

Plazmatické světelné zdroje

Nízkotlaké světelné zdroje, zářivky, sodíkové nízkotlaké výbojky,
Vysokotlaké plazmatické světelné zdroje, konstrukce a provoz, plazmové
zobrazovače



Gas Discharge Light Sources

Marco Miebach
Presentation incoherent light sources



Outline

- › Historical overview
- › Types of gas discharge light sources
 - › Build-up and function
 - › Advantages and Disadvantages
 - › Applications



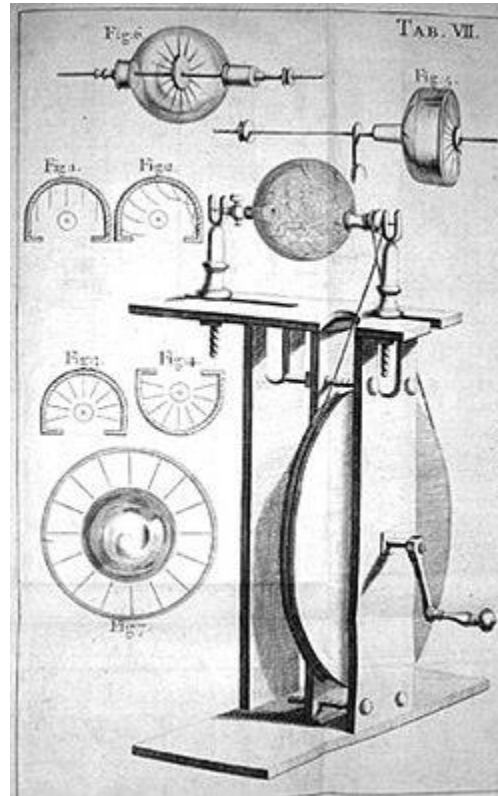
Historical overview

- 1675: Phenomenon of glowing vacant space in a Barometer while moving it, discovered by Jean-Felix Picard
- 1705: First Demonstration of gas discharge lamp by Francis Hauksbee
- 1857: Development of Geissler Tubes (low-pressure gas discharge tubes) by Heinrich Geissler
- 1898: Discovery of Neon by William Ramsay and Morris W. Travers
- 1910: Commercialization of Geissler Tubes as neon lighting, used in neon signs



Jean Picard (1620-1682)
Astronom
Zodpovědný za první
přesné měření poloměru
Země

Jean Picard si všiml, že prázdný prostor v jeho rtuťovém barometru zářil, jak se rtuť chvěla, když nesl barometr. Francis Hauksbee poprvé předvedl plynovou výbojku v roce 1705. Ukázal, že evakuovaná nebo částečně evakuovaná skleněná koule, do které umístil malé množství rtuti, nabíjená statickou elektřinou, může produkovat světlo dostatečně jasné, aby se dalo číst.

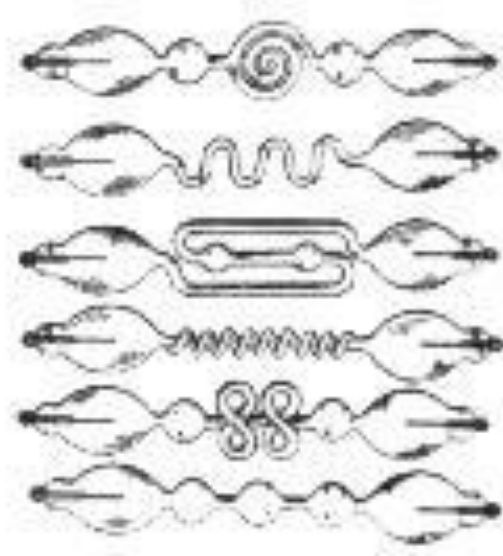


Generator built by Francis Hauksbee. From
Physico-Mechanical Experiments, 2nd Ed.,
London 1719

Geisslerovy trubice



Heinrich Geisler (1814-1879)



Dvě elektrody v trubici s plynem (neon, argon, krypron, xenon, vodík, CO₂) o nízkém tlaku, doutnavý výboj



Neonové výbojky



Komerčně produkoval Georges Claude od roku 1910

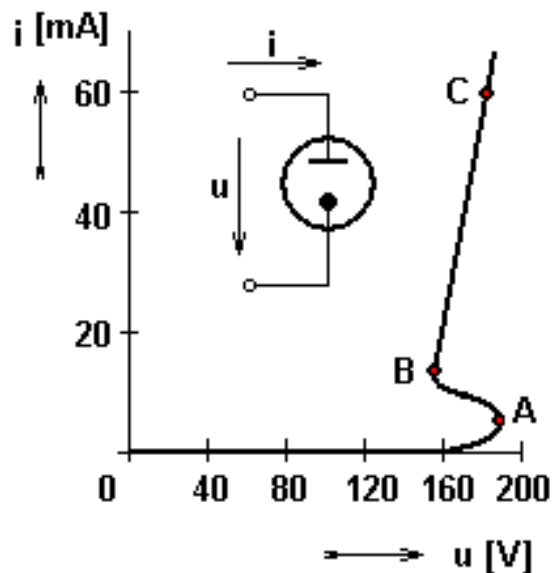
0.4 – 3 kPa, doutnavý výboj (hlavně pozitivní sloupec)

Oranžová barva (neon)

Další barvy s využitím jiných plynů (vodík – červená, helium – žlutá, CO₂ – bílá, rtuť – modrá) a luminoforů

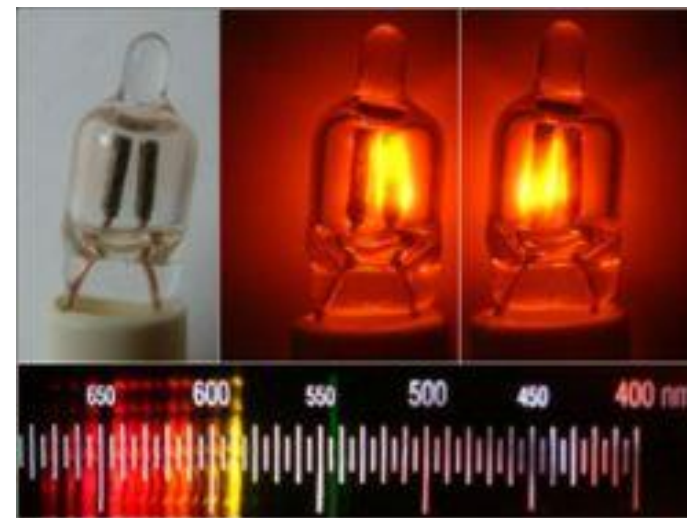


Neon glow lamp (doutnavka)



Tlak řádově stovky Pa
Dvě elektrody blízko sebe,
doutnavý výboj

Vypínače, indikátory, ochrana
proti přepětí, stabilizátory
napětí atd.



Zkoušečka

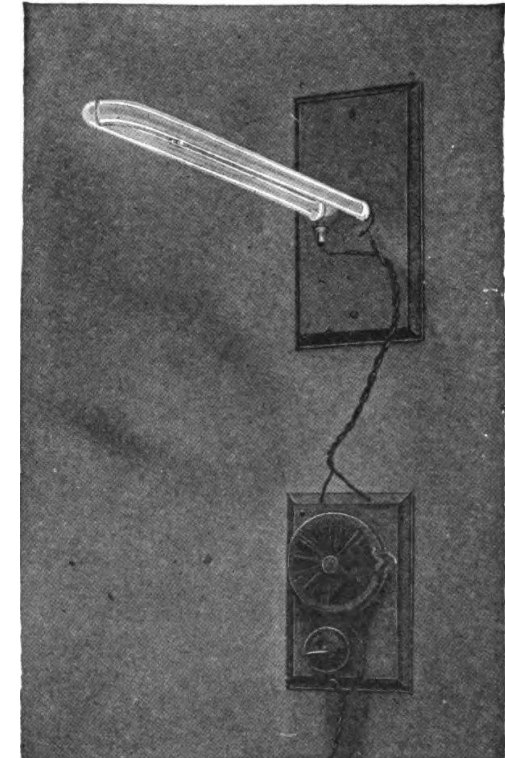
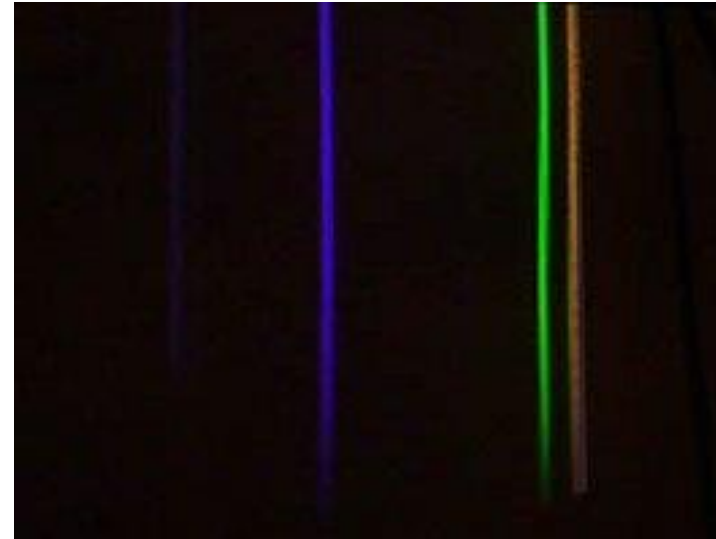


Overview:

- Low pressure gas discharge lamps
- High pressure gas discharge lamps
- Excimer lamp

Rtuťová výbojka (za atmosférického tlaku)

Wavelength (nm)	Name (see photoresist)	Color
184.45		ultraviolet (UVC)
253.7		ultraviolet (UVC)
365.4	I-line	ultraviolet (UVA)
404.7	H-line	violet
435.8	G-line	blue
546.1		green
578.2		yellow-orange
650		red



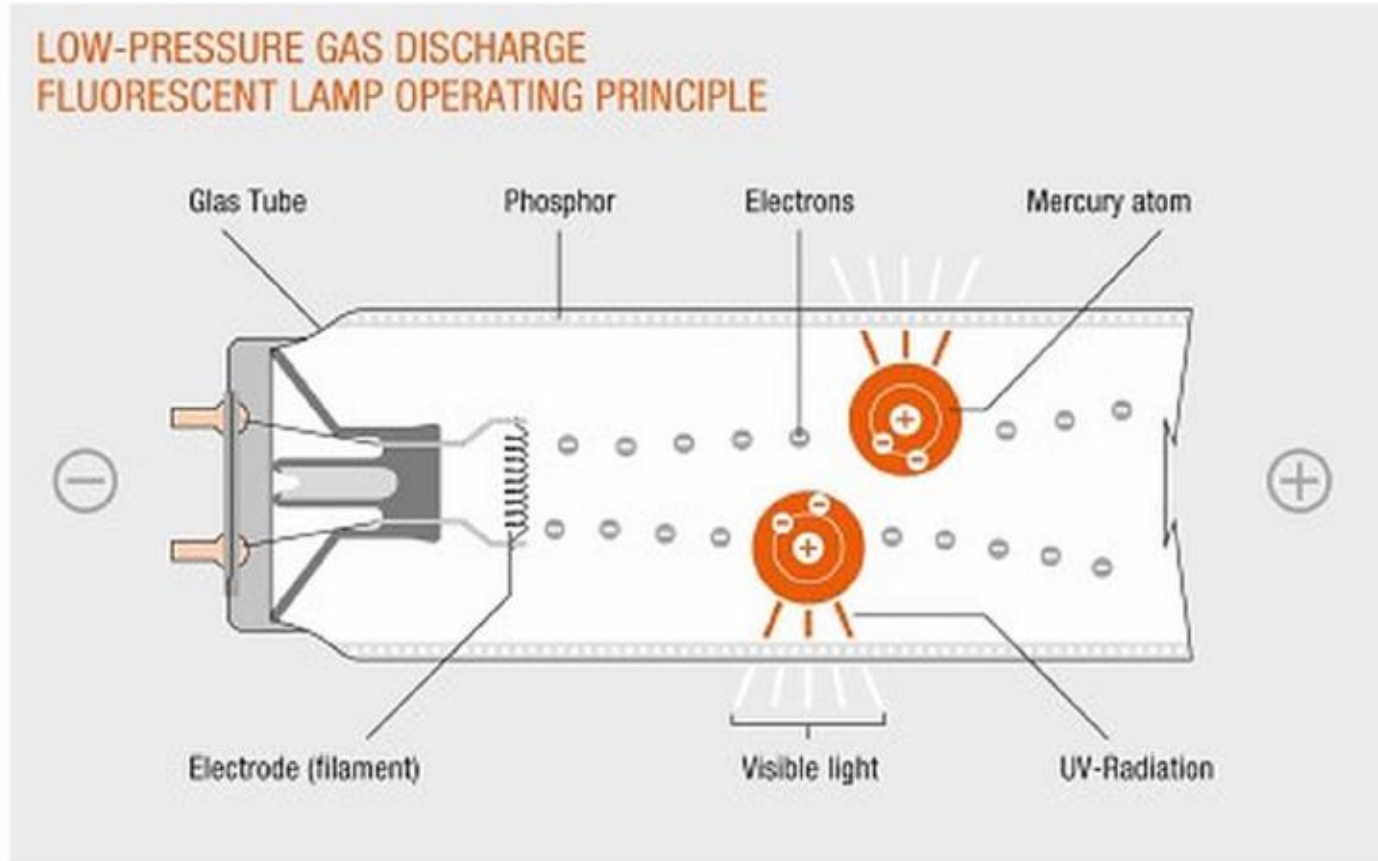
Výbojem v argonu se začne vypařovat rtuť a tlak vzroste na 2 – 18 atmosfér -> výboj v parách rtuti, tato nástupní fáze trvá několik minut během nichž lampa svítí čím dál tím více. Luminofor kolem výbojky se používá, aby bylo záření příjemnější pro oči).

Přítomnost silného ultrafialového záření se využívala k desinfekci.

Dnes se většinou k osvětlení nepoužívají (příliš mnoho rtuti)

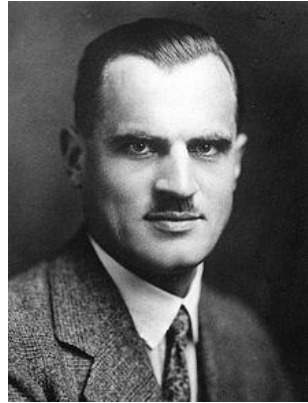
Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp



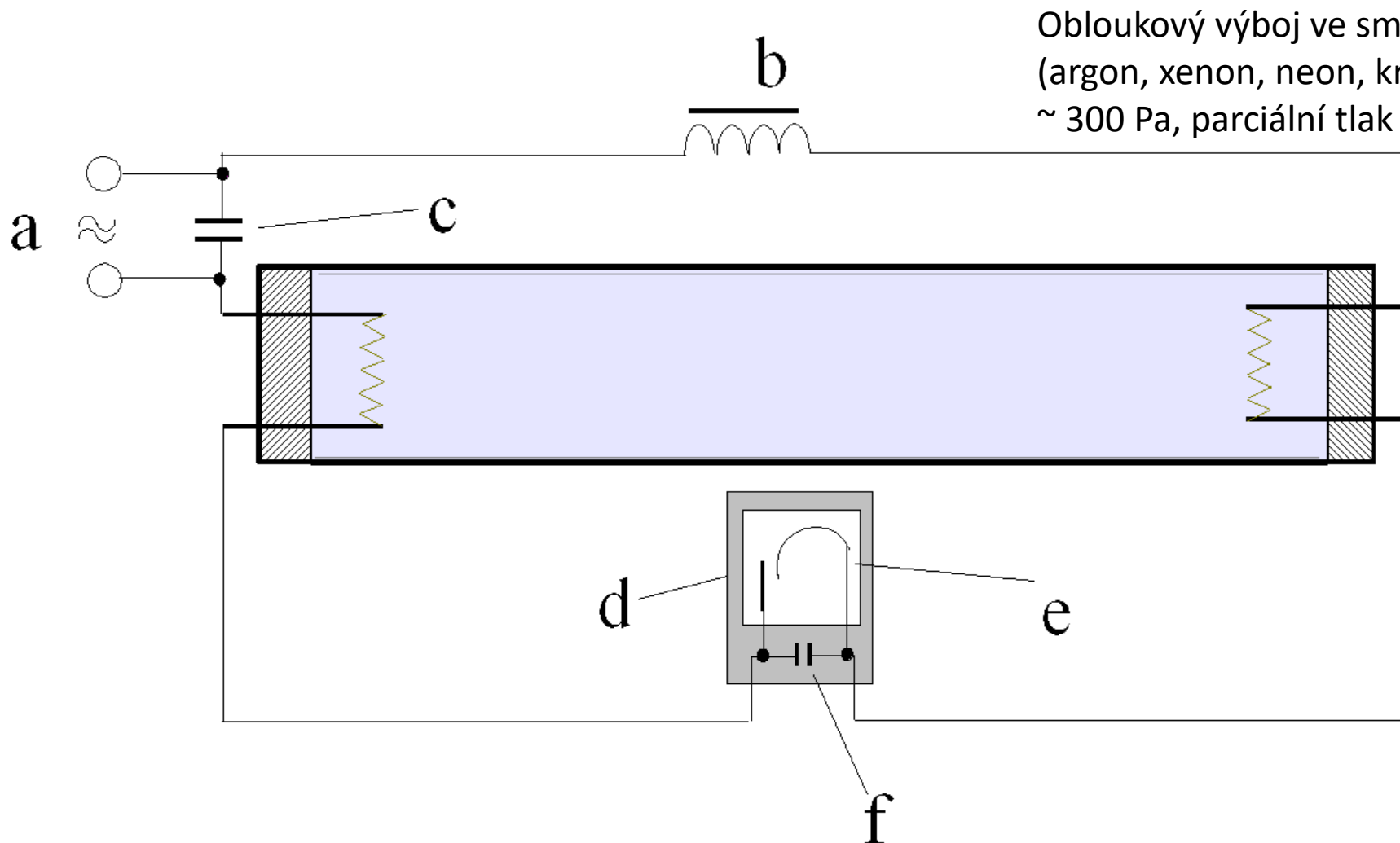
Sketch of a low pressure mercury vapour gas discharge fluorescent lamp.

Obloukový výboj v parách
rtuti



Komerční vývoj zářivek byl
inicializován výzkumy
Arthura Comptona (Nobel
prize 1927) ve třicátých
letech.

Zářivky (Low pressure fluorescent lamp)

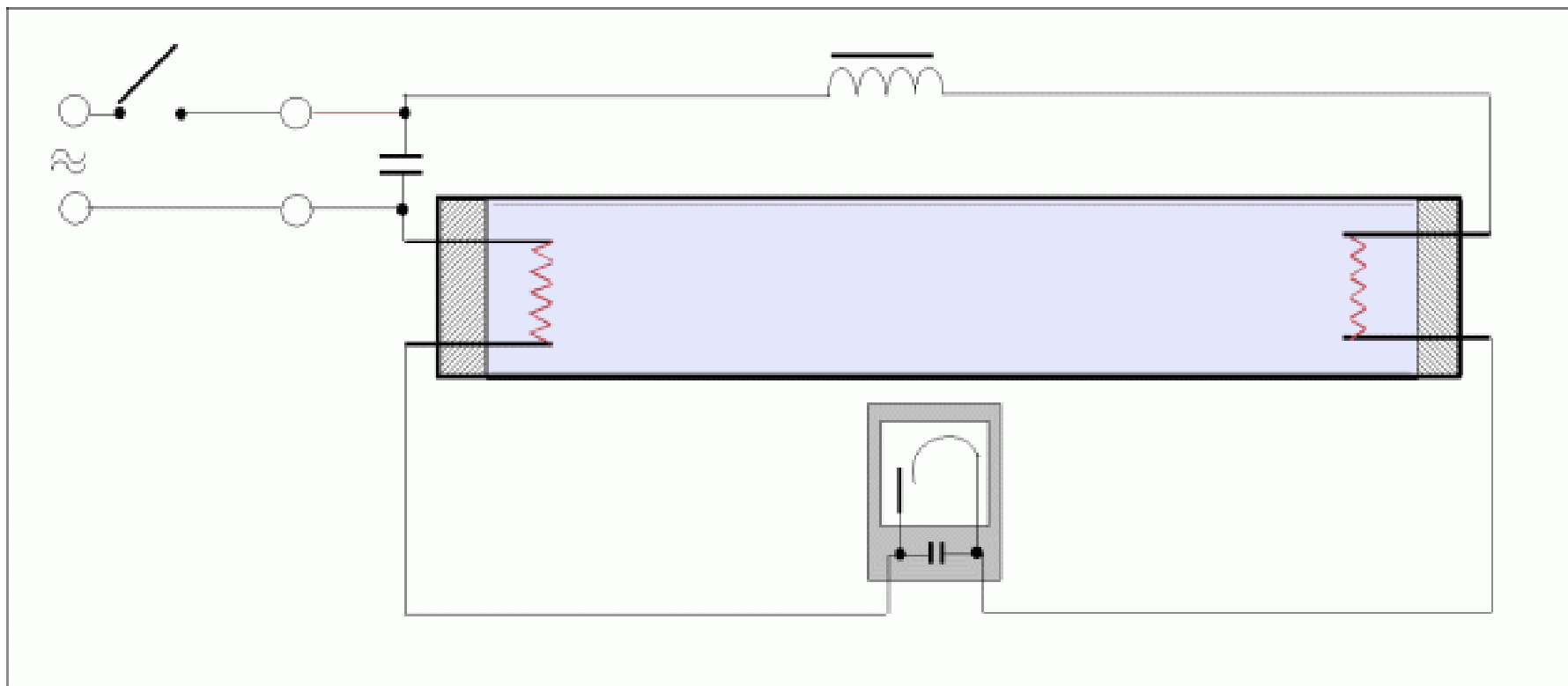


Obloukový výboj ve směsi vzácného/ných plynů (argon, xenon, neon, krypton) a rtuti. Celkový tlak ~ 300 Pa, parciální tlak rtuti ~ 0.8 Pa

Zapojení startéru a tlumivky k zářivkové trubici.
a - vstup, b - tlumivka, c - kompenzační kondenzátor, d - startér, e - bimetalová elektroda, f - odrušovací kondenzátor

Vyzařuje převážně na 185 a 254 nm (UV), proto musí být luminofor.

Zářivky (Low pressure fluorescent lamp)





Phosphor composition:

› „Old“ Halophosphate-type Phosphor:

- › Mainly emits yellow and blue light
- › Weak emission of red and green light
- › Appears white to the eye
- › Has incomplete Spectrum => CRI ~ 60

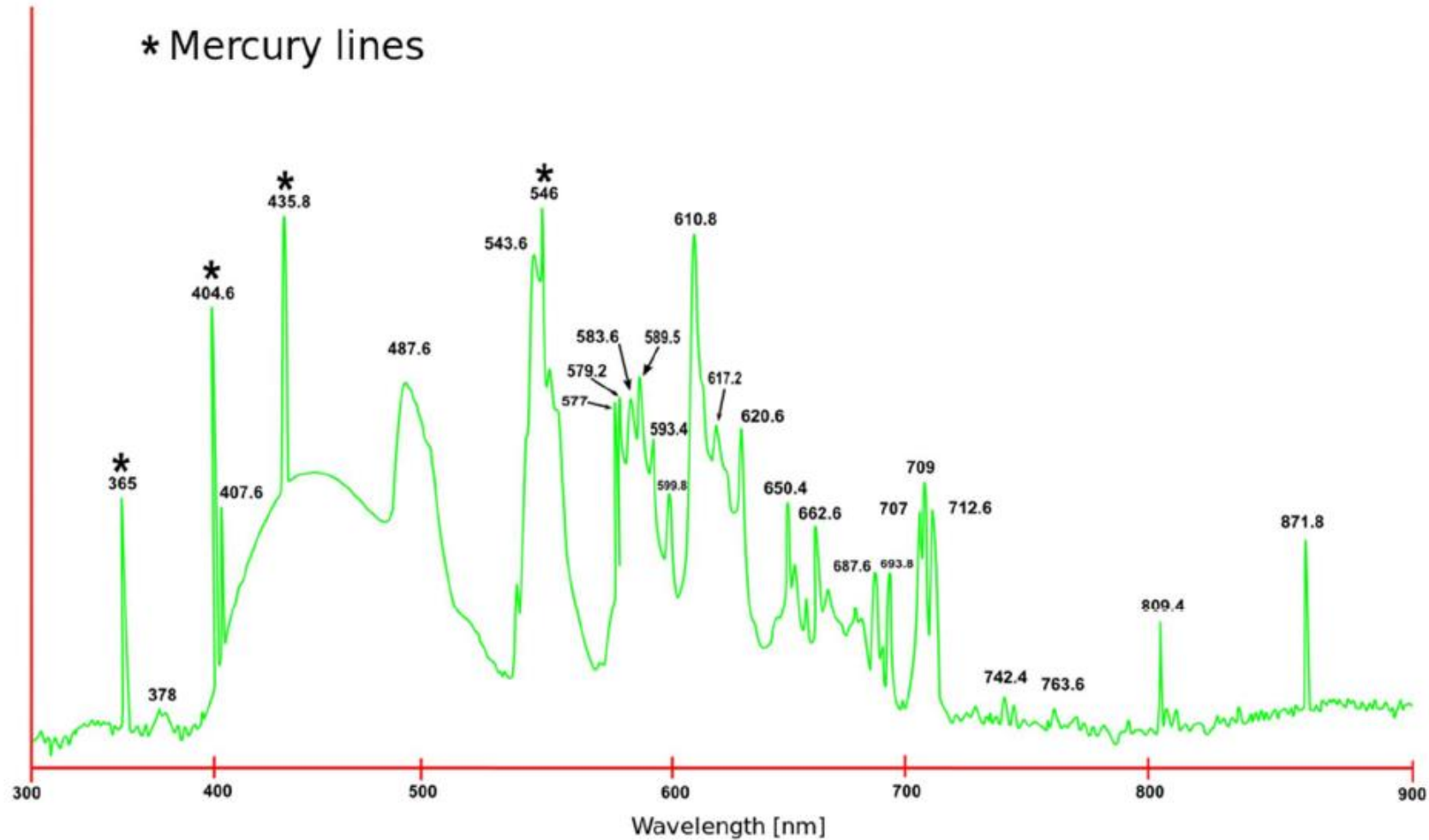
CRI – color rendering index (100 sun black body radiation)

› „New“ Triphosphor mixture (since 1990s):

- › Based on Eu and Tb
- › More evenly distributed VIS spectrum
- › CRI typically 82-100

Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp



Spectrum from a 48" Philips F32T8 natural sunshine fluorescent light

Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp



Advantages:

- ~ 22 % energy conversion (incandescent lamp 5 %)
- ~ 9000 h lifetime (10-20x of equivalent incandescent lamp)
- Diffuse and large light source
- Low heat emission (1/5 of equivalent incandescent lamp)



Disadvantages

- › Rapid aging if switched on and off frequently
- › Safety issues if broken (due to Mercury)
- › Disposal and recycling
- › Generation of harmonic currents in power supply
- › Arc generates radio frequency noise

Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp

Applications

- Lighting in shops, offices, tunnels, etc.
- Lighting in private households
- Plant cultivation

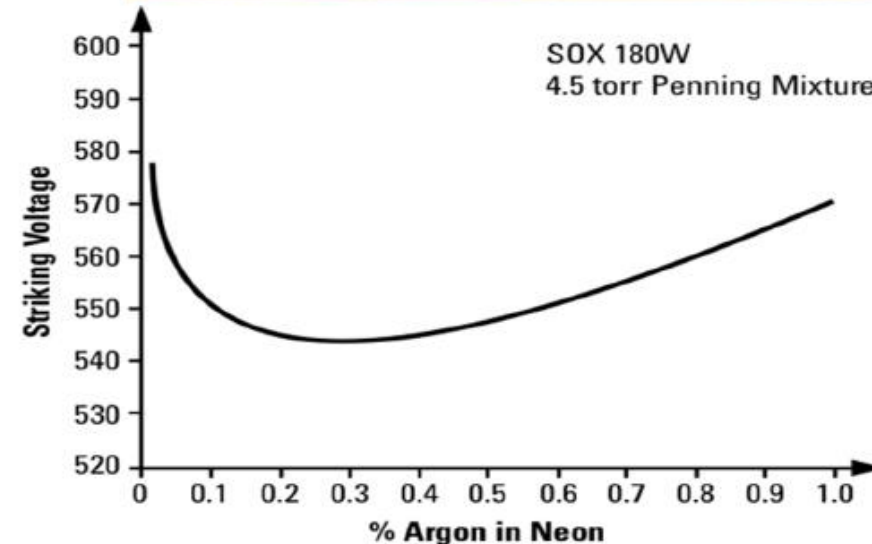


Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp

- › Low pressure sodium-vapor lamp
 - › Solid Na + Ne/Ar penning mixture
 - › Very efficient (up to 200 lm/W)
 - › Virtually monochromatic @589,3 nm
 - › Poor color rendering

- › Penning mixture:
 - › More efficient ionization
 - › Reduces striking voltage



Nízkotlaká sodíková výbojka

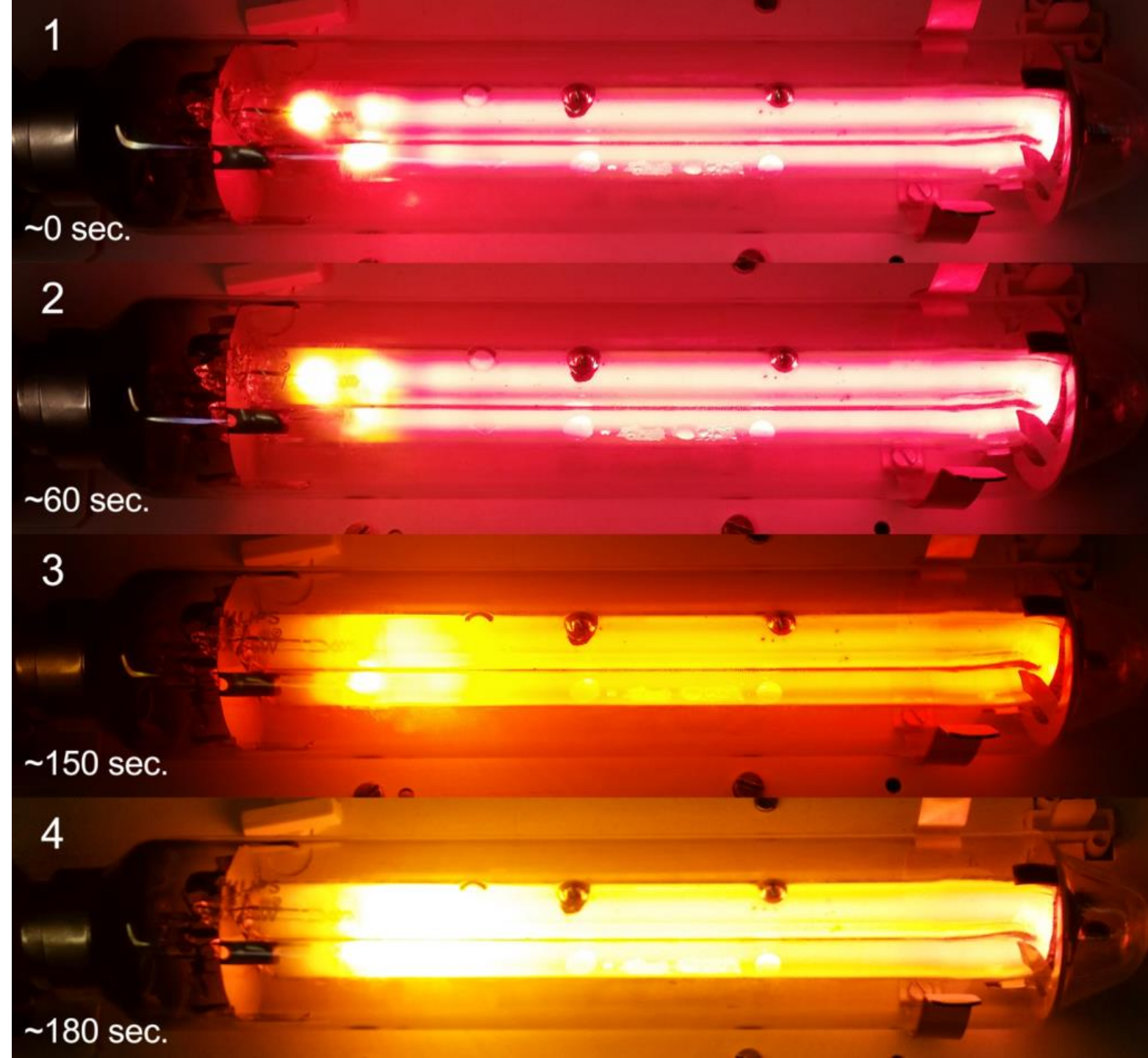
Nízkotlaké sodíkové (LPS) výbojky mají borosilikátovou skleněnou plynovou výbojku (obloukovou trubici) obsahující pevný sodík a malé množství plynu neonu a argonu v Penningově směsi (neon s příměsí argonu – má nižší ionizační potenciál, snadnější zapálení výboje) pro zapálení výboje v plynu. Výbojka může být lineární (SLI lampa) nebo ve tvaru U. Když je lampa poprvé spuštěna, vydává tlumené červené/růžové světlo, aby zahřálo kovový sodík; během několika minut, jak se kovový sodík vypařuje, se emise změní na běžnou jasně žlutou. Tyto lampy produkují prakticky monochromatické světlo o průměrné vlnové délce 589,3 nm (ve skutečnosti jsou dvě dominantní spektrální čáry velmi blízko u sebe na 589,0 a 589,6 nm). Barvy objektů osvětlených pouze touto úzkou šířkou pásma je obtížné rozlišit.



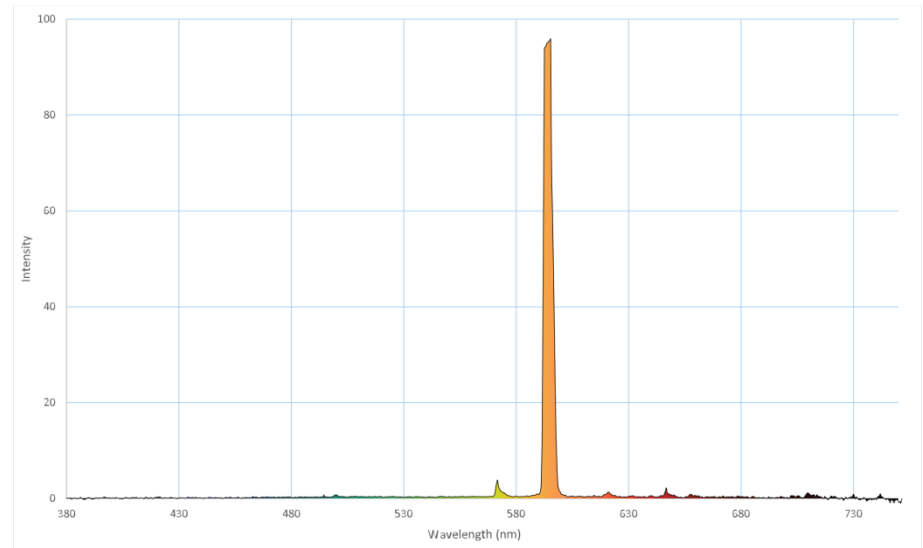
Vysoká efektivita (až 206 lm/W)
Dlouhá doba života – 18 000 hodin, intenzita osvětlení ke konci životnosti neklesá (spotřeba mírně roste)

Pouliční osvětlení

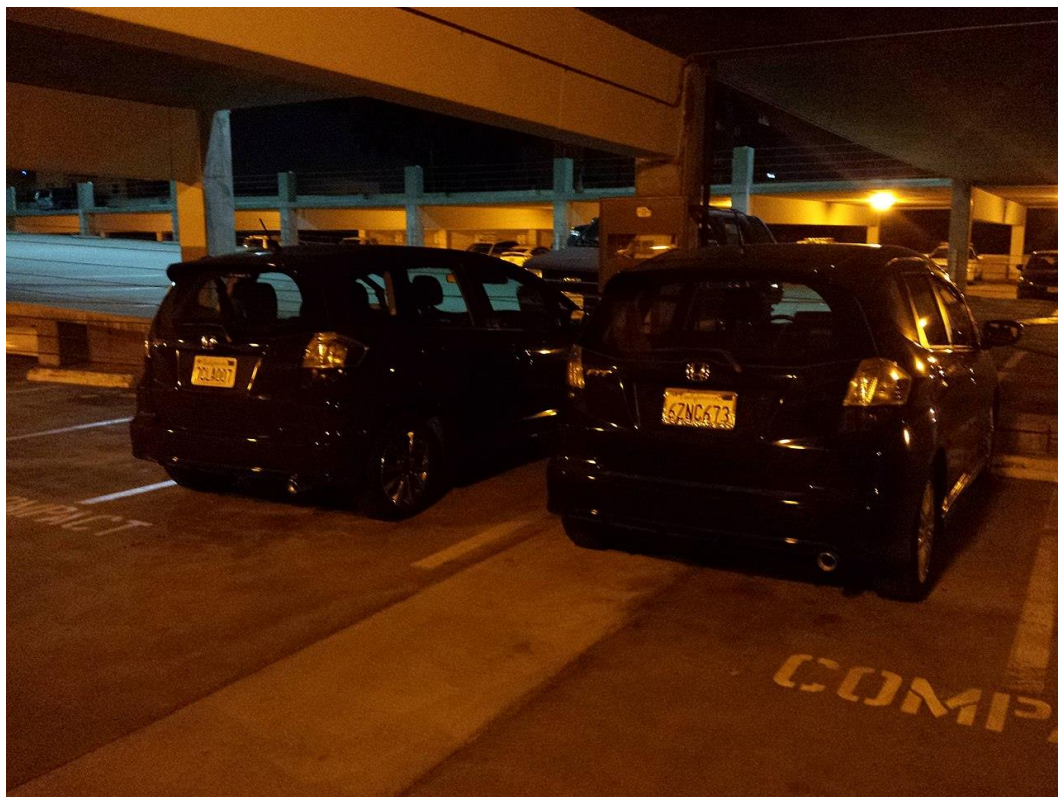
Postupně nahrazovány jinými zdroji světla.



Warm-up phases of a LPS lamp. The faint pink light of the [Penning mixture](#) is gradually replaced by the bright monochromatic orange light of the metallic sodium vapor.



Nízkotlaká sodíková výbojka



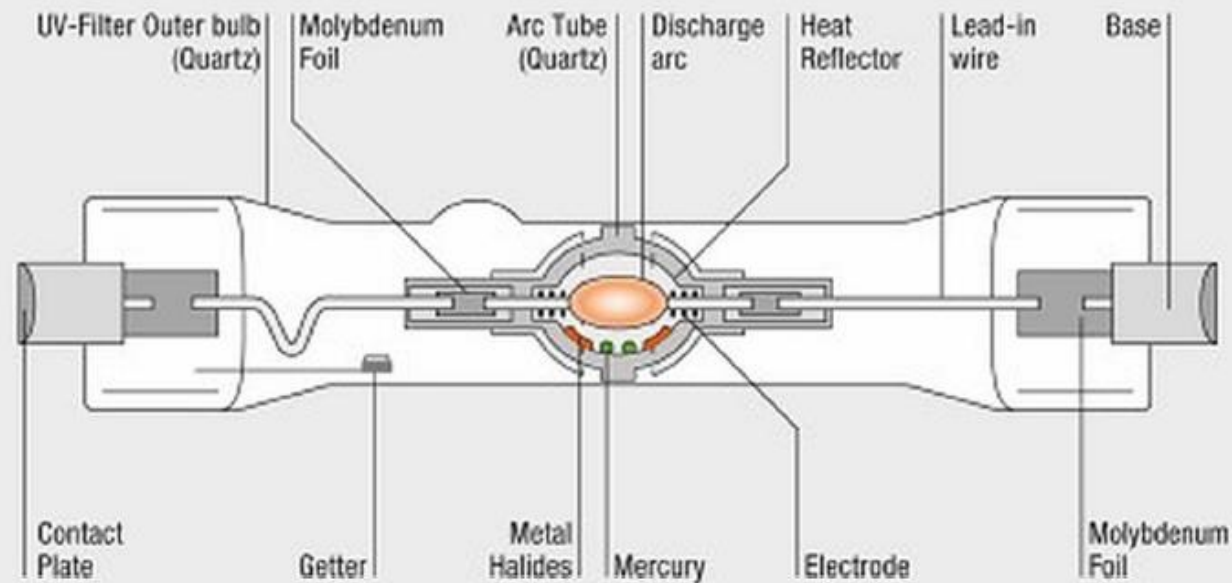
Two [Honda Fits](#) under low-pressure sodium lamps. Both appear black, even though the car on the left is bright red, while the car on the right is actually black.

Types of gas light sources

High pressure gas discharge lamp



OPERATION MODE OF A HIGH PRESSURE DISCHARGE LAMP



Sketch of a high pressure metal halide / mercury vapour gas discharge lamp.

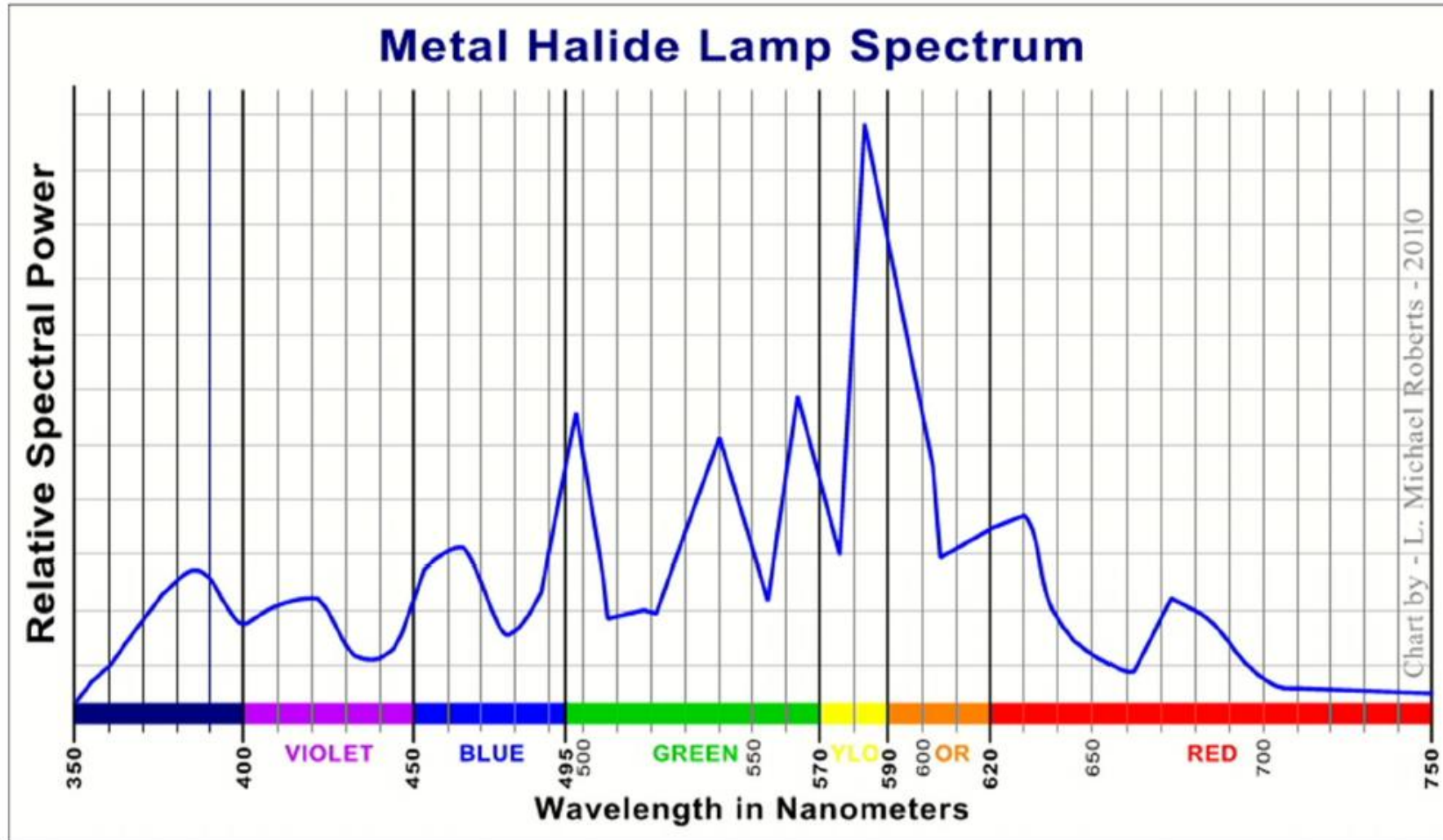
Metalhalogenidové výbojky

Stejně jako jiné výbojky, jako jsou velmi podobné rtuťové výbojky, metalhalogenidové výbojky produkují světlo ionizací směsi plynů v elektrickém oblouku. V halogenidové výbojce obsahuje kompaktní oblouková trubice směs argonu nebo xenonu, rtuti a různých halogenidů kovů, jako je jodid sodný a jodid skandia.[6] Konkrétní směs halogenidů kovů ovlivňuje korelovanou barevnou teplotu a intenzitu (například dělá světlo více modré nebo červené). Při spuštění se nejprve ionizuje plynný argon v lampě, což pomáhá udržet oblouk přes dvě elektrody s přiloženým startovacím napětím. Teplo generované obloukem a elektrodami pak ionizuje rtuť a halogenidy kovů na plazmu, která produkuje stále jasnější ostré bílé světlo, jak se teplota a tlak zvyšují na provozní podmínky.

Oblouková trubice pracuje kdekoli od 5–50 atm nebo více (70–700 psi nebo 500–5000 kPa) a 1000–3000 °C. Jako všechny ostatní výbojky mají halogenidové výbojky záporný odpor, a proto vyžadují předřadník, který zajistí správné startovací a provozní napětí při regulaci toku proudu výbojkou. Přibližně 24 % energie spotřebované metalhalogenidovými výbojkami produkuje světlo (účinnost 65–115 lm/W),[4] což je činí podstatně účinnějšími než klasické žárovky, které mají obvykle účinnost v rozmezí 2–4 %.

Types of gas light sources

High pressure gas discharge lamp



Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp



Advantages:

- › ~ 24 % energy conversion
- › Lifetime about 6000 - 15000 h
- › Can attain efficacy of 100 lm/W
- › High CRI ~ 75 - 90

Types of gas light sources

Low pressure gas discharge lamp

Disadvantages:

- › Warm up periods of up to 5 minutes
- › Cannot be restarted for 5-10 minutes if interrupted
 - › Special ignitor and lamp design needed to circumvent this problem
- › Expensive per-bulb cost

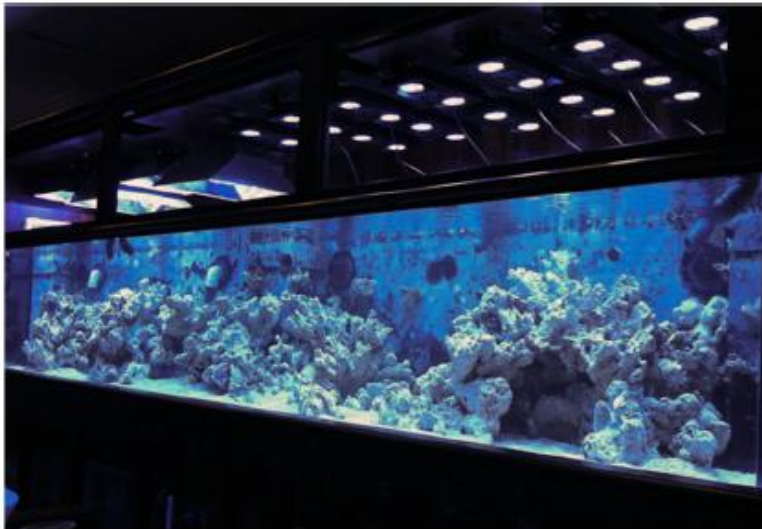
Types of gas light sources

High pressure gas discharge lamp



Applications:

- › Illumination of stadium, parking area, airfield, etc.
- › Projection
- › Greenhouse / Aquarium

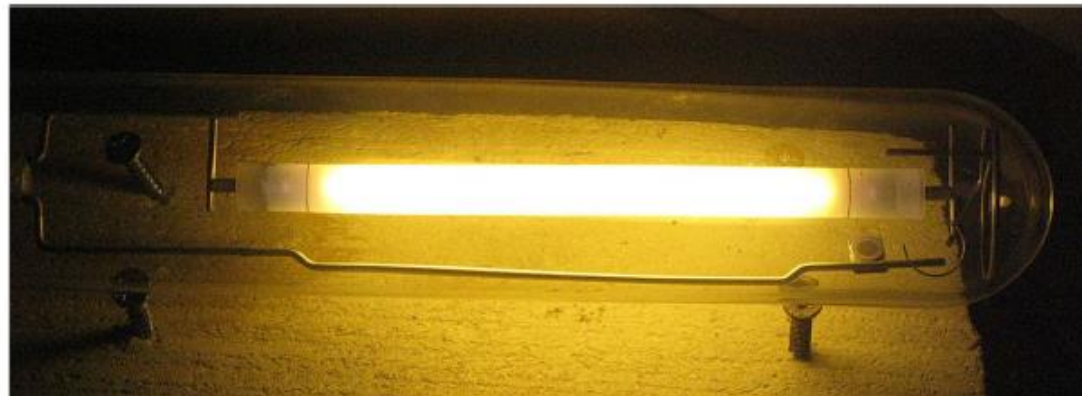


Types of gas light sources

High pressure gas discharge lamp

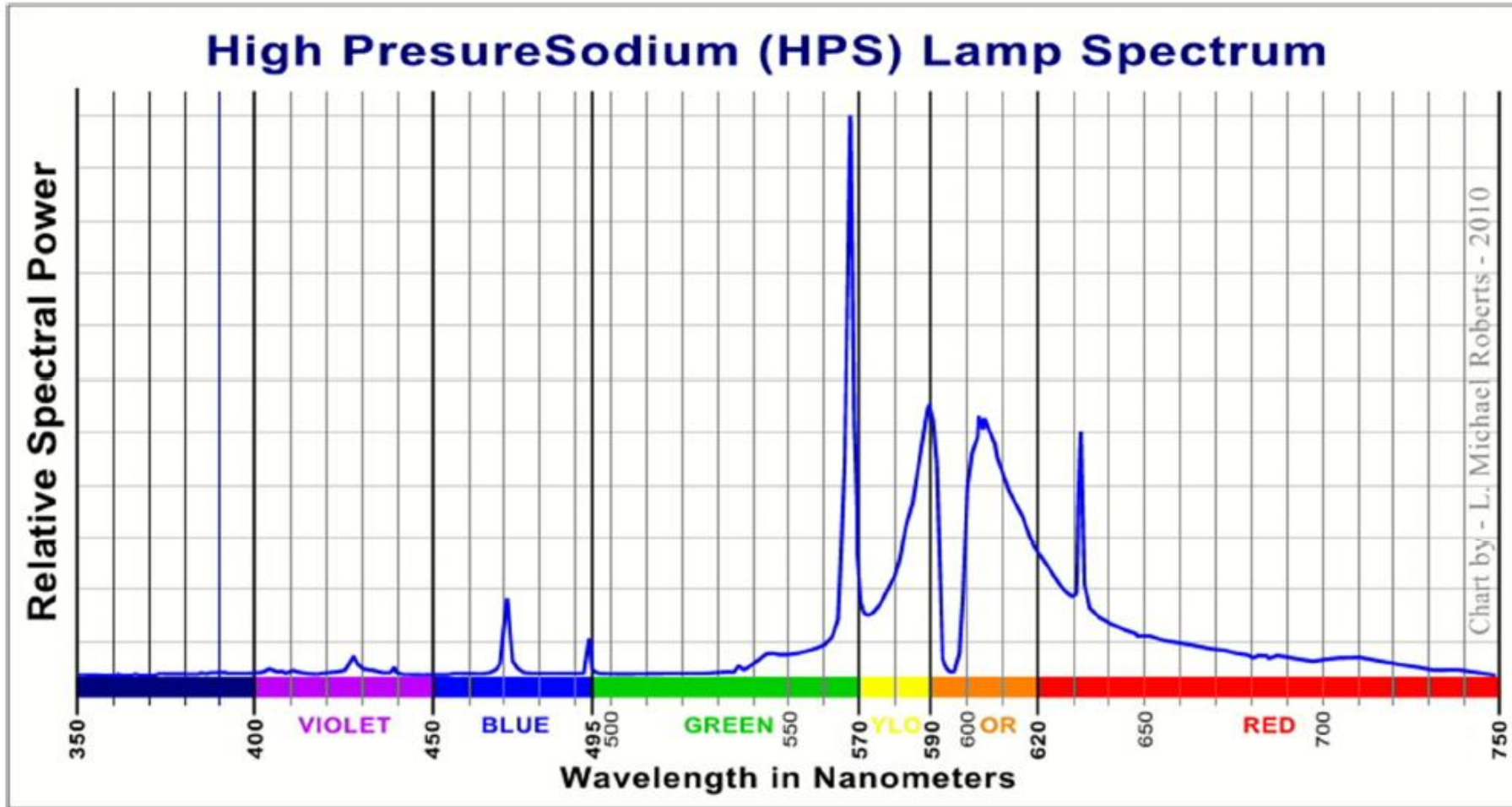
Other types of high pressure gas discharge lamps:

- › High pressure sodium lamps
 - › Containing sodium amalgam
 - › Aluminium oxide arc tube
 - › High pressure leads to broadened spectrum
 - › Used for street lighting, plant cultivation



Types of gas light sources

High pressure gas discharge lamp



Vysokotlaká sodíková výbojka

Xenon jako startovací plyn

Amalgám kovového sodíku a rtuti leží v nejchladnější části lampy a poskytuje páry sodíku a rtuti, které jsou potřebné k vytvoření oblouku. Teplota amalgámu je do značné míry dána výkonem lampy. Čím vyšší je výkon lampy, tím vyšší bude teplota amalgámu. Čím vyšší je teplota amalgámu, tím vyšší bude tlak par rtuti a sodíku v lampě a tím vyšší bude svorkové napětí. Jak teplota stoupá, konstantní proud a rostoucí napětí spotřebovávají stále větší energii, dokud není dosaženo provozní úrovně výkonu. Pro dané napětí existují obecně tři provozní režimy:

1) Lampa je zhasnutá a neteče žádný proud.

2) Lampa pracuje s tekutým amalgámem v trubici.

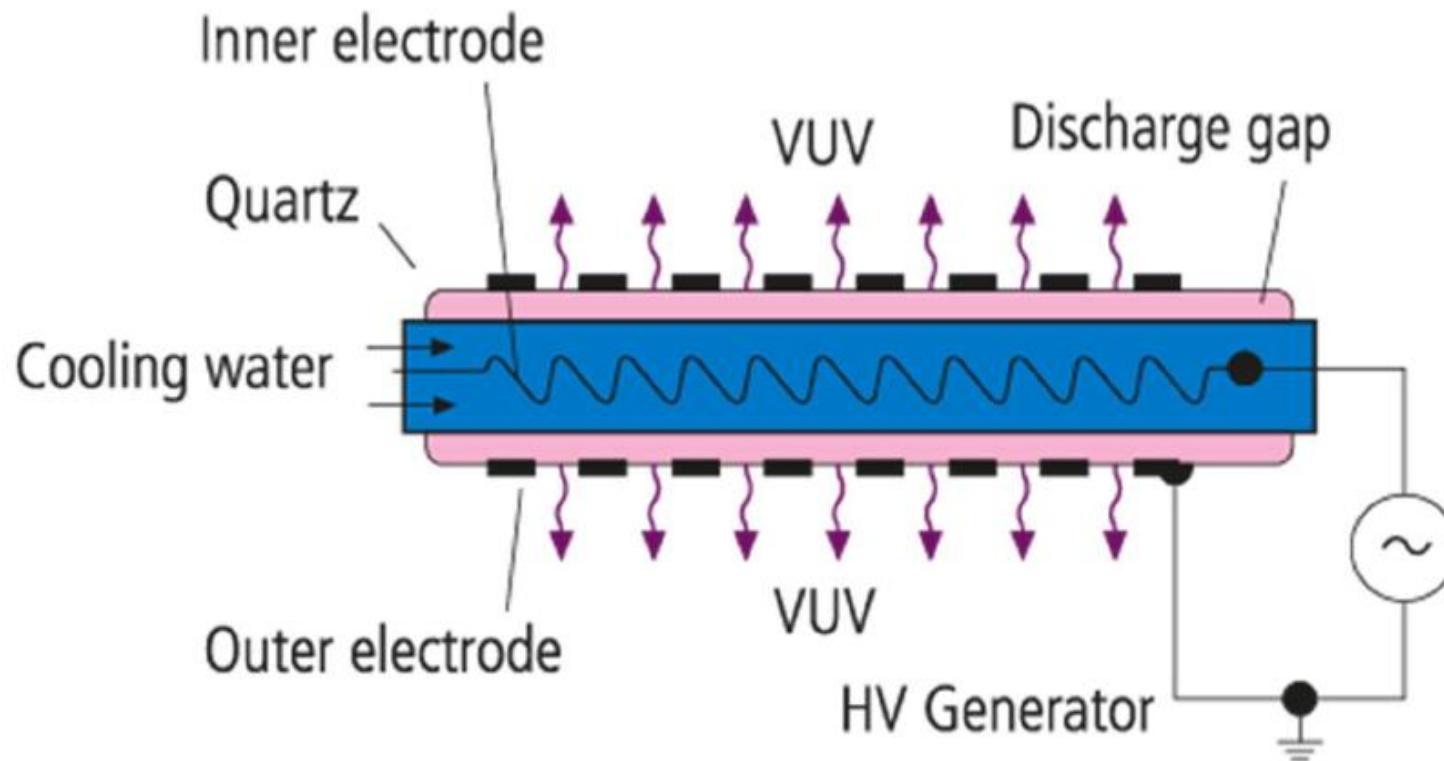
3) Lampa pracuje s odpařeným veškerým amalgámem.

Provozní režim, nutný
předřadník (omezení proudu)

Zničení lampy

Types of gas light sources

Excimer lamp





Types of gas light sources

Excimer lamp

Reaction:

- $e^- + \text{Xe} \rightarrow \text{Xe}^*, \text{Xe}^+$
- $\text{Xe}^* + 2\text{Xe} \rightarrow \text{Xe}_2^* + \text{Xe}$
- $\text{Xe}_2^* \rightarrow 2\text{Xe} + h\nu \text{ (172 nm)}$

Excimer	Wavelength (nm)
NeF*	108
Kr ₂ *	146
Xe ₂ *	172
KrCl*	222
XeCl*	308
XeF*	351



Benefits of excimer lamps from other UV sources:

- Quasimonochromatic (FWHM 2-15 nm)
- Great range of wavelengths for specific purposes
- Instant attainment of operating mode
- Low heating of radiating surface
- No mercury



Application:

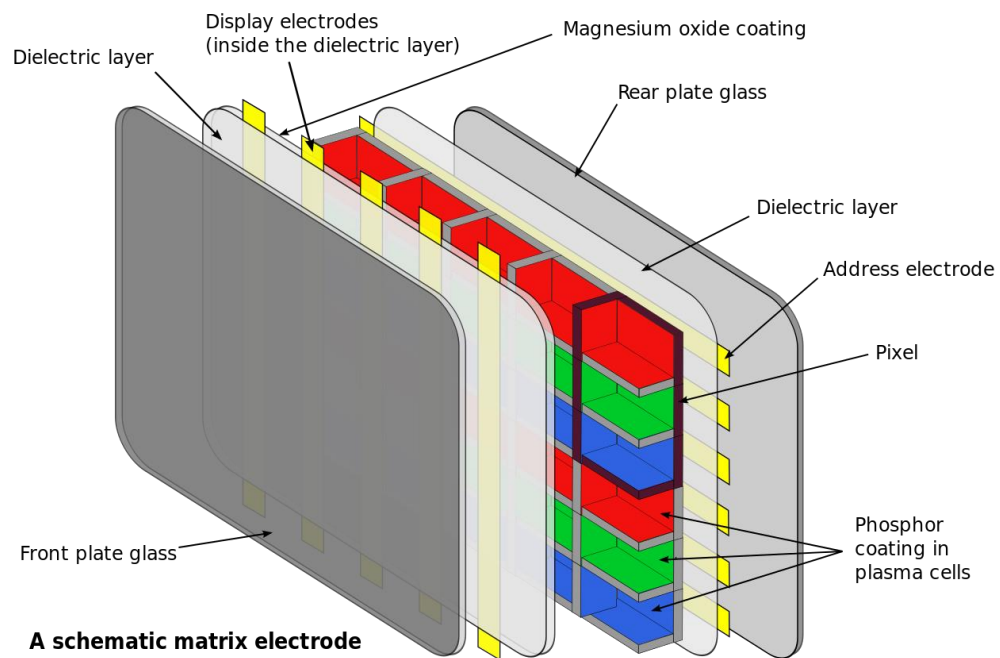
› Photochemical Processes

- › Drying of adhesives, printing-inks
- › Photolithography
- › Surface modification
- › Cleaning

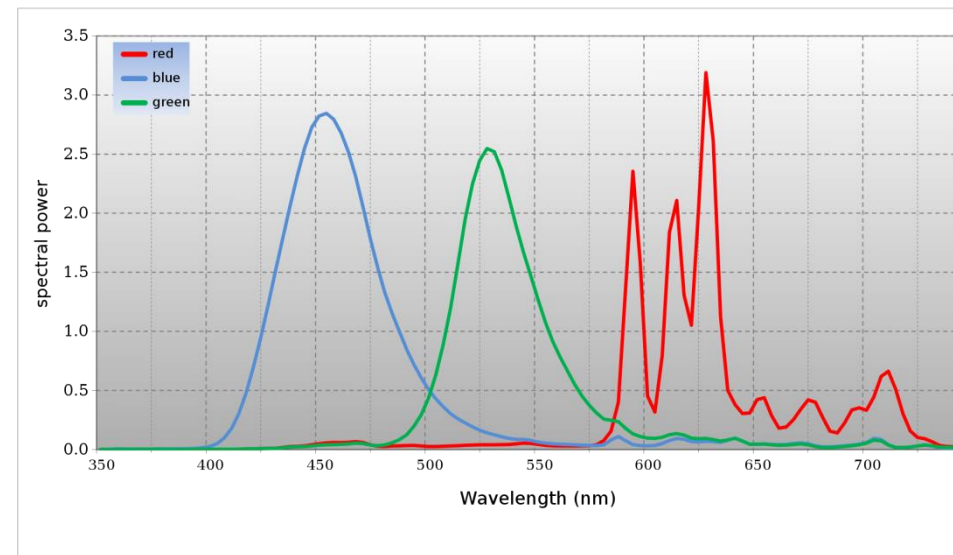
› Sterilization

› Ozone Generation

Plazmové zobrazovače



A schematic matrix electrode configuration in an AC PDP



Spektrální charakteristiky typicky používaných luminoforů

Plazmové zobrazovače



Lepší kontrast než LCD, velmi dobrá reprodukce barev

Velmi široký úhel, ze kterého je možné se na televizi dívat

Vysoká obnovovací frekvence a odezva

Relativně velká spotřeba elektřiny

„Vypalování obrazu“ – přehřátí luminoforu

Dnes už komerčně nahrazeny LCD a OLED

Větší hmotnost než LCD obrazovky

Plasma displays were first used in PLATO computer terminals. This PLATO V model illustrates the display's monochromatic orange glow seen in 1981