

6. přednáška KEE/ESV

6. přednáška KEE/ESV

6. přednáška KEE/ESV

6. přednáška KEE/ESV

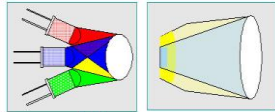
LED

Výroba bílého světla

(2 500 až 4 000 K – teplé odstíny, 5 000 až 10 000 K – studené odstíny)

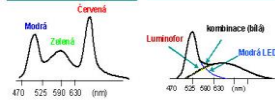
1. Míchání světla R, G, B

- Náročný software a hardware
- Riziko rozdílné rychlosti degradace čipů – posun barvy vyzařovaného světla během života
- Nižší výsledný jas



2. Fosforescence luminoforů

- a) Modrá dioda InGaN budící luminofor ytřito-hliníty granát aktivovaný cerem ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$)
- Energeticky úspornější a menší rozměry
 - Horší R_a – R a G



- b) Třípásmový luminofor a UV záření

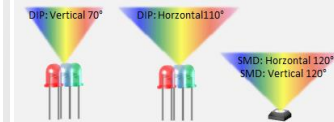
- $R_a > 85$

LED

| T_{en} (K) | RGB | | | modrá LED + luminofor | | |
|------------------------|-----------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|
| | R_a (-) | | | R_a (-) | | |
| | 70 | 85 | 90 | 70 | 85 | 90 |
| 2 700 | 287 | 273 | 264 | 211 | 200 | 196 |
| 3 800 | 273 | 261 | 254 | 199 | 190 | 189 |
| 5 000 | 255 | 245 | 239 | 189 | 182 | 179 |

- Světlo vyzařované čipem se usměrňuje pomocí vhodných optických prvků a krytu z epoxidové pryskyřice (barva shodná s barvou vyzařovaného světla)

- Konfigurace reflektoru – určuje úhel vyzařování světelného svazku (8 až 120°)



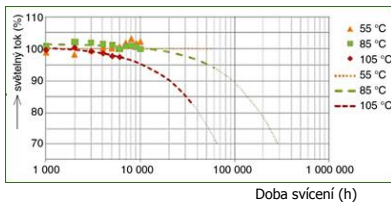
Sférická plocha - snižuje ztráty totální vnitřní reflexí a působí jako čočka – zmenšuje vyzařovací úhel
→ **rovinová plocha** – seřiznutím čočky

6. přednáška KEE/ESV 23. března 2016

8

LED

- Zvýšení světelného toku** – zapojení několika čipů do série či krystal se zvětšenou plochou se zajištěním chlazení PN přechodu (mezí hodnoty 85 až 100° C)

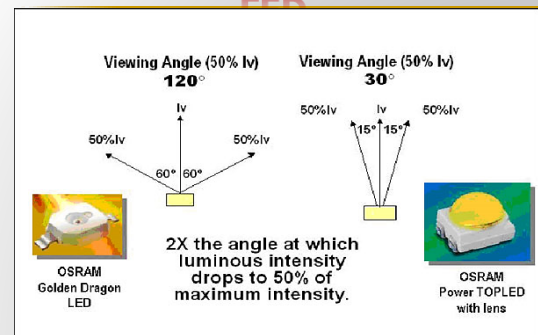


6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

9

LED

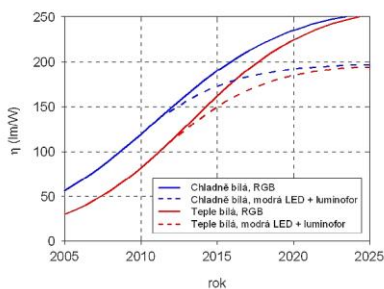


6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

10

LED



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

11

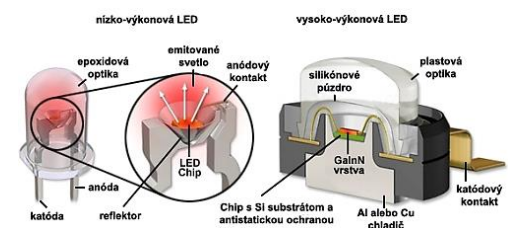
LED

Dnes

- Přiklon až 10 W
- Proud řádově jednotky A
- Světelný tok až 1 000 lm

Rozdělení

- Diody o malém výkonu (1 až 2 mA)
- Standardní diody ($I > 20$ mA)
- Vysoko – výkonné LED ($I > 350$ mA)



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

12

LED

ROZDĚLENÍ SVĚTELNÝCH DIOD PODLE VÝKONU

Standardní LED



$P = 0.1 - 1 \text{ W}$
 $\Phi = 10 - 100 \text{ lm}$

Lineární a plošné
zdroje světla

Výkonové HP LED



$P = 1 - 5 \text{ W}$
 $\Phi = 100 - 700 \text{ lm}$

Bodové a lineární
zdroje světla

Vícečipové COB LED



$P = 5 - 180 \text{ W}$
 $\Phi = 0.7 - 18 \text{ klm}$

Bodové zdroje
světla

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

13

LED



Použití samotných LED je omezené – sestávají se do určitých celků
- Náhrada dosud používaných zdrojů

❖ LED žárovky

❖ Reflektorové

❖ Speciální (trubicové, pro chladničky, atd.)

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

14

LED

Výkon LED světelného zdroje je výsledkem kombinace tří skupin komponent



Optika LED žárovky

umožňuje přesně usměrňovat světelný tok světloemittující diody (LED) – umožňuje dosáhnout stejného nebo lepšího světelného efektu LED zdroje jako v případě nahrazovaného klasického světelného zdroje (tvar světelného paprsku, intenzita, barevné podání, teplota chromatičnosti apod.)

Elektronika LED světelného zdroje

elektronické řízení proudu protékajícího samotným čipem (musí být naprosto kompatibilní s napájecí sítí) a současným elektronickým vybavením, jako jsou stmívače a transformátory

Mechanické a chladičové součásti

zajištění mechanické kompatibility (tvar, rozměry) tak, aby zdroj bylo možné použít v současných svítidlech a typech patič. Chlazení je vzhledem k velké tepelné citlivosti polovodičových součástek naprosto klíčové pro správné fungování LED světelného zdroje a k zajištění jeho dlouhé životnosti

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

15

LED



• LED 3.90W = 35W

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

16

LED

Výhody

- Geometrické parametry - malé rozměry
- Spojování do série – vyšší světelné toky
- Snadná regulace a ovládání
- Minimální doba náběhu
- Plná stmívatelnost bez změny barvy
- Energeticky úsporné osvětlení
- Dynamické řízení intenzity a barvy světla
- Vysoký jas
- Vysoká účinnost, měrný výkon až 160 lm/W – běžně 70 lm/W
- Vysoké R_a
- Lze vytvořit UV i IR záření
- Doba života až 100 000 h
- Teplota okolí -30 až 60° C
- Mechanická odolnost
- Neobsahují Hg



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

17

LED

Nevýhody

- Nutné chlazení PN přechodu
- Velká závislost na okolní teplotě
- Vysoká cena

Použití

- **speciální OS** – signalizace elektrické zařízení, dopravní značení, palubní desky aut, zobrazovací technika a reklamní osvětlení, čtení čárových kódů, optické myši PC, dliní svítliny, vytváření hmot, atd.

- **zdravotnictví** – dezinfekce vzduchu, terapie kožních a vnitřních nemocí

- **venkovní OS** – architekturní osvětlení budov, VO, tunely, optické vedení řidiče

- **vnitřní OS** – byty, kanceláře, muzea, obchody, atd.

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

18

LED



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

19

PŘEHLED

Světelný tok obyčejných žárovek a jejich náhrad

| druh žárovky | Světelný tok v lumenech (lm) a vhodné náhrady | | |
|-----------------------|---|-------------------|-------------|
| | OBYČEJNÁ ŽÁROVKA | KOMPAKTNÍ ŽÁRIVKA | LED ŽÁROVKA |
| 15W obyčejná žárovka | 90 | 125 | 136 |
| 25W obyčejná žárovka | 200 | 229 | 249 |
| 40W obyčejná žárovka | 400 | 432 | 470 |
| 60W obyčejná žárovka | 700 | 741 | 806 |
| 75W obyčejná žárovka | 900 | 970 | 1055 |
| 100W obyčejná žárovka | 1300 | 1398 | 1521 |

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

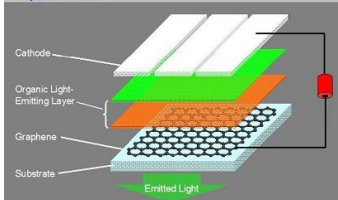
20

OLED

Budoucnost ?

- = organické světelné diody
- luminiscenční vrstva z organických sloučenin

Graphene OLED



6. přednáška KEE/ESV

23. března



6. přednáška KEE/ESV 23. března 2016

22

SVÍTIDLA

SVÍTIDLA

= zařízení, která **rozdělují, filtrují nebo mění světlo** vyzařované jedním nebo více světelnými zdroji.

- obsahují světelné zdroje, díly pro upevnění a ochranu zdrojů, pomocné obvody, vodiče

- musí splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhé životnosti a spolehlivosti a z hlediska teploty **nesmí být nebezpečná pro své okolí**.

☐ Světelné činné části svítidel

☐ Konstrukční části svítidla

☐ Elektrické části

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

23

SVÍTIDLA

Třídění svítidel

= základní rozdělení dle účelu, ke kterému jsou určena

Klasifikace svítidel

= podrobnější třídění v rámci určité skupiny svítidel dle konkrétních vlastností (vhodné pro projektanty, výrobce, atd.)

• Třídění svítidel

- Není tak jednoduché a jednoznačné jako u SZ
- Vysoký počet aplikačních oblastí a zrakových úkolů
- Pro jednu oblast použití či pro jeden úkol lze použít i několik různých typů svítidel a naopak

Rozdělení dle účelu



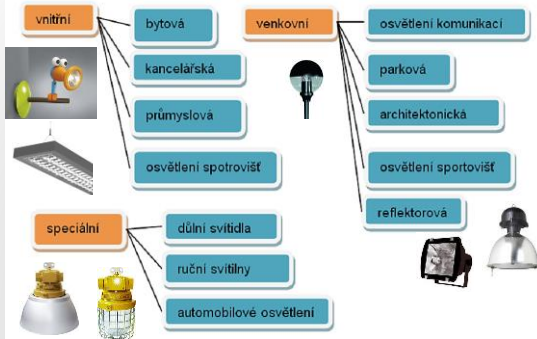
- Technická
- Dekorační
- Orientační a signalizační



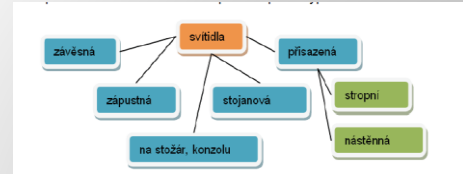
6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

TŘÍDĚNÍ SVÍTIDEL – DLE POUŽITÍ



ROZDĚLENÍ SVÍTIDEL – DLE TYPU MONTÁŽE



Důležité rozdělení – dle použitého zdroje

Svítidla pro:

- Kompaktní zdroje
- Žárovky
- Výbojky
- LED

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

26

VLASTNOSTI SVÍTIDEL

- **Světelné technické**
 - Charakteristika vyzařování světelného toku do okolí
 - Popis jasových poměrů svítidla ovlivňující riziko možného vzniku oslnění
- **Elektrotechnické**
 - Ochrana před úrazem elektrickým proudem a EMC
- **Provozní technické**
 - Ochrana proti vniknutí prachu, pevných cizích těles a vody
 - Mechanická odolnost a odolnost proti výbuchu
 - Tepelné vlastnosti a požární bezpečnost
 - Provozní podmínky
- **Energetická náročnost**
 - Příkon, účinnost, měrný výkon svítidla
- **Vzhled svítidla**
 - Podstatné tam, kde tvoří důležitý estetický prvek
 - Hodnocení v zapnutém i vypnutém stavu

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

27

6. přednáška KEE/ESV 23. března 2016

ELEKTROTECHNICKÉ VLASTNOSTI SVÍTIDEL



28

ELEKTROTECHNICKÉ VLASTNOSTI

❖ Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Třídy ochrany (0 až III)

Třída 0 = základní izolace, bez možnosti připojení ochranného vodiče, označení **X** (v ČR není provoz a prodej povolen!!!)

| | |
|-------------------|---|
| Třída ochrany I | Označení místa připojení ochranného vodiče ke svorce používá se u všech kovových svítidel na nízké napětí |
| Třída ochrany II | Označení  , ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací. Používá se nejen u celoplastových svítidel. |
| Třída ochrany III | Označení  , Připojení pouze k SELV nebo PELV zdrojům, typicky halogenové žárovky na napětí 12V nebo LED. |

❖ Elektromagnetická kompatibilita – EMC

- Svítidla musí být dočasně odolná **proti elektromagnetickému rušení** a zároveň nesmí být zdrojem rušení
- Posouzení z hlediska elektrostatických výbojů, spojitého rušení a rušení spojitého s napájecí sítí

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

29

ENERGETICKÁ NÁROČNOST

◦ Příkon svítidla

- Většina SZ mimo žárovek potřebují předřadné přístroje

= elektrický příkon, který je odebrán z napájecí sítě pro provoz světelných zdrojů a na krytí ztrát v předřadných přístrojích v zapnutém stavu

- Na štítku udán pouze příkon světelného zdroje
- **Celkový příkon** – pouze z katalogových listů svítidel

◦ Měrný výkon svítidla

= poměr světelného toku vyzařovaného svítidlem a příkonu svítidla

$$l = \frac{\Phi_{sv}}{P_{sv}} = \frac{\Phi_z \cdot \eta_{sv}}{P_z + P_p} \quad (lm/W)$$

Provozní účinnost svítidla

Příkon zdrojů Příkon předřadných zařízení

6. přednáška KEE/ESV

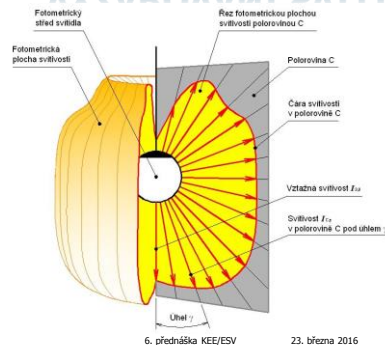
23. března 2016

30

SVĚTELNĚTECHNICKÉ VLASTNOSTI SVÍTIDEL

31

VYZAŘOVÁNÍ SVÍTIDEL



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

32

VYZAŘOVÁNÍ SVÍTIDEL

- Důležité pro použití v praxi
- Nejobecnější popis poskytuje tzv. **fotometrická plocha jas** (jas = veličina na kterou reaguje oko pozorovatele)
 - Výpočet světelně technických parametrů v libovolné vzdálenosti od svítidla
 - Složitá aplikace – použití pro zjednodušení tzv. **fotometrické plochy svítivosti**
 - ✓ Svítidla jsou považována jako bodový zdroj světla
 - ✓ Řezy touto plochou jsou tzv. **čáry (křivky) svítivosti svítidel** – pro zjištění se využívají **fotometrické roviny**

Pro orientační popis – křivky svítivosti uváděny pouze ve vybraných polorovinách (většinou jsou zobrazovány v polárních souřadnicích, ale mohou být i v kartézských, popřípadě jsou hodnoty uvedeny v tabulce)

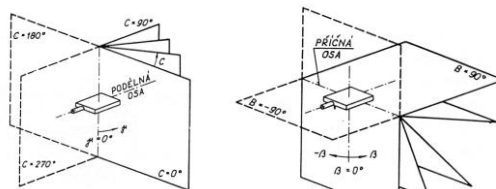
- Rotačně souměrné vyzářující svítidla** – tvar křivek svítivosti je ve všech polorovinách C shodný – pouze jedna křivka svítivosti **C0**
- Rotačně souměrné dle dvou rovin** – **C0-C180** a **C90-C270**

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

33

VYZAŘOVÁNÍ SVÍTIDEL



• **Nejpoužívanější**

- Použití jako doplňková např. u světlometů

6. přednáška KEE/ESV

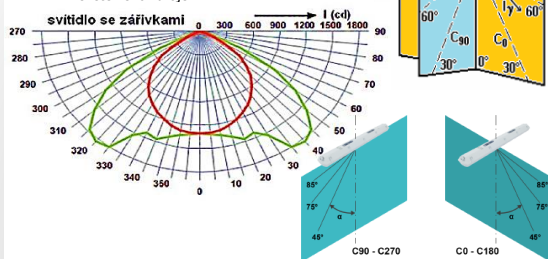
23. března 2016

34

VLASTNOSTI SVÍTIDEL

Lineární světelné zdroje

- rovina C0-C180 je kolmá na osu světelného zdroje



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

35

TŘÍDĚNÍ

Svítidla pro všeobecné osvětlování

= určena pro osvětlení prostoru a míst zrakového úhlu

Třídění svítidel dle rozložení světelného toku do **horního** a **dolního poloprostoru**

| Třída rozložení světelného toku | Svítidlo | Rozdělení světelného toku v % toku svítidla do poloprostoru | |
|---------------------------------|------------------|---|----------|
| | | dolního | horního |
| I | přímé | nad 80 | do 20 |
| II | převážně přímé | 60 až 80 | 40 až 20 |
| III | smíšené | 40 až 60 | 60 až 40 |
| IV | převážně nepřímé | 20 až 40 | 80 až 60 |
| V | nepřímé | do 20 | nad 80 |



přímé



převážně přímé



smíšené



převážně nepřímé



nepřímé

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

36

| Tvar křivky svítivosti (obr. 7-4) | | Oblast úhlů max. svítivosti | Čísel K _F tvaru |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------|--|
| označení | název | (°) | |
| a | koncentrovaná | 0 až 15 | $K_F \geq 3$ |
| b | hluboká | 0 až 30, 150 až 180 | $2,0 \leq K_F < 3$ |
| c | kosinová | 0 až 35, 145 až 180 | $1,3 \leq K_F < 2$ |
| d | pološiroká | 35 až 55, 125 až 14 | $1,3 \leq K_F$ |
| e | široká | 55 až 85, 95 až 125 | $1,3 \leq K_F$ |
| f | rovnoměrná | 0 až 180 | $1,3 \leq K_F$, přičemž $I_{\min} < 0,7 \cdot I_{\max}$ |
| g | sinusová | 70 až 90, 90 až 100 | $1,3 < K_F$, přičemž $I_0 < 0,7 \cdot I_{\max}$ |

I_0 je svítivost v optické ose svítidla, I_{\min} min. svítivost, I_{\max} max. svítivost

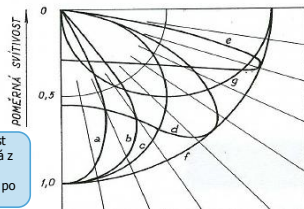
Třídění svítidel tvaru křivky svítivosti

Čísel tvaru křivky svítivosti
= tvar křivky – dle tabulky přiřazení příslušného označení

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{\text{stř}}}$$

$$I_{\text{stř}} = \frac{1}{9} \sum_{\gamma=5}^{85} I_{\gamma}$$

Svítivost odečtená z křivky svítivosti po 10°



JAS SVÍTIDLA

Důležité pro hodnocení oslnění

= jas světelně činných částí svítidla v jednotlivých směrech

- Určuje se **průměrný jas** celé světelně činné plochy či **jednotlivé jasy dílčích částí** této plochy
- Dílčí jasy - u větších světelně činných ploch - určení maximálního jasu v daném směru
- Měření goniofotometrem, jasoměrem popřípadě komplexní a orientační posouzení digitálním fotoaparátem přizpůsobeným na fotometrická měření

$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{A \cdot \cos \gamma}$$

Kritická oblast 45 až 85°
od vodorovného pohledu

- **Omezení** – mechanickým oddělením SZ – clony, stínidla, rozptylné kryty
X omezení oslnění → snížení účinnosti svítidla!!!!

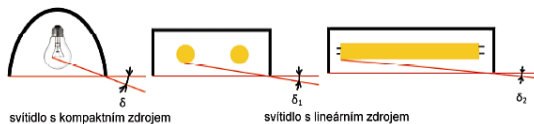
6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

38

JAS SVÍTIDLA

Úhel clonění



Úhel clonění δ udává míru zclonění světelného zdroje svítidlem

= nejmenší ostrý úhel mezi vodorovnou rovinou a přímkou spojující okraj svítidla se světelným zdrojem. U čiré žárovky je to její vláknko, u opalové zářivky nebo výbojky je to povrch baňky.

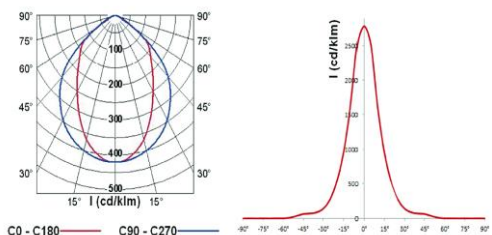
6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

39

VLASTNOSTI SVÍTIDEL

Polární souřadnice – názornější představa o vyzařování svítidel, kartézské jsou ale přesnější.



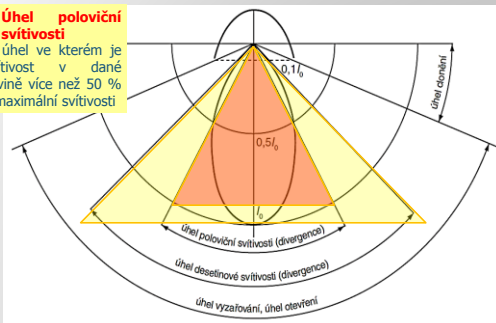
6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

40

Úhel poloviční (desetinné svítivosti)

- **Úhel poloviční svítivosti**
= úhel ve kterém je svítivost v dané rovině více než 50 % z maximální svítivosti



41

SVĚTELNĚ ČINNÉ ČÁSTI

= zajištění základní funkce svítidla

- Upravují **rozložení světelného toku** vyzařovaného SZ a upravují **fotometrické vlastnosti** svítidel
 - Rovnoměrné rozptýlení či usměrnění světelného toku, clonění, úprava spektrálního složení

Světelně činné části

- Reflektory
- Difuzory
- Čochy a refraktory
- Holografické optické prvky
- Světlovody
- Stínidla a kryty
- Filtry

Reflektorové zdroje = není třeba upravovat jejich světelné technické vlastnosti (např. halogenové žárovky, kompaktní zářivky)

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

42

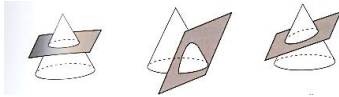
REFLEKTORY

- = **změna prostorového rozložení** světelného toku **odrazem**
- Kvalita materiálu ovlivňuje účinnost svítidla a spektrální složení odraženého světla

Rozdělení dle charakteru odrazných vlastností

❖ Zrcadlové – většinou pouze jeden odraz

- Přesný tvar křivky svítivosti (světlometry, uliční svítidla)
- Velká účinnost, rozmanité rozložení svítivosti, omezení jasu v kritických směrech
- Hliníkový plech, sklo či plast - pokovený
 - Kulový
 - Paraboloidní
 - Elipsoidní
 - Asymetrický



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

43

REFLEKTORY



❖ Matované

- Se smíšeným odrazem, úhel maximální svítivosti odraženého svazku odpovídá úhlu dopadu
- Usměrnění toku a hladká křivka svítivosti
- Nahodilé či podélné kartáčování či leptání

6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

44

REFLEKTORY

❖ Difúzní

- Světlo dopadající z libovolného směru je **rovnoměrně rozptylováno do všech směrů** – jas ve všech směrech stejný
- Pro vytvoření **rovnoměrně rozptylného osvětlení**
- Kovy s matovanou povrchovou úpravou či nátěry, plasty



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

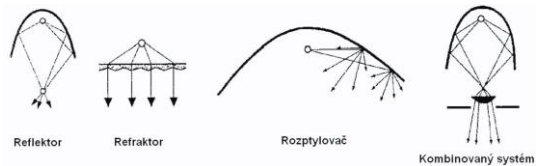
45

DIFUZORY, REFRAKTORY A ČOČKY

- Difuzory** (rozptylovač) = průsvitné materiály měnící prostorové rozložení světelného toku **rozptylem procházejícího světla** (difúzní kryty – zářivky) – opálové sklo nebo průsvitné plasty, **může měnit i odrazem**

○ Refraktory a čočky

= mění prostorové rozložení světelného toku **lomem světelných paprsků**



6. přednáška KEE/ESV

23. března 2016

46

Příště

SVÍTIDLA – JEDNOTLIVÉ ČÁSTI, ÚČINNOST SVÍTIDLA A VÝPOČTY SVĚTELNÉHO TOKU

SVĚTELNÉ POLE A INTEGRÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

49