

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE

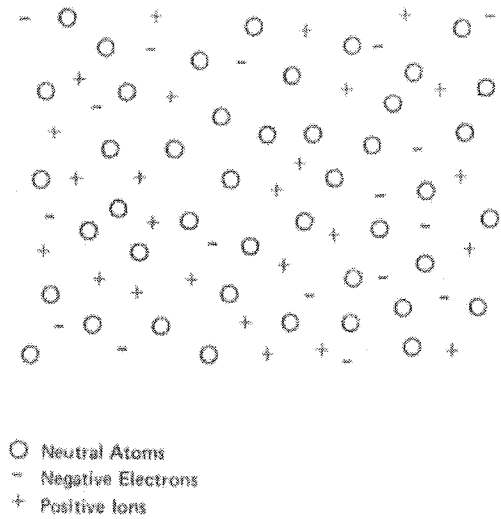


Figure 2-28. Plasma

A descarga é formada pela aplicação de um campo elétrico em um gás em baixa pressão.

Efeitos essenciais em plasmas

Ionização

Recombinação

Excitação

Relaxação

Uma descarga luminescente pode ser tratada pela estatística de Maxwell-Boltzmann?

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE

Medidas em plasmas de descarga luminescente (PDL) mostram: energia cinética dos elétrons entre **2 e 8 eV**.

Trabalho efetuado pelo campo na descarga

$$W_e = E_{ex} = (E_{et})^2/2m_e \quad (1)$$

$$W_i = E_{ex} = (E_{et})^2/2m_i \quad (2)$$

$$m_e \ll m_i, \text{ logo } W_e \ll W_i.$$

De acordo com M-B, a energia cinética dos elétrons é

$$E_c = (1/2)m_e v^2 = (3/2)kT_e$$

$$\text{para } E_c = 3 \text{ eV} \rightarrow T_e = \mathbf{23200 \text{ K!}}$$

Para os íons, qual é T_i ?

$$\text{Trabalho} = \Delta(\text{energia cinética})$$

$$\Delta(\text{energia cinética})_e \gg \Delta(\text{energia cinética})_i$$

$$\text{logo } T_e \gg T_i$$

De acordo com a Eq. (2), a energia transferida pelo campo elétrico é pequena; **500 K** é uma estimativa razoável.

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE VALORES TÍPICOS DE PARÂMETROS NA DESCARGA

Neutrals	$m = 6.6 \cdot 10^{-23} \text{g}$ $T = 20^\circ \text{C} = 293\text{K} \equiv 1/40\text{eV}$ $\bar{c} = 4.0 \cdot 10^4 \text{cm/sec}$
Ions	$m_i = 6.6 \cdot 10^{-23} \text{g}$ $T_i = 500\text{K} \equiv 0.04\text{eV}$ $\bar{c}_i = 5.2 \cdot 10^4 \text{cm/sec}$
Electrons	$m_e = 9.1 \cdot 10^{-28} \text{g}$ $T_e = 23\,200\text{K} \equiv 2\text{eV}$ $\bar{c}_e = 9.5 \cdot 10^7 \text{cm/sec}$ $\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\pi m} \right)^{1/2}$

Figure 3-2. Typical parameter values for a glow discharge plasma

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE FORMAÇÃO DO POTENCIAL FLUTUNTE

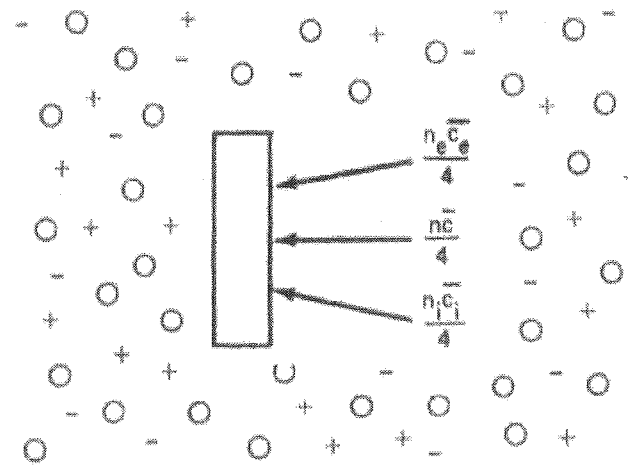


Figure 3-3. Initial particle fluxes at the substrate

n_e, n, n_i = concentração de elétrons, neutros e íons ($\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)

c_e, c, c_i = concentração de elétrons, neutros e íons (cm^3)

Na situação inicial: $n_e \approx n_i \rightarrow$ fluxo de elétrons \gg fluxo de íons ($c_e \gg c_i$)

Na situação de equilíbrio dinâmico: fluxos tem que ser iguais. Consequência:

substrato positivamente carregado no potencial V_f denominado de potencial flutuante.

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE

VARIAÇÃO DO POTENCIAL NA REGIÃO DO SUBSTRATO

O potencial flutuante V_f do corpo é definido em relação ao potencial do plasma, V_p , que também pode estar num outro potencial em relação, por exemplo, à terra. A figura representa esquematicamente a *variação local* do potencial imposta ao plasma pelo corpo isolado. É mostrada a queda de potencial na região próxima ao corpo, que chamamos de *bainha*. Nela há uma queda das densidades eletrônica e um aumento da densidade iônica e pode ser vista por uma queda da intensidade luminosa em relação à luminosidade do plasma.

Os elétrons, para chegar ao corpo isolado, tem que vencer a barreira $V_p - V_f$.

Assim,

$$n_e'/n_e = \exp[-e(V_p - V_f)/(kT_e)]$$

n_e' = densidade dos elétrons com energia maior ou igual a $e(V_p - V_f)$;

n_e = densidade dos elétrons na bainha;

k = constante de Boltzmann;

T_e = temperatura dos elétrons;

e = carga do elétron.

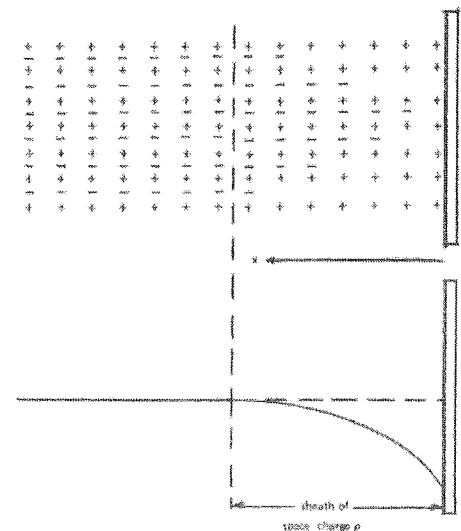


Fig space ch.jpg

Figure 3-5. A space charge sheath develops in front of a floating substrate (upper), and establishes a sheath voltage (lower)

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO, LUMINOSIDADE, CAMPO, CARGA E CORRENTE EM UM TUBO DE DESCARGA

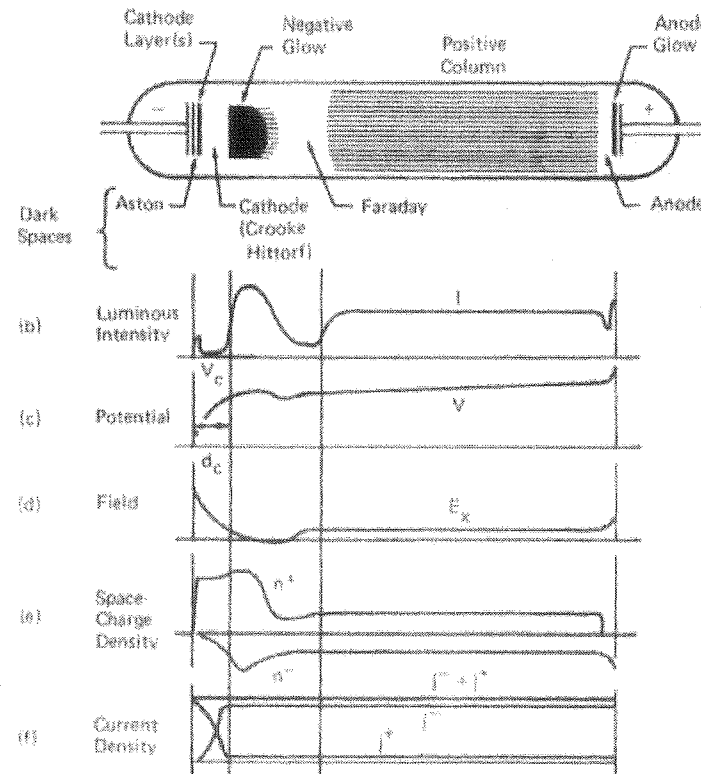


Figure 4-2. The normal glow discharge in neon in a 50 cm tube at $p = 1$ torr. The luminous regions are shown shaded (Nasser 1971). The abnormal glow would be somewhat different, although the glowing and dark regions would look the same

PLASMAS DE DESCARGA LUMINESCENTE

DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO NUMA DESCARGA ENTRE ELETRODOS PARALELOS

Na figura abaixo, o catodo está a 2000 V em relação ao anodo. Como explicar a distribuição?
Tomando valores de 2000 V e 50 mTorr, um valor típico de corrente é de $0,3 \text{ mA/cm}^2$.

Mas

$$0,3 \text{ mA cm}^{-2} \ll 38 \text{ mA/cm}^2$$

calculado por $(e/4)nc_e$ para $n = 10^{10} \text{ eln/cm}^3$ e $c_e = 9,5 \times 10^7 \text{ cm/s}$.

Logo, existe uma barreira para os elétrons chegarem ao anodo, ou seja, potencial do plasma $>$ potencial do anodo. No plasma, o campo elétrico é quase nulo. Portanto, o plasma tem o mesmo potencial V_p adjacente à bainha do catodo. Mas o catodo está a 2000 V $\rightarrow 2000 + V_p$ através da bainha.

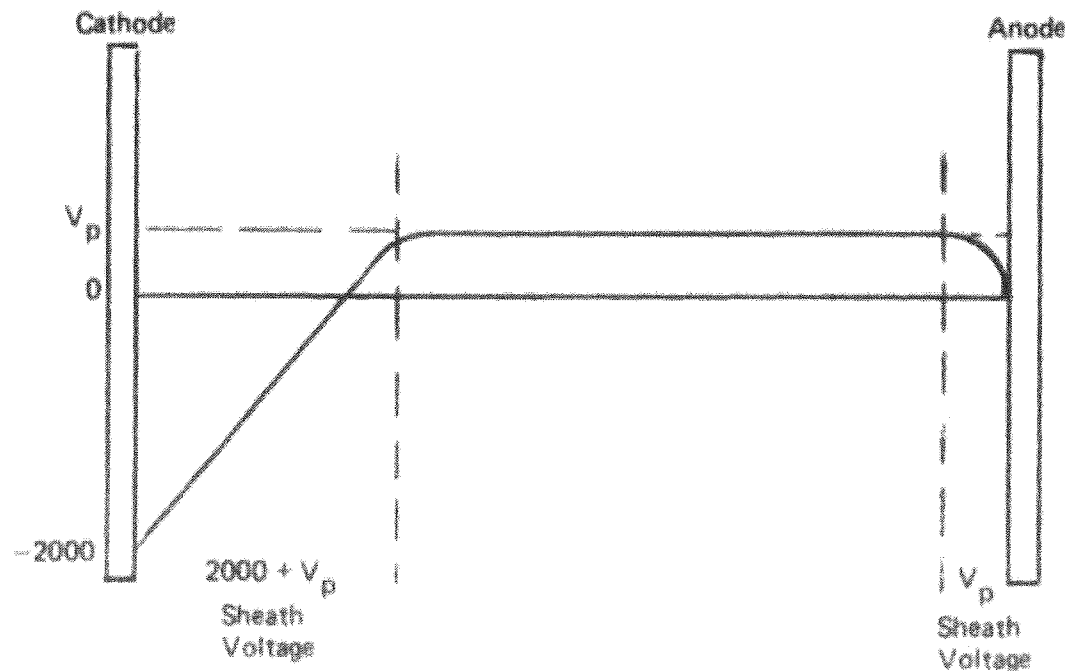


Figure 4-4. Voltage distribution in a dc glow discharge process