optické prvky: šošovky

zobrazovanie



Predmet je vzdialený menej ako 2x a viac ako 1x, ohnisková vzdialenosť šošovky: Zbzoof

Obraz je:
 - skutočný v<0
 - zväčšený |z|>1
 - prevrátený z<0

Predmet je rovnako vzdialený ako ohnisková vzdialenosť šošovky: u=ff
 Obraz sa vytvorí v nekonečne

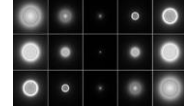
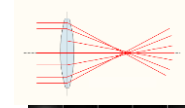
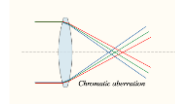
Predmet je vzdialený menej ako ohnisková vzdialenosť šošovky: u<ff

Obraz je:
 - neskutočný v>0
 - zväčšený |z|>1
 - priamy z>0

19

Optické prvky: šošovky

optické vady



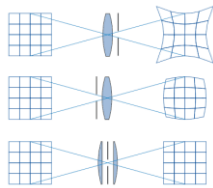
chromatická aberácia
farebná chyba

sférická aberácia
guľová chyba

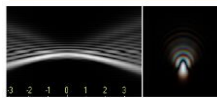
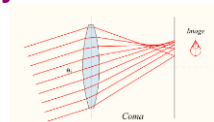
20

Optické prvky: šošovky

optické vady



skreslenie



koma

21

Optické prvky: šošovky

parametre

Relatívny otvor, pri objektívoch 'svetelnosť' s

$$s = \frac{f [mm]}{\Phi_D [mm]} s \geq 1$$

Každý ďalší člen prepúšťa 1/2, alebo 2x svetla oproti susednému normalizovaný rad 1 – 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22 –

Najznámejšie sústavy sú:

- kondenzor – 2 až 3 šošovky (jednoduchšie len 1)
- objektív – 3 ÷ 20 šošoviek, zobrazovanie

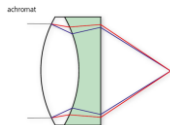
22

Optické prvky: objektív

objektív – 3 ÷ 20 šošoviek

tmelené členy - achromat

achromat



23

Optické prvky: clony

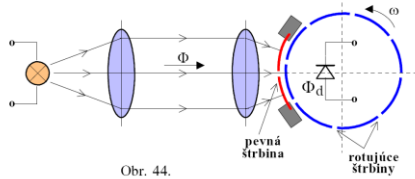
Aperture, Blende, Апертура



Zmena hĺbky ostrosti, ale aj spektrofotometer – zúženie spektra za hranolom

24

optická štrbina – príklad snímač otáčok



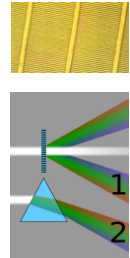
Obr. 44.

25

Optické prvky: optická mriežka

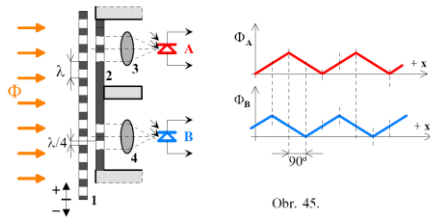
diffraction grating, gitter Дифракционная решётка

- rozlišovacia schopnosť mriežky
počet vrypov, (600 – 2400 na 1 mm)
- mriežková konštanta
vzdialenosť medzi dvoma vrypmi



26

optická mriežka – príklad snímač polohy



Obr. 45.

27

Vláknová optika

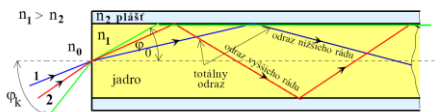
fiber optics

- prenos obrazu zväzkom elementárnych svetlovodov
- prenos analógových signálov (náročné)
- prenos digitálnych signálov
- optovláknové senzory



28

Elementárny svetlovod



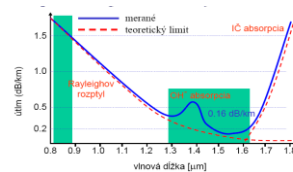
absolútny odraz od rozhrania dvoch prostredí

- MM – multimódové / mnohovidové
- SM – jednovidové / monomódové

• Materiál: SiO₂ (sklo), plastové

29

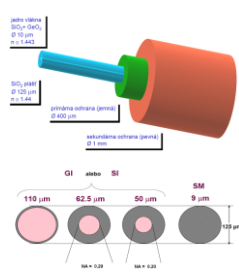
Vláknová optika – útlm



- $\lambda = 1 \mu\text{m}$ (min. straty pre $1,2 \mu\text{m}$ – perspektívne $1,5 \mu\text{m}$)
- $\alpha = 0,3 \text{ dB / km}$
- IČ absorpcia, Rayleighov rozptyl, OH absorpcia
- (optické vlákna sú citlivé na vlhkosť, potreba zabaliť do ochranného obalu)

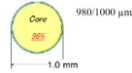
30

Konštrukcia optovláčien



konštrukcia Single-Mode (SM) vláčna

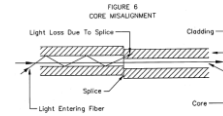
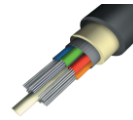
konštrukcia plastového MM vláčna



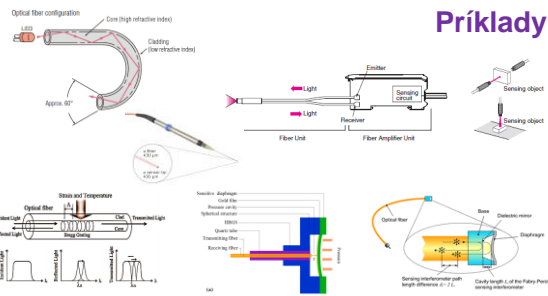
Štandardné prierezy komunikčných optických vláčien

31

Konštrukcia optovláčien



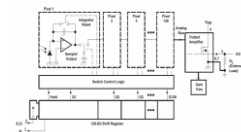
32



Príklady

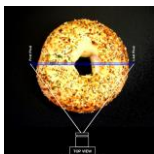
33

Riadkový CCD snímač TAOS TSL 1401 CL

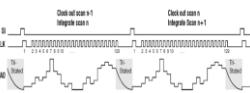


34

Riadkový CCD snímač TAOS TSL 1401 CL

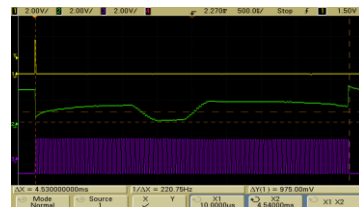


- .1 x 128 pixels
- .0 - 5 V output for each pixel
- .1 pixel / 1 clock pulse



35

Riadkový CCD snímač TAOS TSL 1401 CL

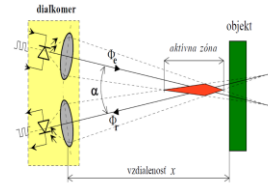


36

Optical distance sensors

37

6.2. Optické princípy Optické diaľkometry Optical rangefinder

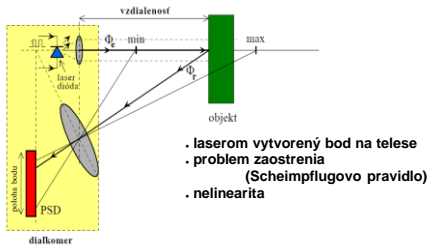


- malé α – dlhá úzka aktívna zóna (väčšie x)
- veľké α – krátka široká aktívna zóna
→ proximítne snímače
- amplitúda úmerná vzdialenosti
- poruchové vplyvy presnosť malá
- modulovaný svetelný tok
- optika (šošovky, zrkadlá)

Reflexný optický diaľkometer

38

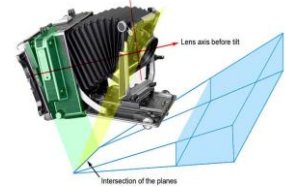
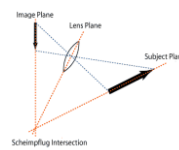
6.2. Optické princípy Triangulačný diaľkometer



- . laserom vytvorený bod na telese
- . problém zaoštrienia (Scheimpflugovo pravidlo)
- . nelinearita

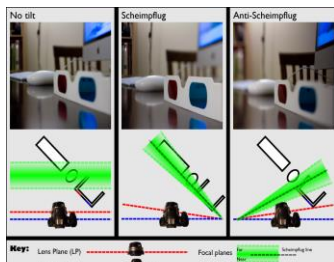
39

6.2. Optické princípy – Triangulačný diaľkometer Scheimpflugovo pravidlo



40

6.2. Optické princípy – Triangulačný diaľkometer Scheimpflugovo pravidlo

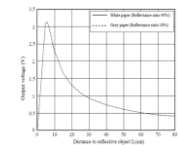


41

6.2. Optické princípy Triangulačný diaľkometer

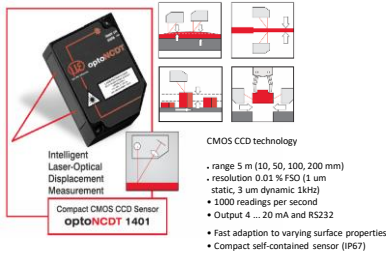


SHARP GP2Y0A21YK0F Distance Measuring Sensor Unit
Measuring distance: 10 to 80 cm
Analog output type



42

6.2. Optické princípy Triangulačný diaľkomer



43

6.1. Kamery v automobiloch case study

44

6.3. Čiarové kódy barcode



- lineárne
- dvojrozmerné
- moderné identifikačné prvky

45

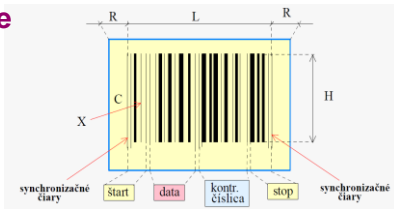
6.3. Čiarové kódy Lineárne – linear barcode

- Lineárne - sústava čiar a medzier**
- menšia kapacita (tradičné len čísla, cca 20 znakov)
 - jednoduchšia tvorba (tlač)
 - jednoduchšie čítanie
- Požiadavky:**
- presná geometria
 - šírka čiar a medzier
 - dostatočný kontrast
 - ideálny čierny na bielom podklade (**neleskly !!**)
 - farebná kombinácia
 - ak nemá kód rušiť na obale
 - utajené kódy
 - okom neviditeľný, číta sa IR žiarením



46

6.3. Čiarové kódy Lineárne



- X - šírka modulu (najtenšia čiara - medzera)
- R - svetlé pásmo (min 2,5 mm, resp. 10 X)
- H - výška kódu (min. 0,1 L ručné, 0,2L skener.....)
- L - dĺžka kódu (štart - stop)
- C - kontrast (jaspozadia - jasčiary) / jaspozadia
- synchronizačné čiary (okrajové) - určujú štart-stop



47

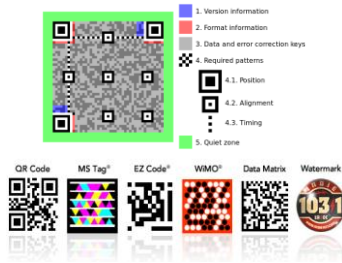
6.3. Čiarové kódy Plošné (2D)

- plošné 2D - sústava plošných útvarov (DataMatrix, PDF417, MaxiCode...)**
- vyššia kapacita (až 4 kB)
 - zložitejšia tvorba a čítanie
 - čítanie kamerou (image sensors)



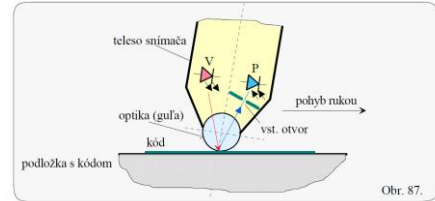
48

6.3. Čiarové kódy Plošné (2D)



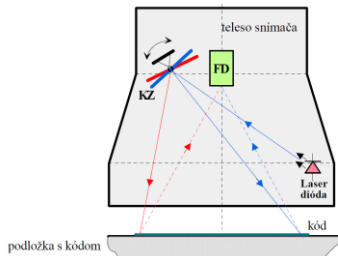
49

6.3. Čiarové kódy Lineárne – skenery



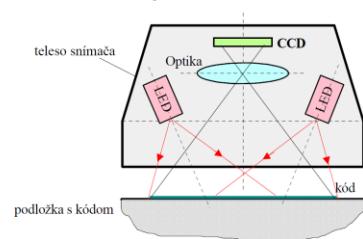
50

6.3. Čiarové kódy Lineárne – skenery



51

6.3. Čiarové kódy Lineárne aj plošné



52

6.3. Moderné kódy RFID – radio-frequency identification



53

6.3. Moderné kódy NFC – near field communication



54