

DOUTNAVÝ VÝBOJ

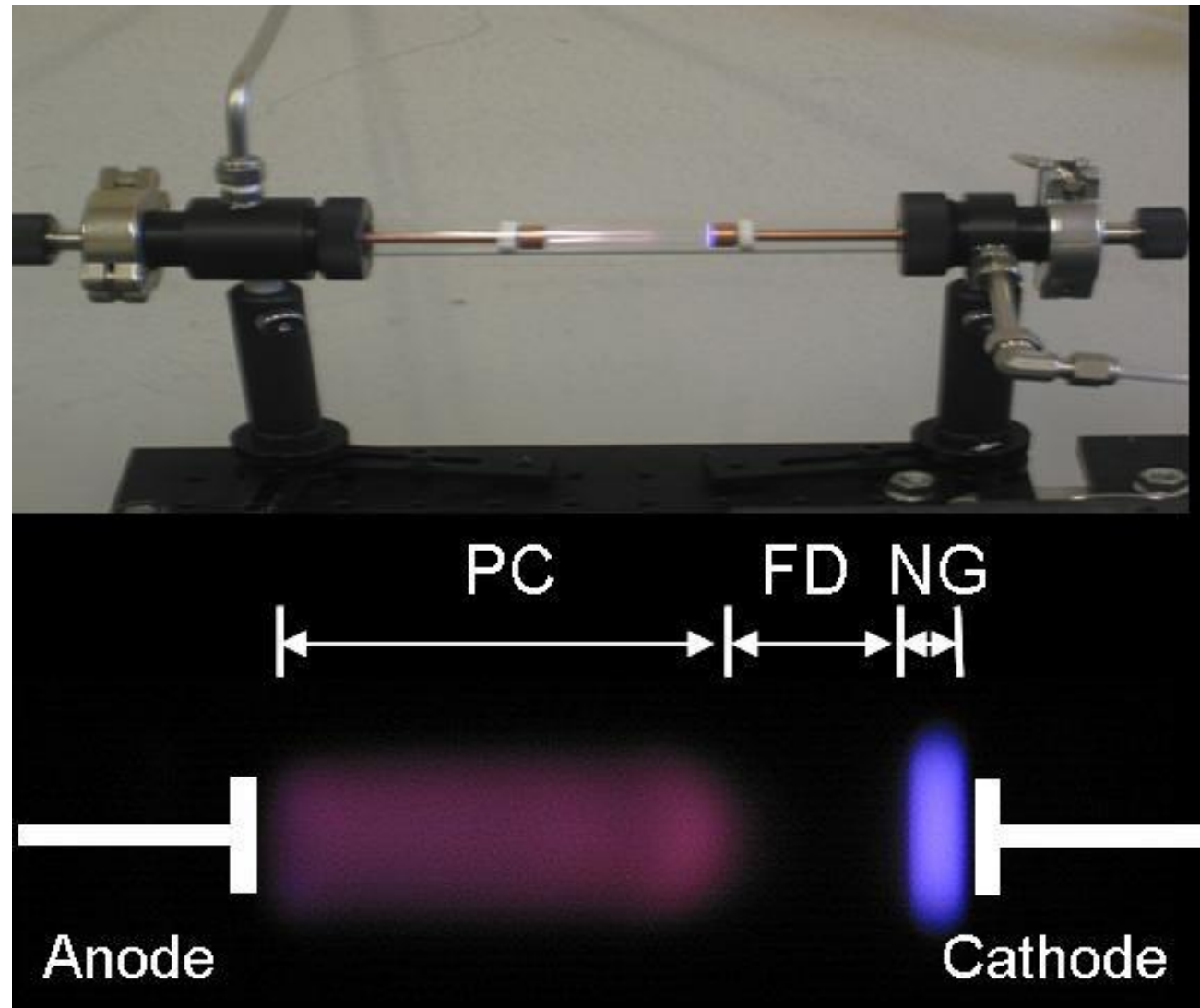
F3180 | Výboje v plynech

prof. RNDr. Mirko Černák, CSc.

**M U N I
S C I**

Doutnavý výboj

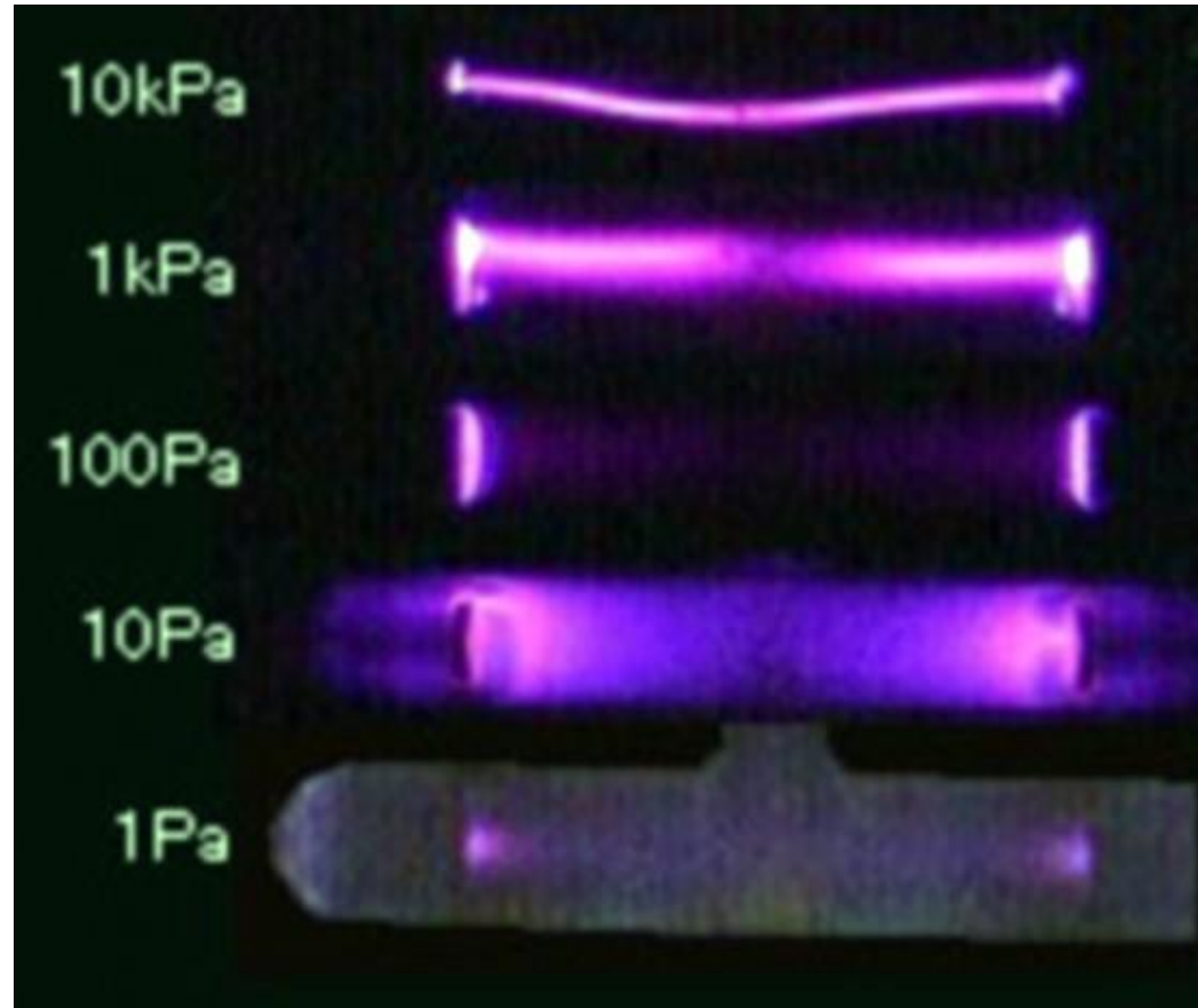
Doutnavý (tlecí výboj) – horí pri zníženom tlaku, obvykle menej než 0,01 atm



Doutnavý
výboj
ve vzduchu

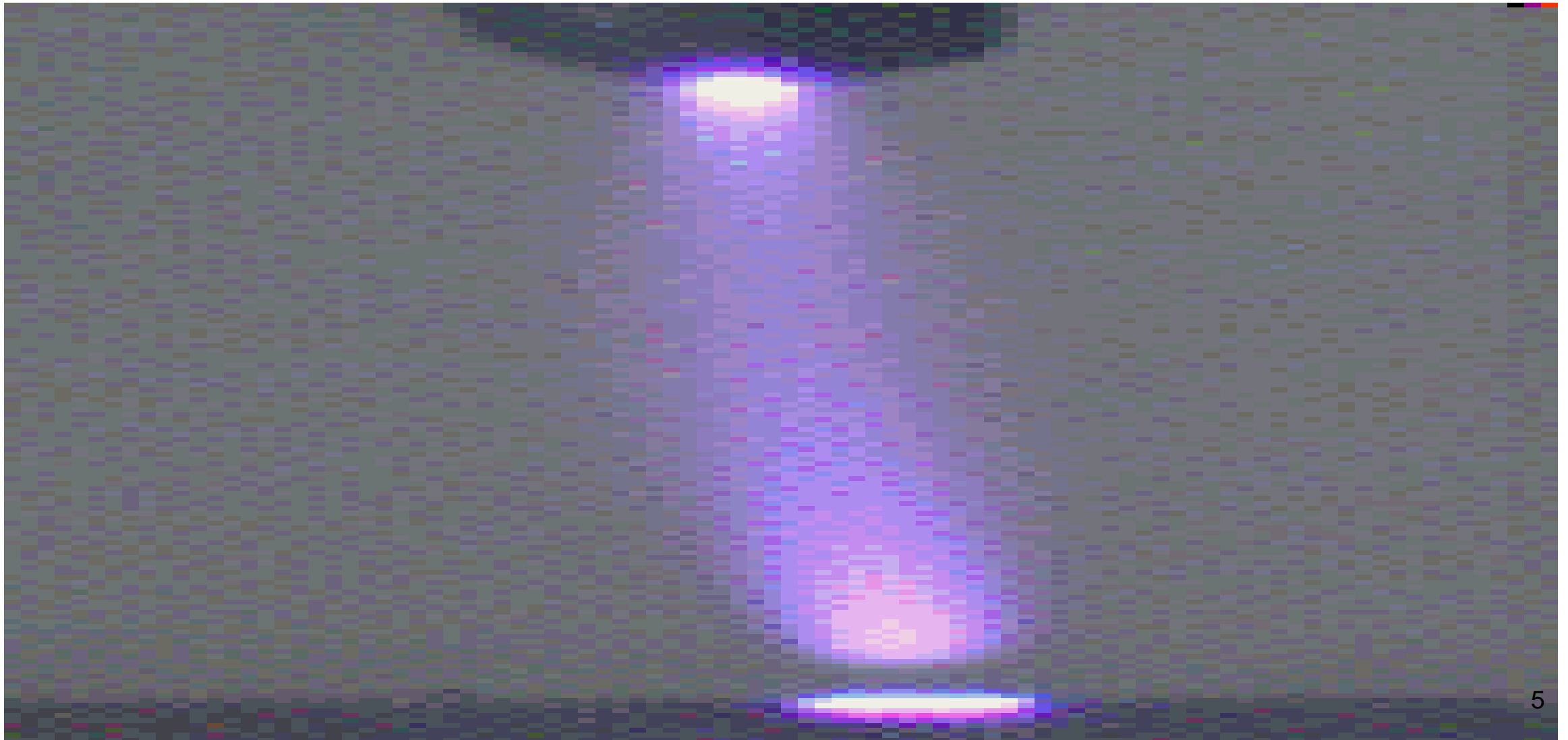
$(j/p^2) = \text{konst.}$

(Engel a Steinbeck)

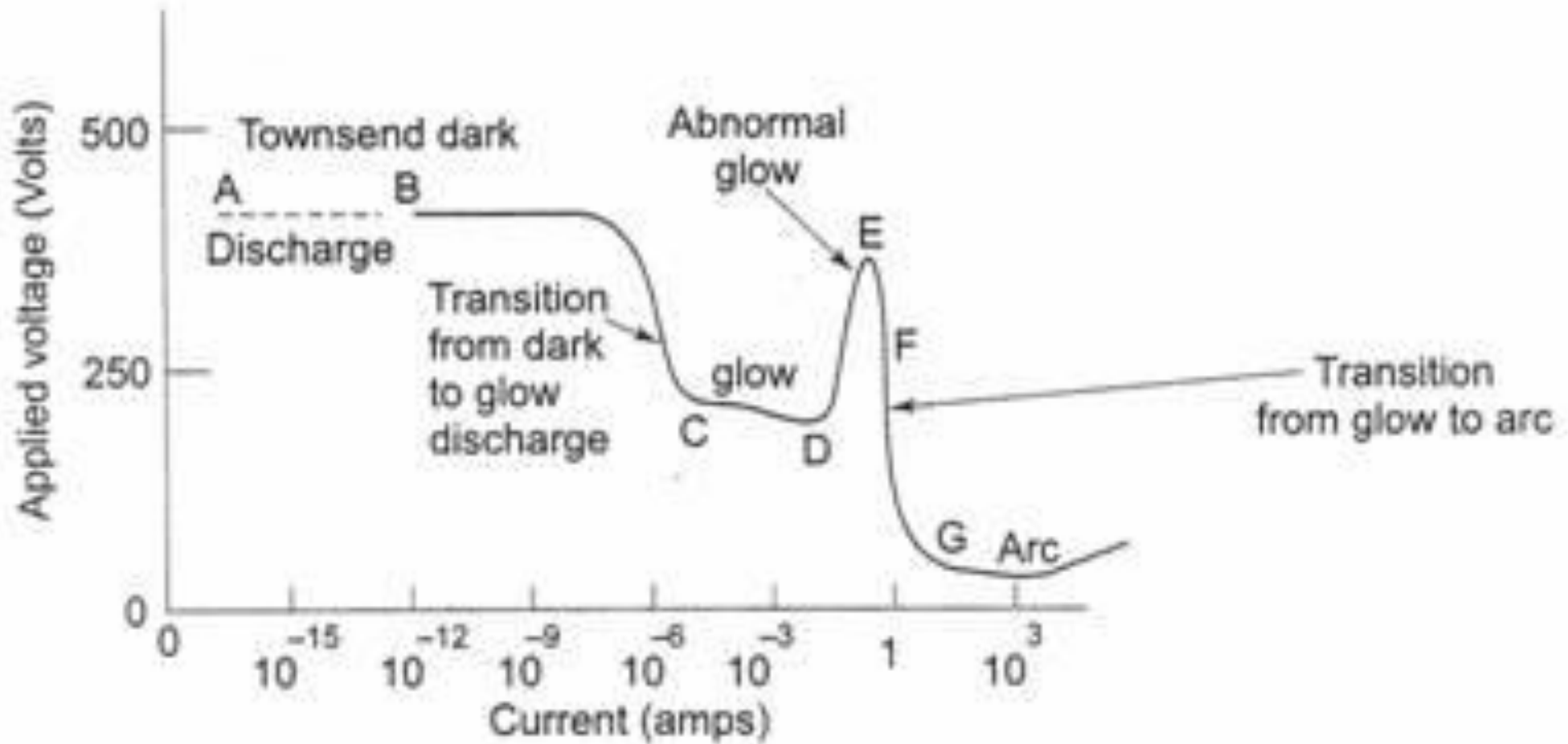


Doutnavý výboj

Doutnavý výboj může v zvláštních případech horieť i za atmosferického tlaku:



Zapálenie samostatného výboja



Doutnavý výboj

Oblasti tlecieho/doutnavého výboja:

Katódová vrstva (katódový potenciálový spád – najdôležitejšia pre existenciu výboja):

Astonov tmavý priestor – elektróny sa urýchľujú, ešte nemajú energiu dostatočnú na excitáciu

Katódové svetlo – elektróny už excitujú, ale ešte neionizujú

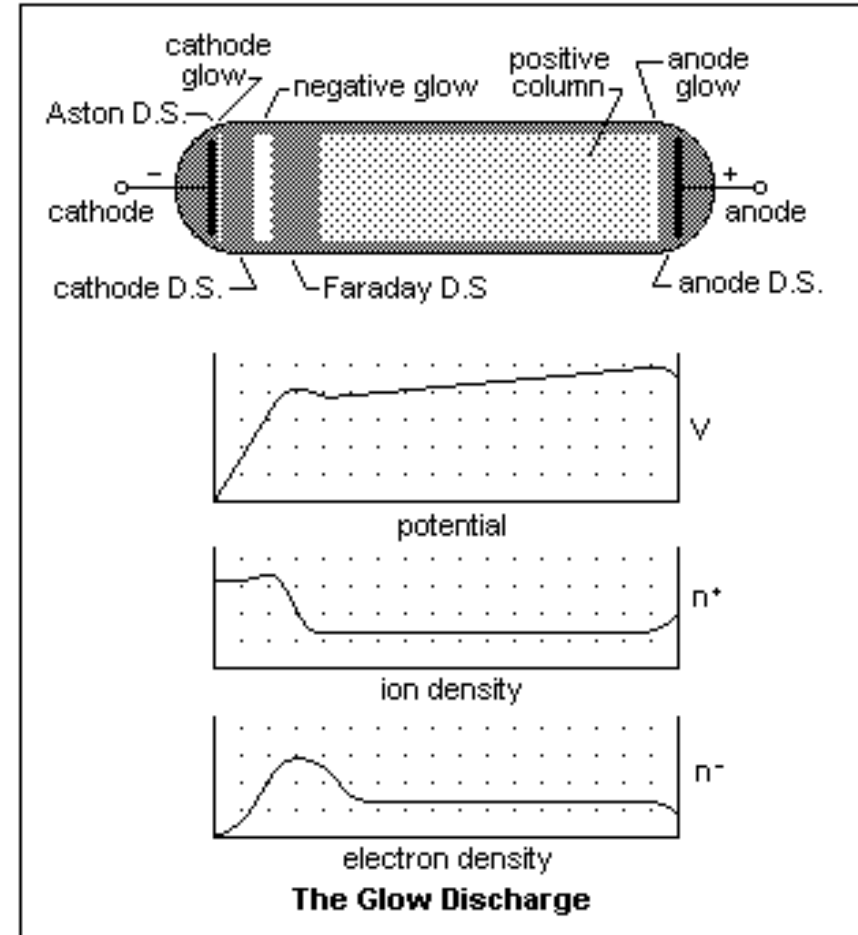
Katódový tmavý priestor – už neexcitujú ale ešte neionizujú

Záporné svetlo – ionizujú (tu vzniká väčšina elektrónov)

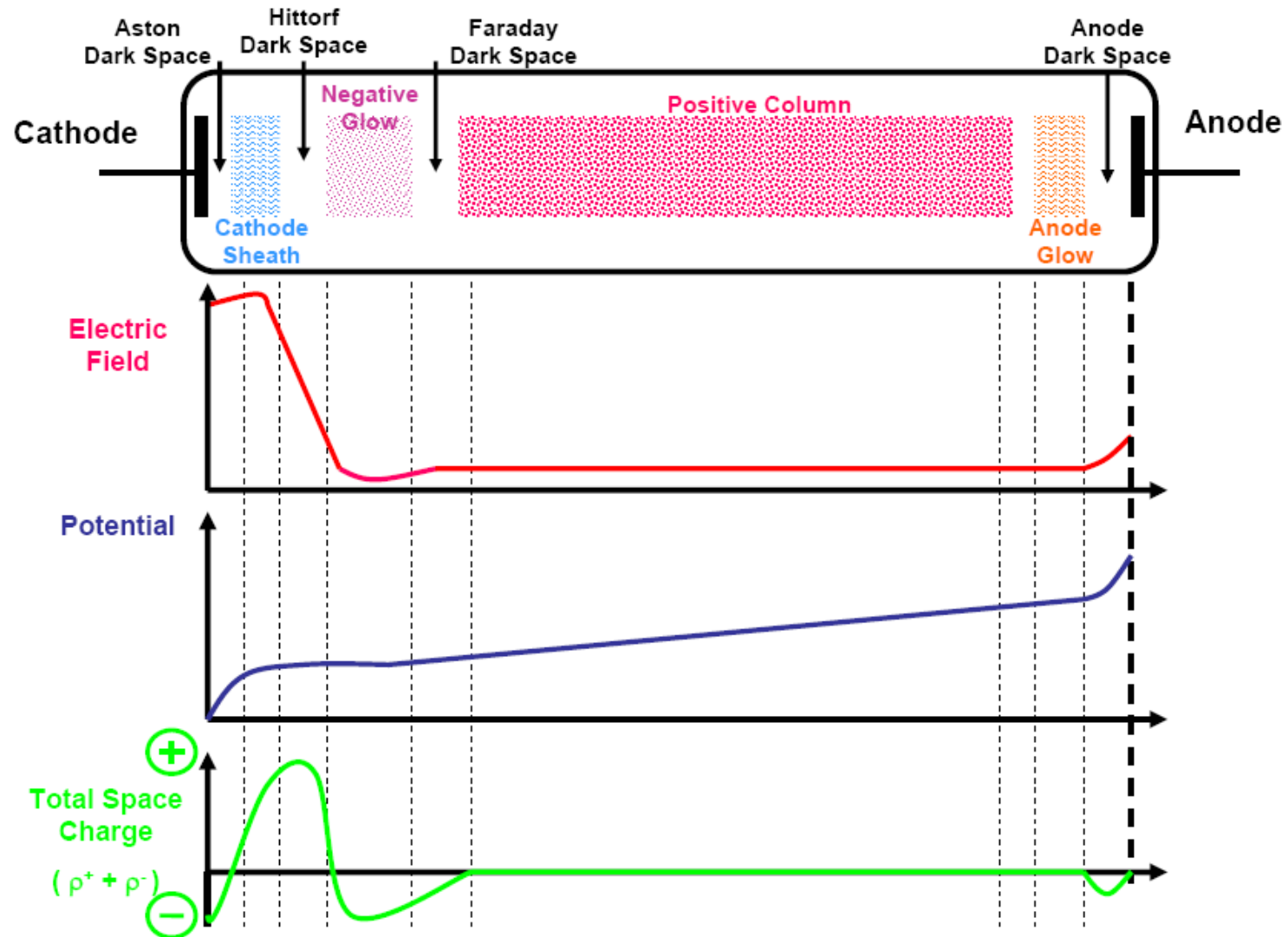
Faradayov tmavý priestor – majú malú energiu, takže ani neexcitujú

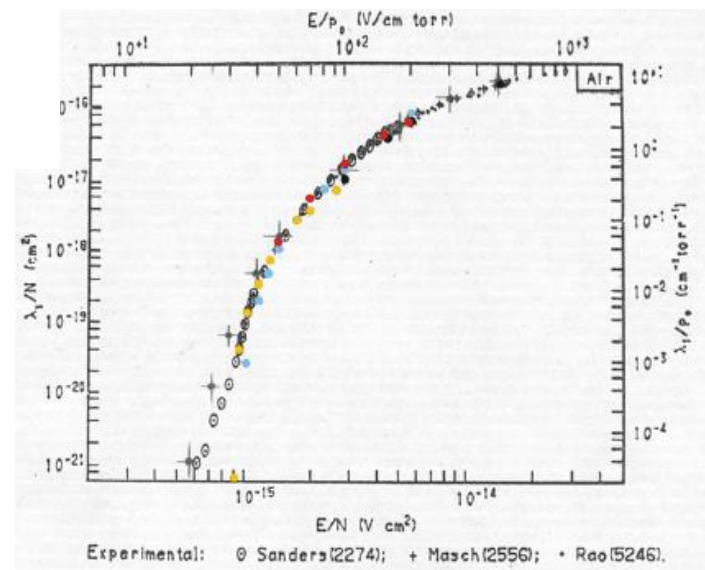
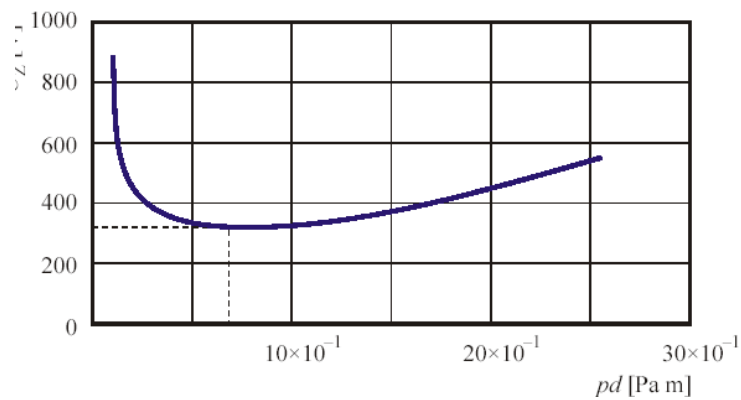
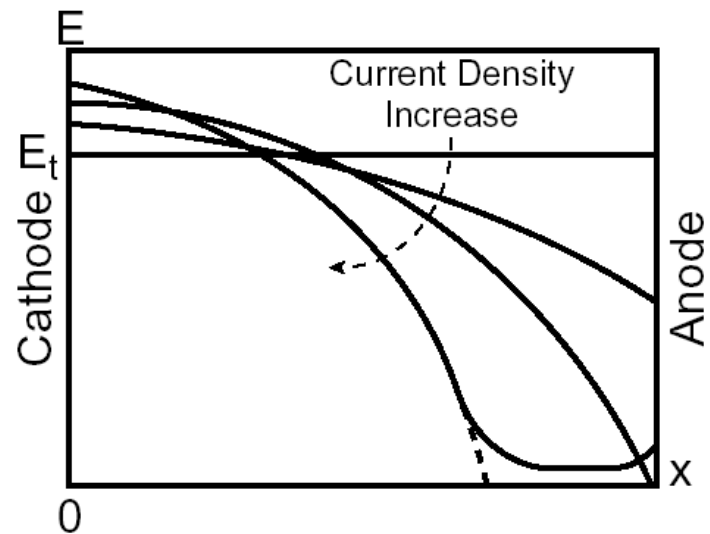
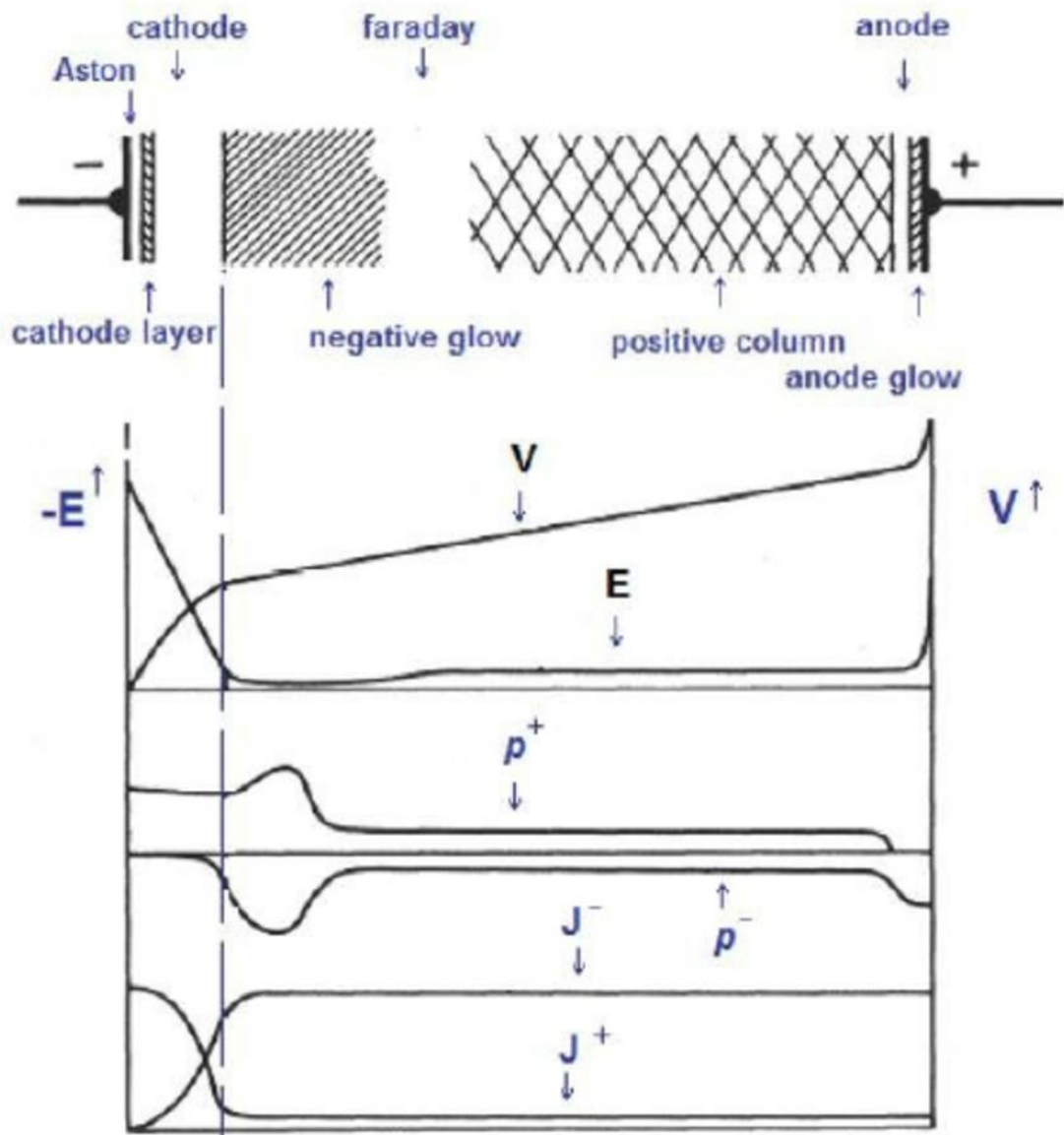
Kladný stípec – nie je dôležitý pre existenciu výboja, ale významný pre aplikácie – kvázineutrálna izotermická plazma

Anódové svetlo

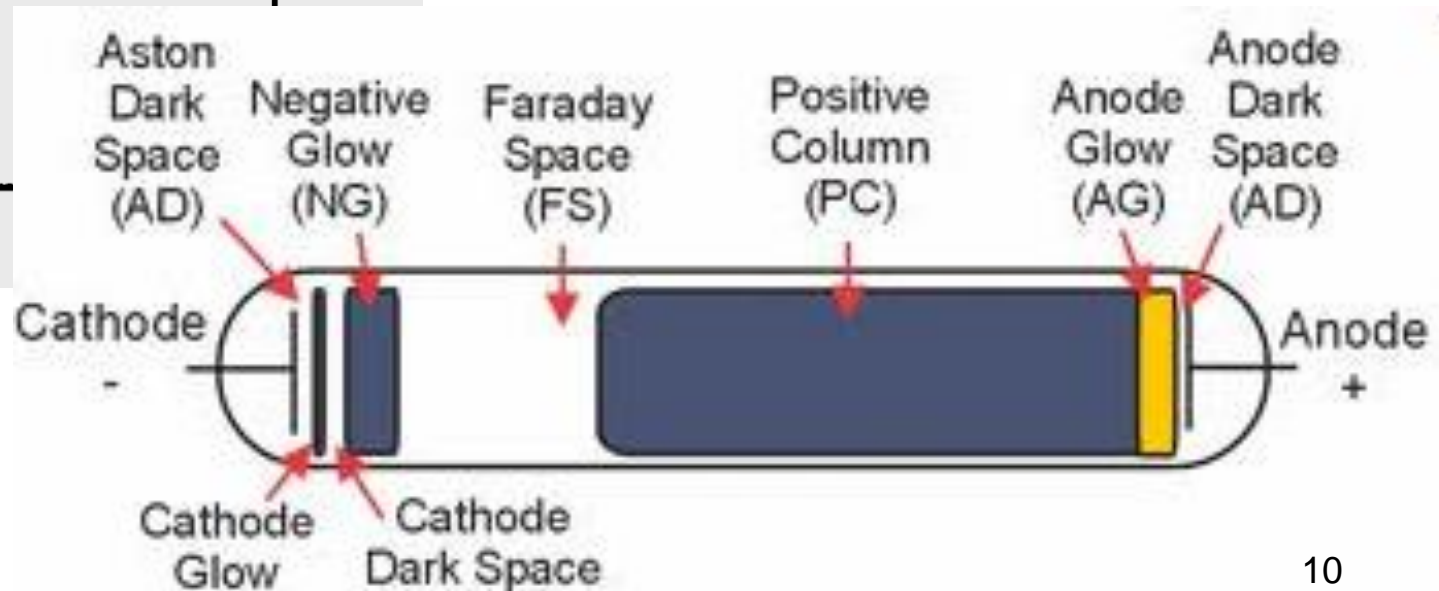
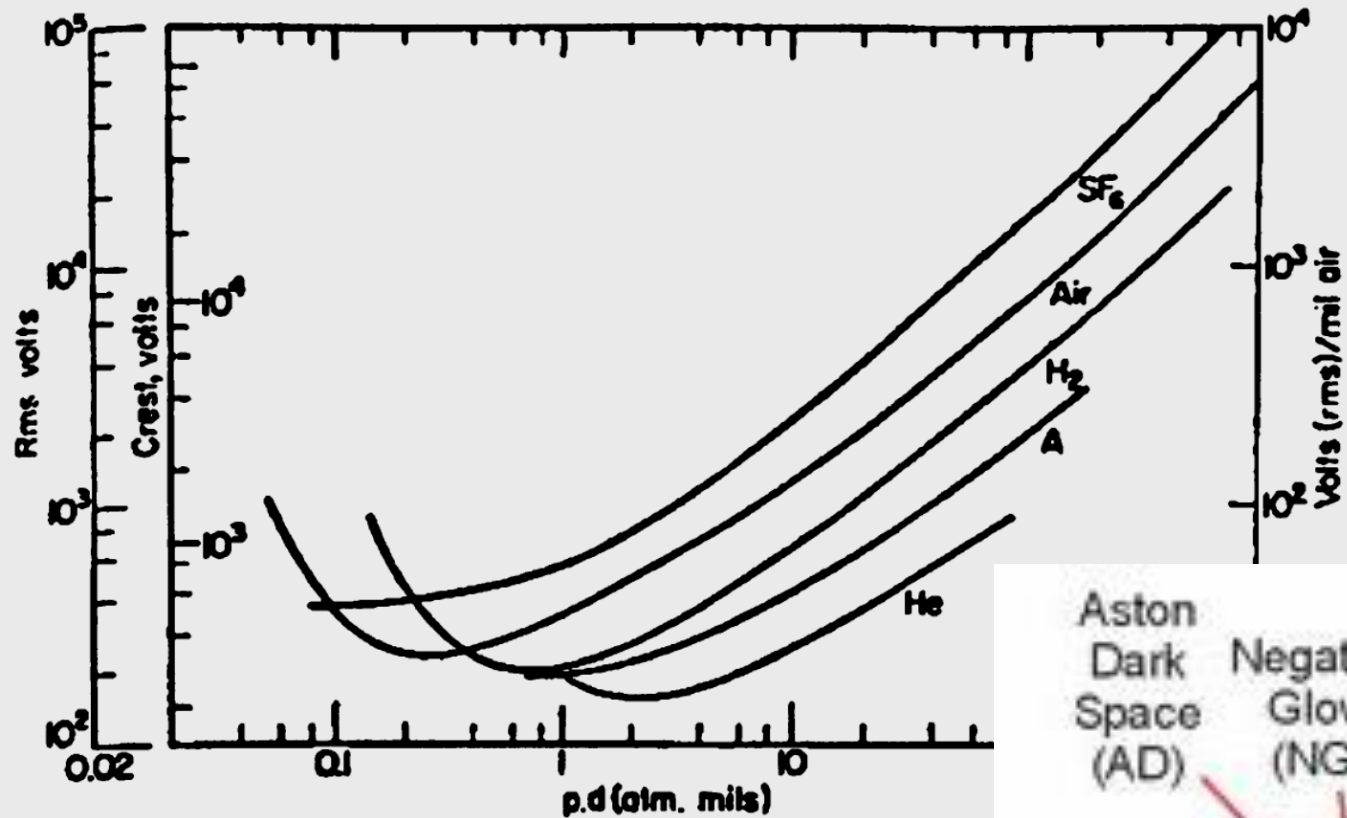


Doutnavý výboj

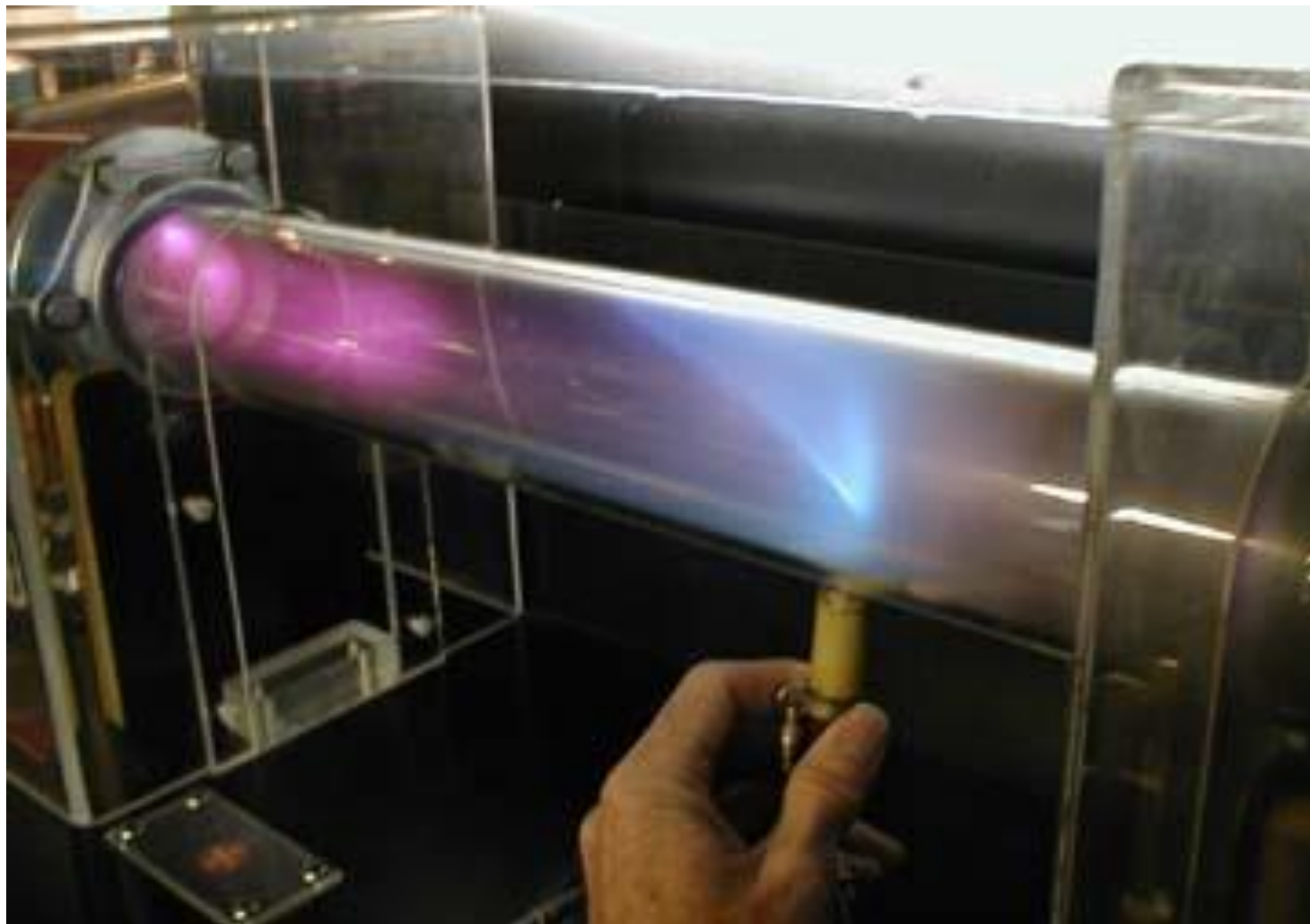




Paschenova krivka – šírka katódovej oblasti:

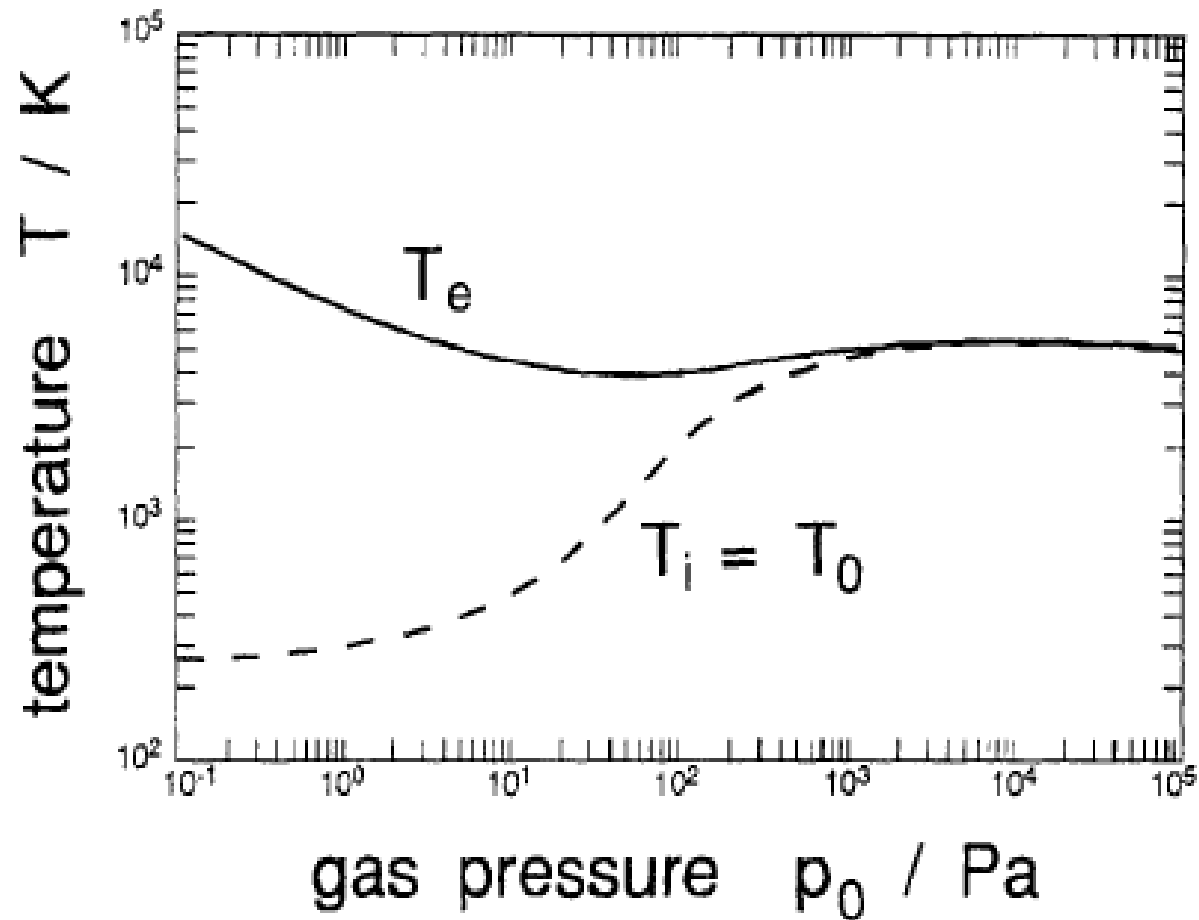


Pri nízkom tlaku a vysokom napätí možno pozorovať vytvorenie elektrónového lúča:

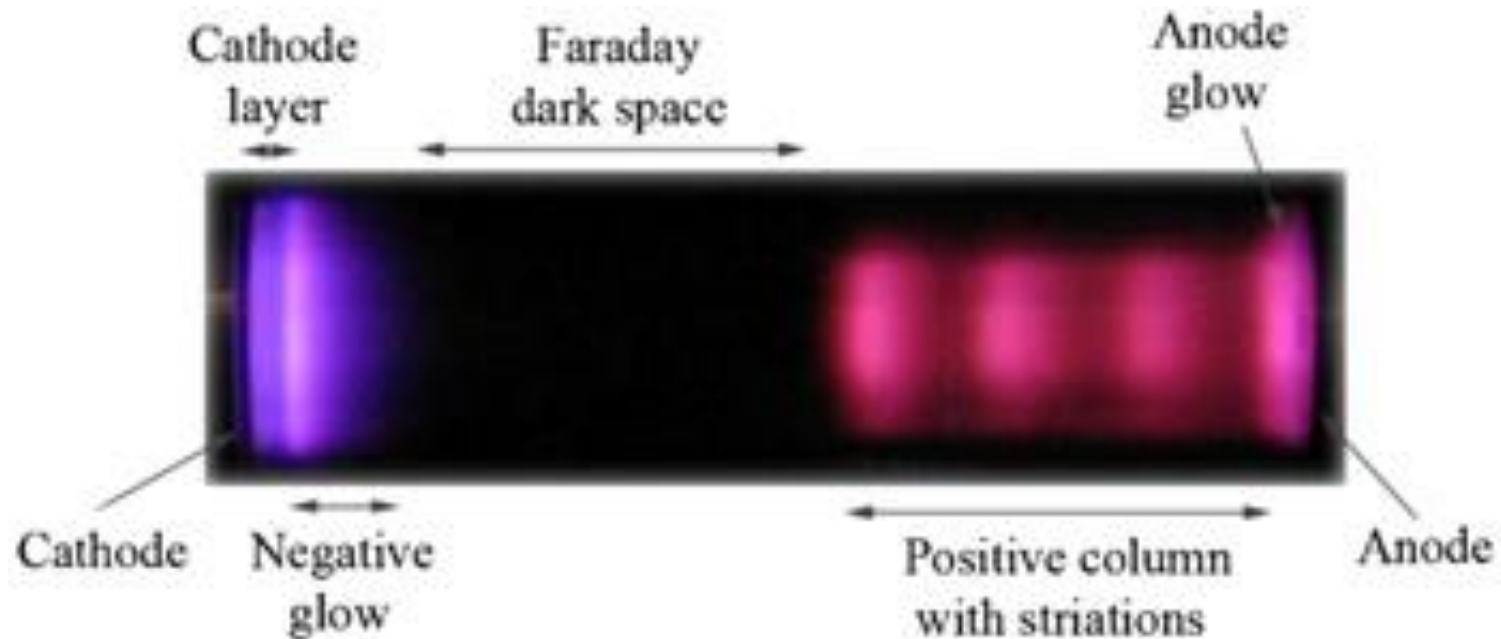


- Podmienka kvázineutrality
- Debyeov polomer tienenia je menší než charakteristický rozmer plazmy – plazma čiastočne tieni vonkajšie elektrické pole – na vonkajšiu zmenu poľa reaguje prerozdelením alebo vytvorením nového náboja

Plazma kladného stĺpca tlecieho výboja – neizotermická plazma



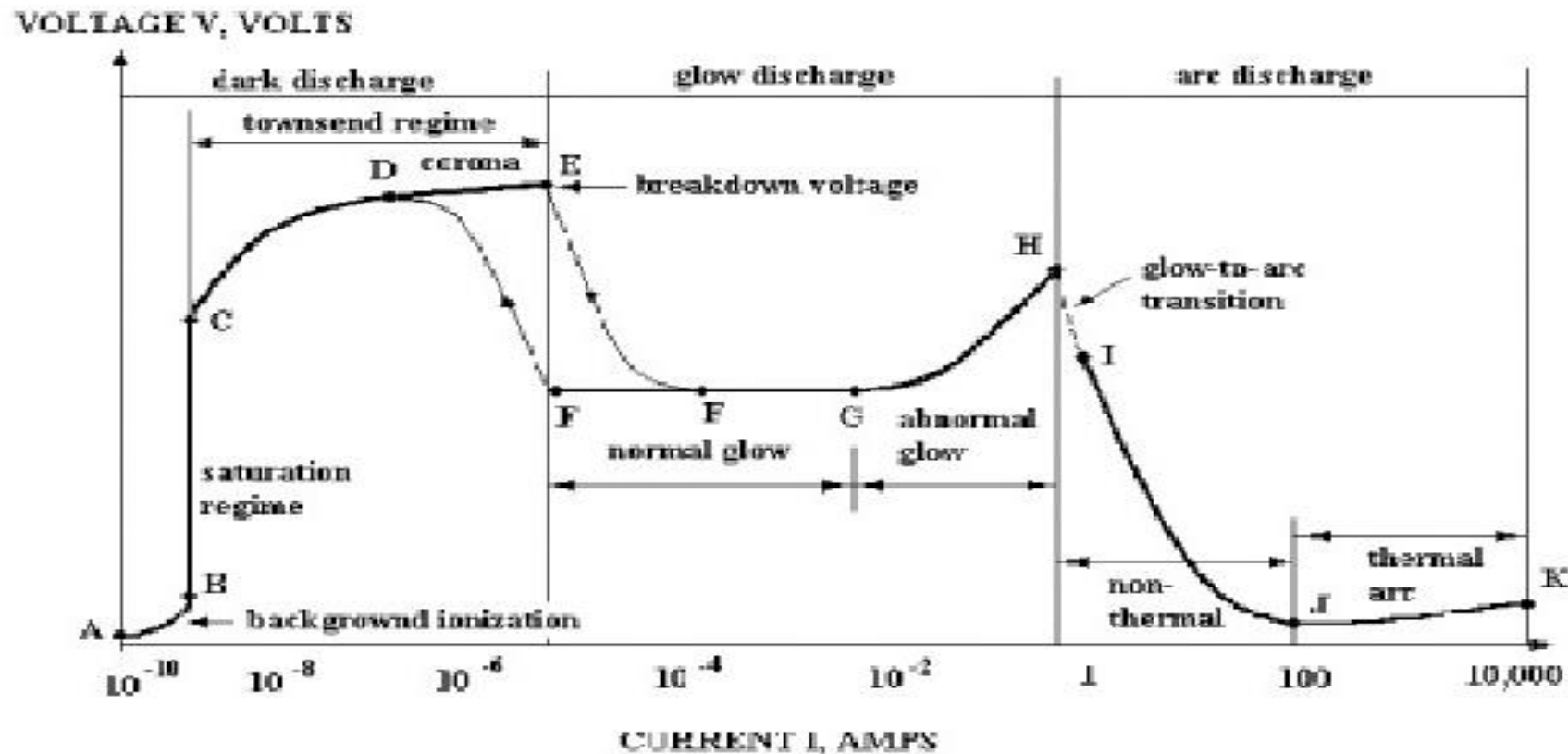
Striacie sú vrstvy viditeľné v plazme tlecieho výboja: pomocou rýchlych kamier. Niekedy, keď sa nepohybujú sú viditeľné i voľným okom



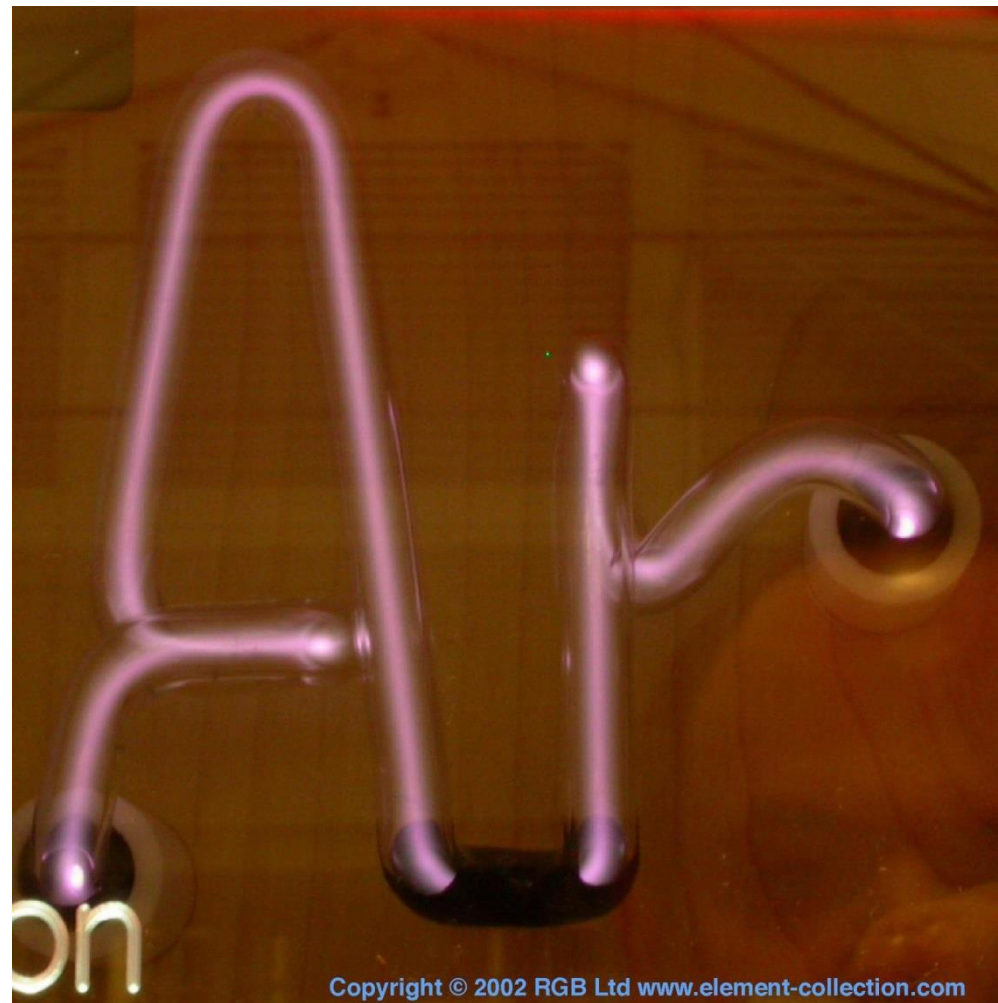
Ako vysvetlili Franc and Herz už v r. 1914 hlavným dôvodom je, že elektróny v plazme odovzdávajú svoju energiu po kvantách a takto excitované molekuly/atómy ju zase v kvantách vyžarujú. Tento jav však veľmi zložitejší a súvisí so šírením ionizačných vln v plazme kladného stĺpca. Doteraz nie je uspokojivo kvantitatívne opísaný.

Normálny tlecí výboj – udržiava si konštantný katódový spád odpovedajúci minimu Paschenovej krivky a konštantnú hustotu prúdu výboja $j/p^2 = \text{konst.}$

Anomálny tlecí výboja – má vyššiu hustotu prúdu a vyšší katódový spád

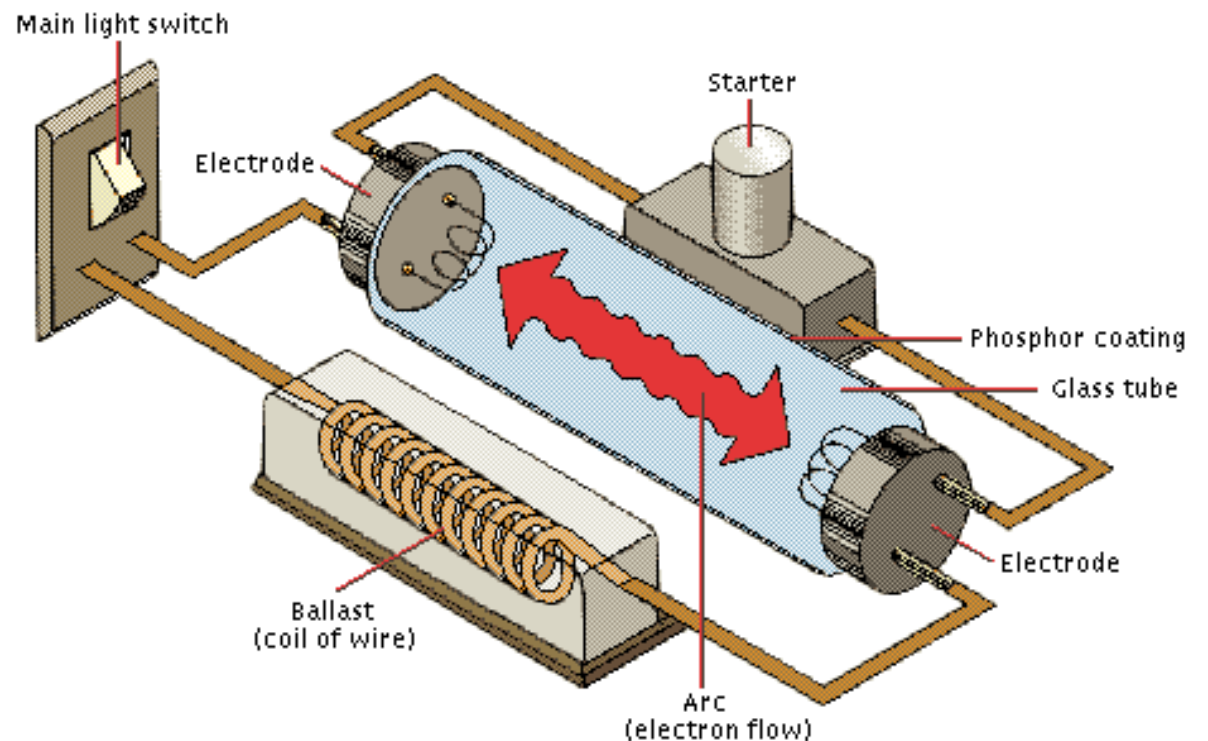


„neónky“

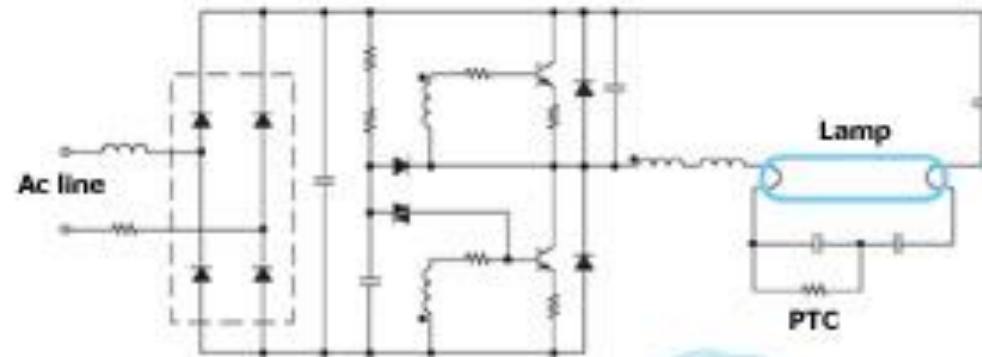


Žiarivky (fluorescenčné zdroje svetla založené na tlecom výboji)

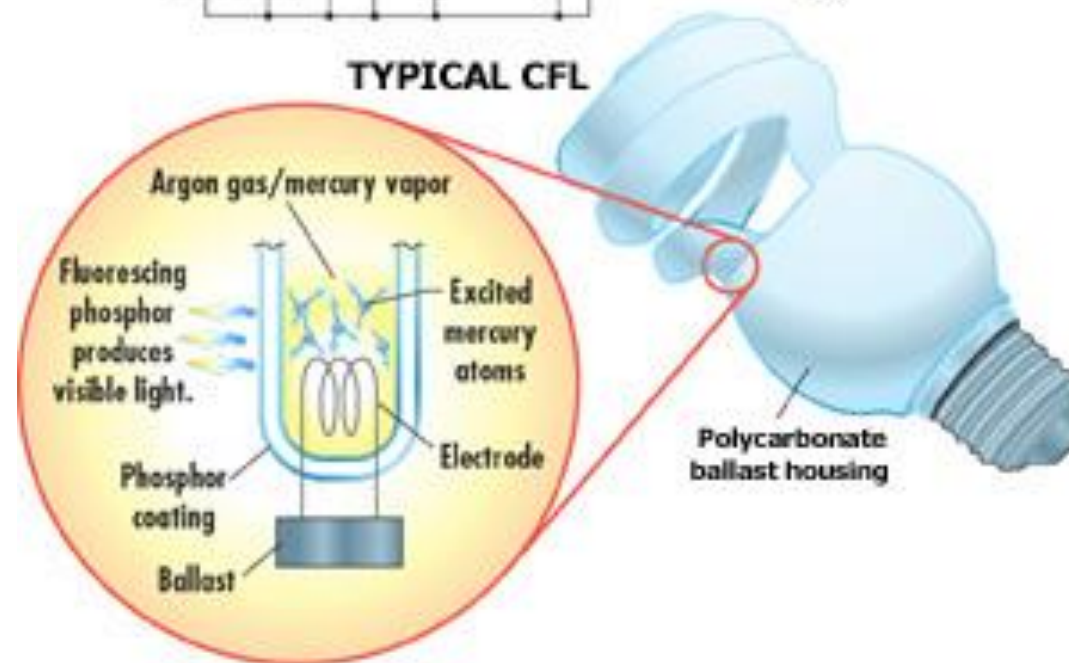
Žiarivka pozostáva zo sklenej trubice pokrytej fluoroscenčnou vrstvou, štartéra a balastnej záťaže. El. prúdom, ktorý dodá štartér sa napred rozhaví vlákno vo vnútri trubice, ktoré potom termoemisiou emituje elektróny štartujúce tlecí výboj v trubici. Trubica je naplnená obyčajne argónom s malou prímiesou pár ortute, ktorá vyžaruje hlavne v ultrafialovej oblasti spektra. Fluorescenčná vrstva mení ultrafialové žiarenie na viditeľné. Balastná záťaž stabilizuje výboj, čiže zabraňuje vzniku oblúkového výboja.



Industry-standard solid-state ballast circuit for CFLs



TYPICAL CFL



Jednotlivé materiály v žiarivke:

- Argón – slúži na ľahké zapálenie a udržanie výboja
- Ortuť – po ohriatí sa jej pary excitujú a vyžarujú s vysokou účinnosťou UV žiarenie
- Fluorescenčná vrstva – mení UV žiarenie na viditeľné so spektrom blízkym slnečnému žiareniu

- Bez fluorescenčneje vrstvy:

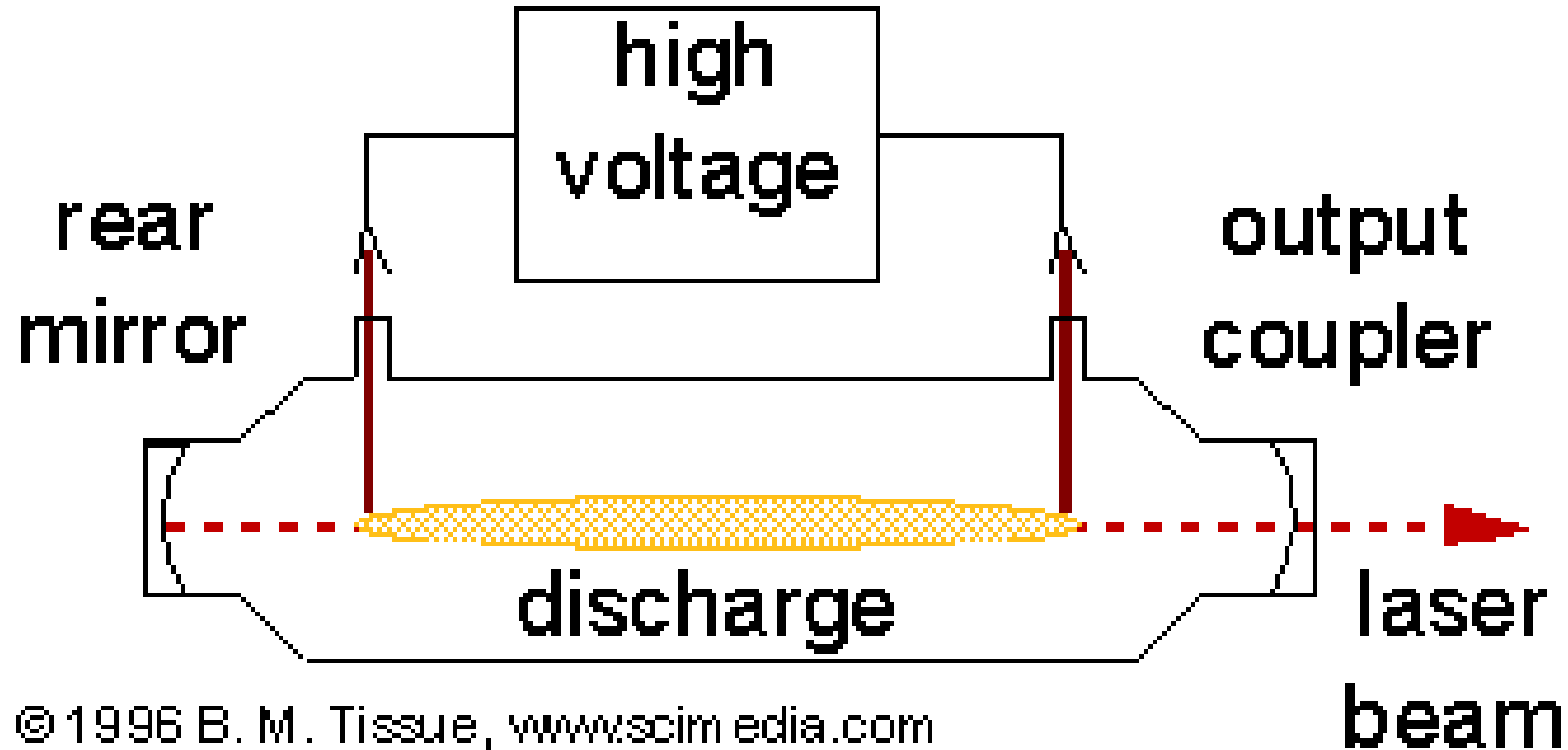


Plynové lasery

- A laser is a coherent and highly directional radiation source. LASER stands for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.
- A laser consists of at least three components:
- a gain medium that can amplify light that passes through it
- an energy pump source to create a population inversion in the gain medium
- two mirrors that form a resonator cavity
- The gain medium can be solid, liquid, or gas and the pump source can be an electrical discharge, a flashlamp, or another laser. The specific components of a laser vary depending on the gain medium and whether the laser is operated continuously (cw) or pulsed. The following headings describe specific laser designs.

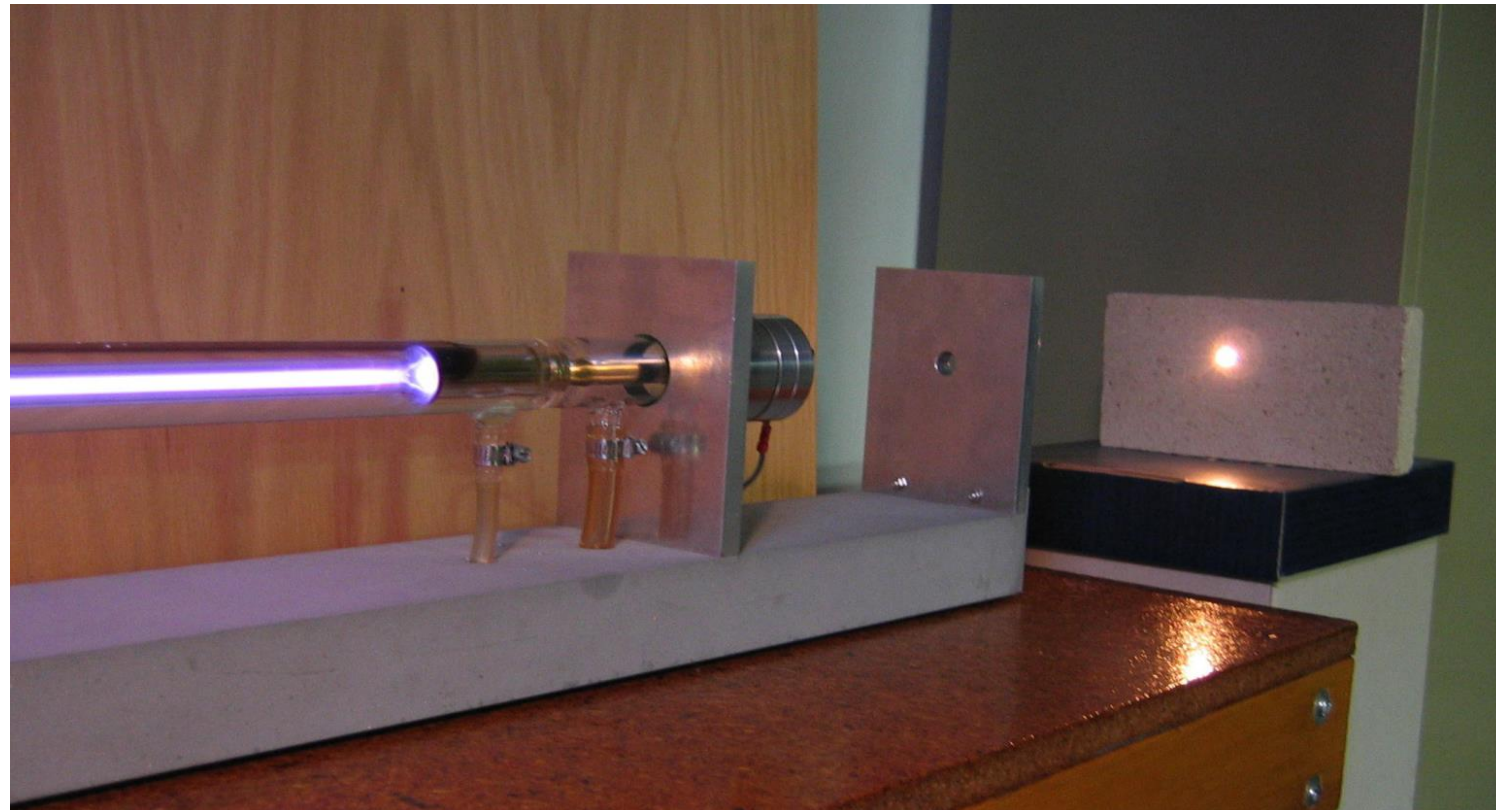
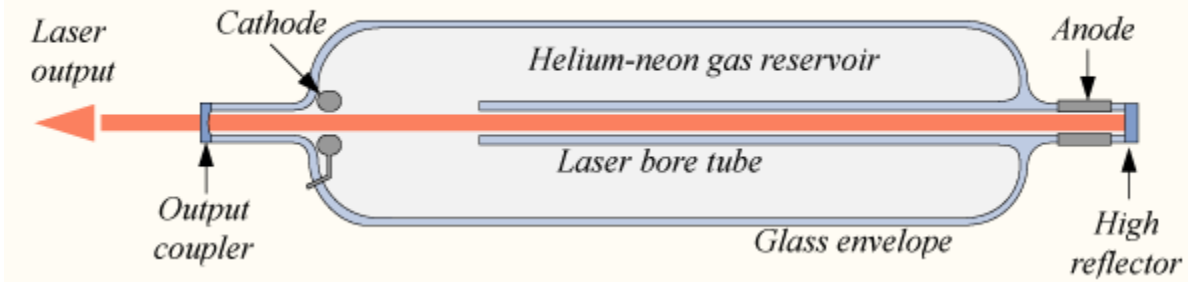
Plynové lasery

Plynové lasery sú obvykle budené el. výbojmi v plyne.



Plynové lasery

Excimer : ArF* - 248 nm, XeCl* - 308 nm (pulsed)
nitrogen : 337 nm (pulsed)
He-Ne : 632.8 nm (cw)
Ar ion : 488, 541 nm (cw)
CO₂ : 10.6 μm (cw or pulsed)



Plynové lasery

Excimérne lasery a lampy – účinnost' až 40% !

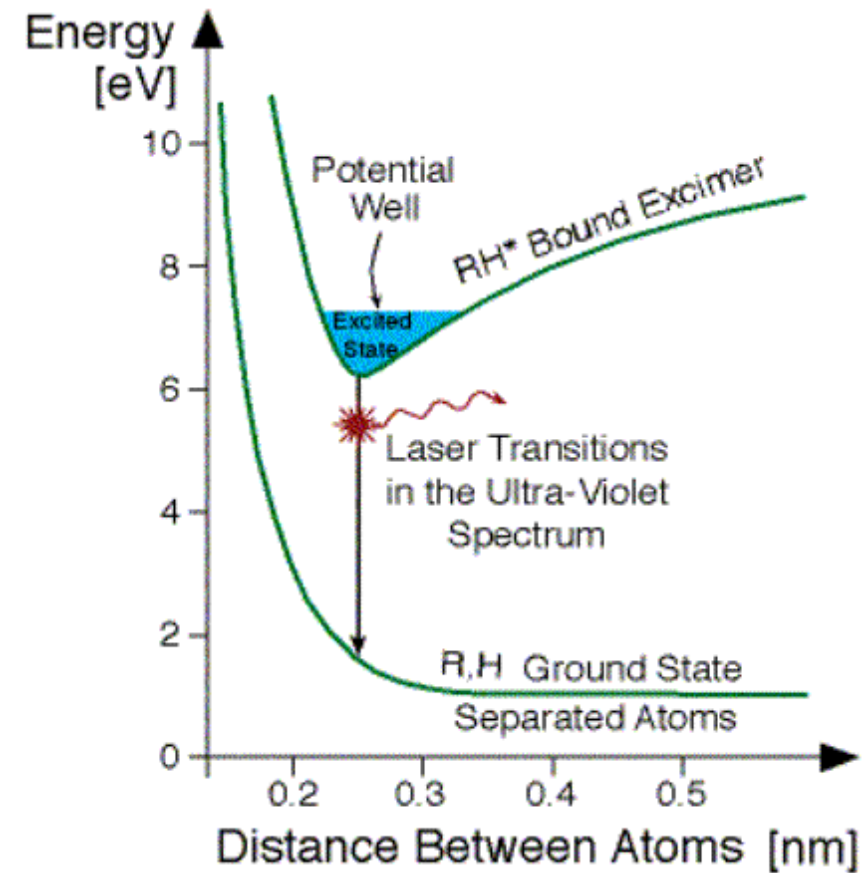
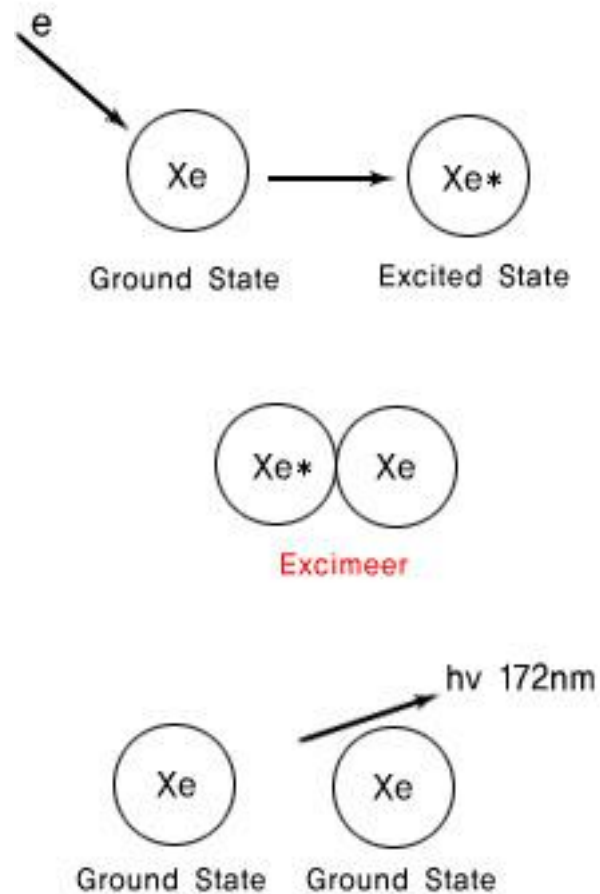
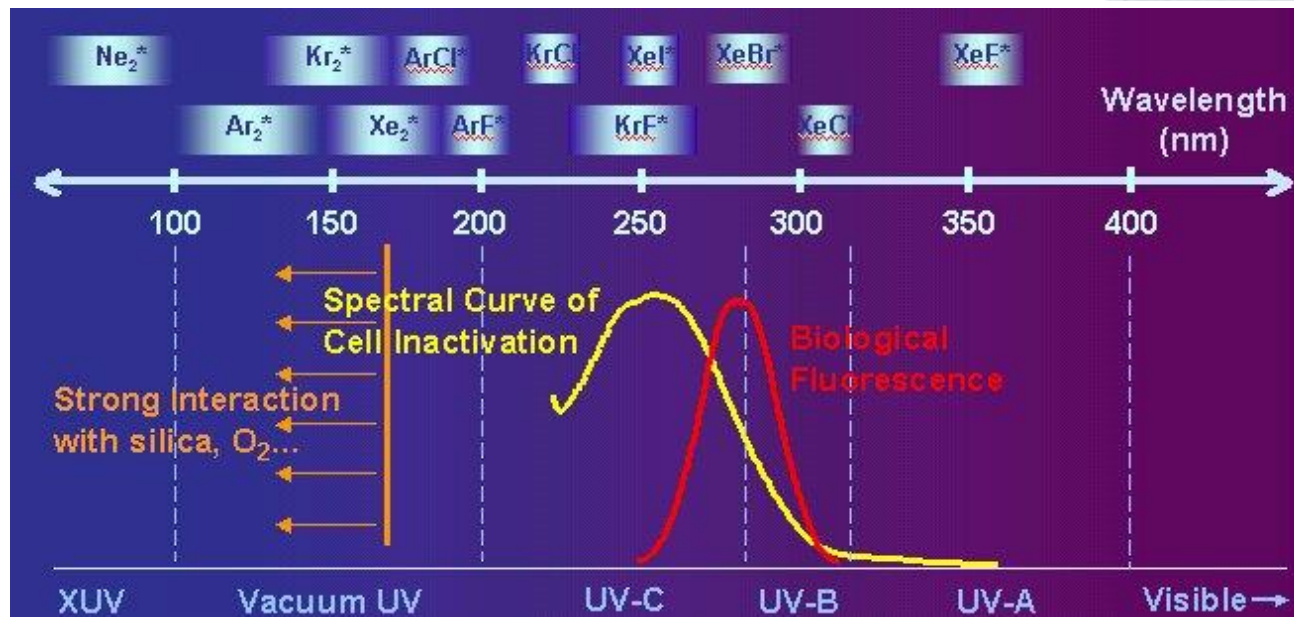
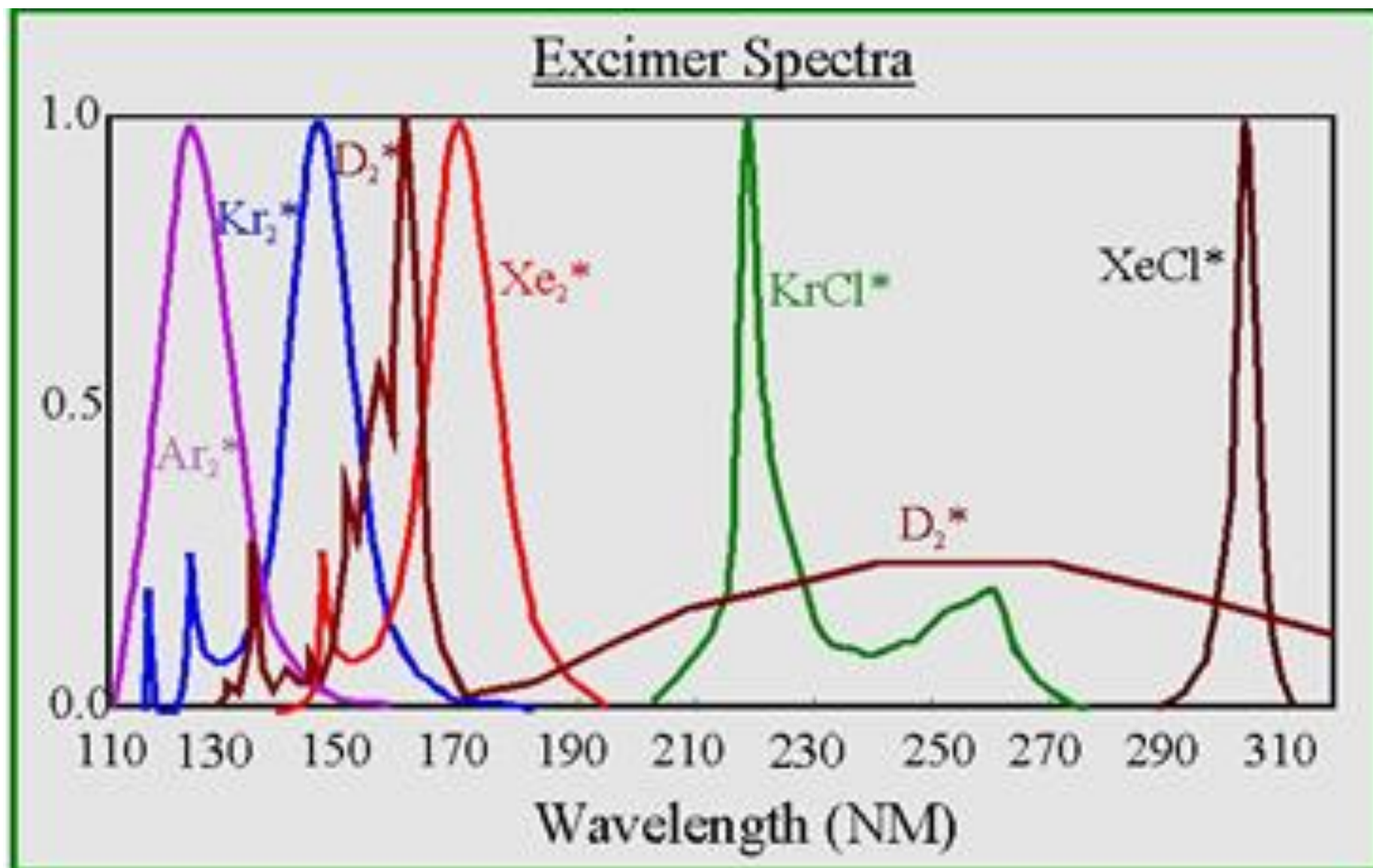


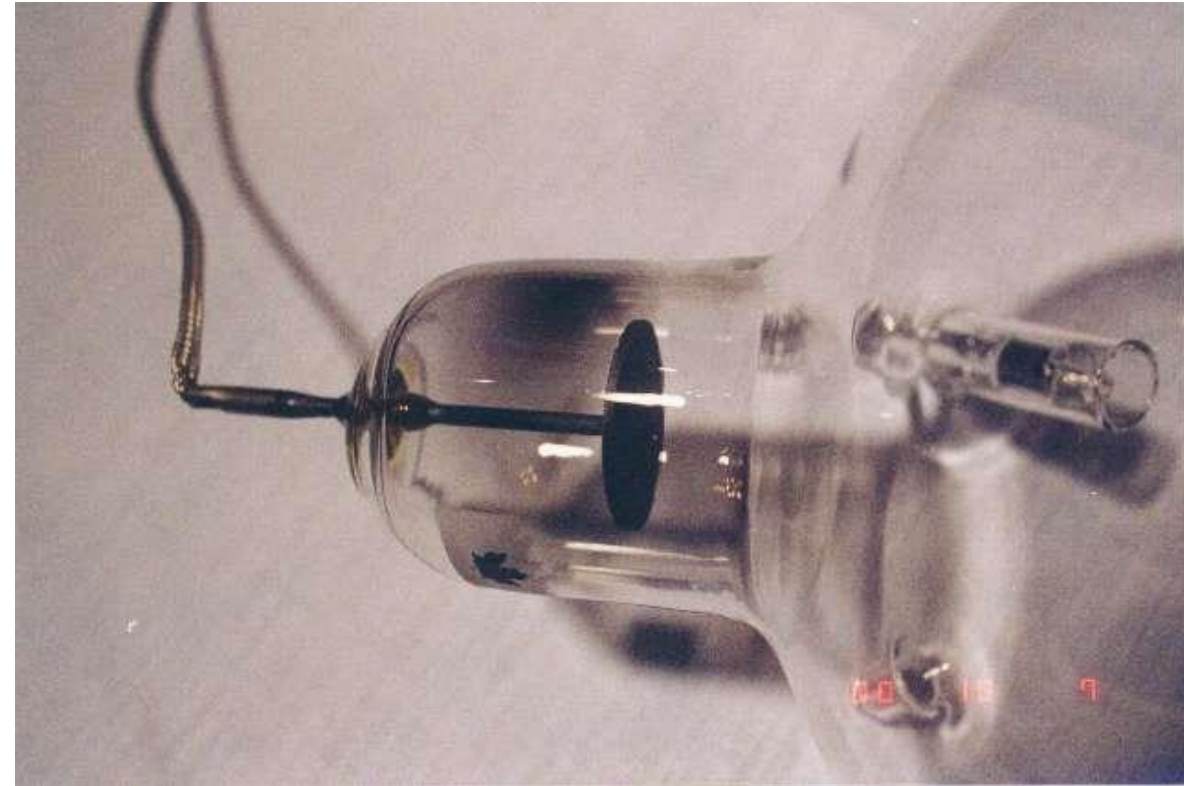
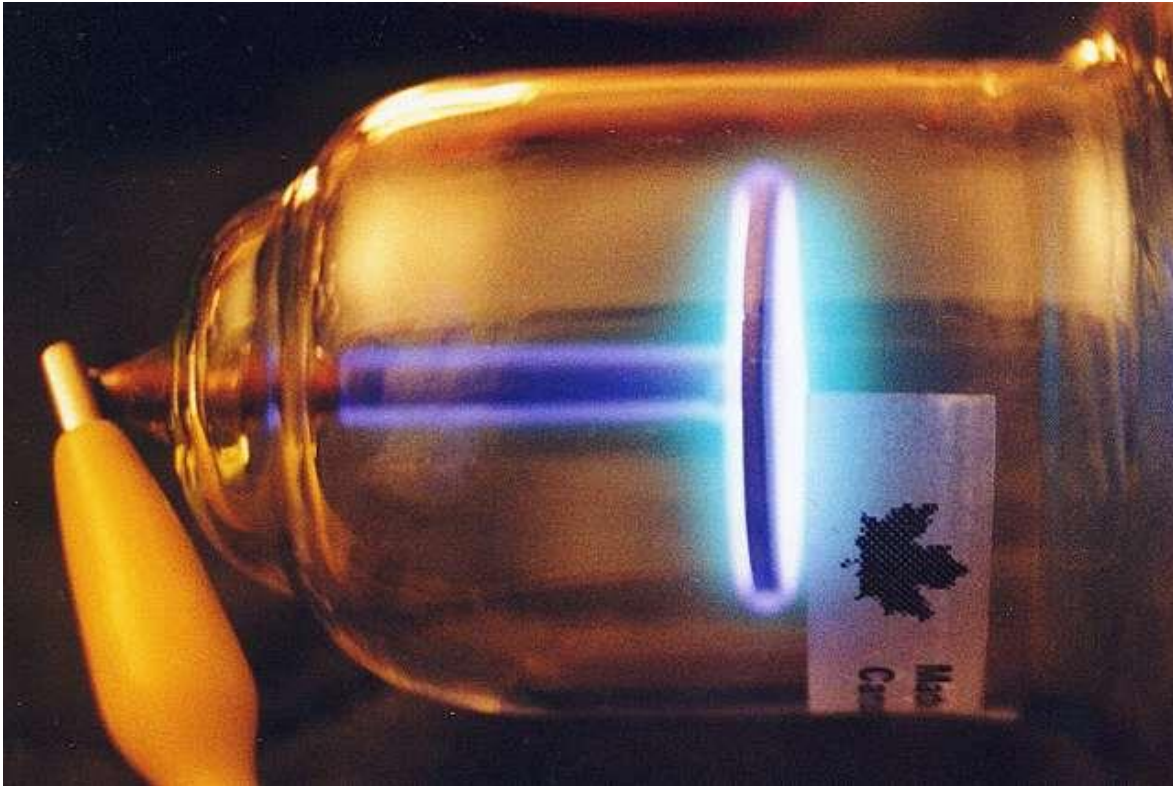


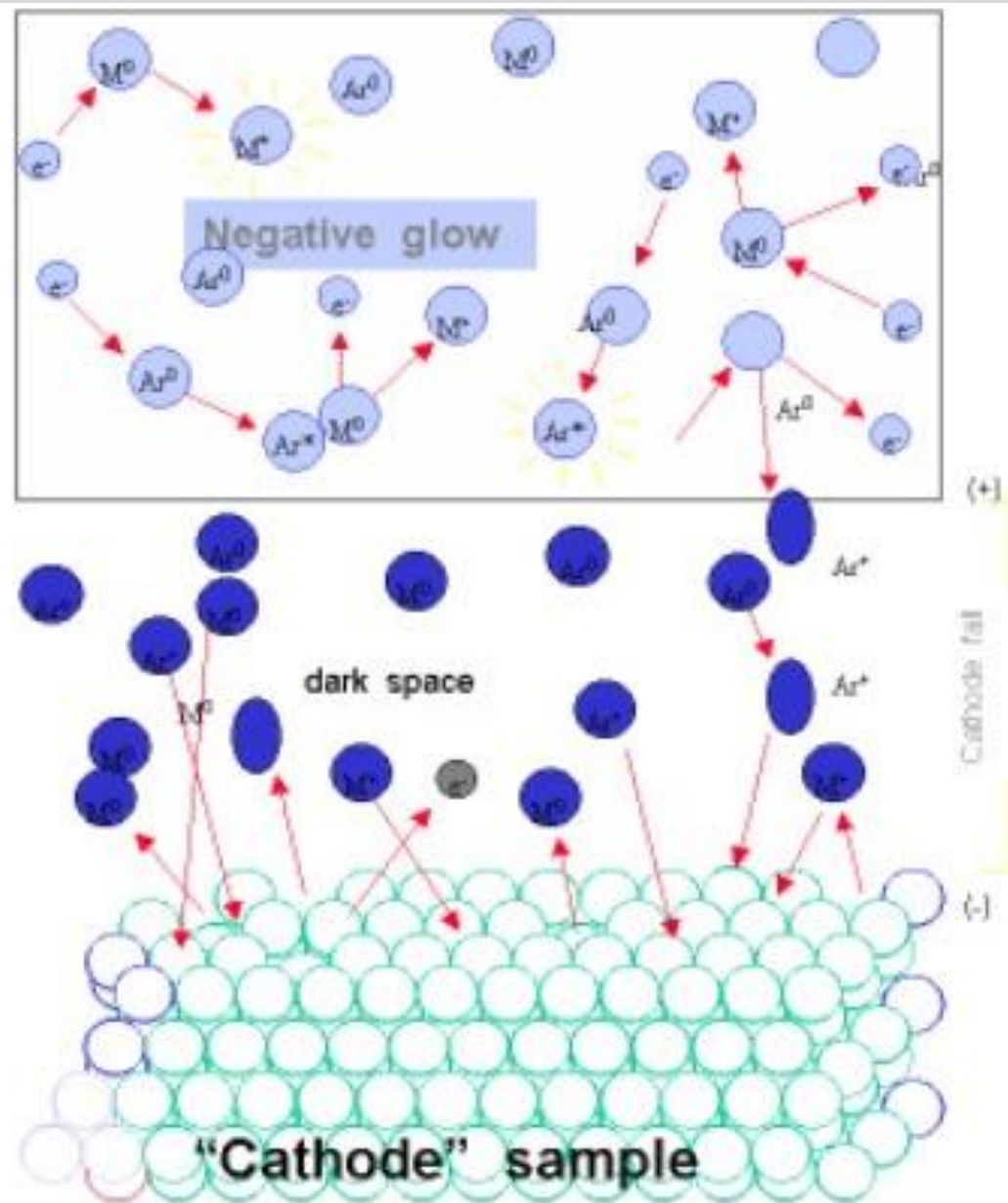
Figure 2 EOR 2 output window



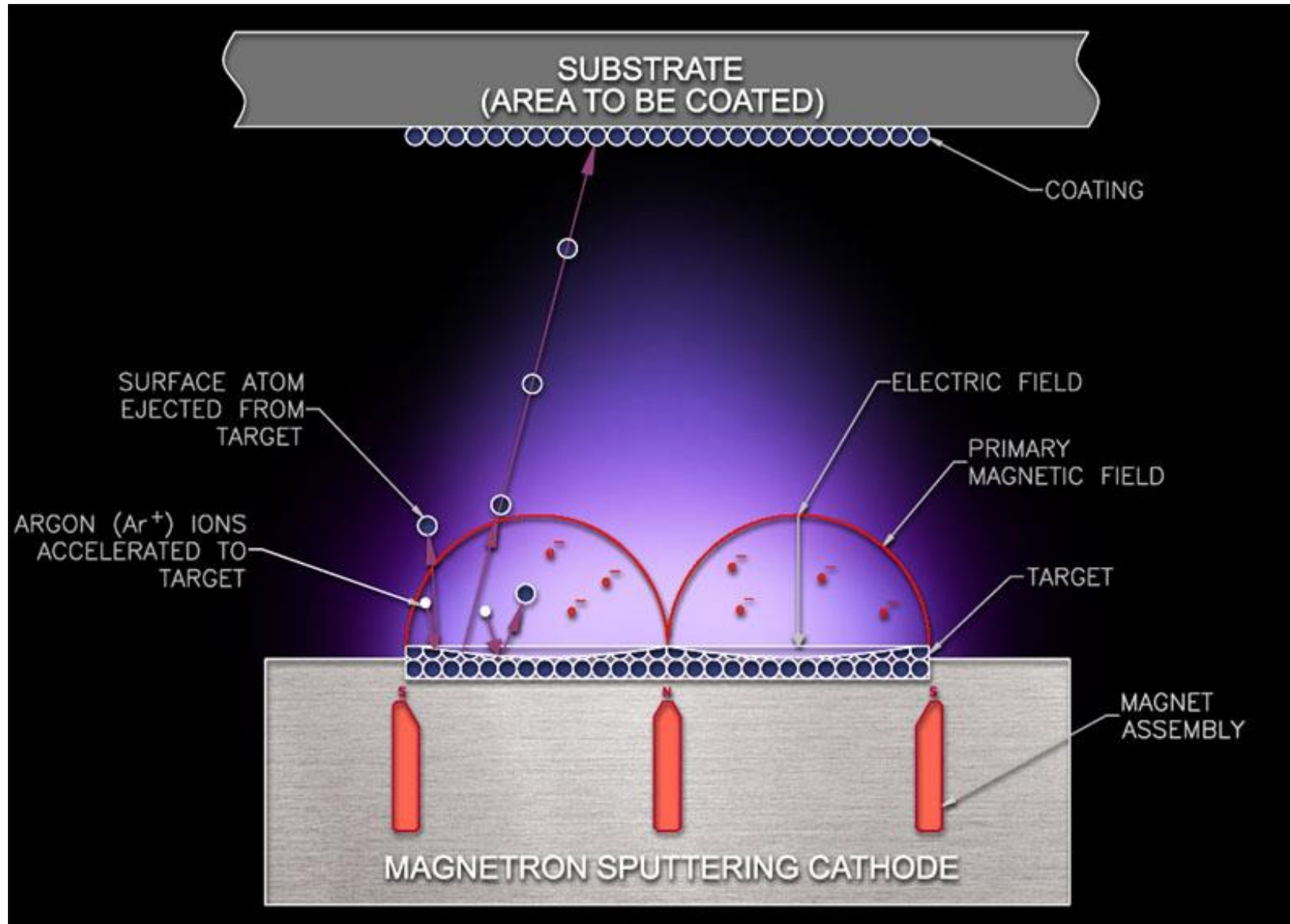


- katódové rozprašovanie

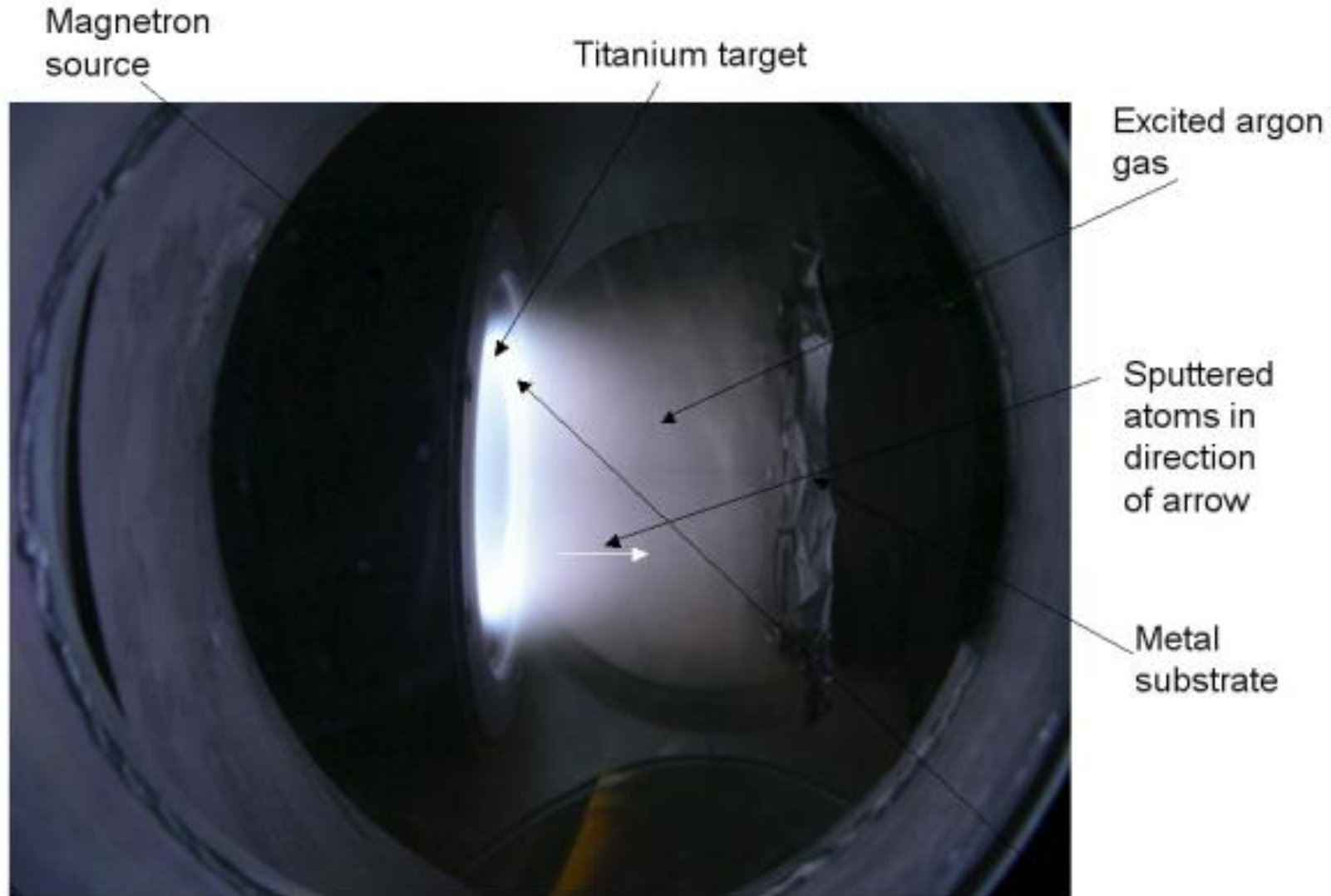




Magnetron



Magnetron



Bright plasma ring – electrons trapped in the magnetic field which emanates from a set magnets behind the target

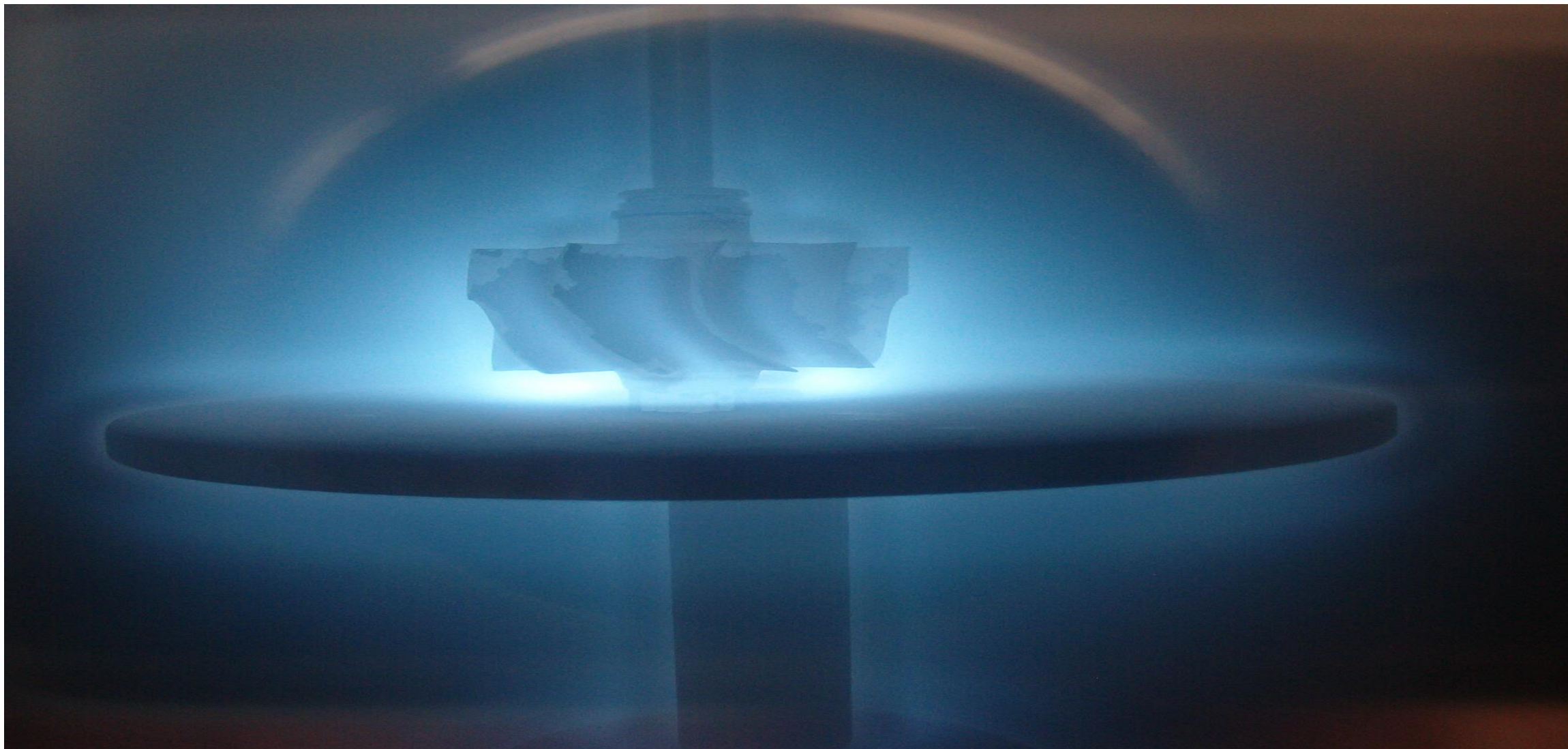
Terčíky

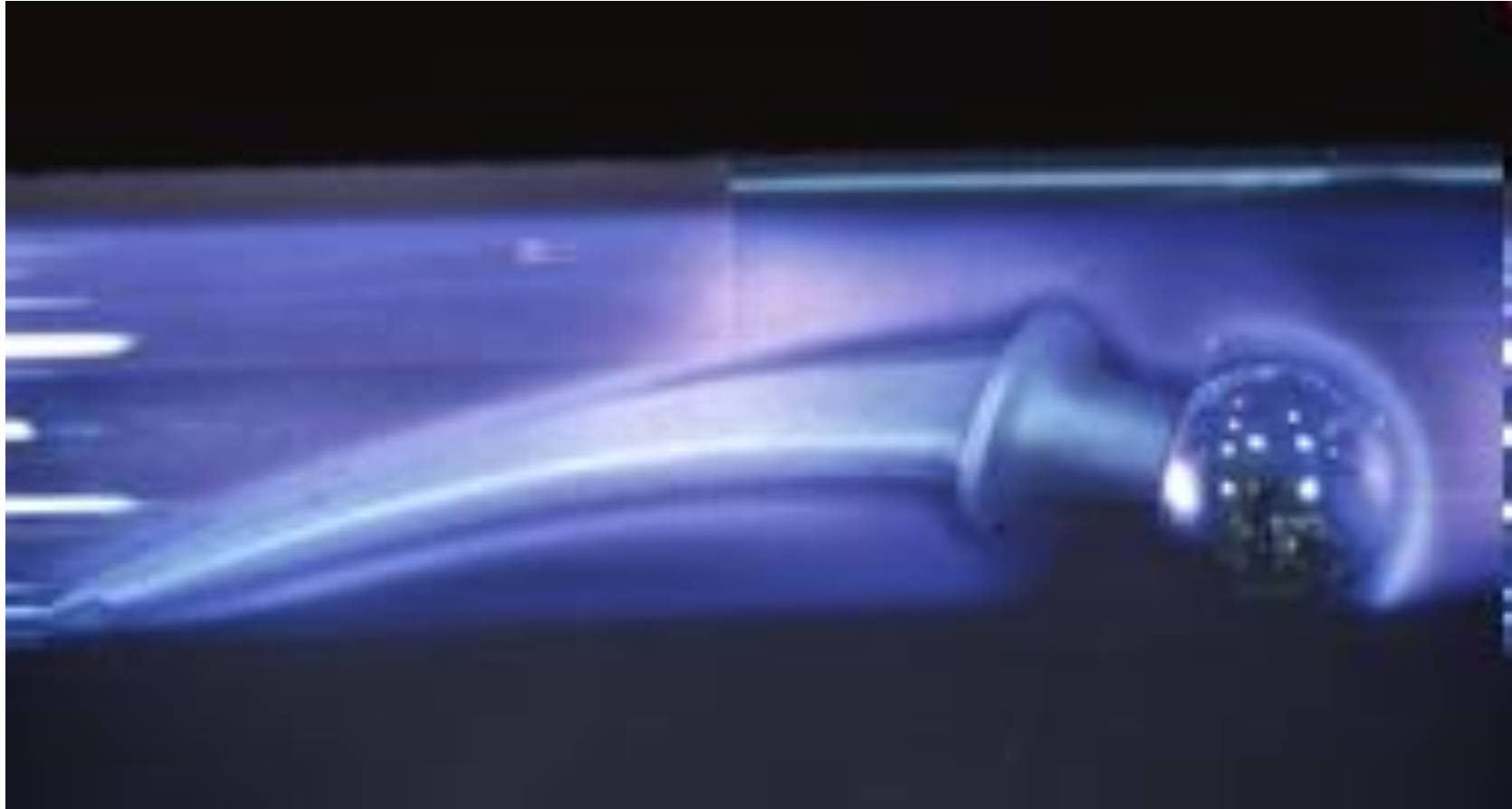


Plazmová nitridácia



Plazmová nitridácia

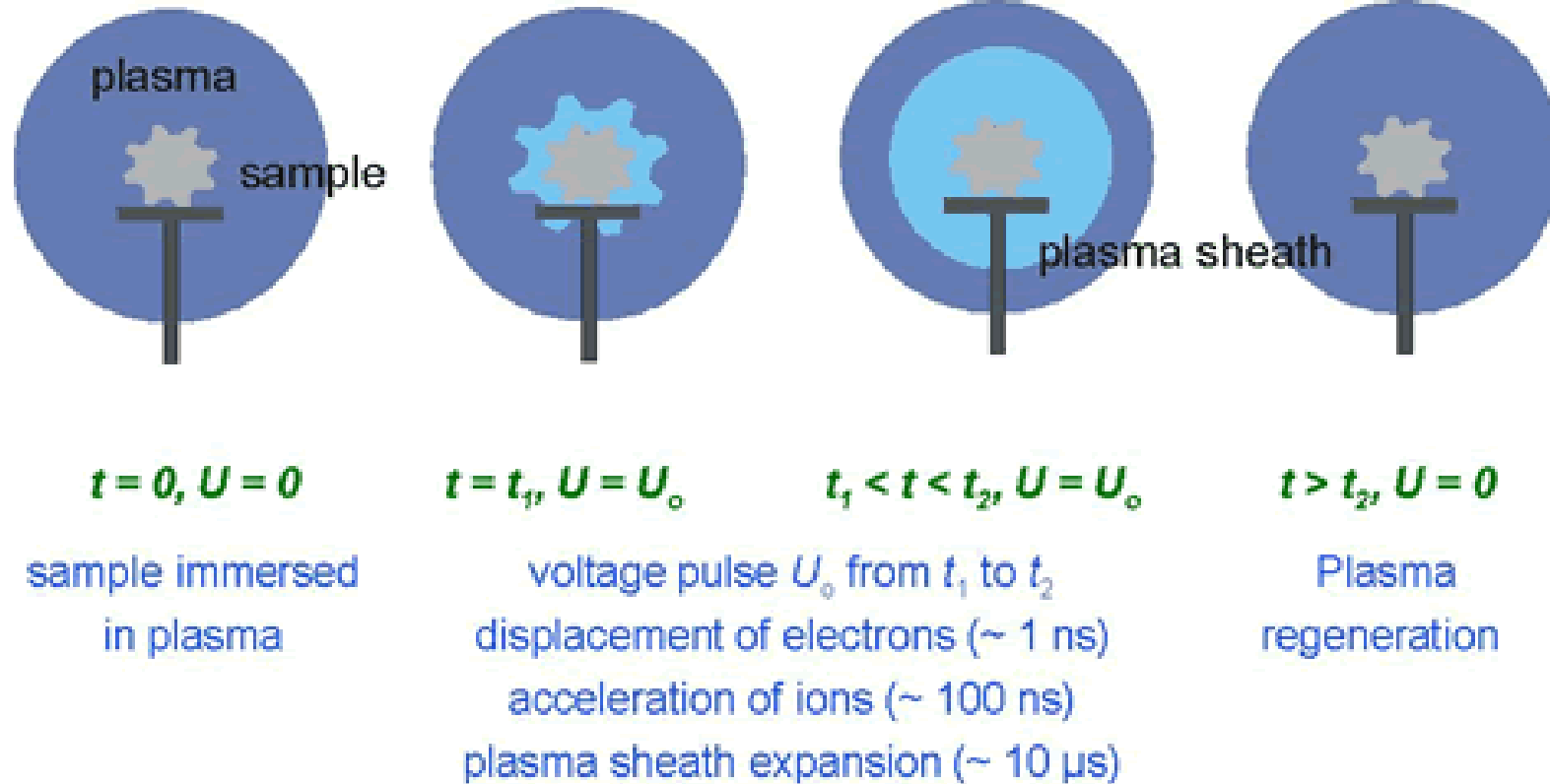




Plasma Immersed Ion Implantation

The plasma immersion ion implantation process is of potentially great significance for the modification of surfaces, since in principle it permits the implantation of ions into a surface without the usual line-of-sight restrictions of ion-beam techniques.

Plazmová implantácia



Plazmová implantácia

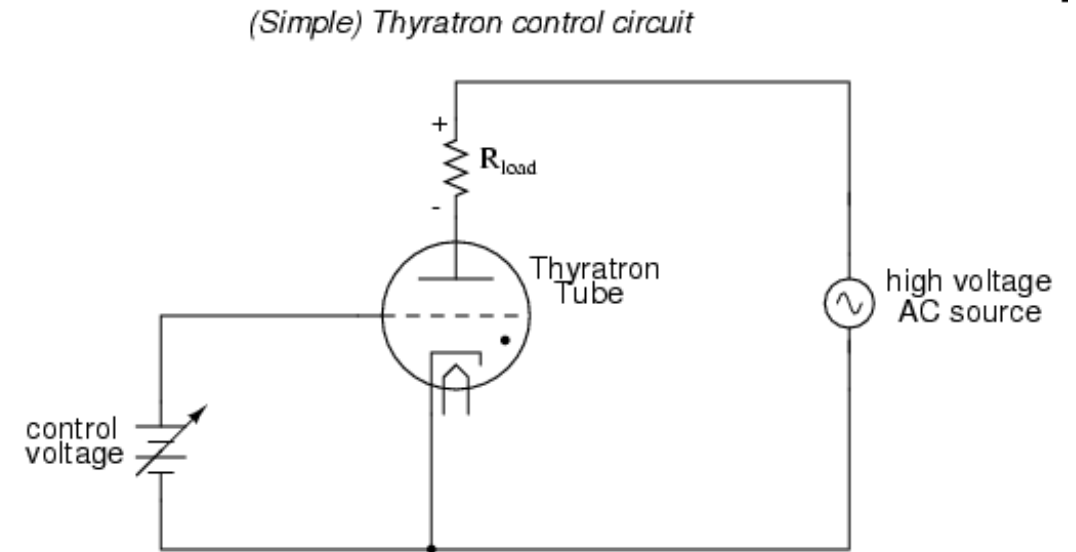
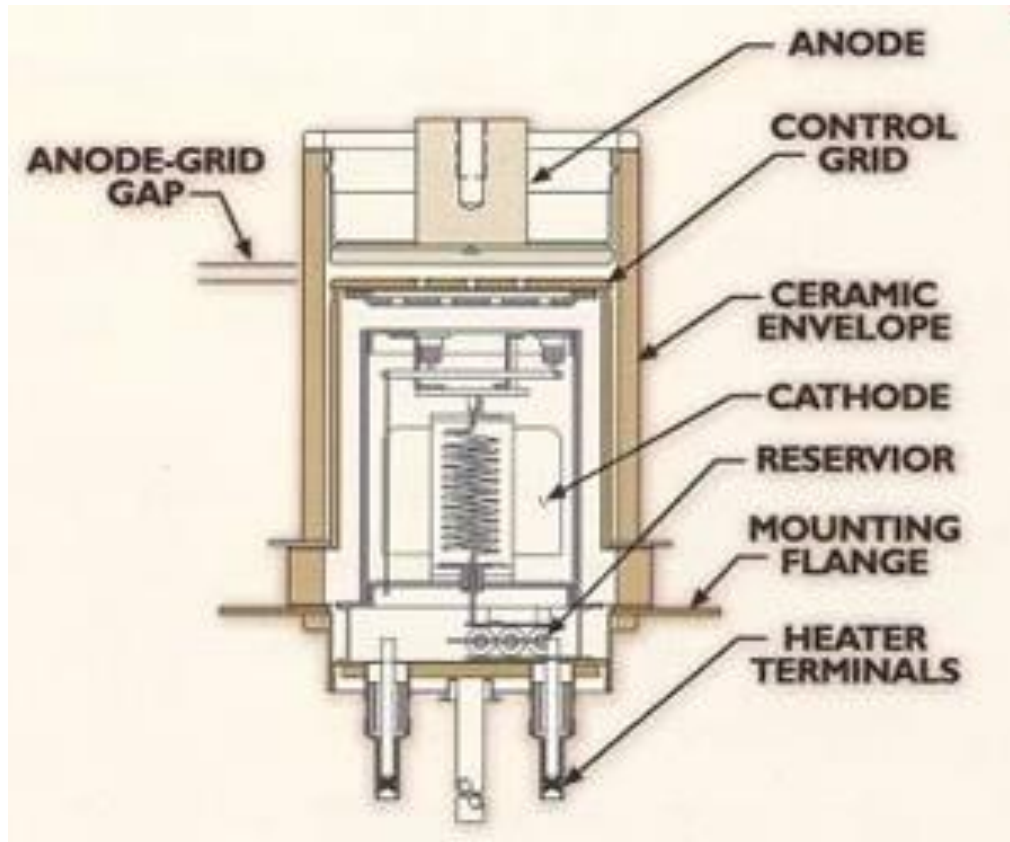
A large vacuum chamber (1m diameter & 2m length) with plasma produced by the impact ionization of neutrals by thermionic electrons.

A magnetic cusp to enhance plasma density.

A 50 kv DC supply with a hard tube modulator



- spínacia plynom plnená elektrónka na báze t.v. na spínanie VN



Prúd tlecieho výboja s dutou katódou ako funkcia vzdialenosti d medzi katódami (katódou a antikatódou) prúd prudko vzrastie keď sa **spoja obe záporné svetlá** (d je vzdialenosť oboch katód)

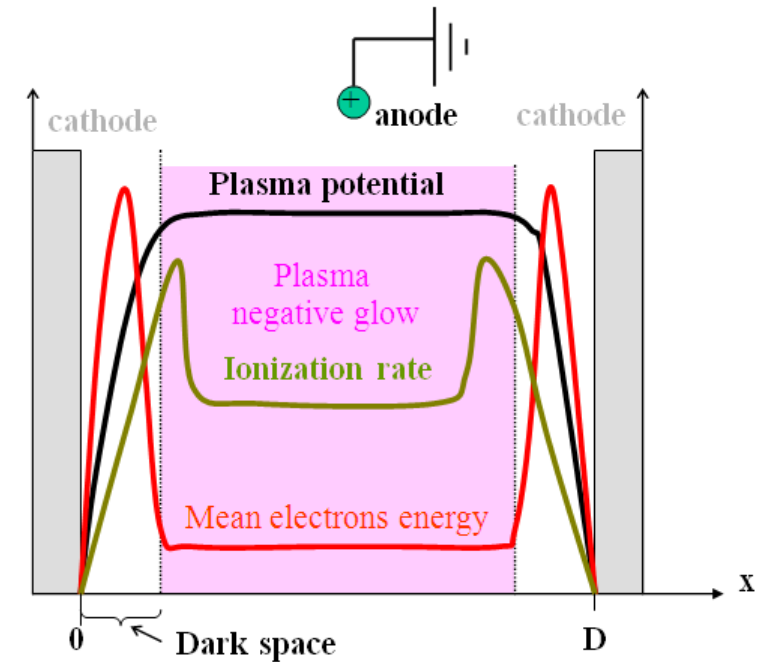
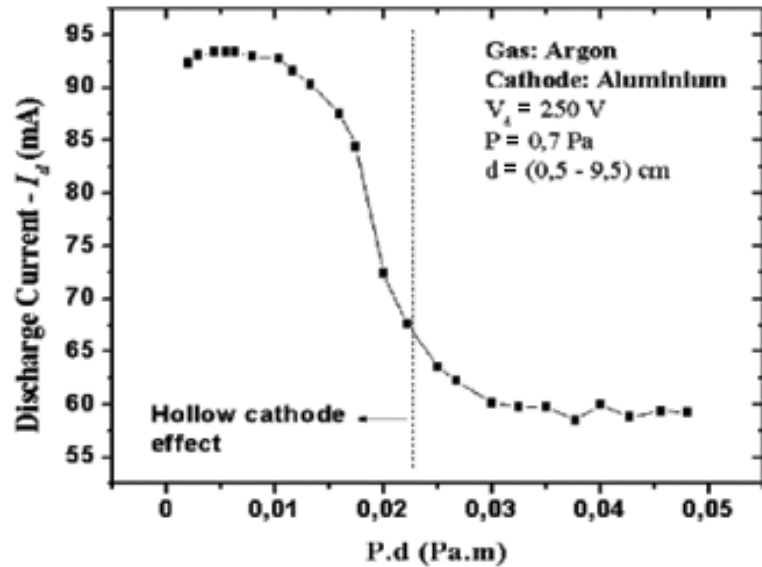
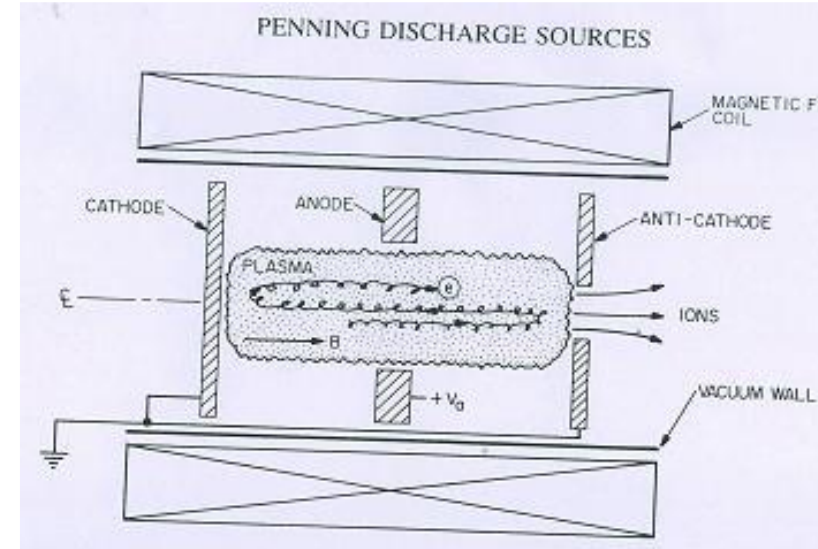
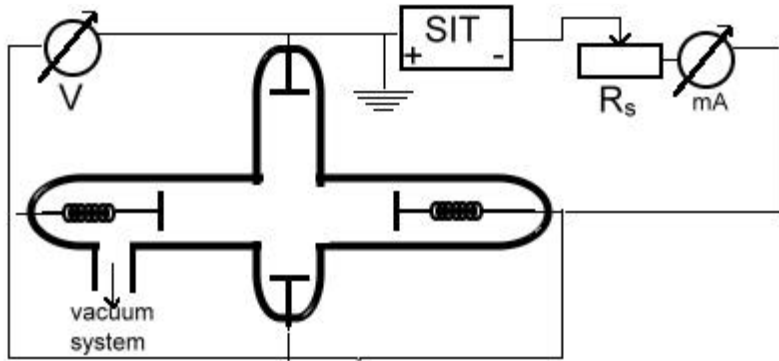
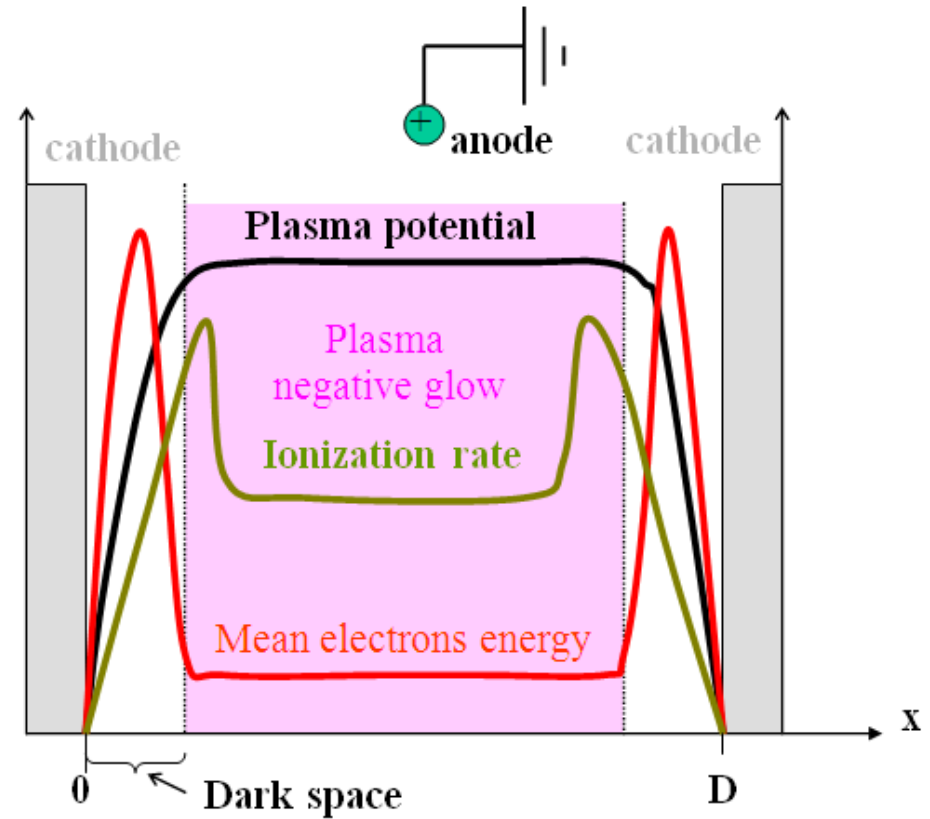
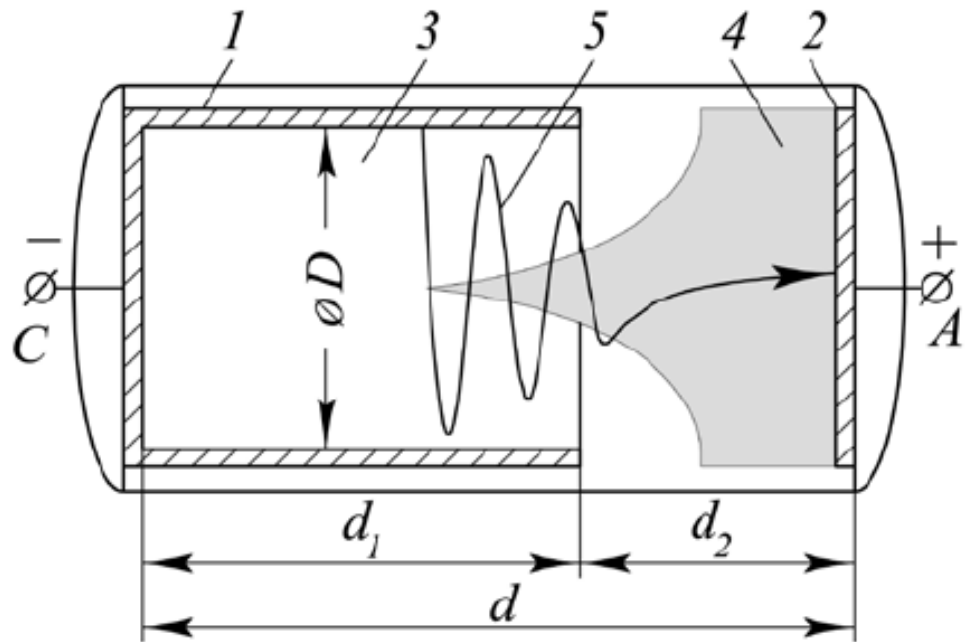


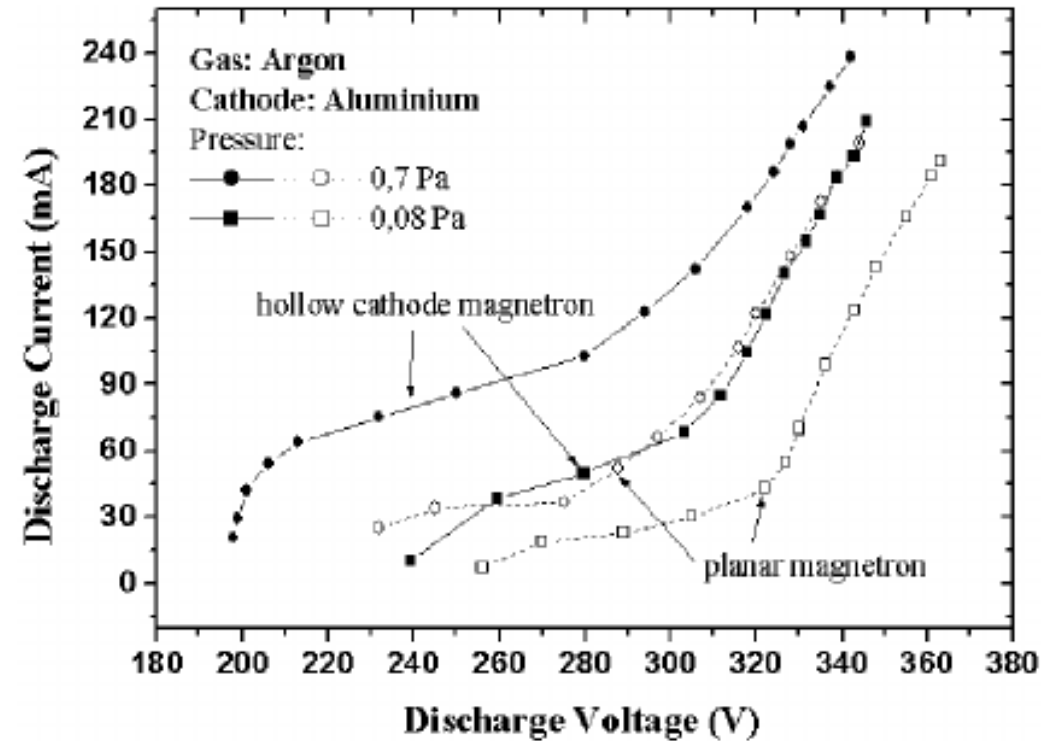
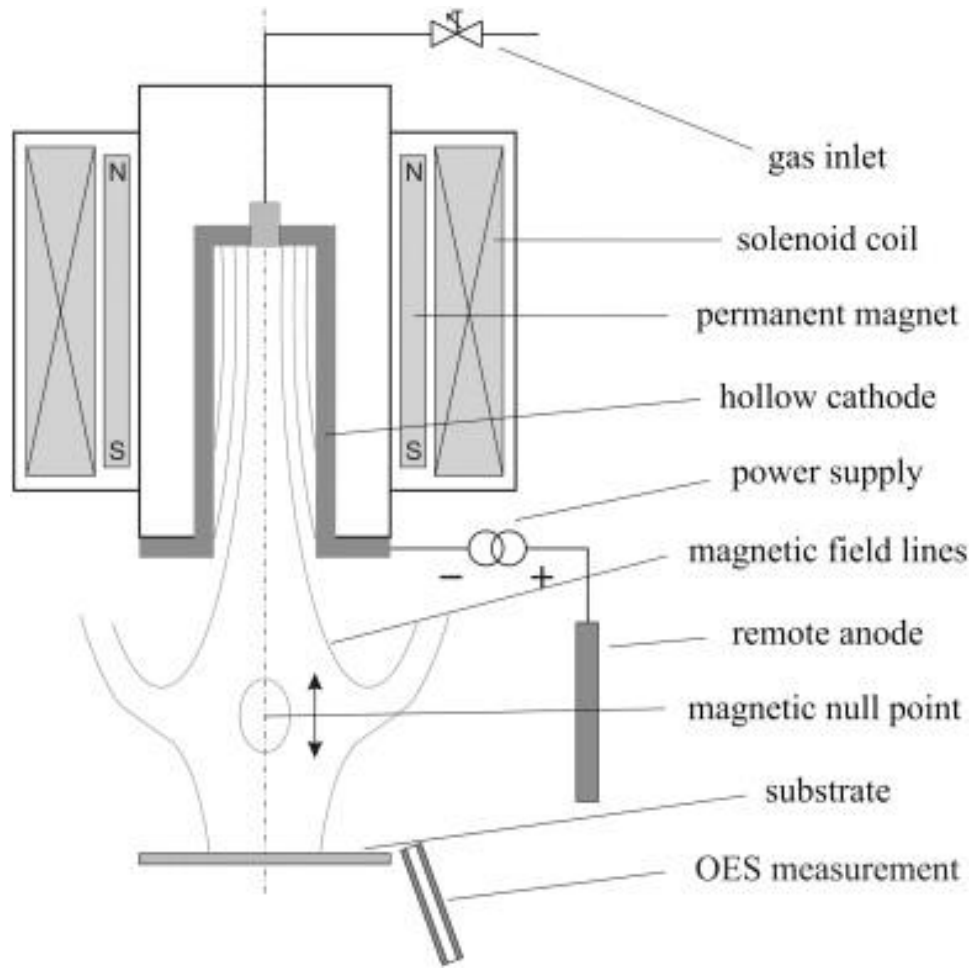
FIG. 2: Hollow Cathode discharge current as a function of the (P.d) parameter.

Klasická konfigurácia tlecieho výboja s dutou katódou

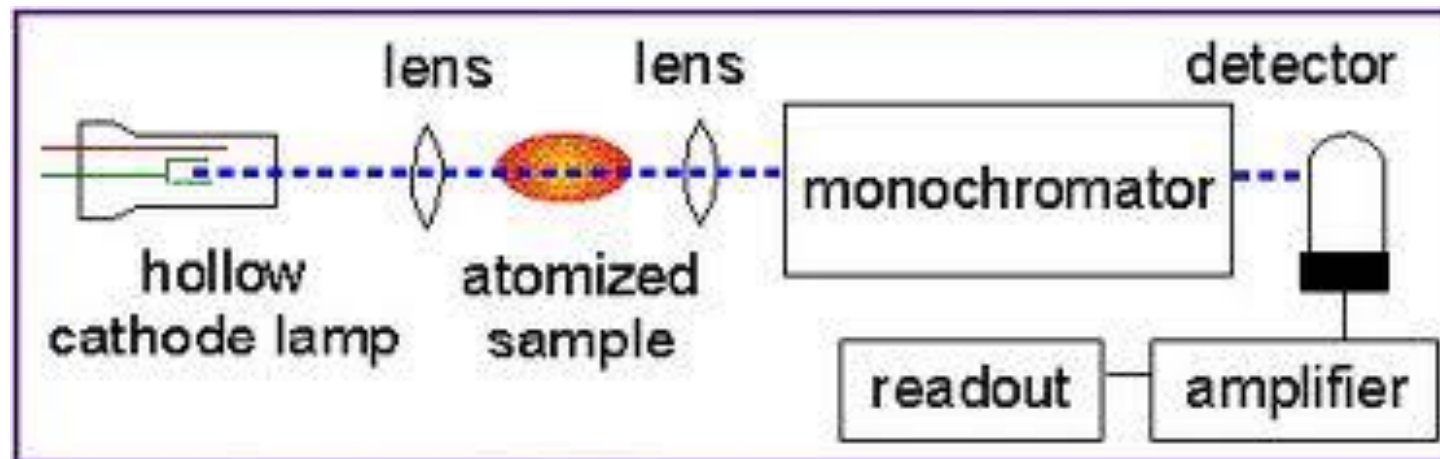
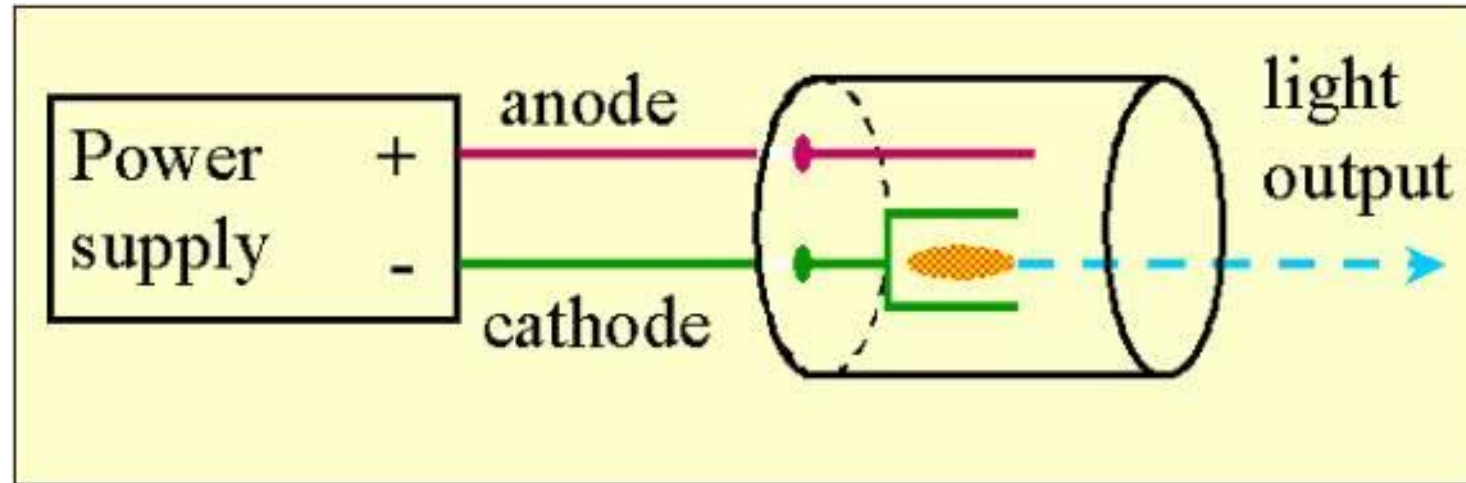


1 – hollow cathode, 2 – anode, 3 – positive space charge, 4 – plasma, 5 – electron trajectory

Magnetron s dutou katódou

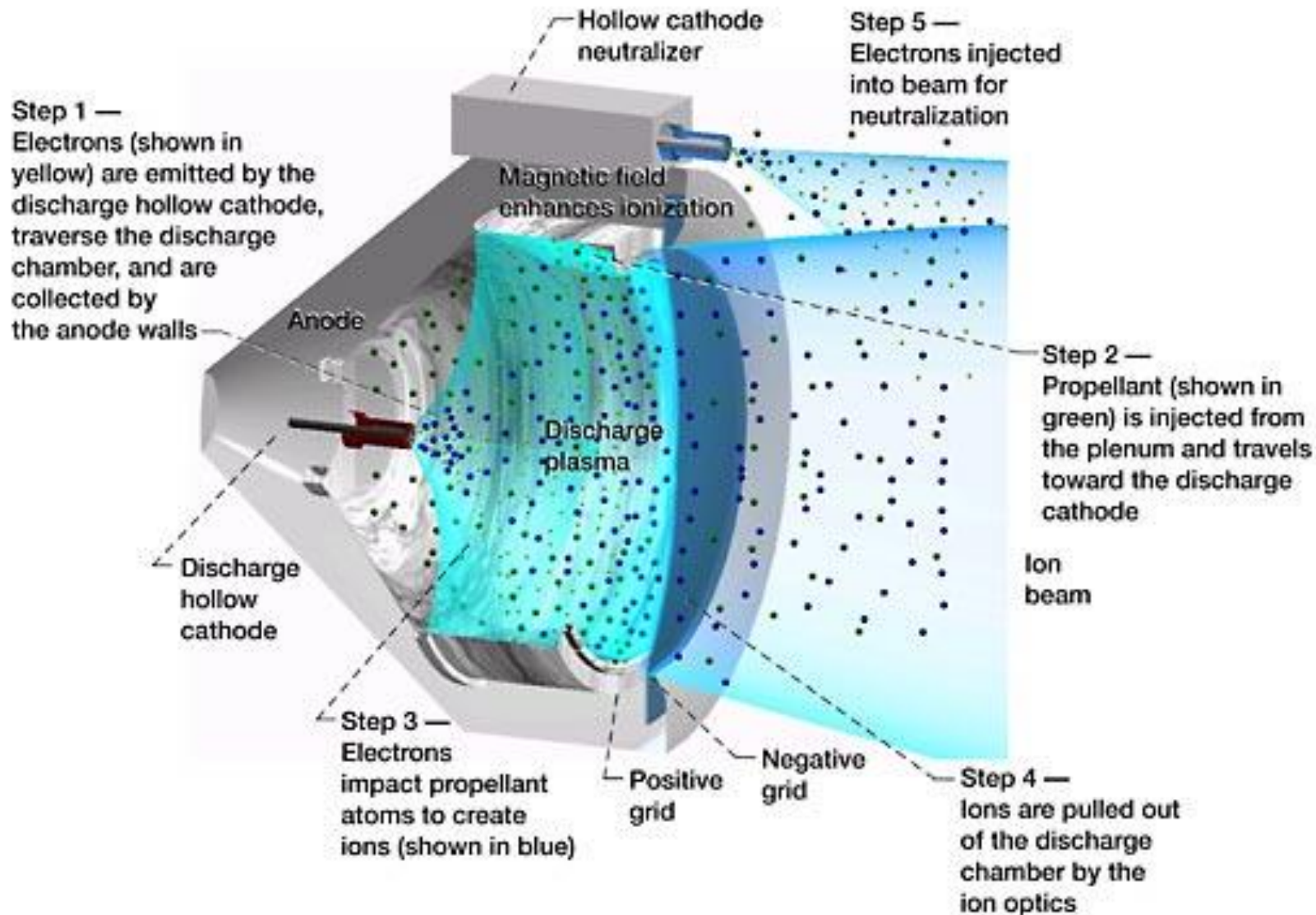


Tlecí výboj s dutou katódou ako zdroj žiarenia pre absorpčnú spektroskopiu:





Iónové reaktívne motory



GLID ARC

GLID ARC – kízavý oblúkový výboj,
v skutočnosti však kízavý tlecí výboj

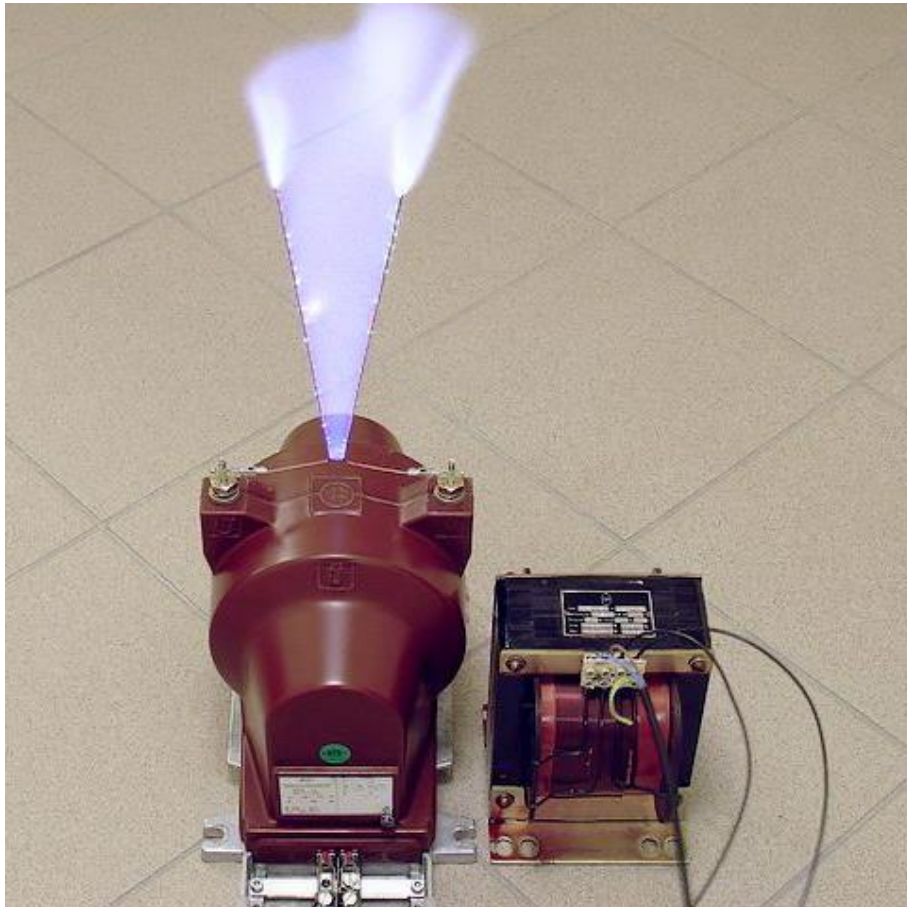


Figure 2.

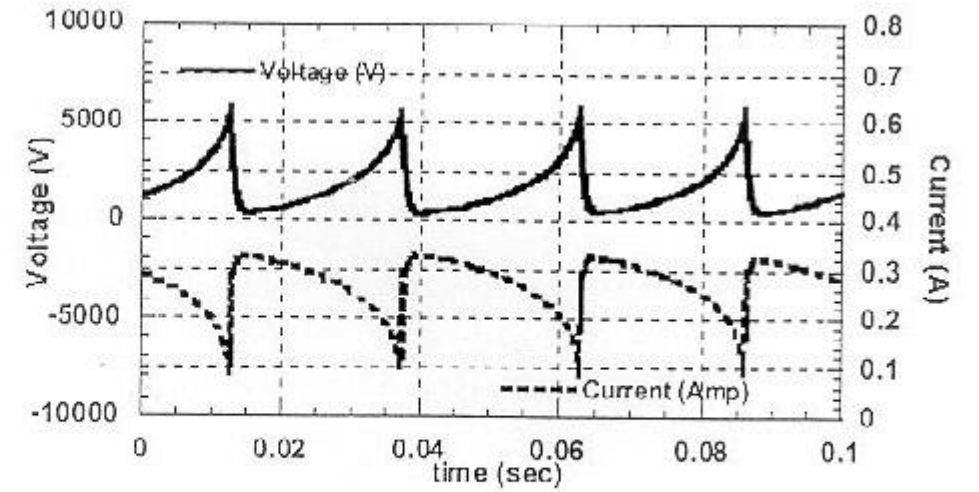
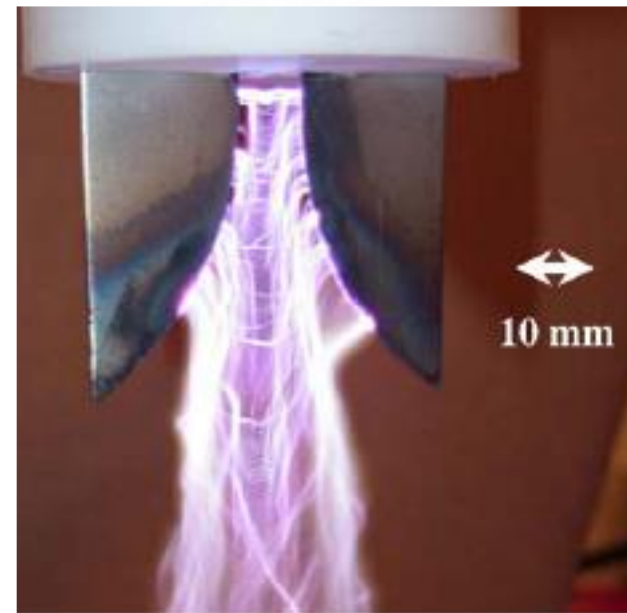
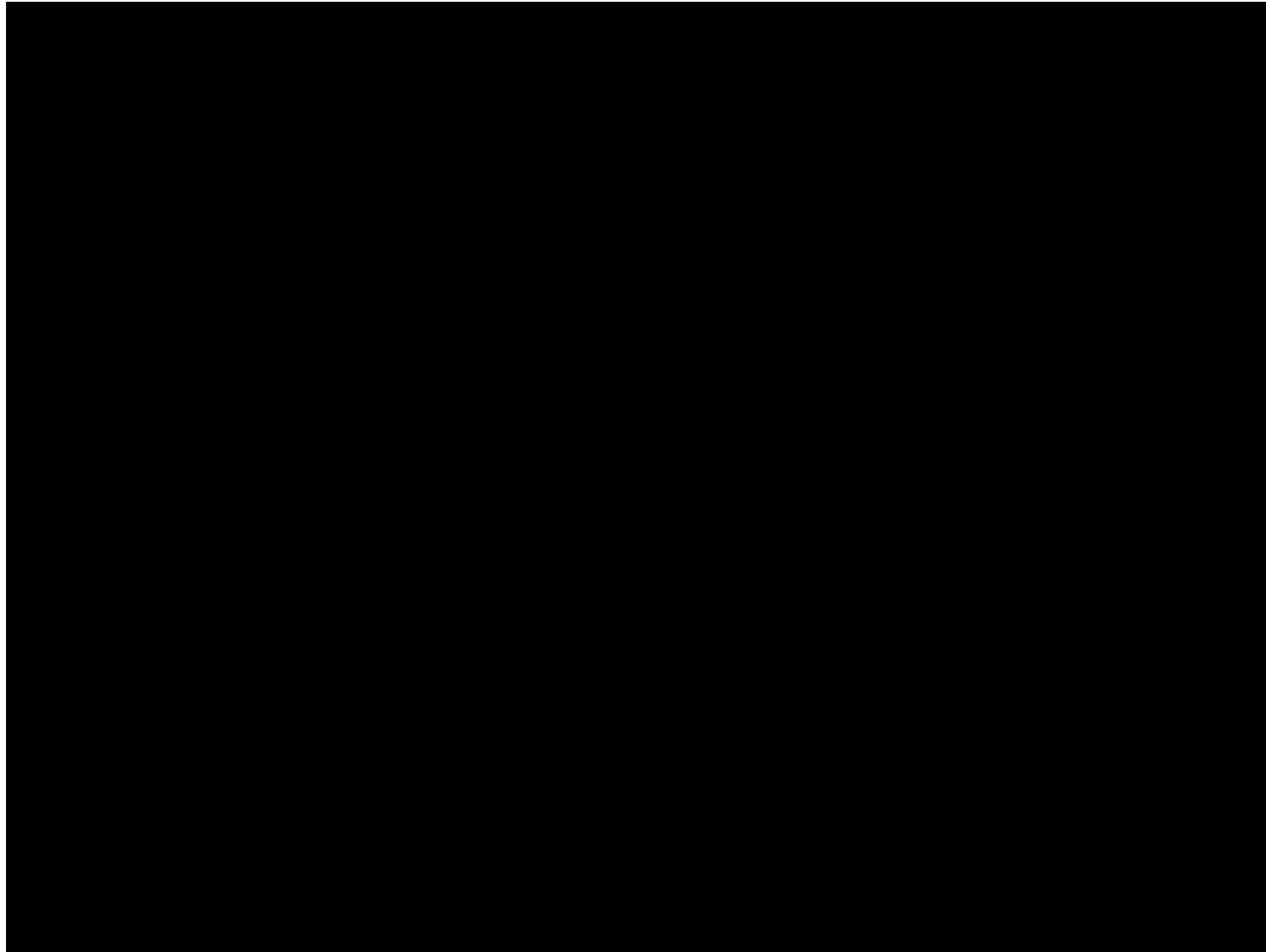


Figure 3. Current and voltage waveforms of the gliding arc discharge.



GLID ARC



Glid_Arc.mp4

GLID ARC



Figure 2.

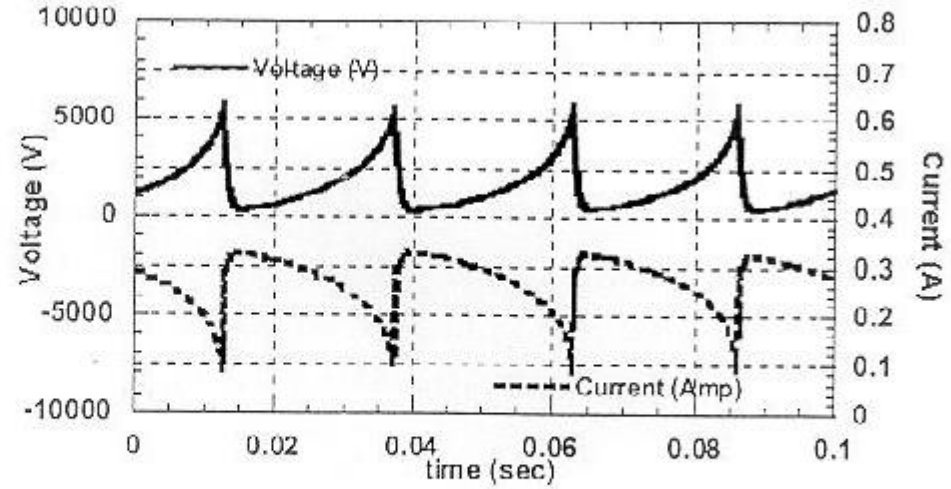


Figure 3. Current and voltage waveforms of the gliding arc discharge.

M A S A R Y K

U N I V E R S I T Y