

Fontes de Feixes de Íons

Características das fontes de íons

- As fontes de elétrons tem uso limitado principalmente na geração de elétrons para iniciar os processos de plasma ou para manutenção das descargas.

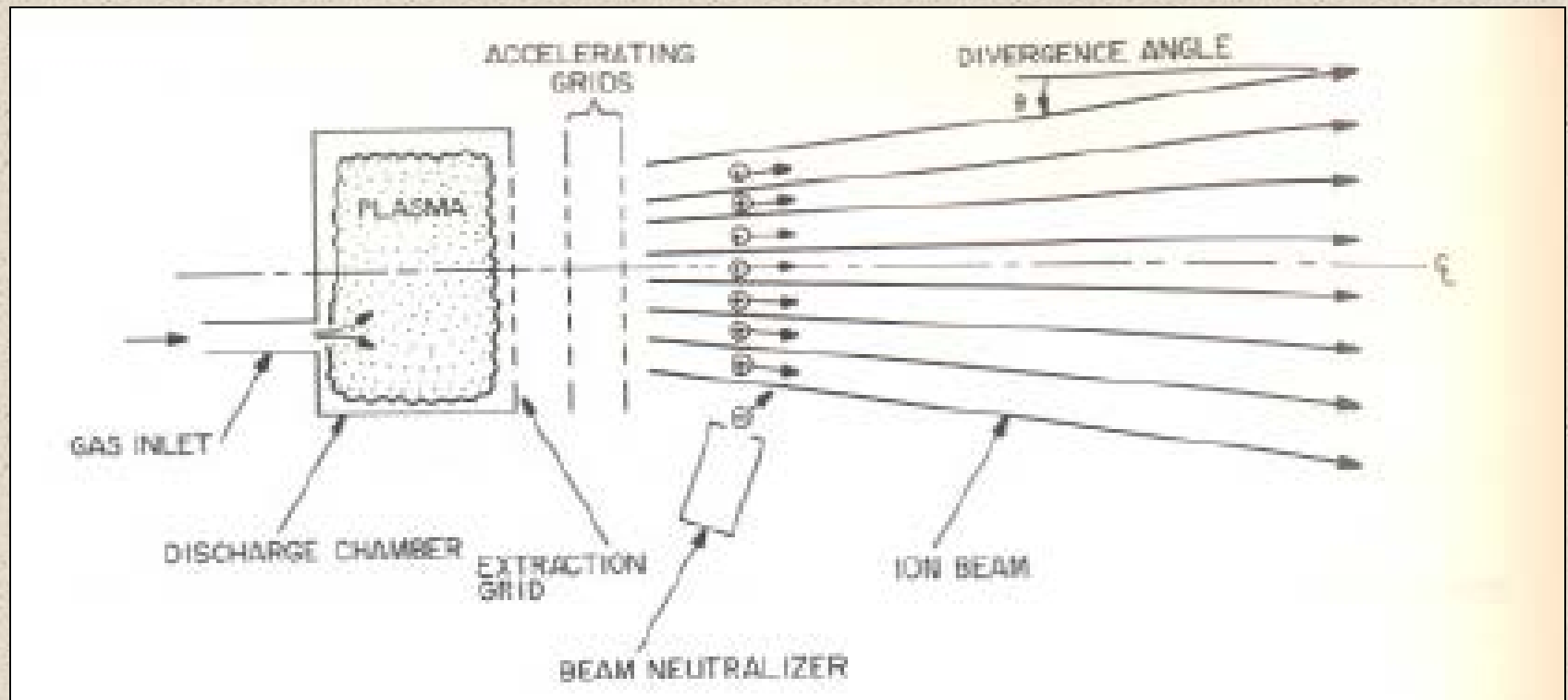
Características das fontes de íons

- As fontes de íons ao contrário são empregadas em vários processos industriais e científicos, sendo utilizadas para a geração de íons em líquidos, sólidos e gases.
- Algumas fontes são baseadas em descargas DC ou arcos para a geração dos íons.

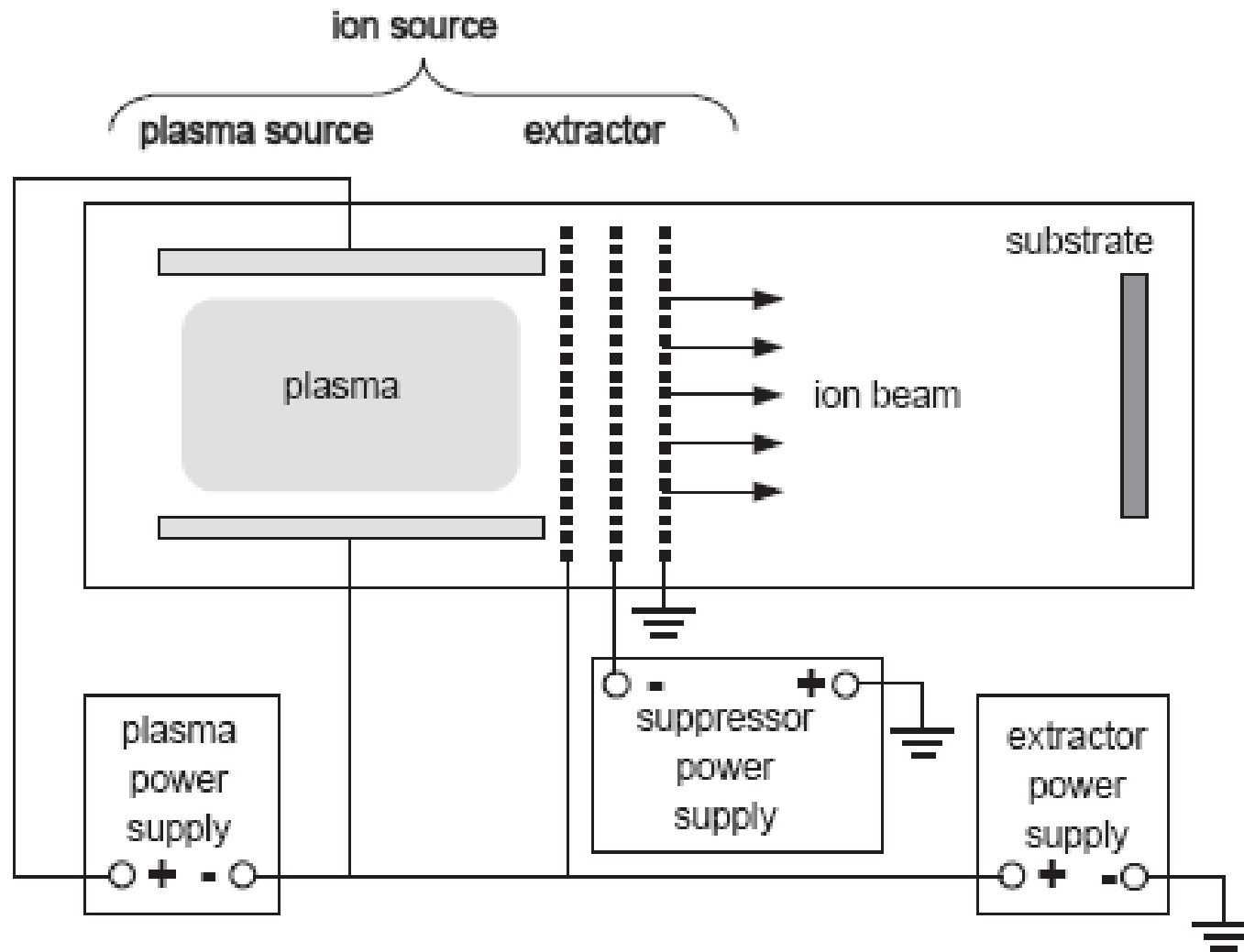
Características das fontes de íons

- As características mais importantes das fontes de íons são a unidimensionalidade e a energia dos íons bem definida.
- Algumas fontes trabalham com pressões menores que 1 mTorr, de modo que o livre caminho médio seja o maior possível, garantindo a direcionalidade do feixe.

Fonte de íons



Fonte de íons



Principais equações das fontes de íons

Perveância

$$\mathcal{P} = \frac{I_b}{V_0^{3/2}} = \frac{J \pi D^2}{4V_0^{3/2}} \quad (\text{A/V}^{3/2})$$

Densidade de corrente

$$J_c = \frac{4\epsilon_0}{9} \sqrt{\frac{2eZ}{M}} \frac{V_0^{3/2}}{d^2} \quad (\text{A/m}^2)$$

$$\mathcal{P}_{\max} = \frac{J_c \pi D^2}{4V_0^{3/2}} = \frac{\pi \epsilon_0}{9} \sqrt{\frac{2eZ}{M}} \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (\text{A/V}^{3/2})$$

Principais equações das fontes de íons

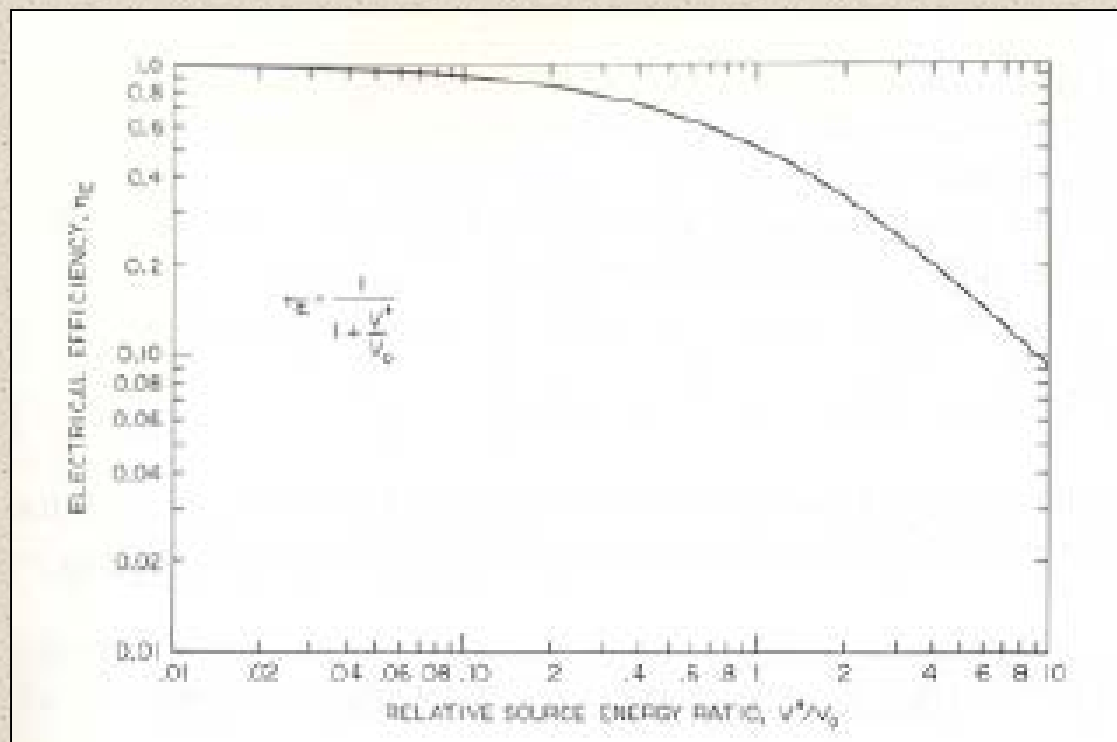
Potência do feixe $\Rightarrow P_b = I_b V_0$ (W)

- $P_m \Rightarrow$ Potência dos eletromagnetos;
- $P_d \Rightarrow$ Potência de manutenção da descarga;
- $P_f \Rightarrow$ Potência dos filamentos ou eletrodos;
- $P_0 \Rightarrow$ Outros consumos de potência;

$$P_s = P_m + P_d + P_f + P_0$$

$$P_t = P_s + P_b = I_b (V_0 + V^*) \text{ (W)}$$

Eficiência elétrica em função de V^* (eV/ion) e o potencial de aceleração



Eficiência das fontes de íons

$$\eta_E = \frac{P_b}{P_i} = \frac{V_0 I_b}{I_b(V_0 + V^*)} = \frac{V_0}{V_0 + V^*}$$

$$\eta_E = \frac{1}{1 + (V^*/V_0)}$$

$$\eta_E = \frac{\text{flow of ions from source}}{\text{flow of neutrals into source}} = \frac{S_i}{S_n} = \frac{I_b}{eS_n}$$

Parâmetros das fontes de íons

Vazão de gases de manutenção do feixe

$$S_n = \frac{I_b}{Ze\eta_e} \quad (\text{neutral atoms/s}).$$

Fluxo de íons no feixe

$$\Gamma_b = \frac{4I}{\pi e Z D^2} \quad (\text{ions/m}^2\text{-s}).$$

Fluxo de íons no feixe

$$\Gamma_b = \frac{J_c}{Ze} = \frac{\chi}{Ze} \frac{V_0^{1/2}}{d^2} \quad (\text{ions/m}^2\text{-s})$$

Fluxo de corrente no feixe

$$J = \frac{I}{A} = \frac{4I}{\pi D^2} = Ze n_b v_b \quad (\text{A/m}^2)$$

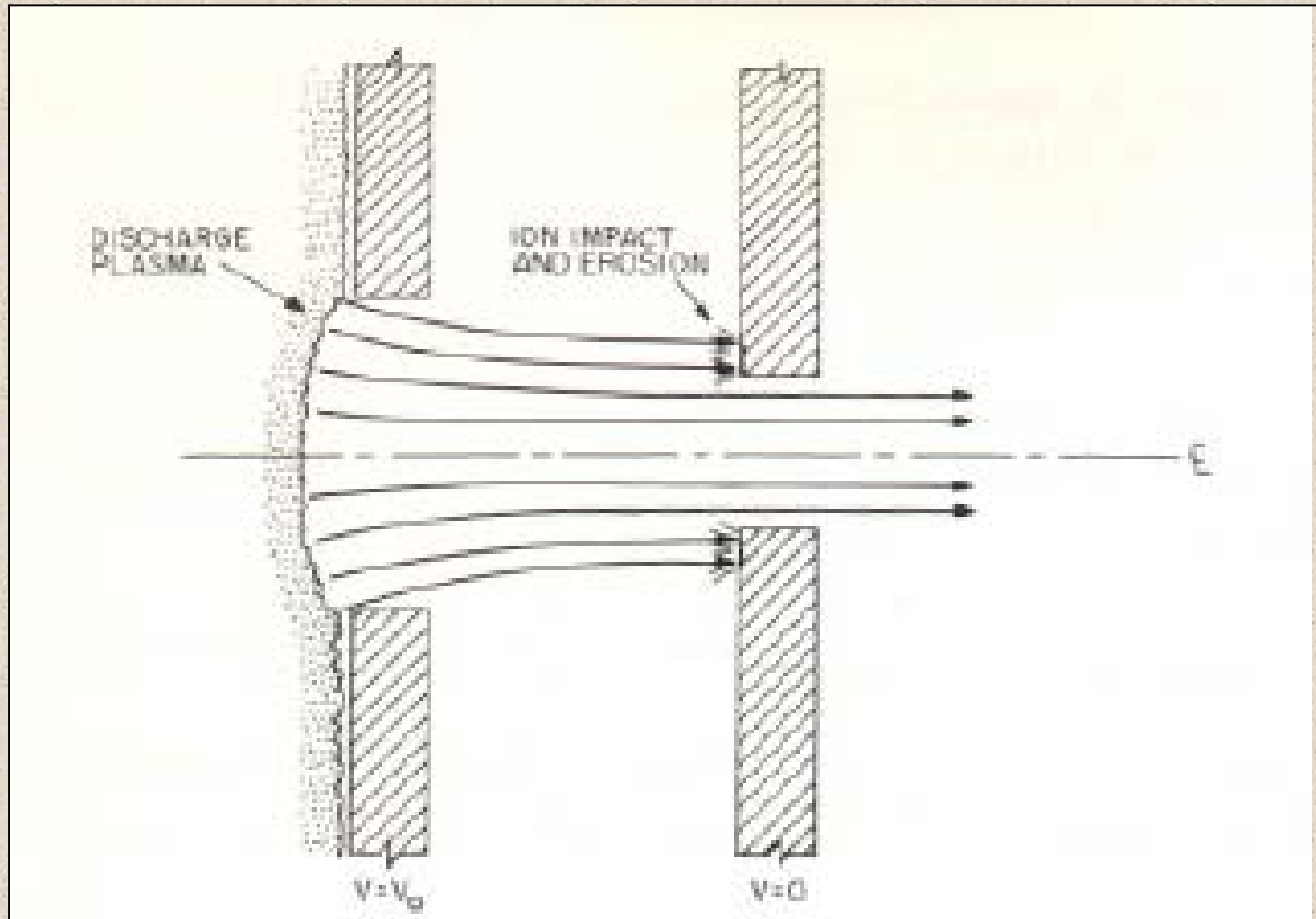
Densidade de íons no feixe

$$n_b = \frac{4I}{\pi e Z D^2} \sqrt{\frac{M}{2e Z V_0}} \quad (\text{ions/m}^3).$$

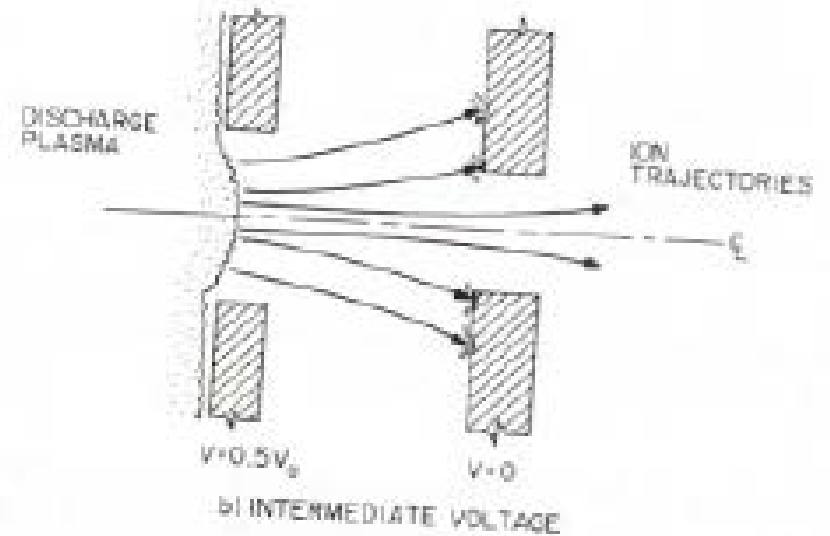
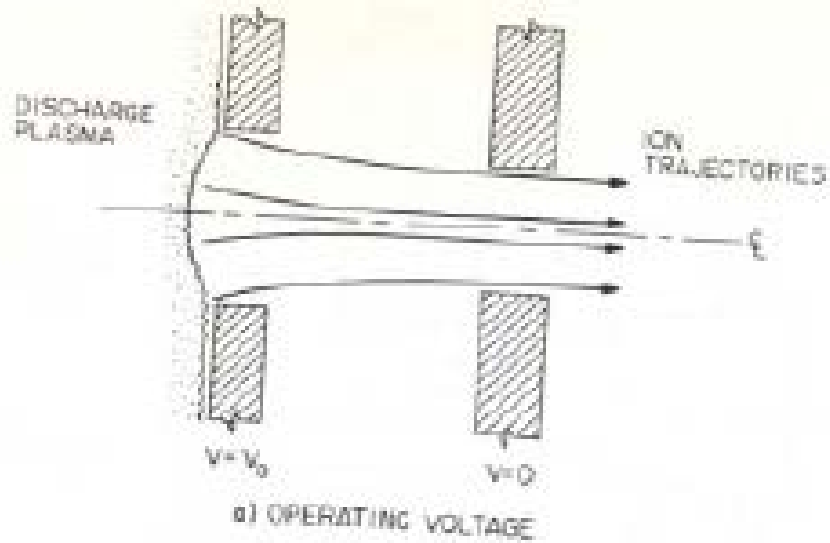
Densidade de íons no feixe

$$n_b = \frac{4\epsilon_0 V_0}{9e Z d^2} \quad (\text{ions/m}^3).$$

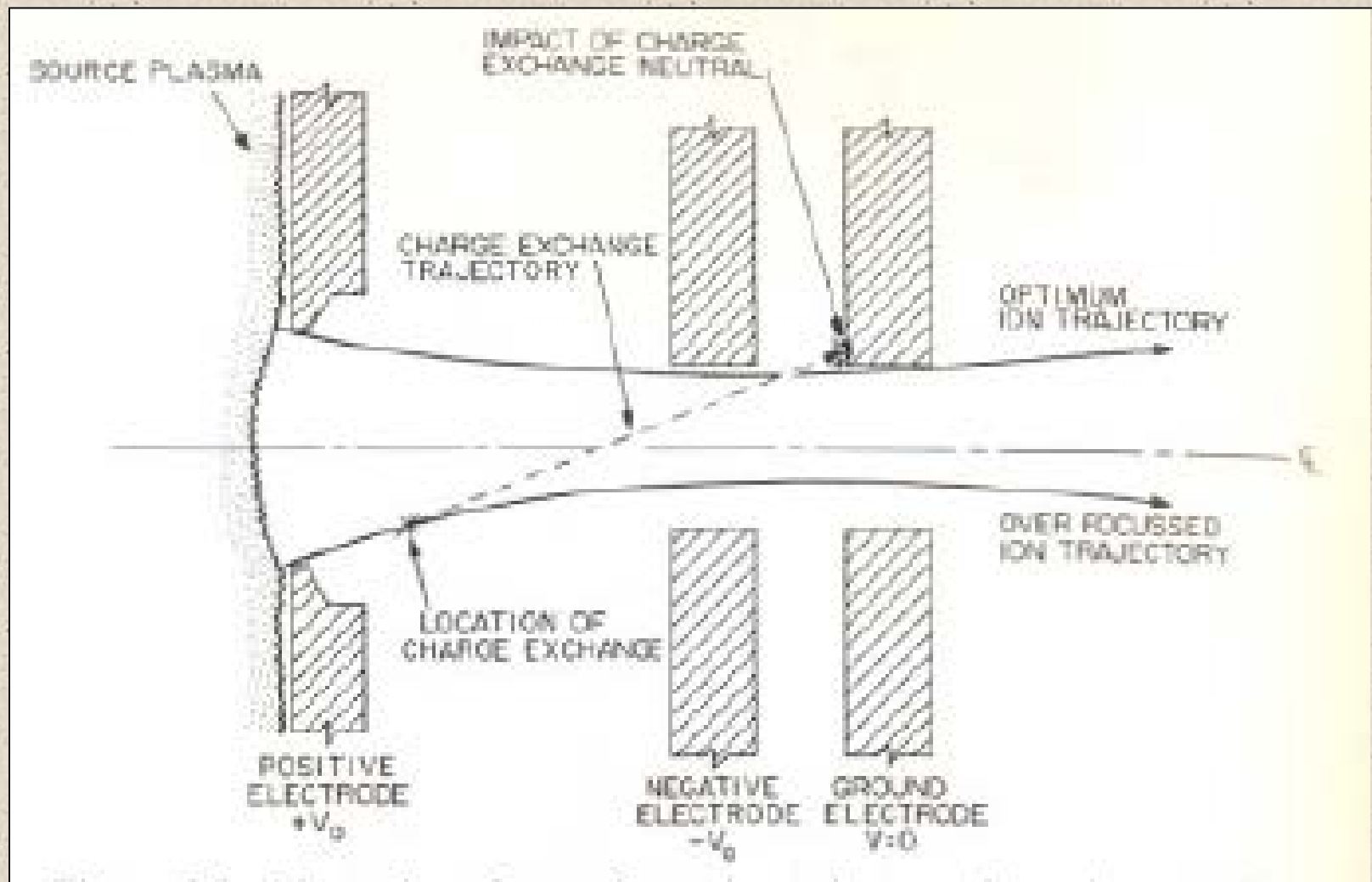
Tempo de vida das fontes de íons



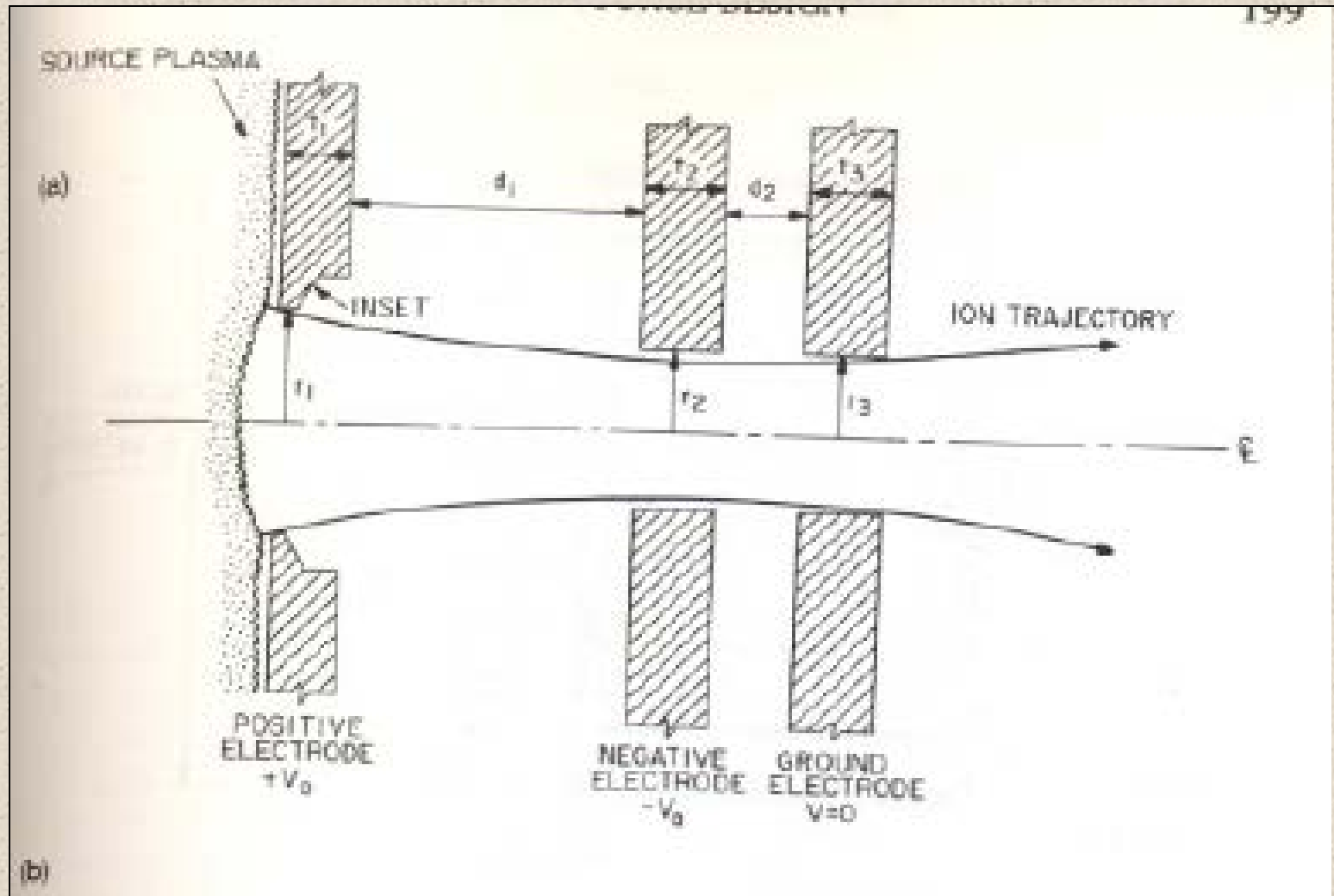
Influência da tensão de aceleração



Colimação do feixe por anéis centralizadores



Fontes otimizadas



Distribuição de campo no interior de uma fonte de íons

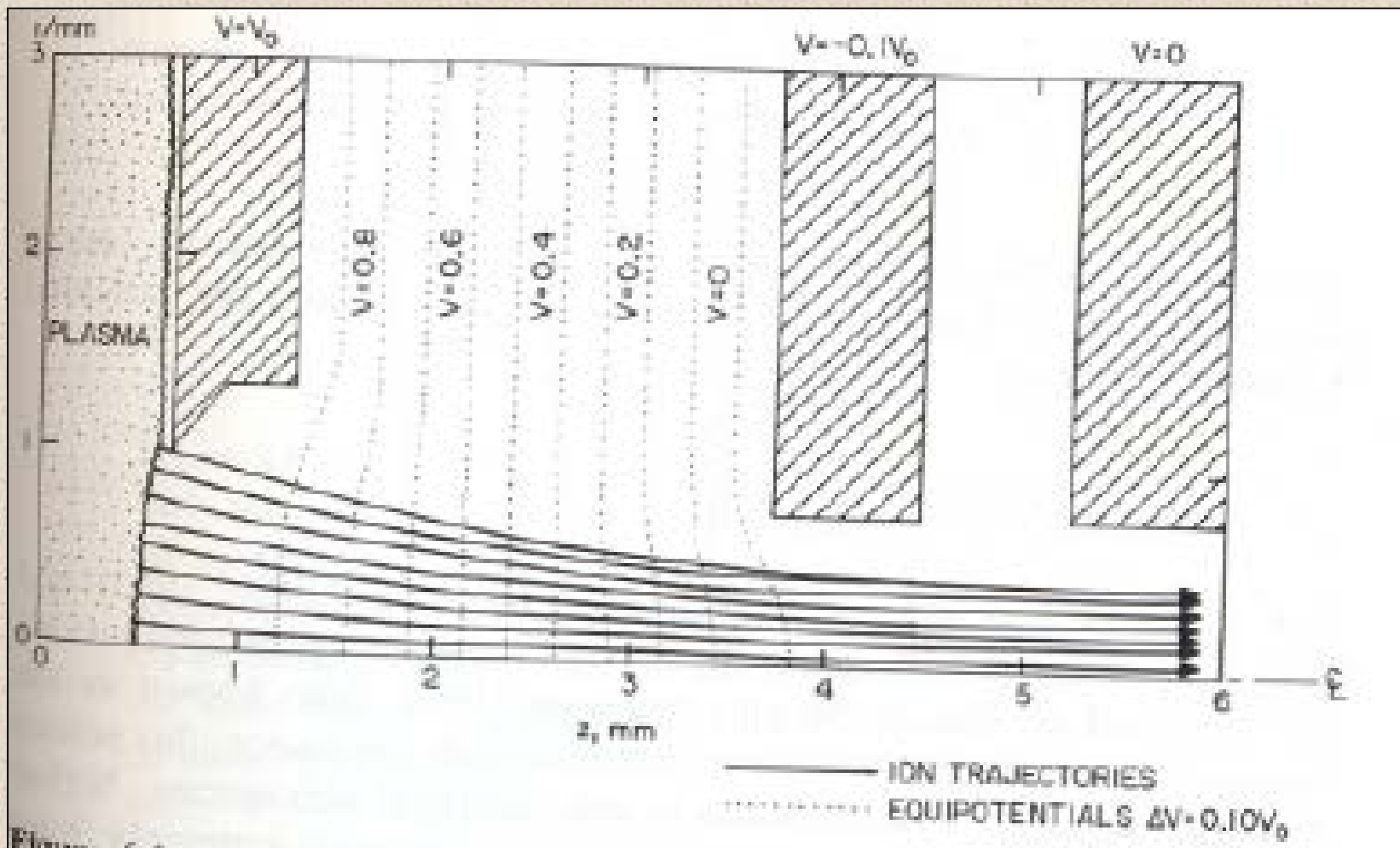


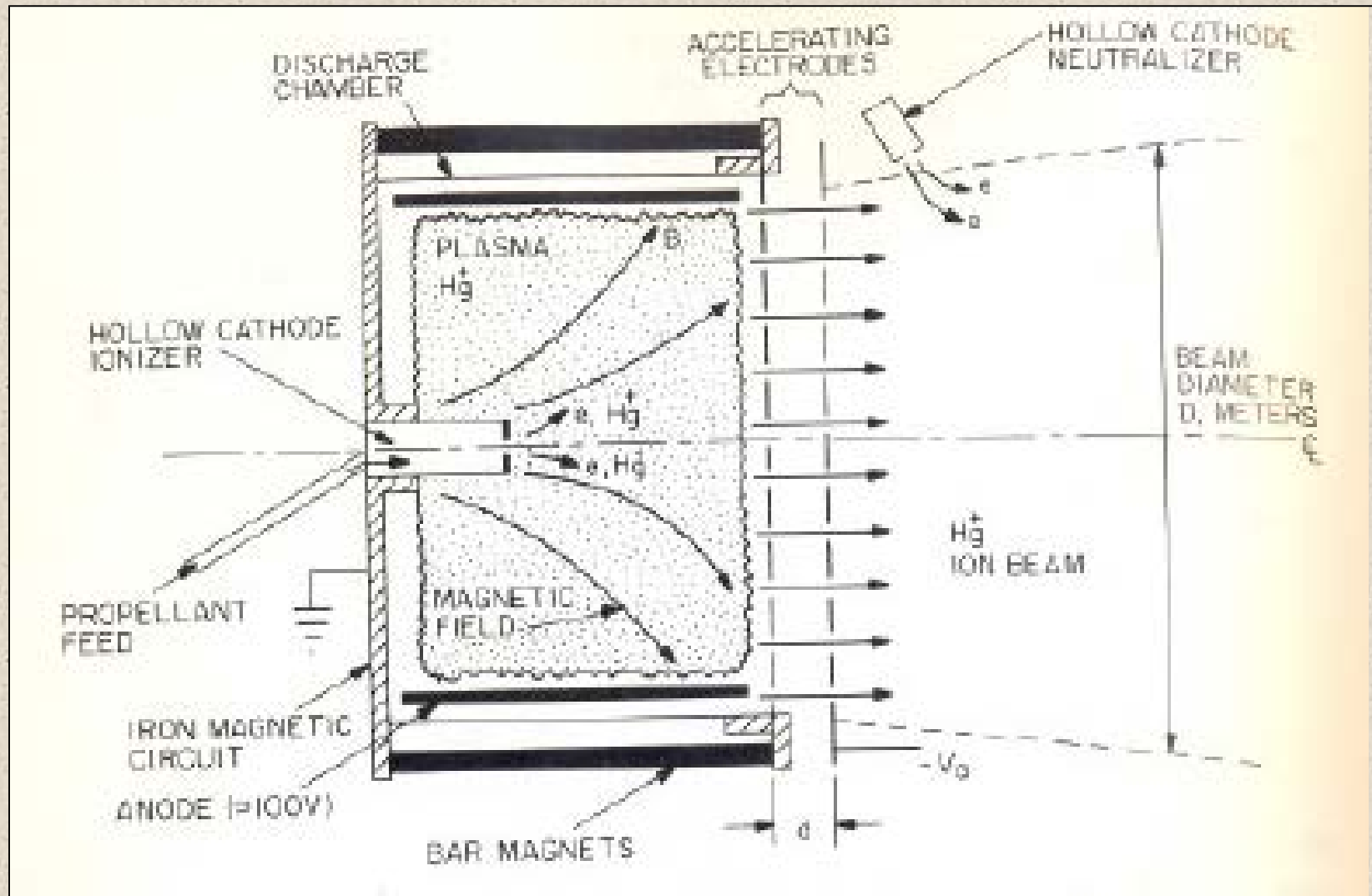
Figure 5.1

Fonte tipo Kaufman

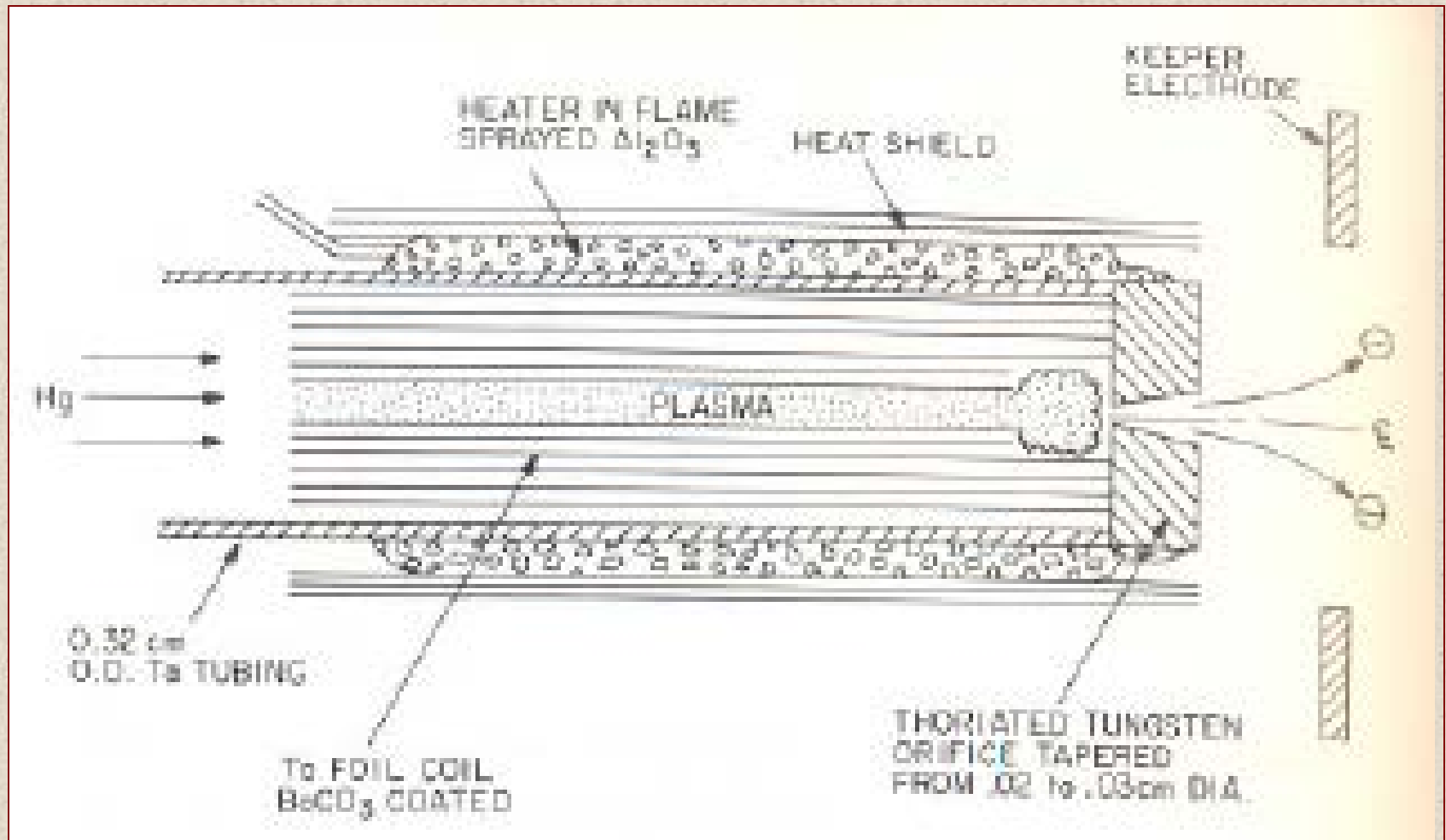
Fonte tipo Kaufman

A fonte tipo Kaufman foi desenvolvida como propulsor iônico para aplicações aeroespaciais, trabalha com tensões de aceleração de 1 a 10 kV, com correntes entre 0,05 e 10 A. Os diâmetros destas fontes podem ser desde 10 cm até 1,5 m, o tempo de vida supera as 10.000 hs. Na indústria é muito usada em sistemas de sputtering e em sistemas de moagem iônica (ion milling).

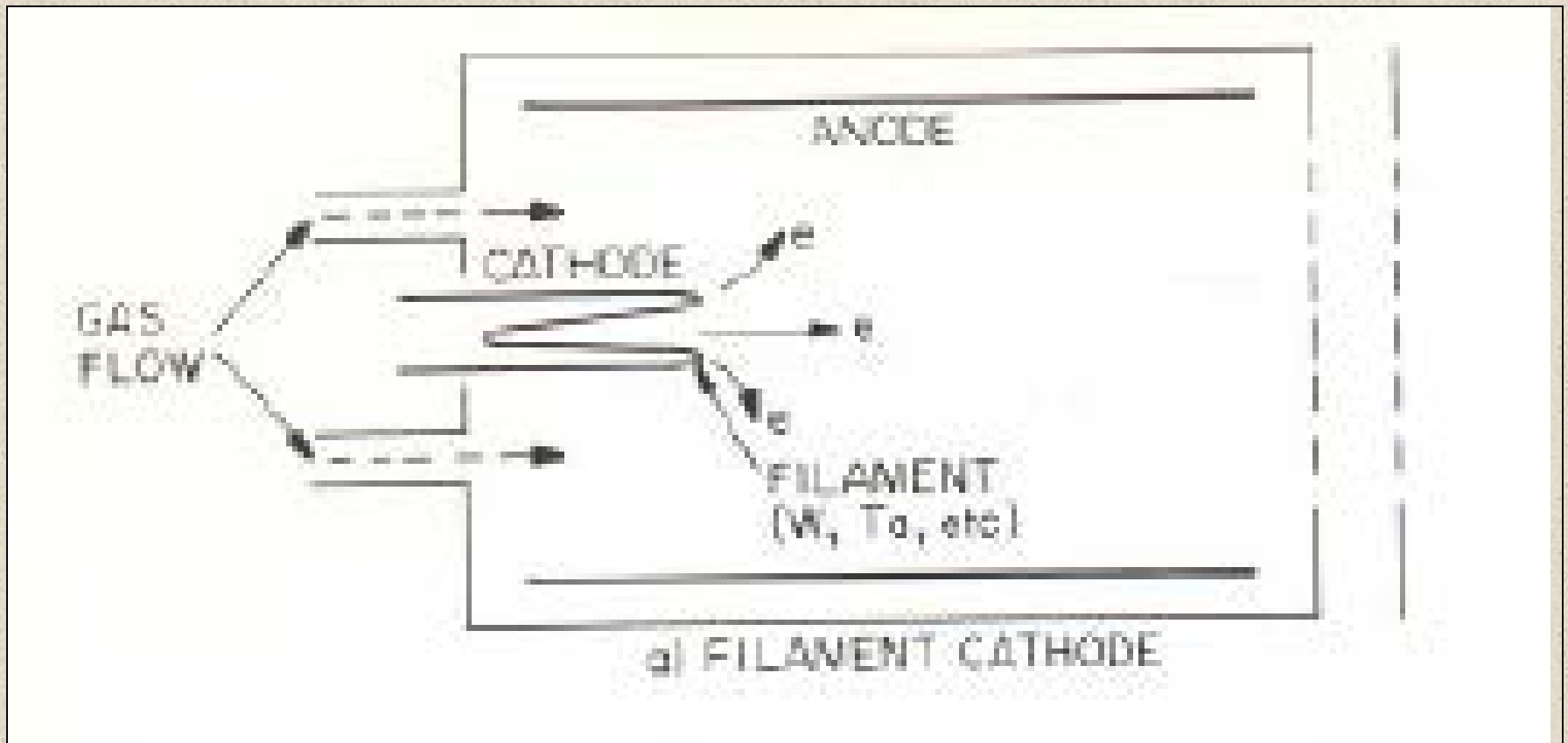
Fonte tipo Kaufman



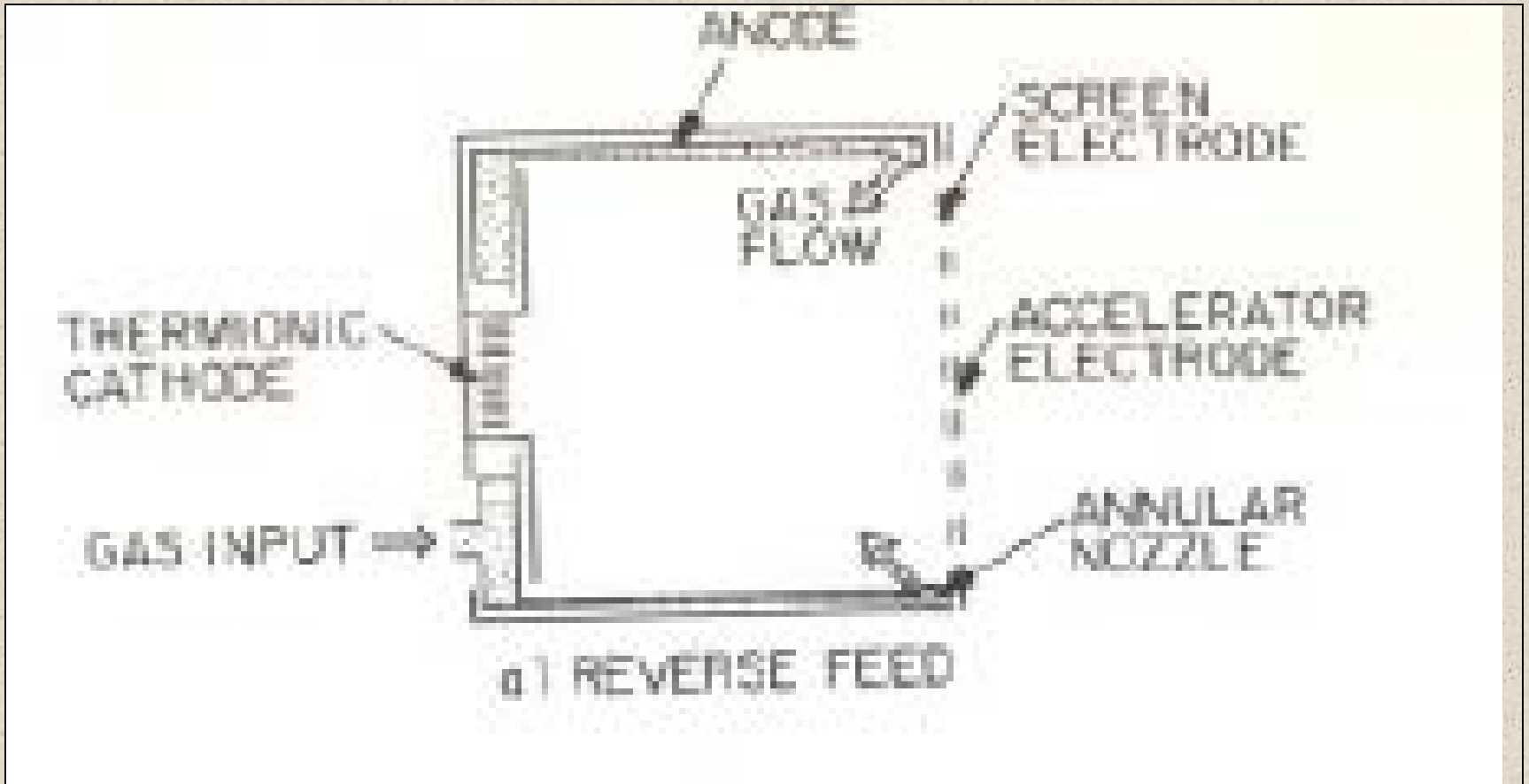
Hollow Cathode



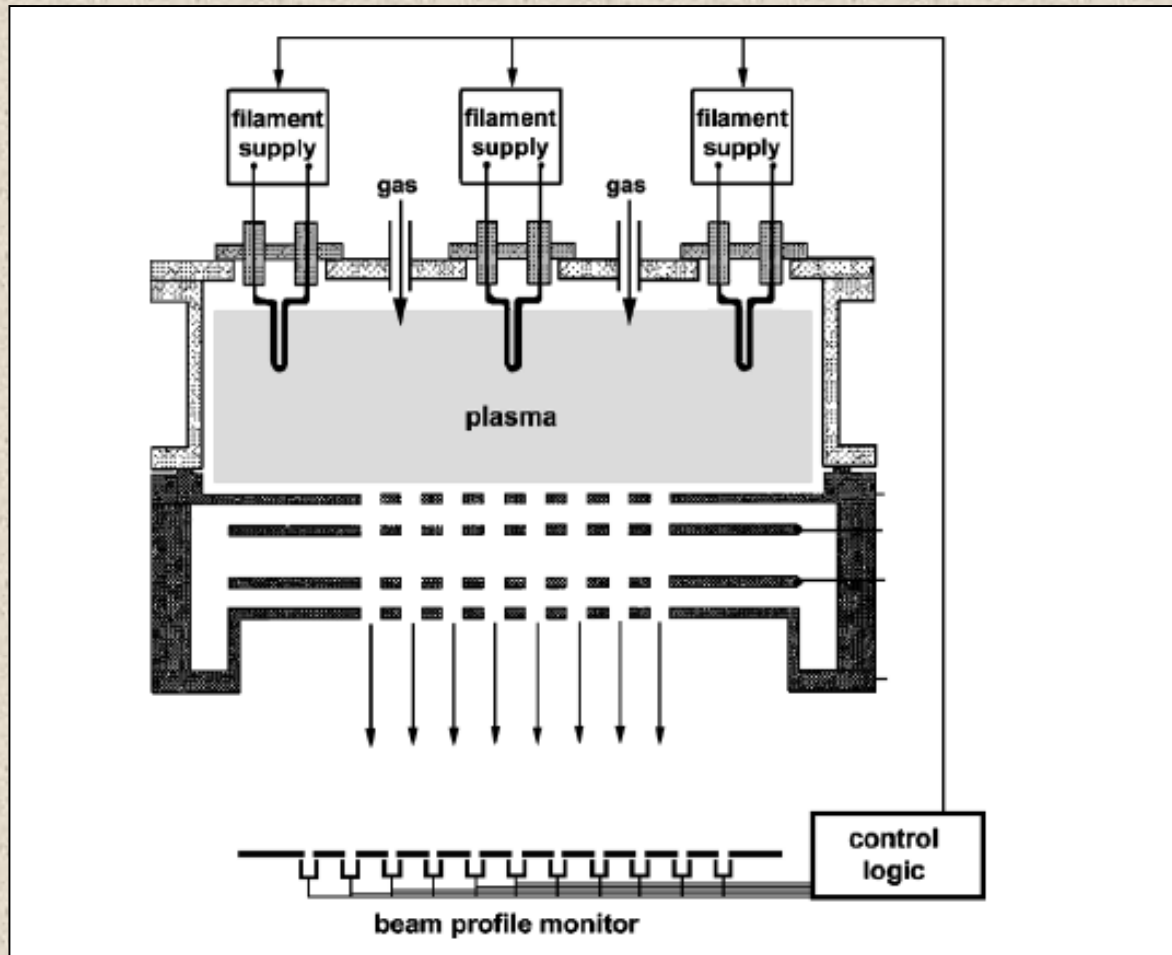
Fonte Kaufman com filamento



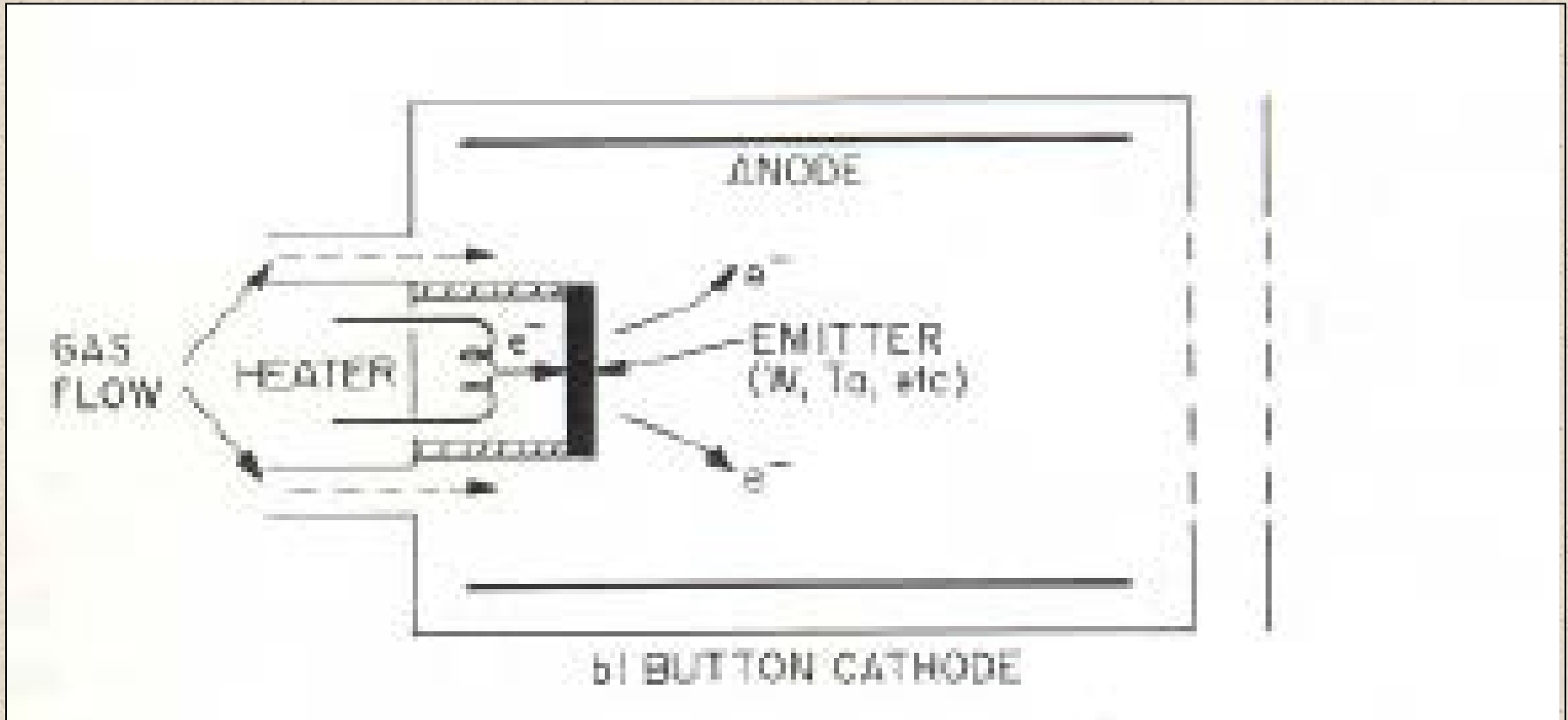
Fonte Kaufman com filamento



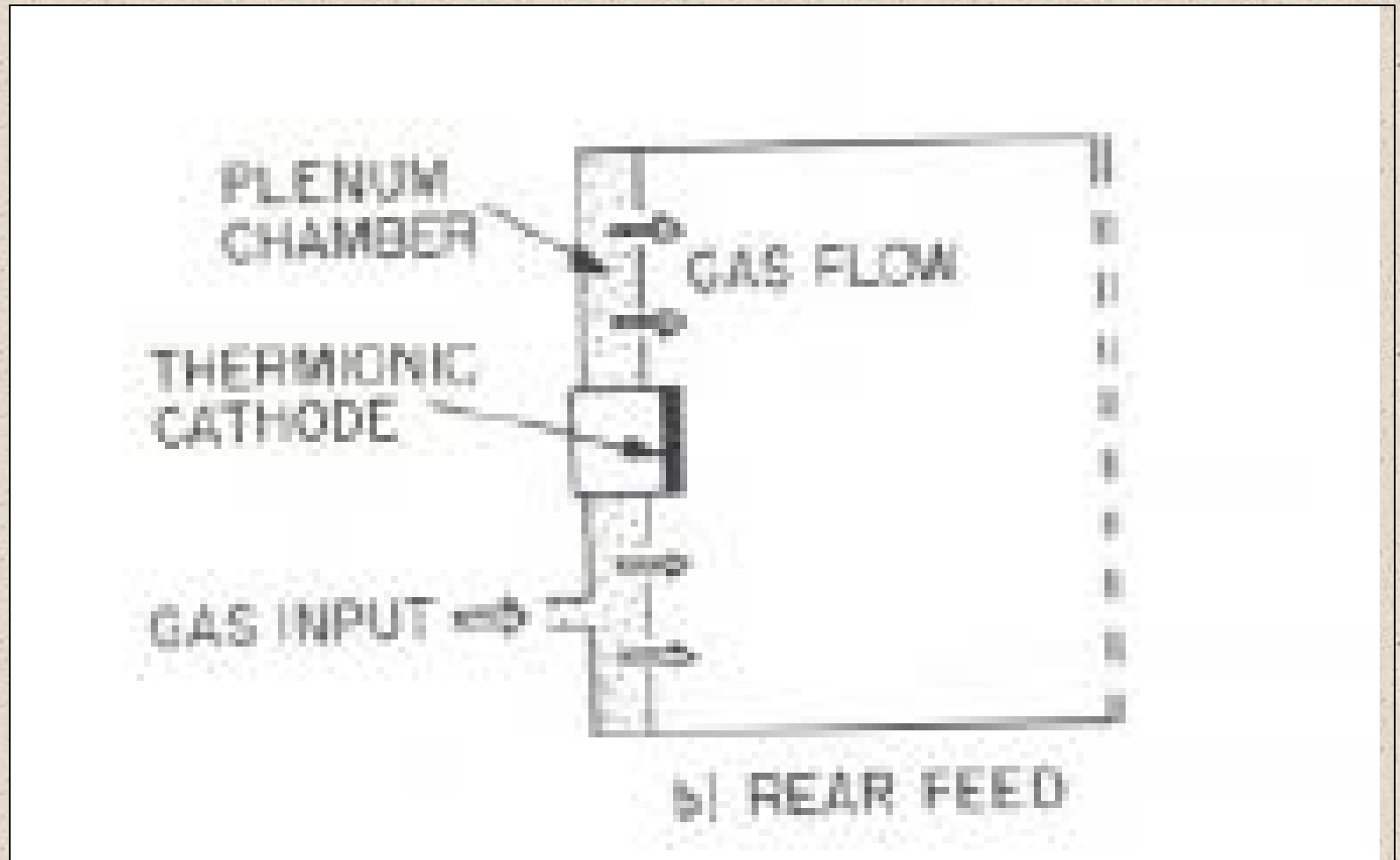
Fonte Kaufman com filamento



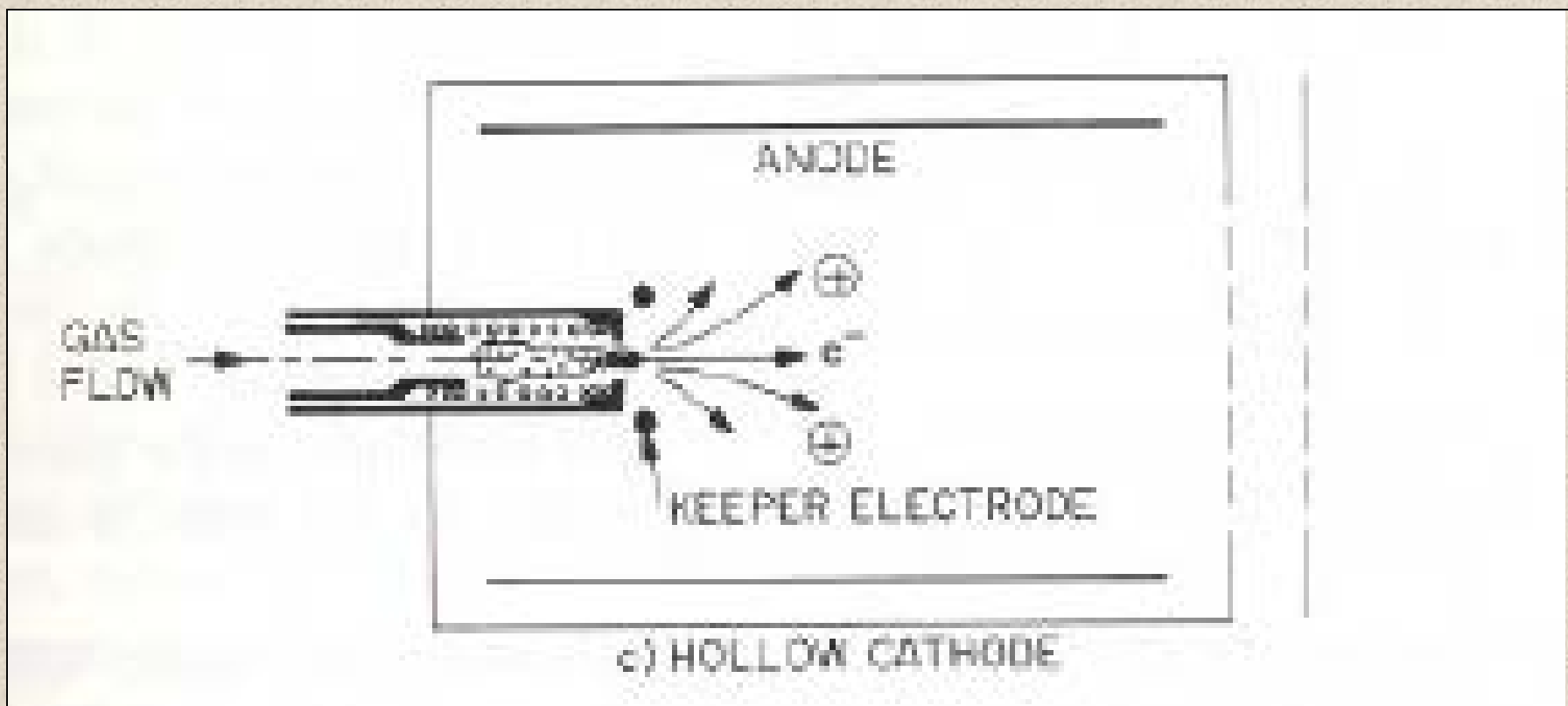
Fonte Kaufman com emissão termoiônica



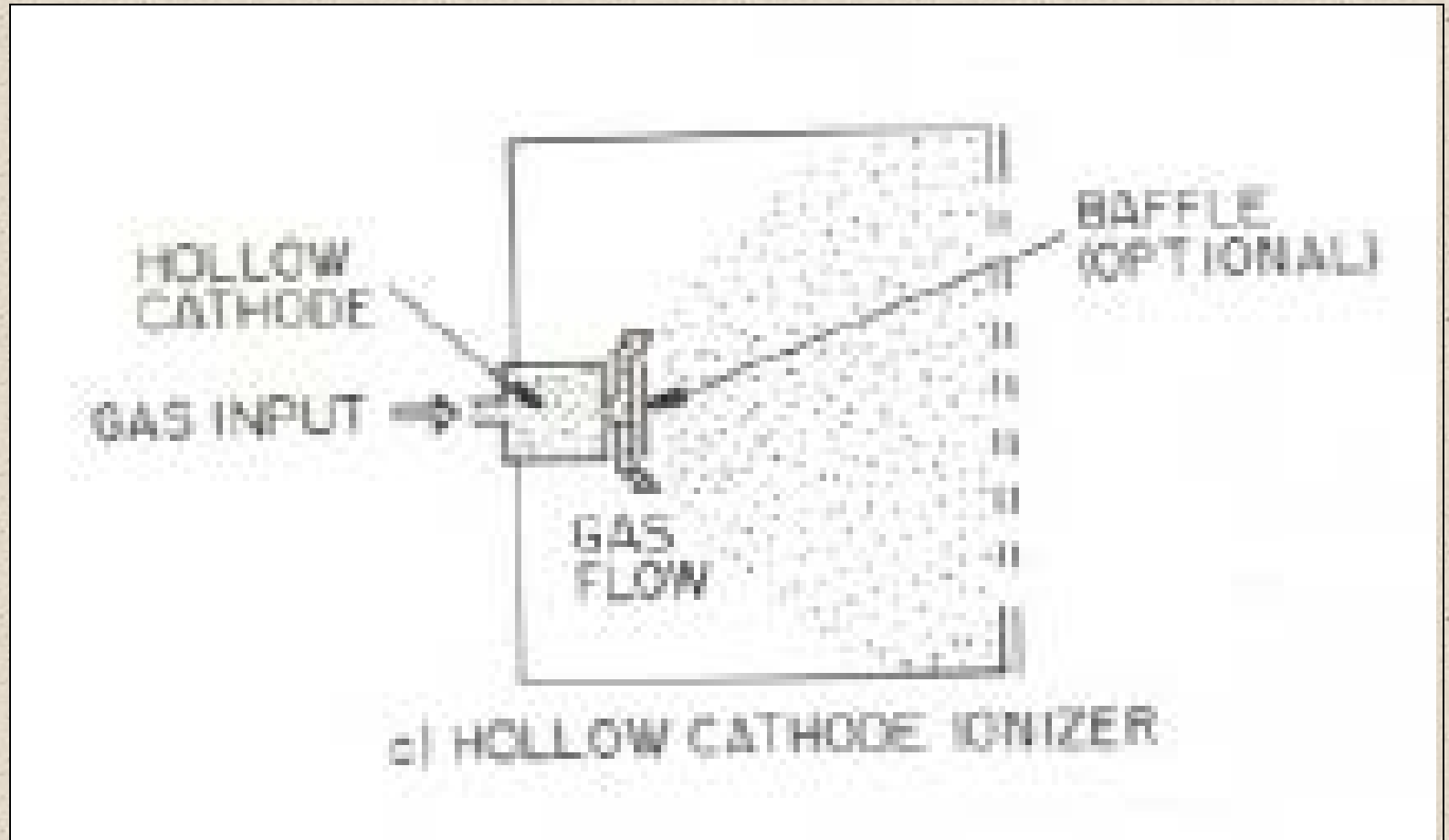
Fonte Kaufman com emissão termoiônica



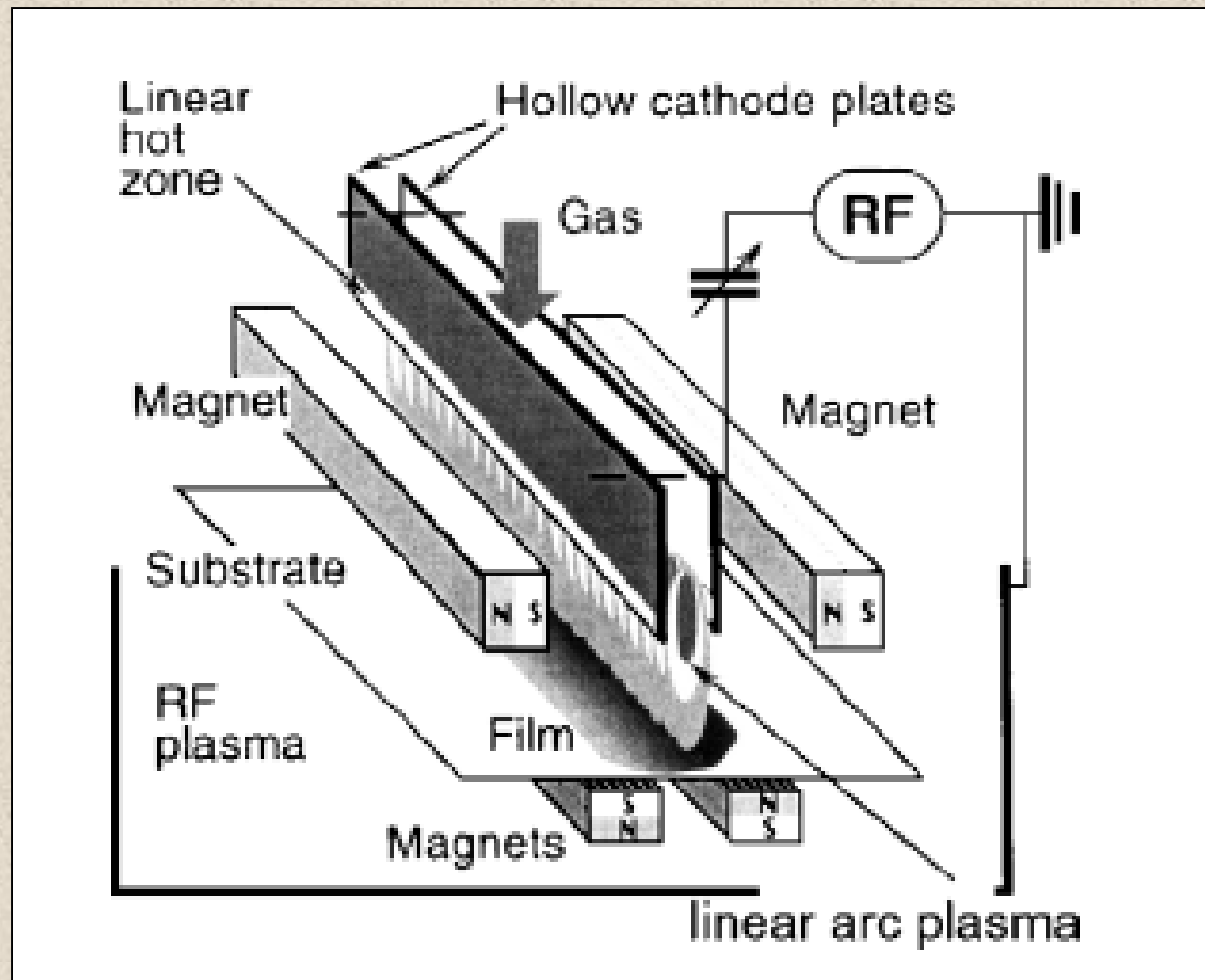
Fonte Kauffman com Hollow Catodo



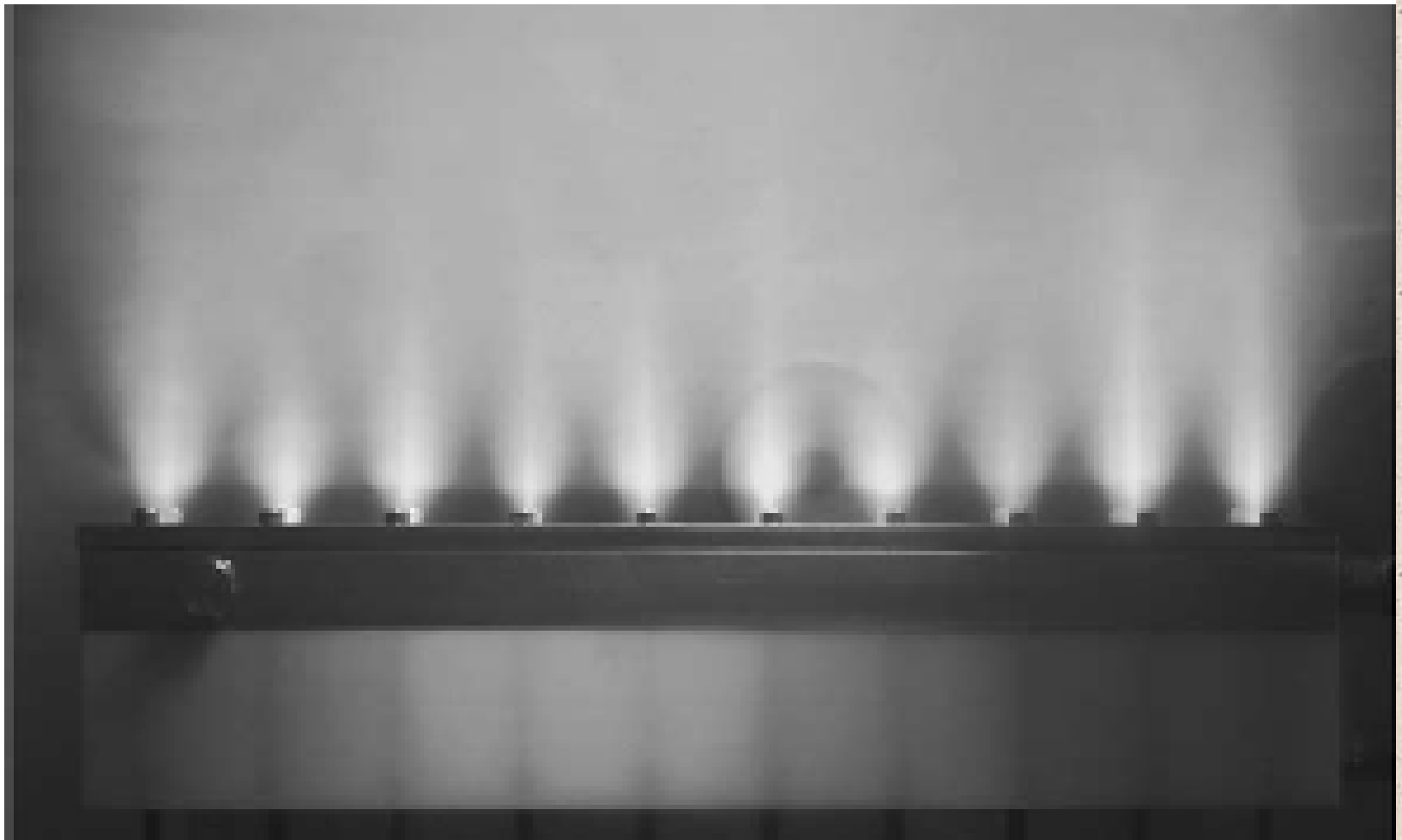
Fonte Kauffman com Hollow Catodo



Fonte Kauffman com Hollow Catodo

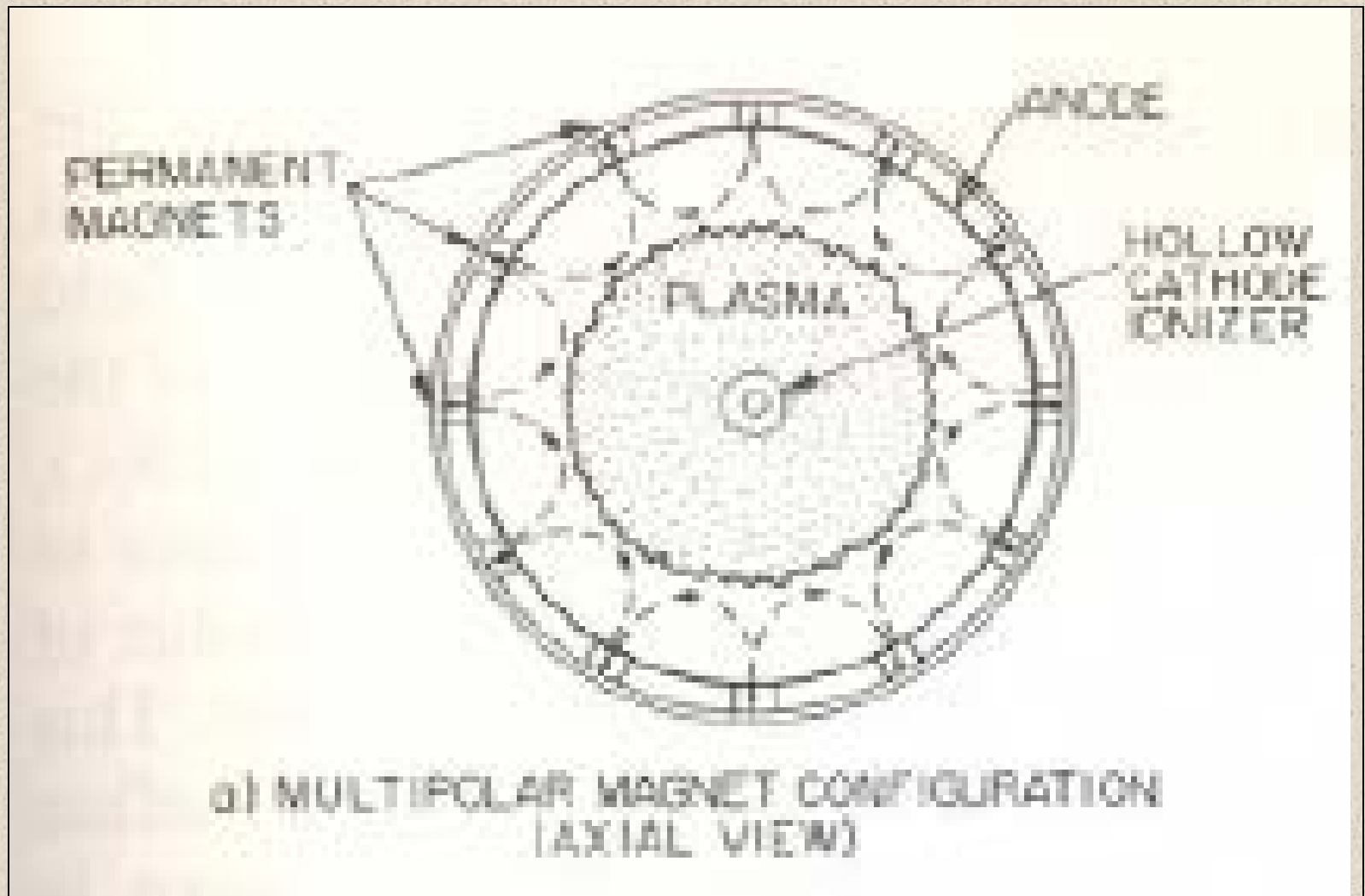


Fonte Kauffman com Hollow Catodo



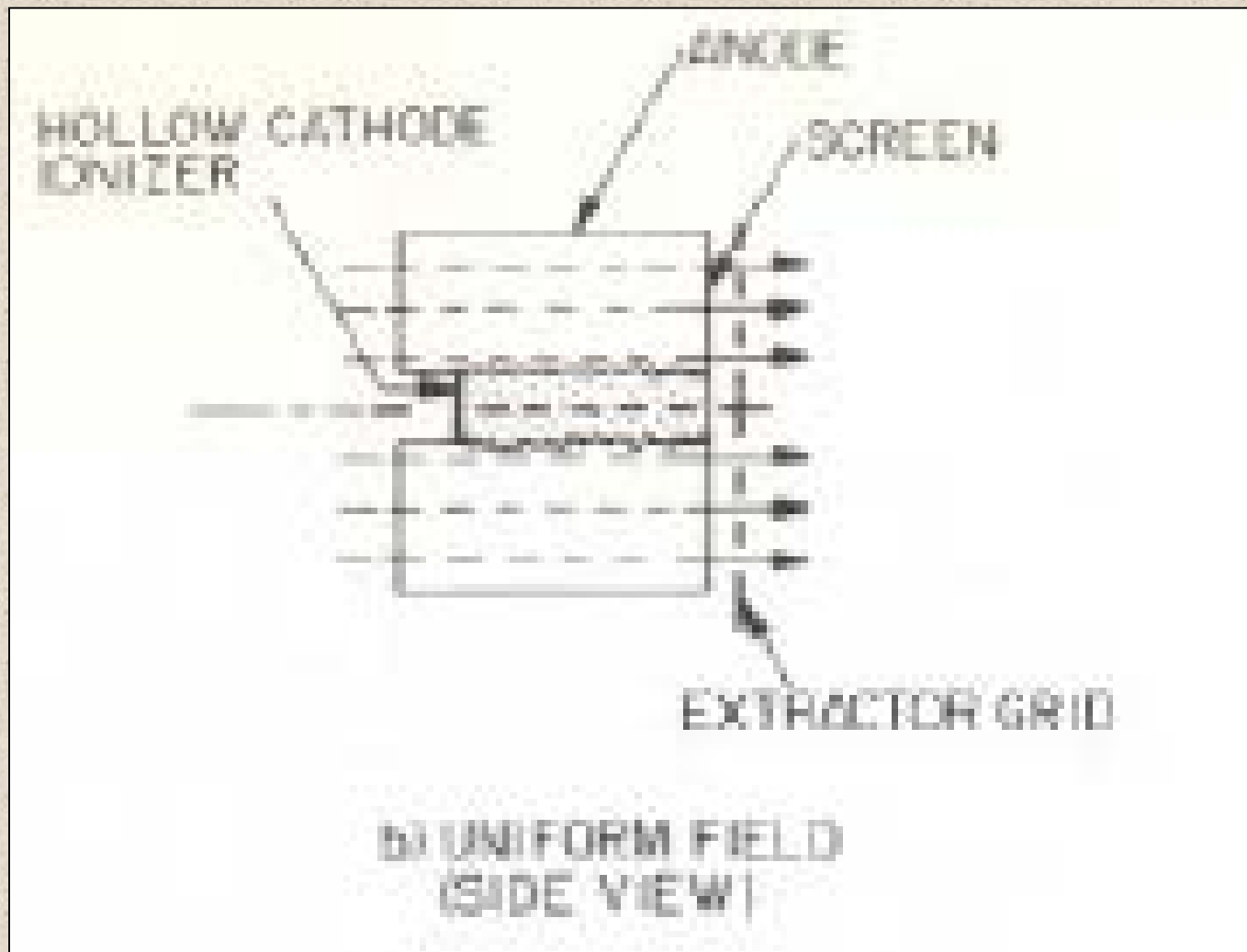
Outras configurações

Configuração magnética multipolar



Outras configurações

Configuração magnética multipolar



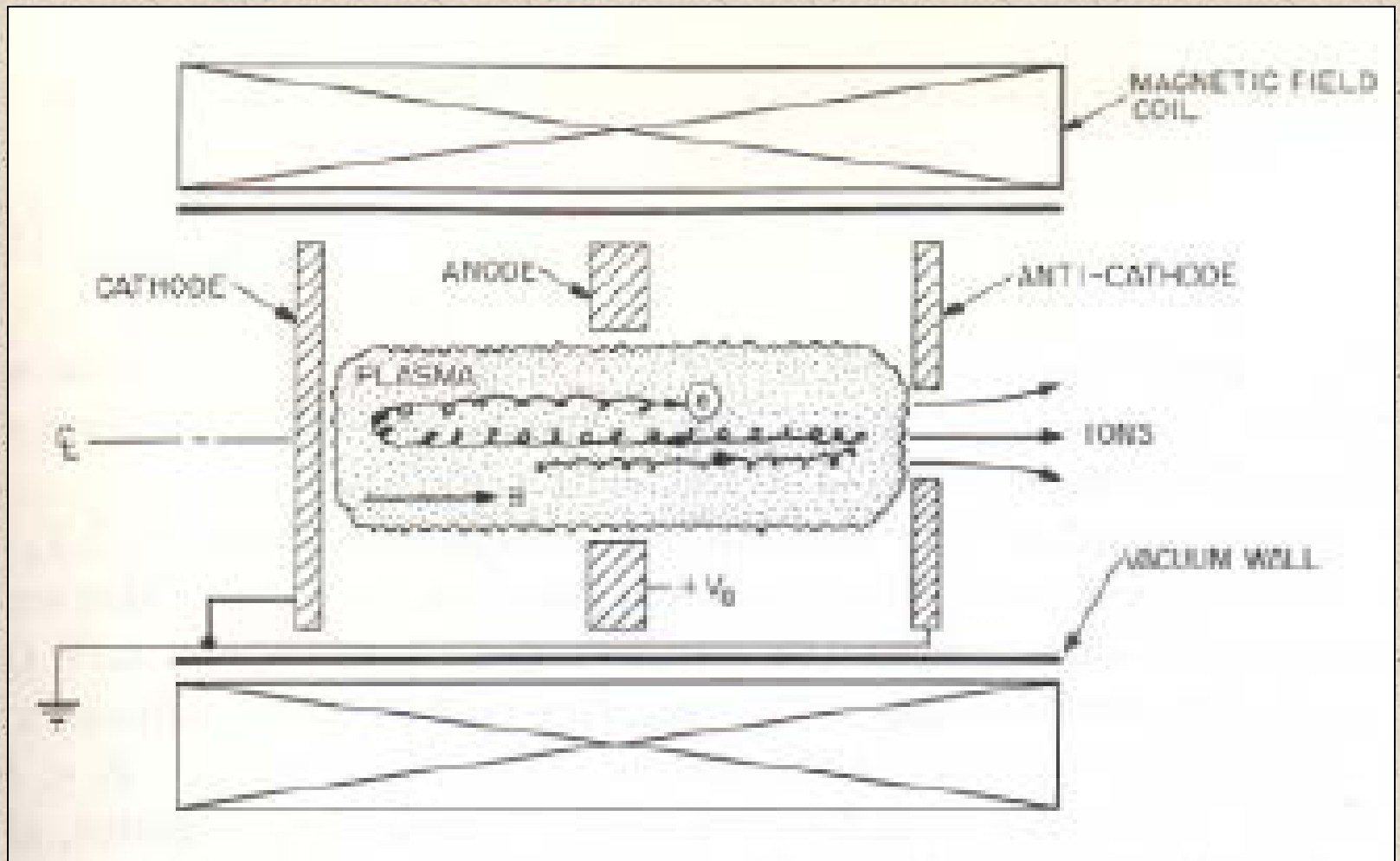
Fonte tipo Penning

Fonte tipo Penning

As fontes tipo Penning consistem de um sistema eletromagnético de confinamento de plasma, com um campo magnético radial e um campo elétrico axial, estes sistemas conseguem manter o plasma com pressões extremamente baixas:

(< 10^{-7} Torr) até 100 mTorr e trabalham com campos magnéticos relativamente baixos 0,01 a 3T com tensões entre 100 e 50.000 V e correntes entre 10^{-7} e 20 A.

Fonte tipo Penning



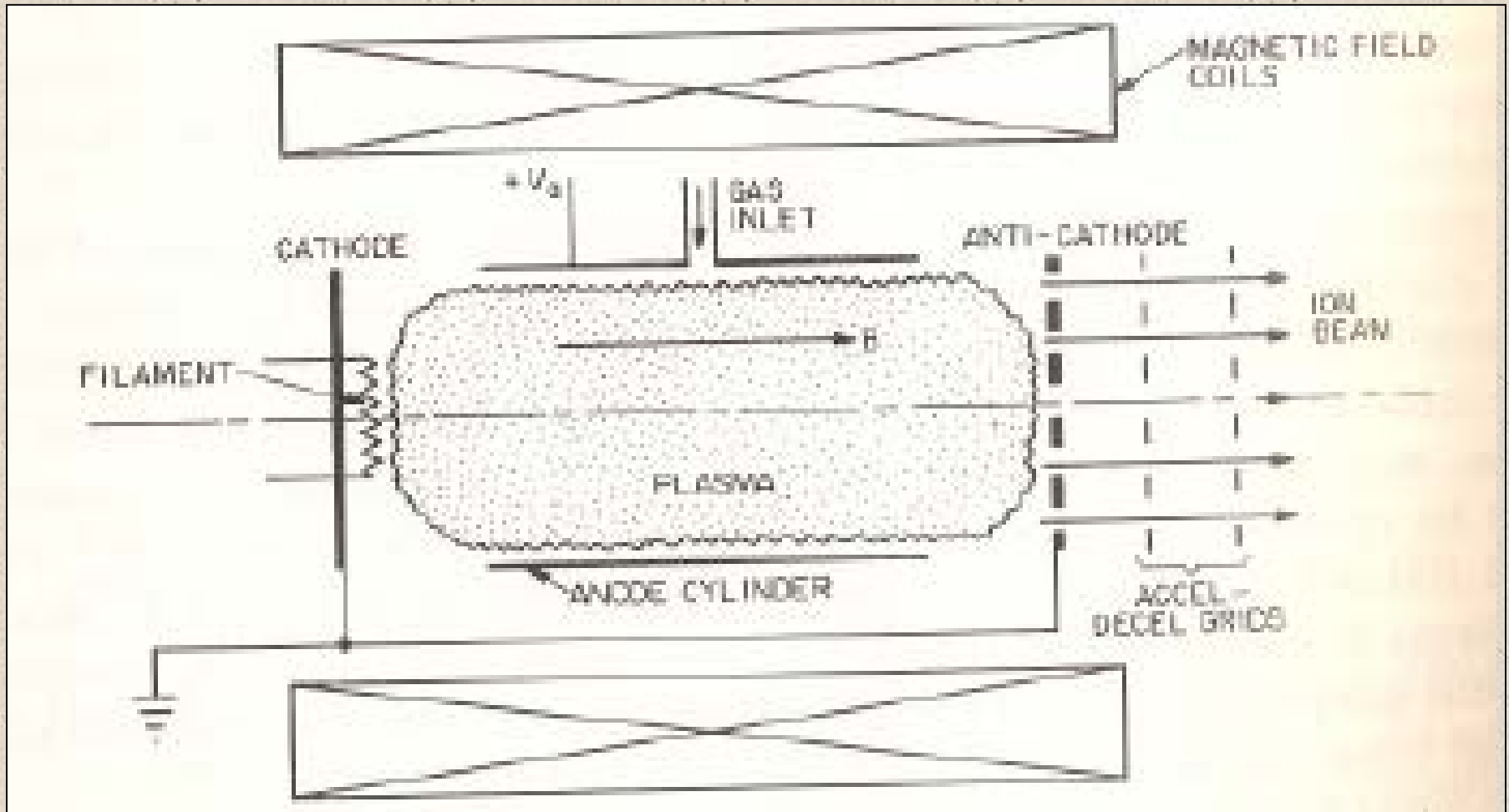
Íons de alta energia

A maior característica que diferencia as fontes de íons do tipo Penning, é a possibilidade de gerar íons com alta energia cinética com energias de kV. Isto é conseguido ao serem associados campos elétricos entre o plasma e os anodos com potencial de 1kV/cm, este campo gera um aquecimento eletromagnético com velocidades e energias como as demonstradas abaixo

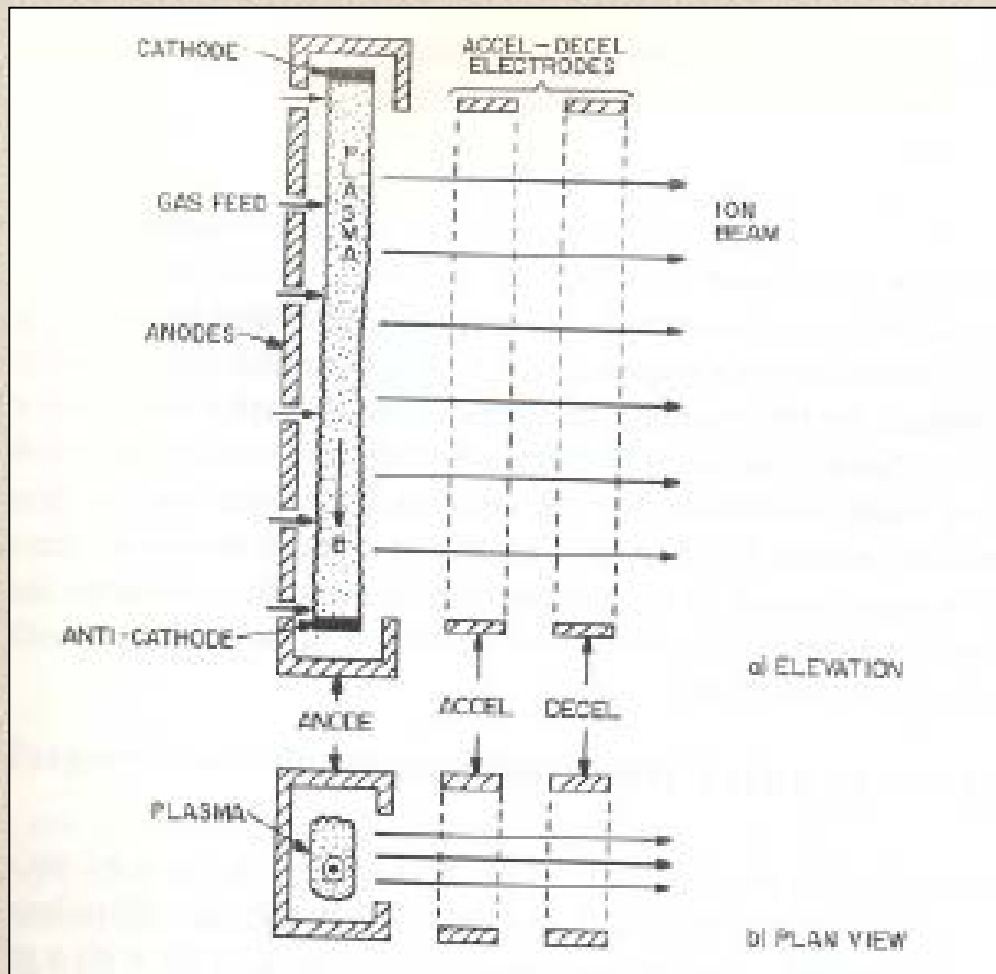
$$v_d = \frac{E \times B}{B^2} = \frac{E_r}{B}$$

$$E = \frac{1}{2} m v_d^2 = \frac{m E_r^2}{2 B^2}$$

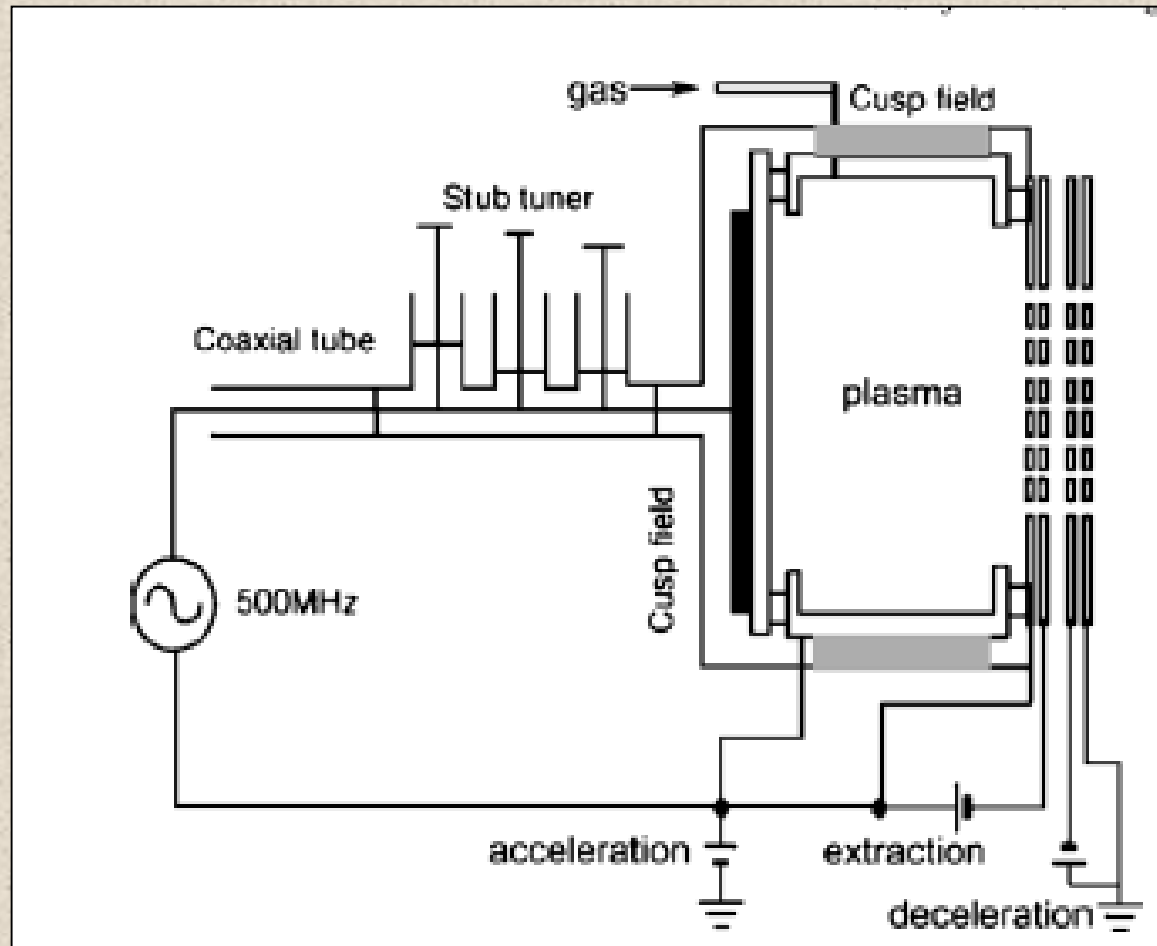
Fonte tipo Penning com filamento



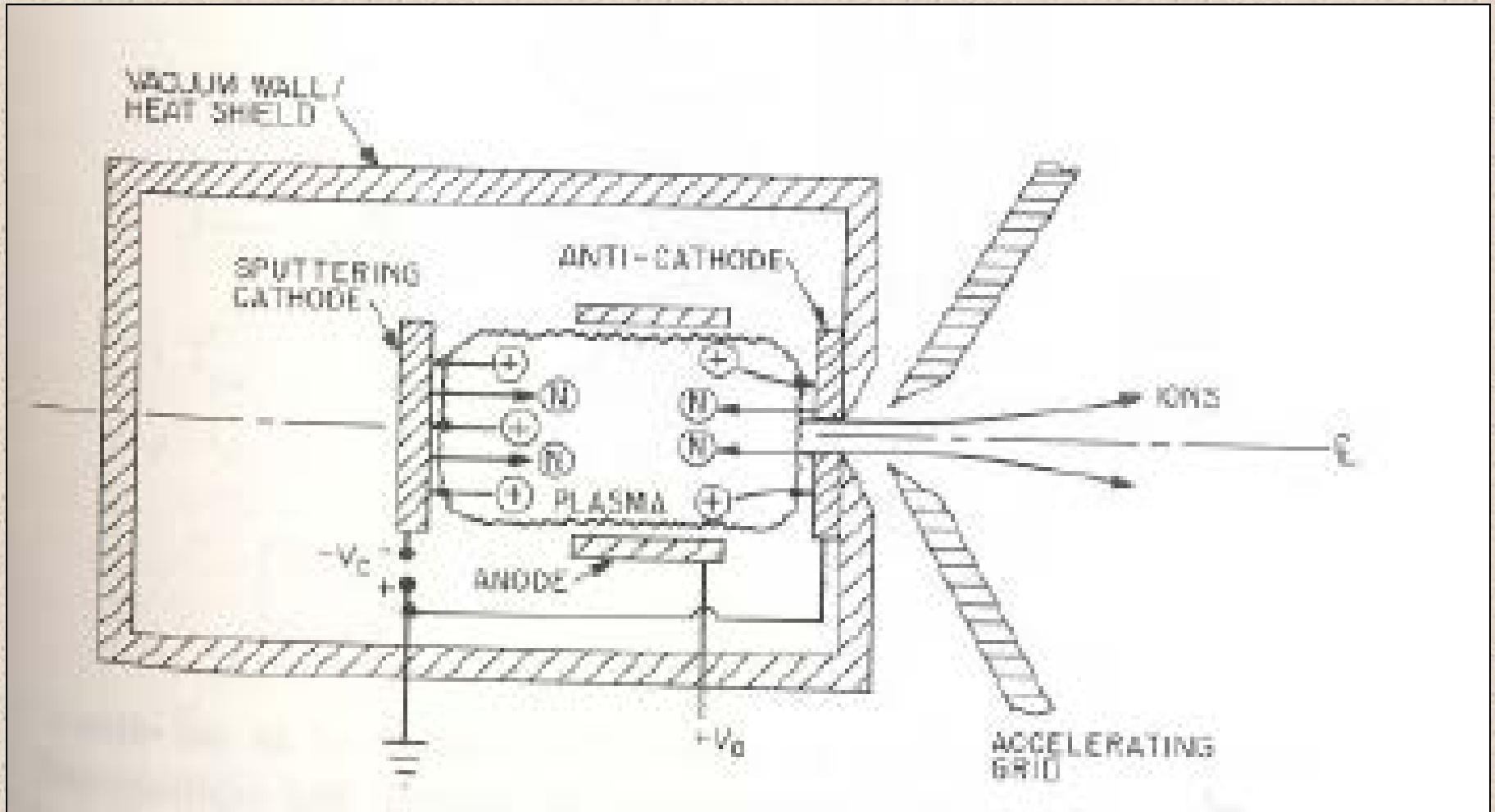
Fonte Penning em configuração Calutron



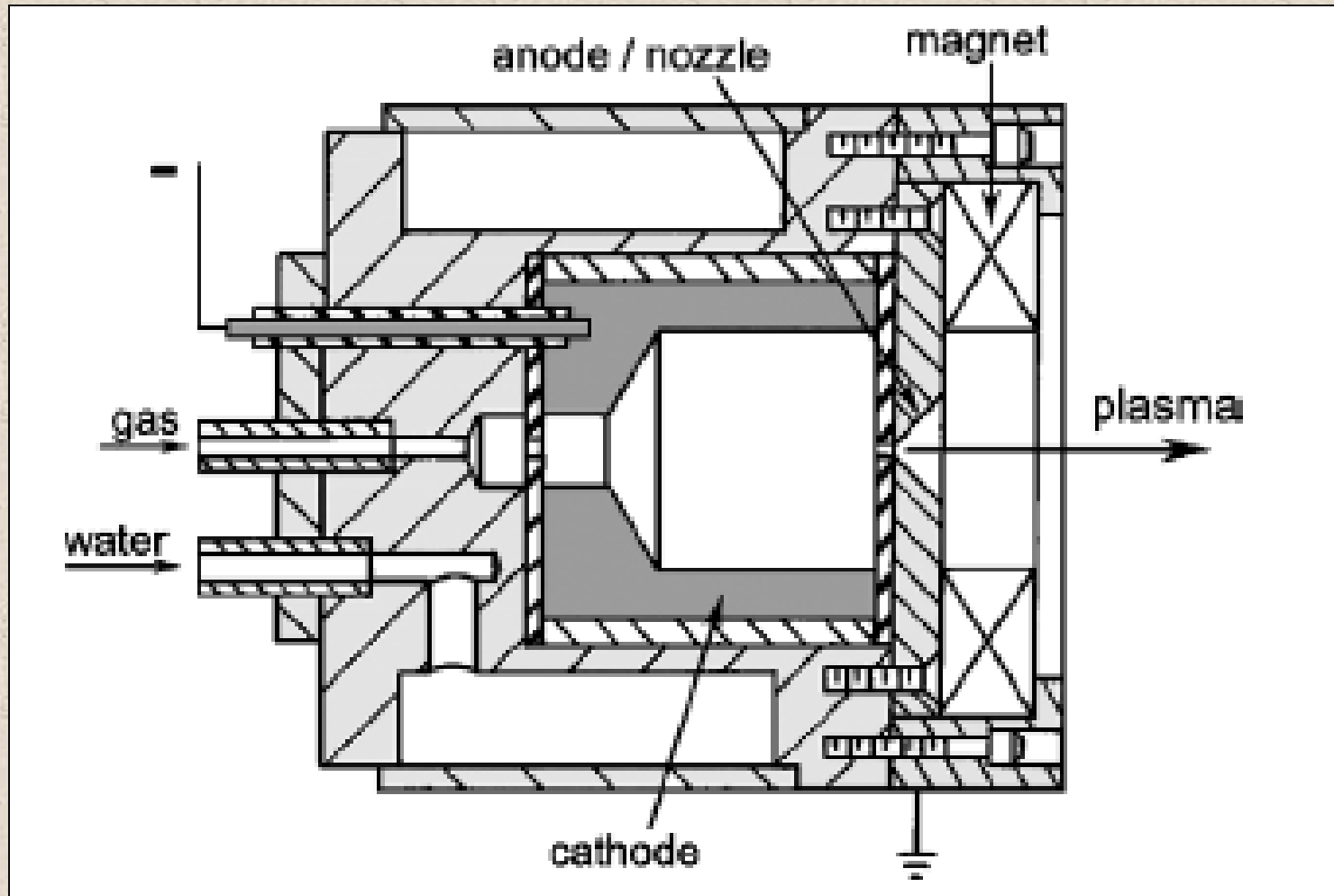
Fonte Penning em configuração Calutron



Fonte Penning para sputtering



Fonte Penning para sputtering

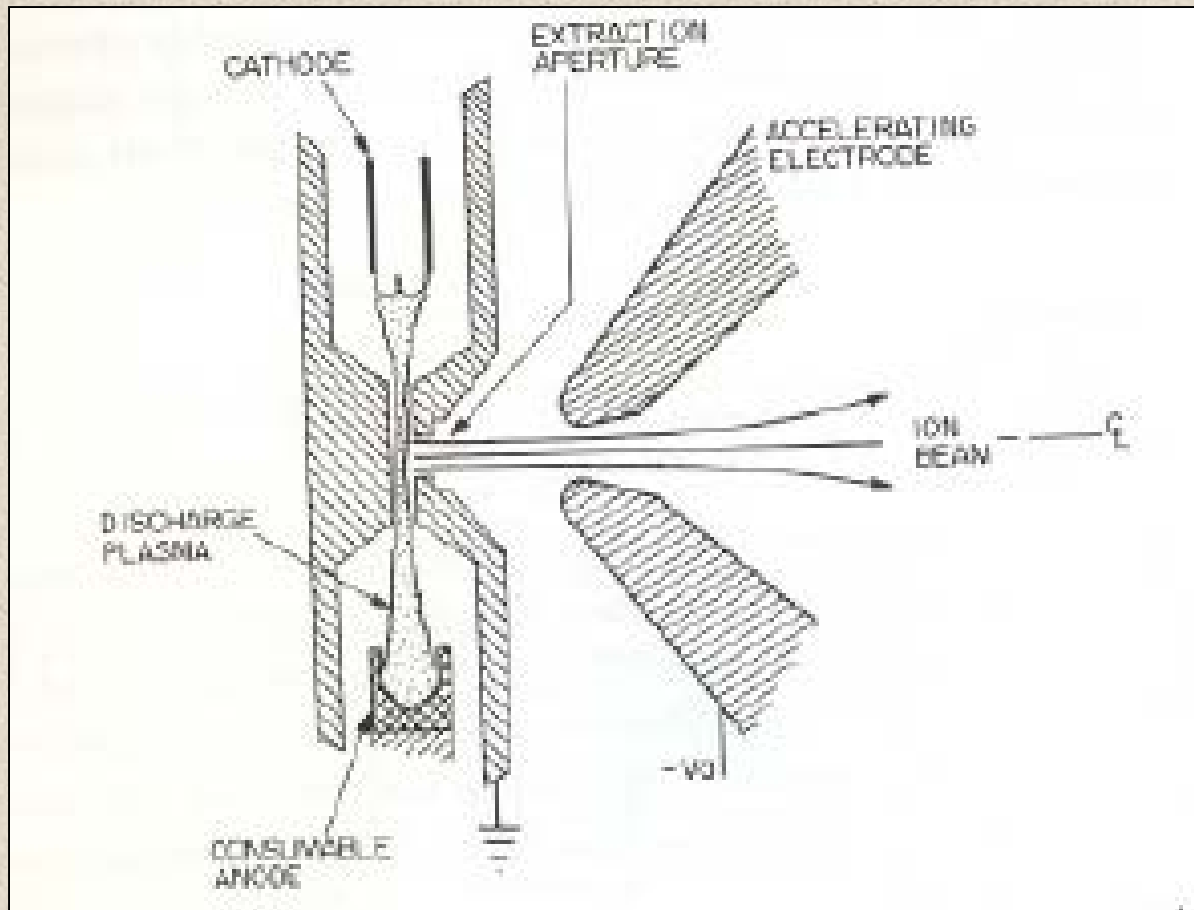


Fontes de íons baseadas em feixes de plasma

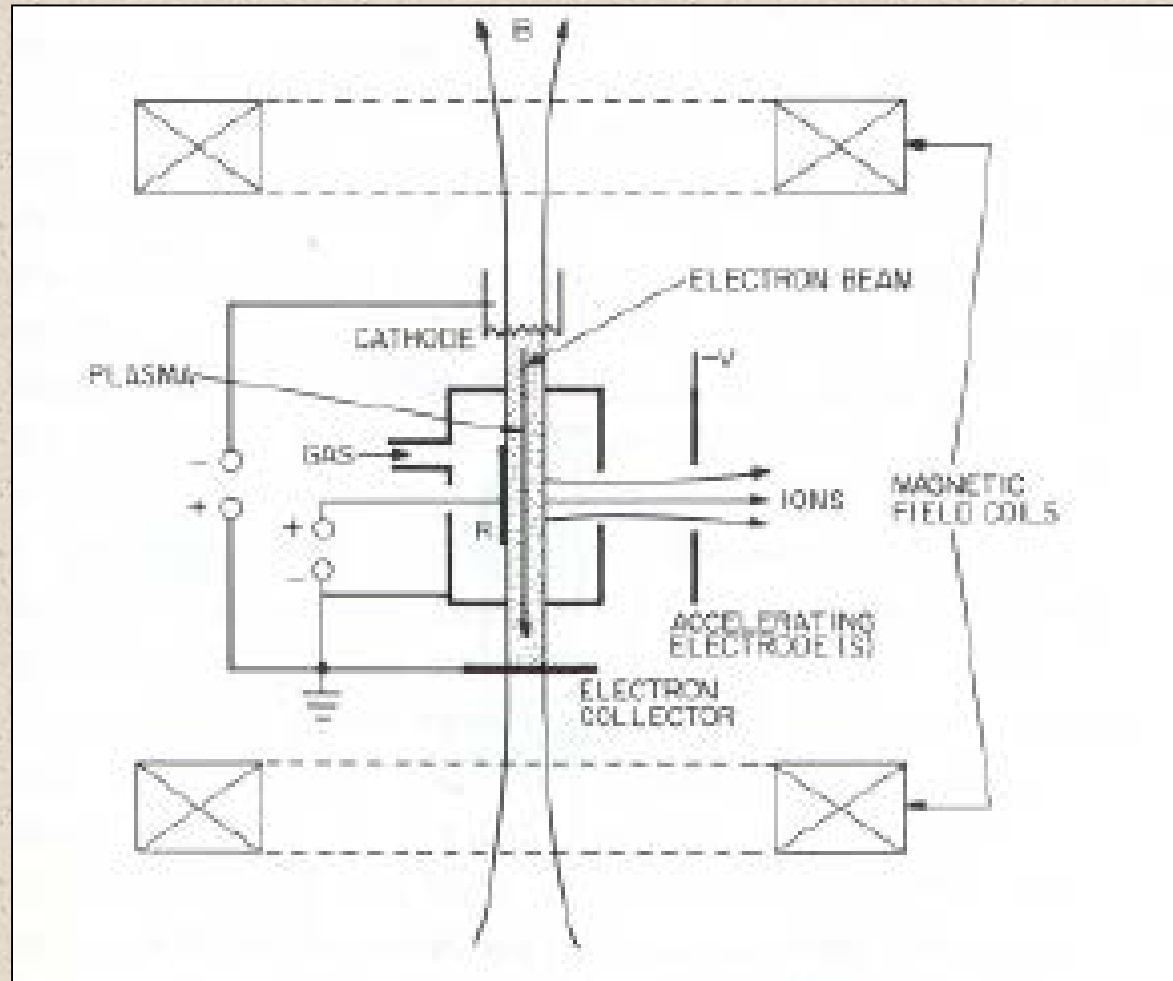
Fontes de íons baseadas em feixes de plasma

Estas fontes são comumente fabricadas a partir de fontes de elétrons ou a partir de descargas tipo arco DC lineares. A interação do feixe de elétrons com as espécies gasosas produz o plasma, do qual são extraídos os íons. Eletrodos externos ao sistema aceleram os íons até a energia desejada.

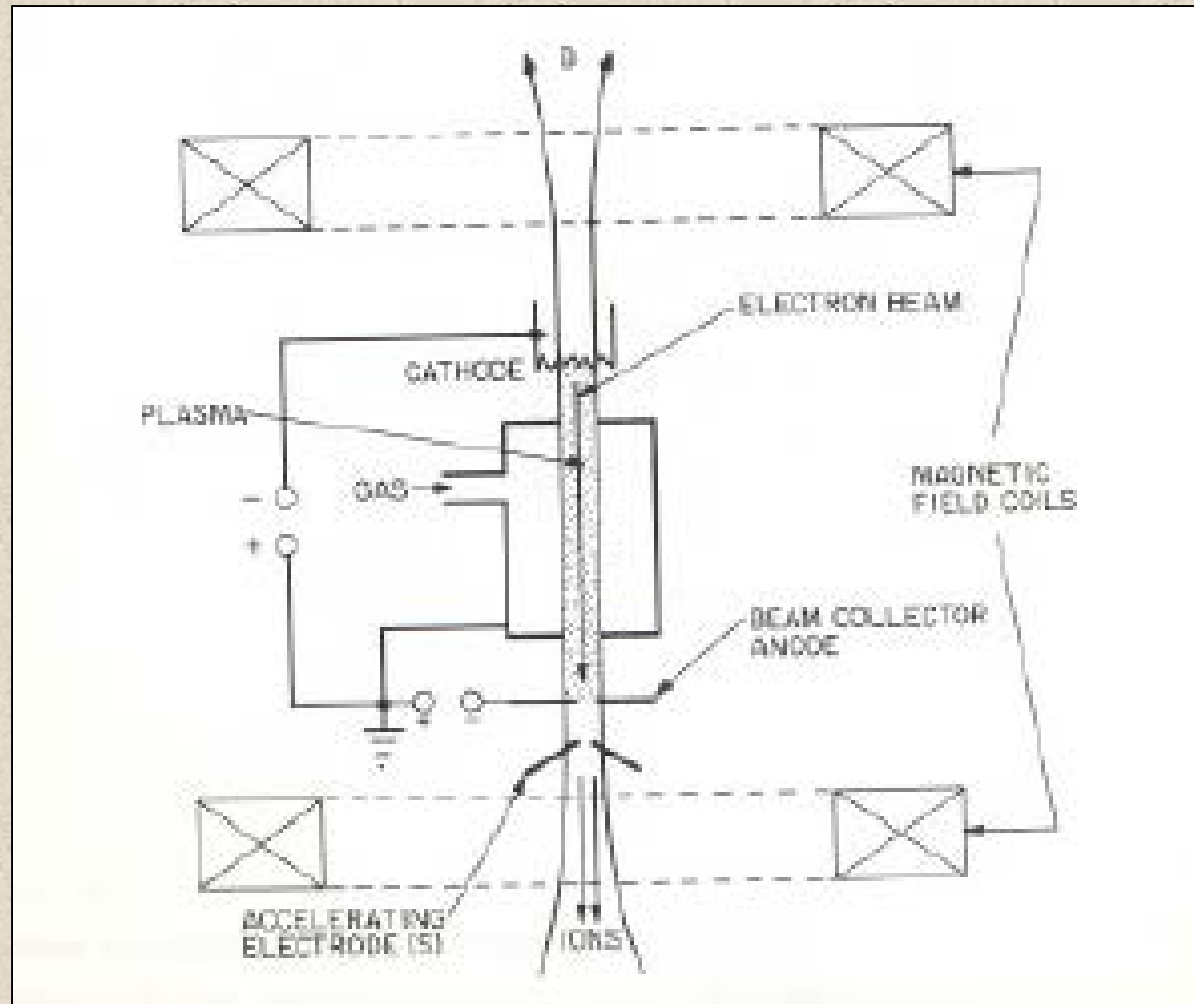
Fonte tipo arco capilar



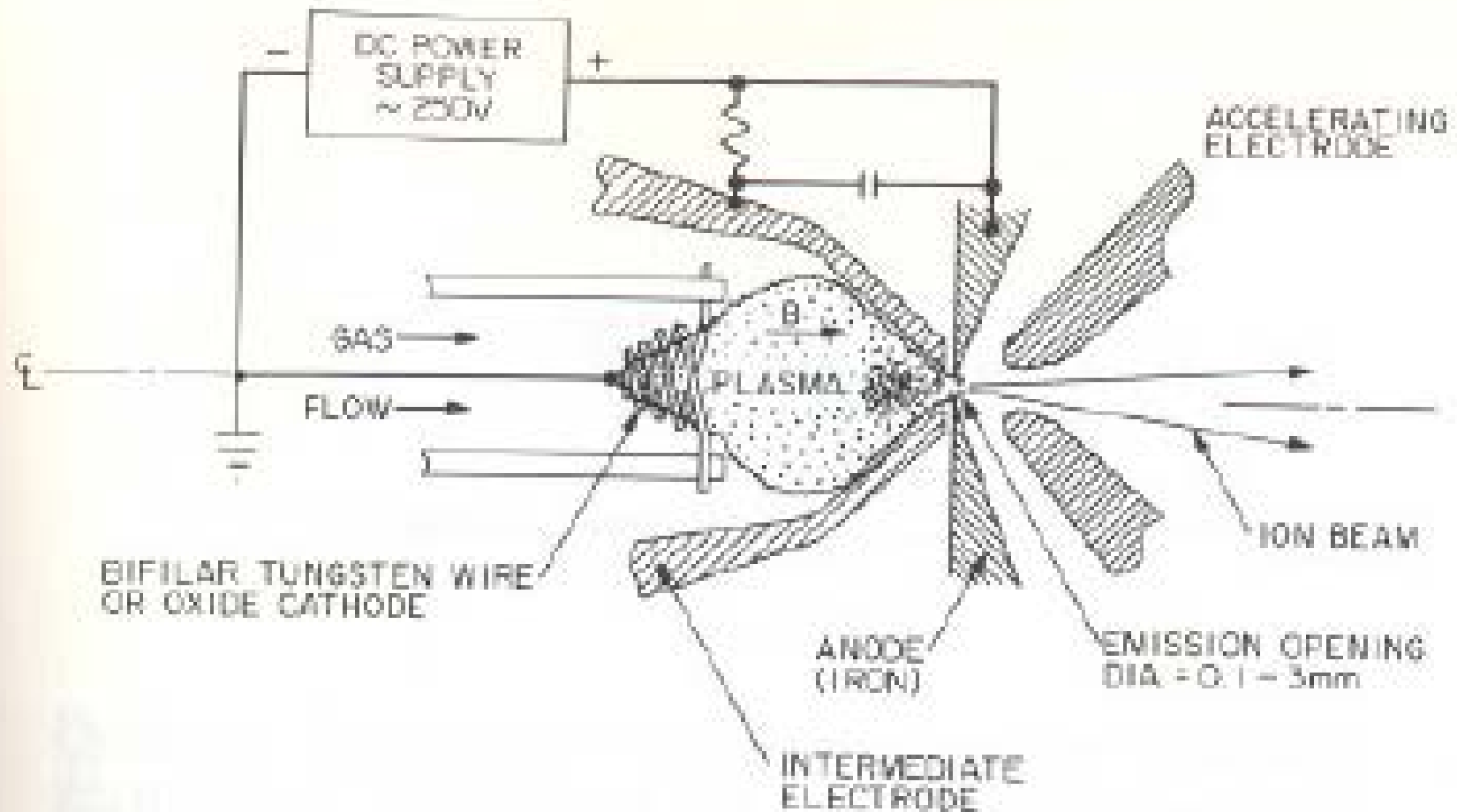
Fonte de íons do tipo feixe de plasma perpendicular



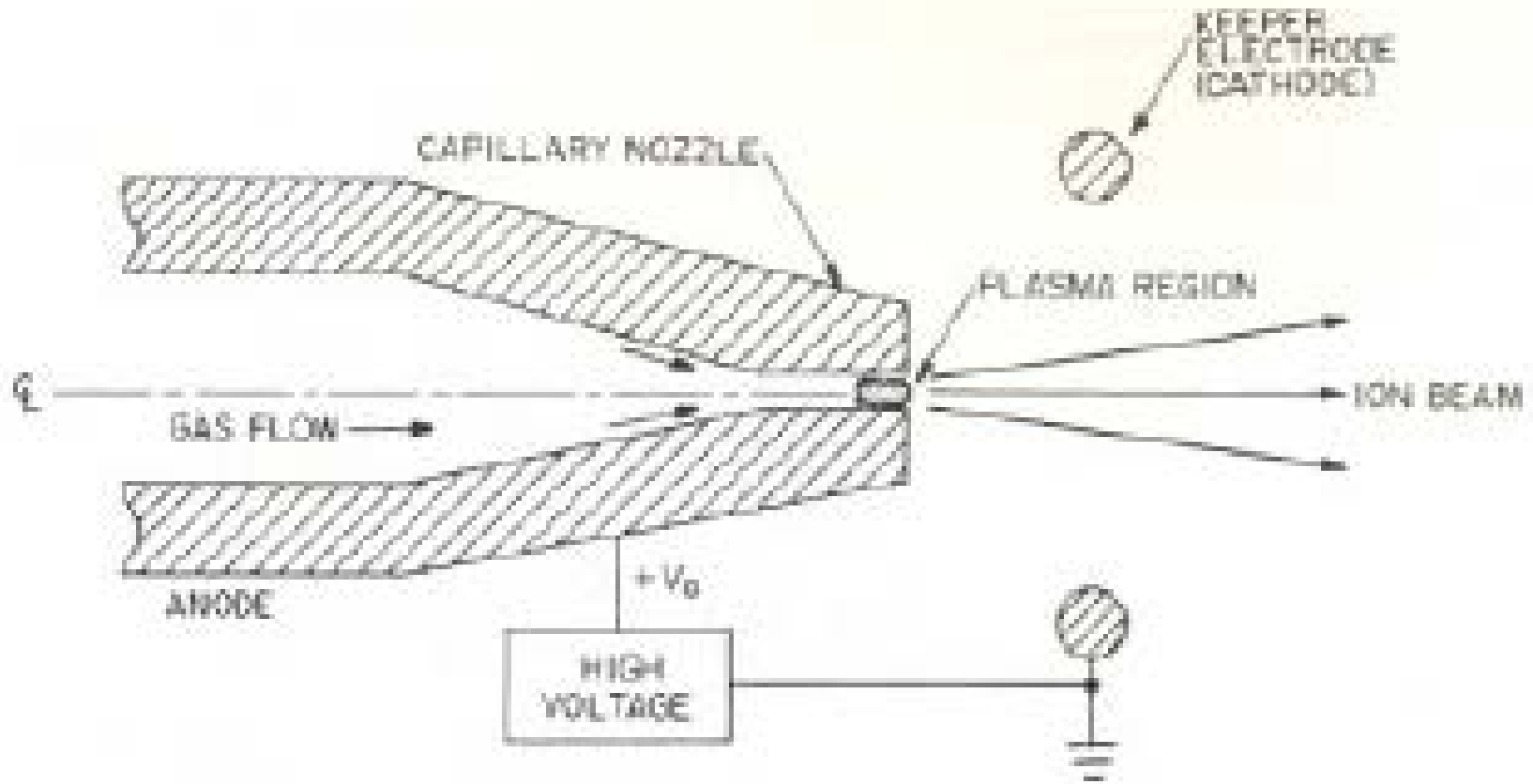
Fonte de íons tipo Von Ardenne



Fonte de íon tipo Von Ardenne



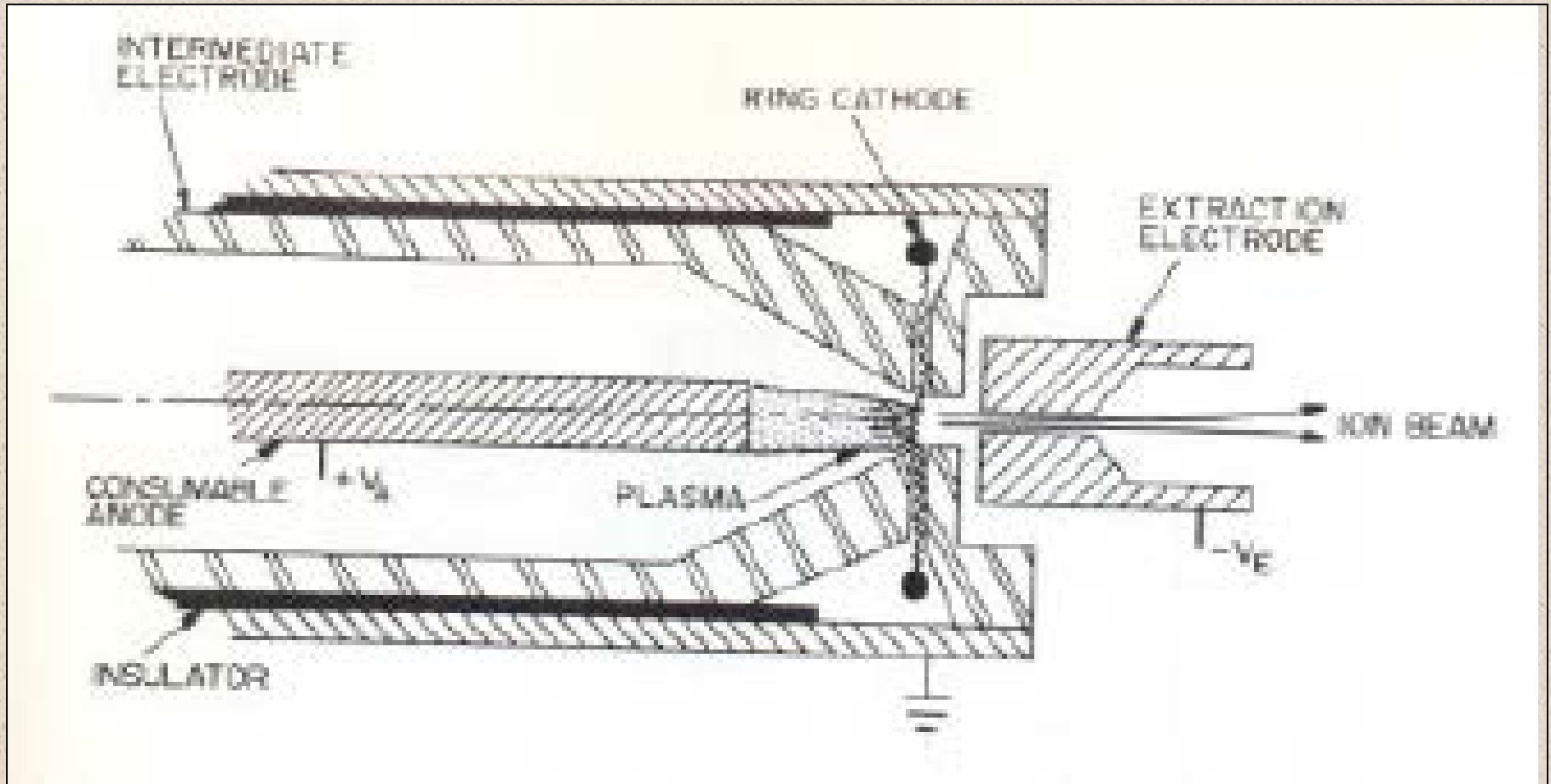
Fontes de íons do tipo Capillatron



Fontes de íons do tipo Capillatron

- Este tipo de fonte é baseada em um Hollow catodo do tipo Lidsky , em que o fluxo de gás que passa através de uma região de plasma de alta densidade e escapa por um furo de dimensões extremamente reduzidas. A alta tensão é mantido entre os eletrodos Keeper e o furo do capilar, estraindo os íons do plasma.

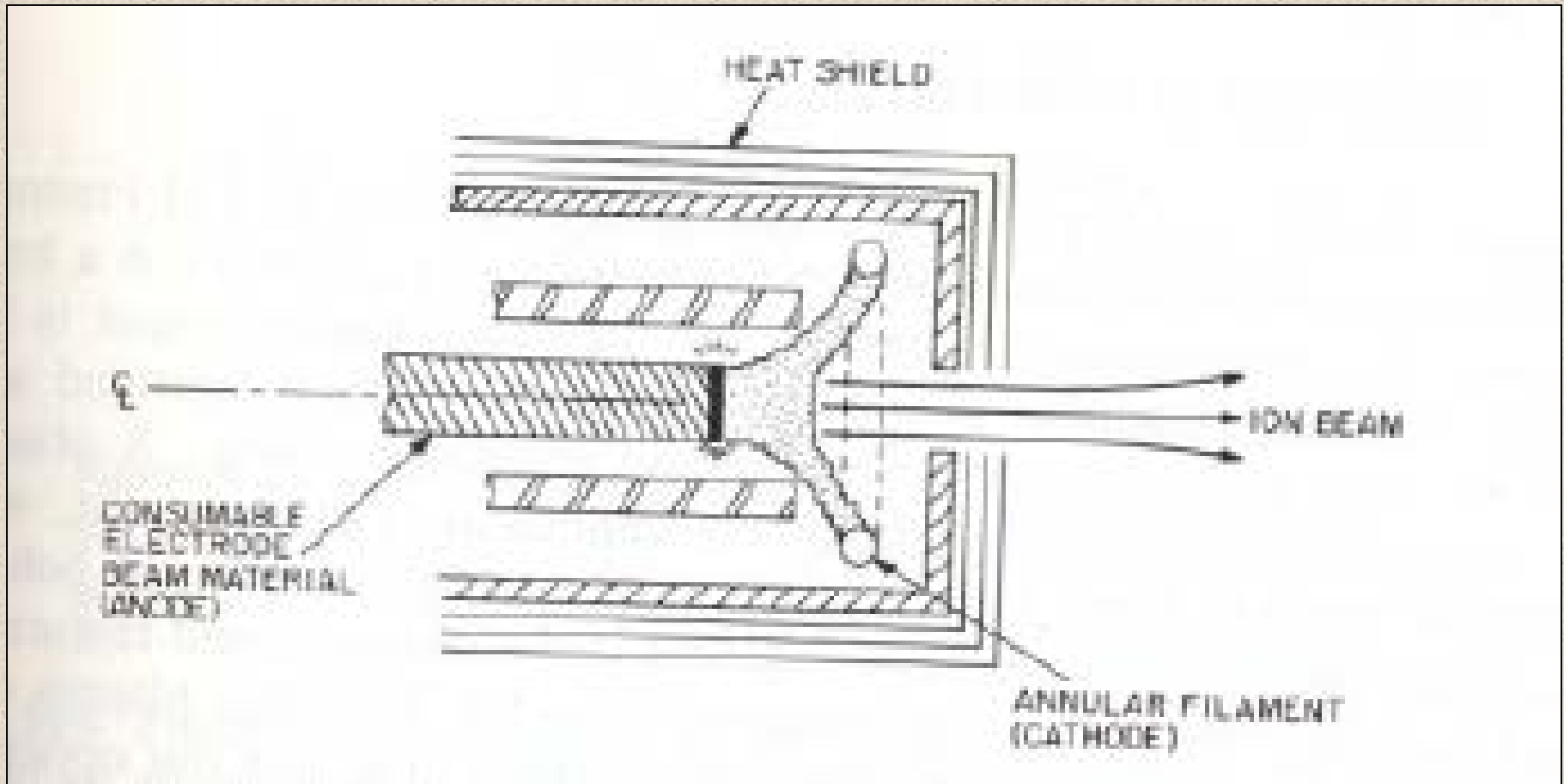
Fonte de íons do tipo Zinn



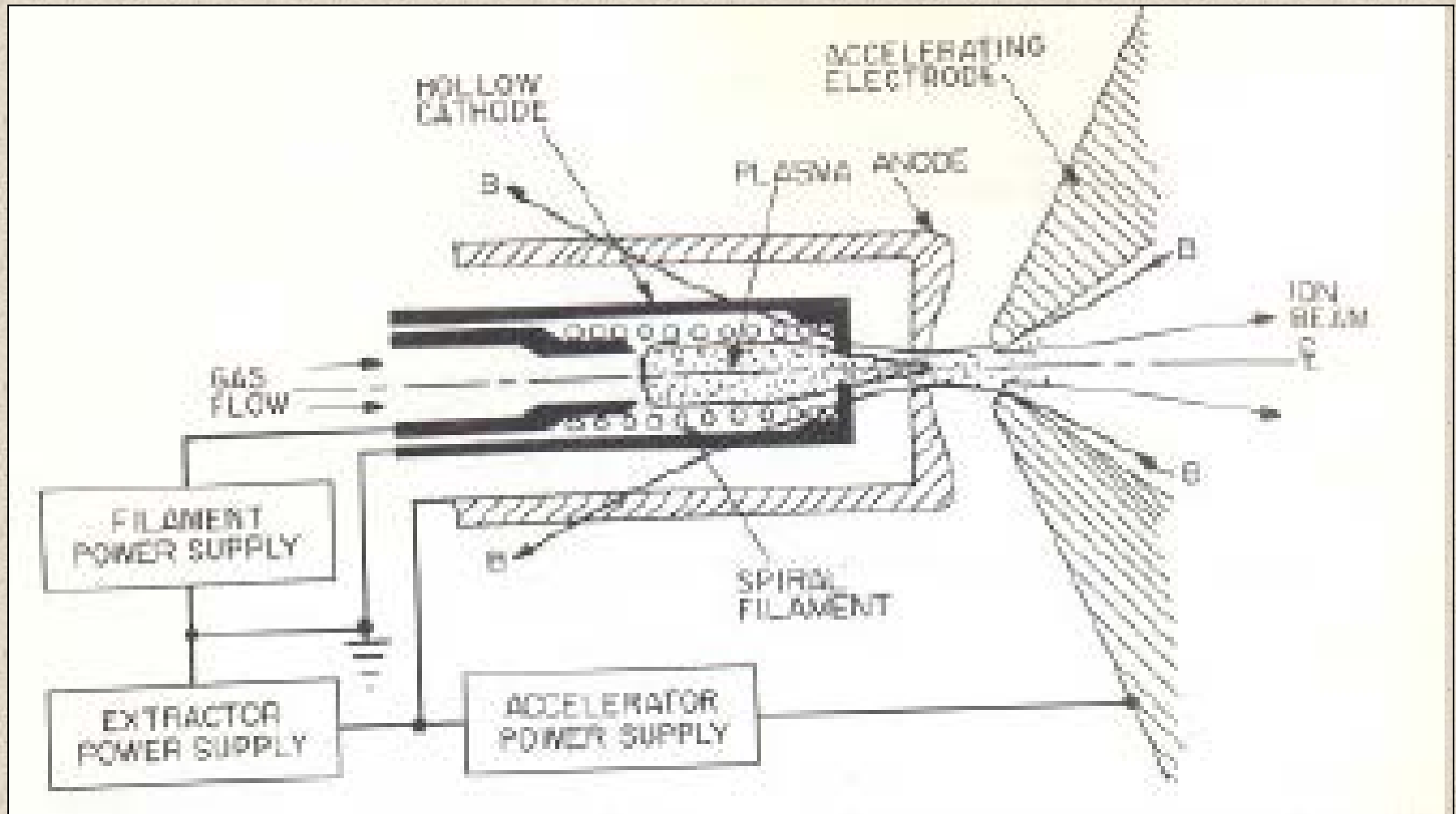
Fonte de íons do tipo Zinn

Esta fonte é baseada em dois cilindros concêntricos o arco gerado no interior deste sistema gera um plasma de alta densidade, os íons extraídos do plasma por um eletrodo externo são direcionados contra um alvo promovendo a vaporização do material ou o sputtering.

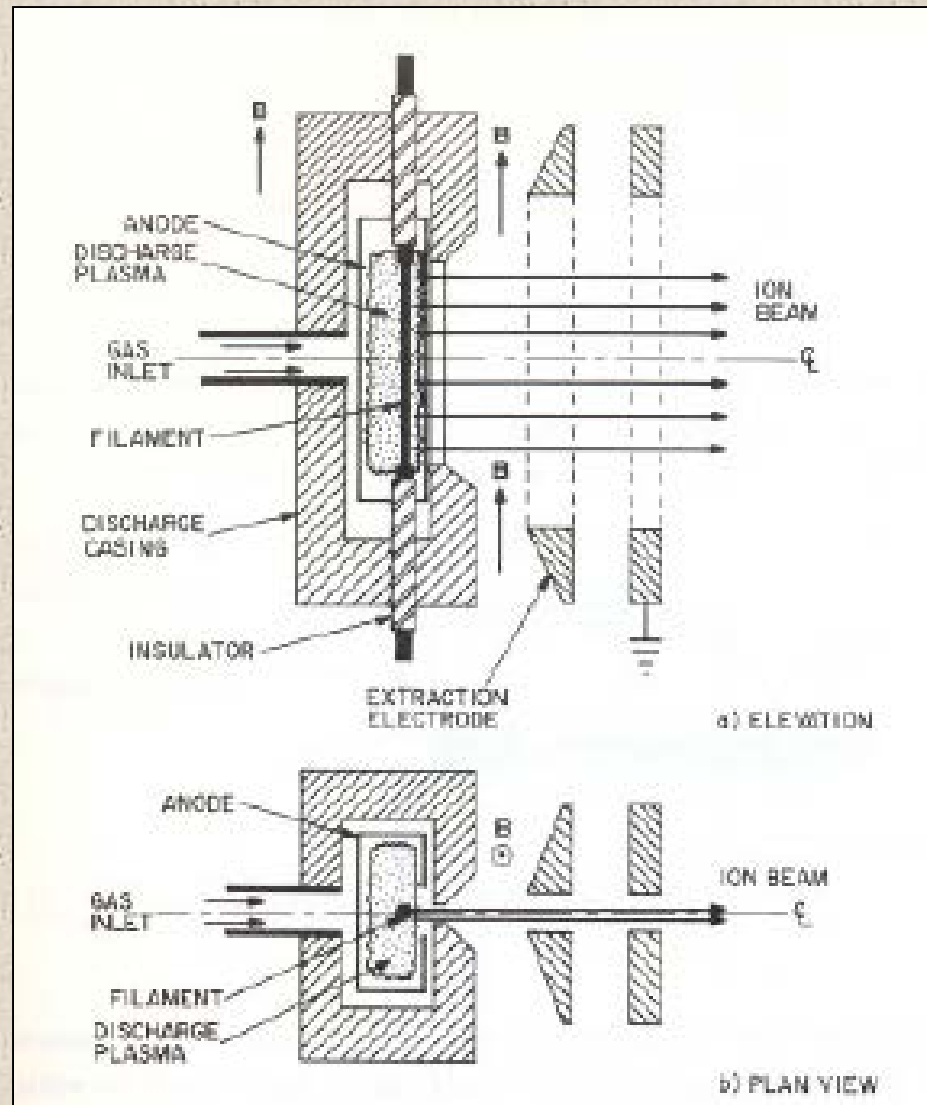
Fonte de íons por vaporização eletrônica



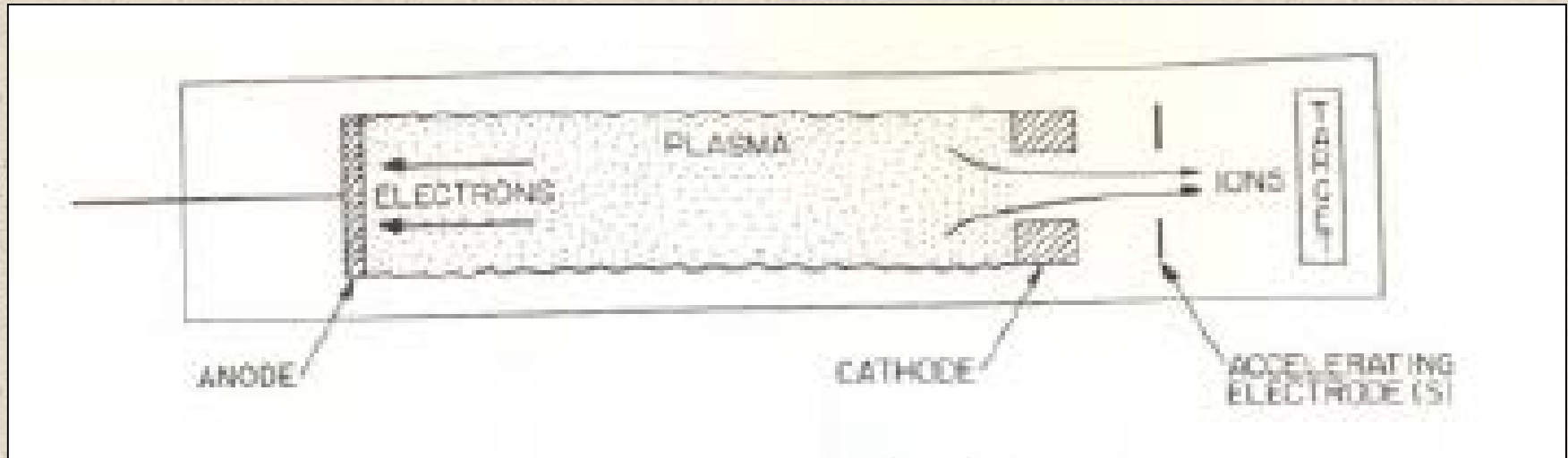
Fonte von Ardenne com Holog Catodo



Fonte de íons do tipo Freeman

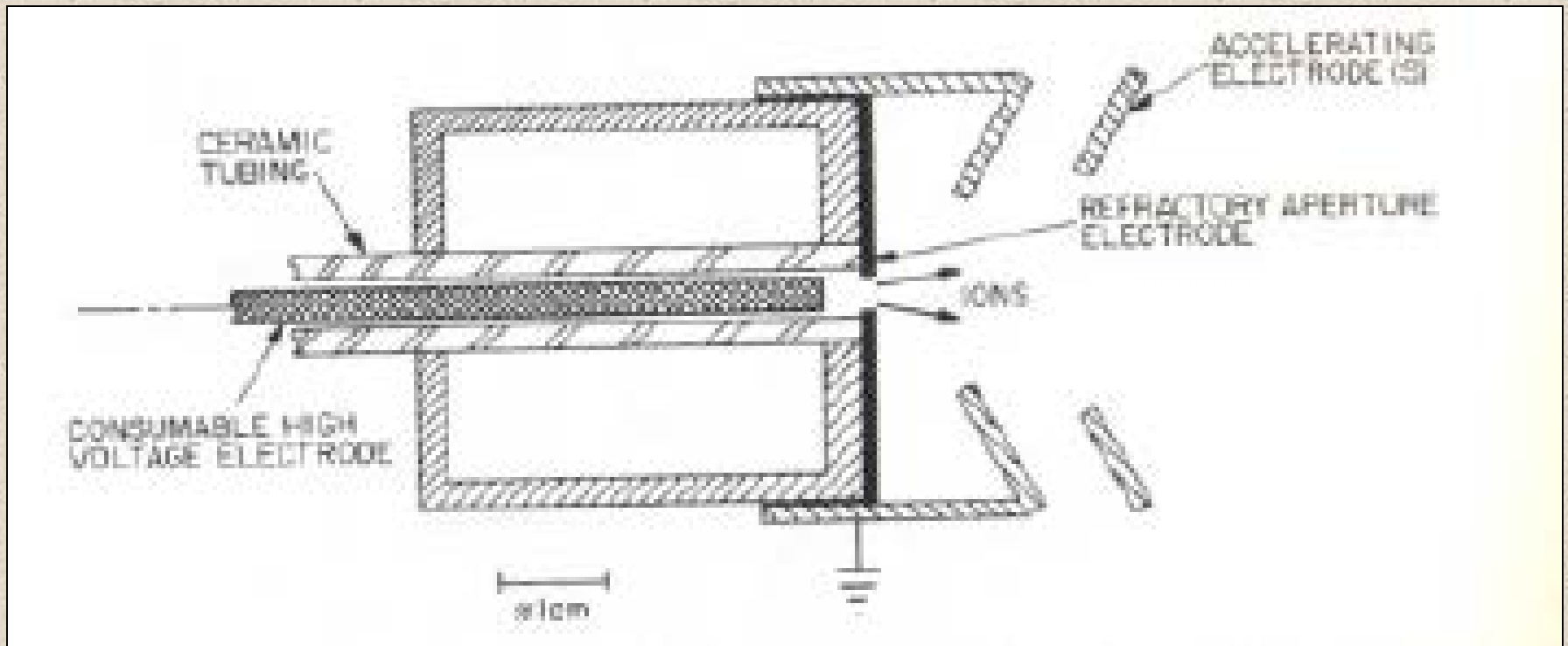


Fonte de íons do tipo Canal Ray

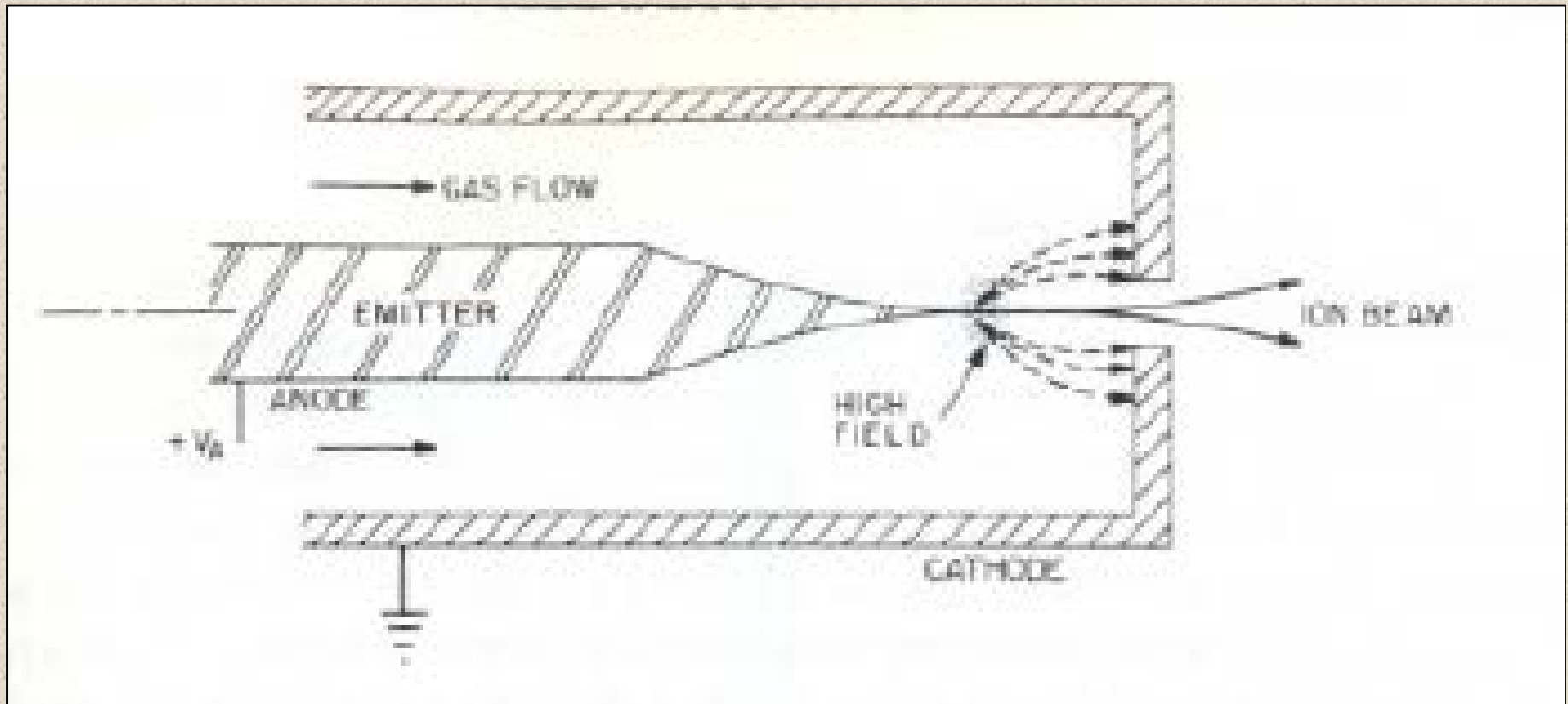


- Esta foi a primeira fonte desenvolvida no século 19 para a geração de íons. Neste sistema os íons escapam por um pequeno furo no catodo sendo acelerados contra o alvo.

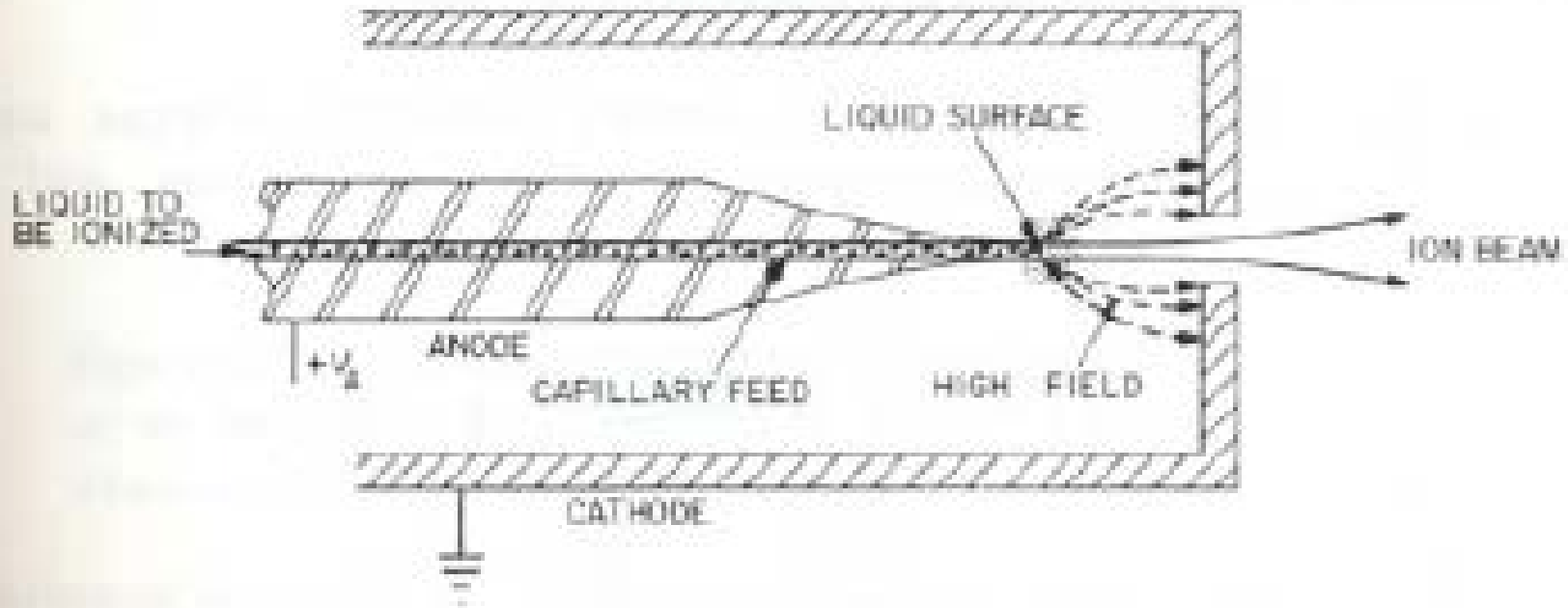
Fonte de íons de arco pulsado



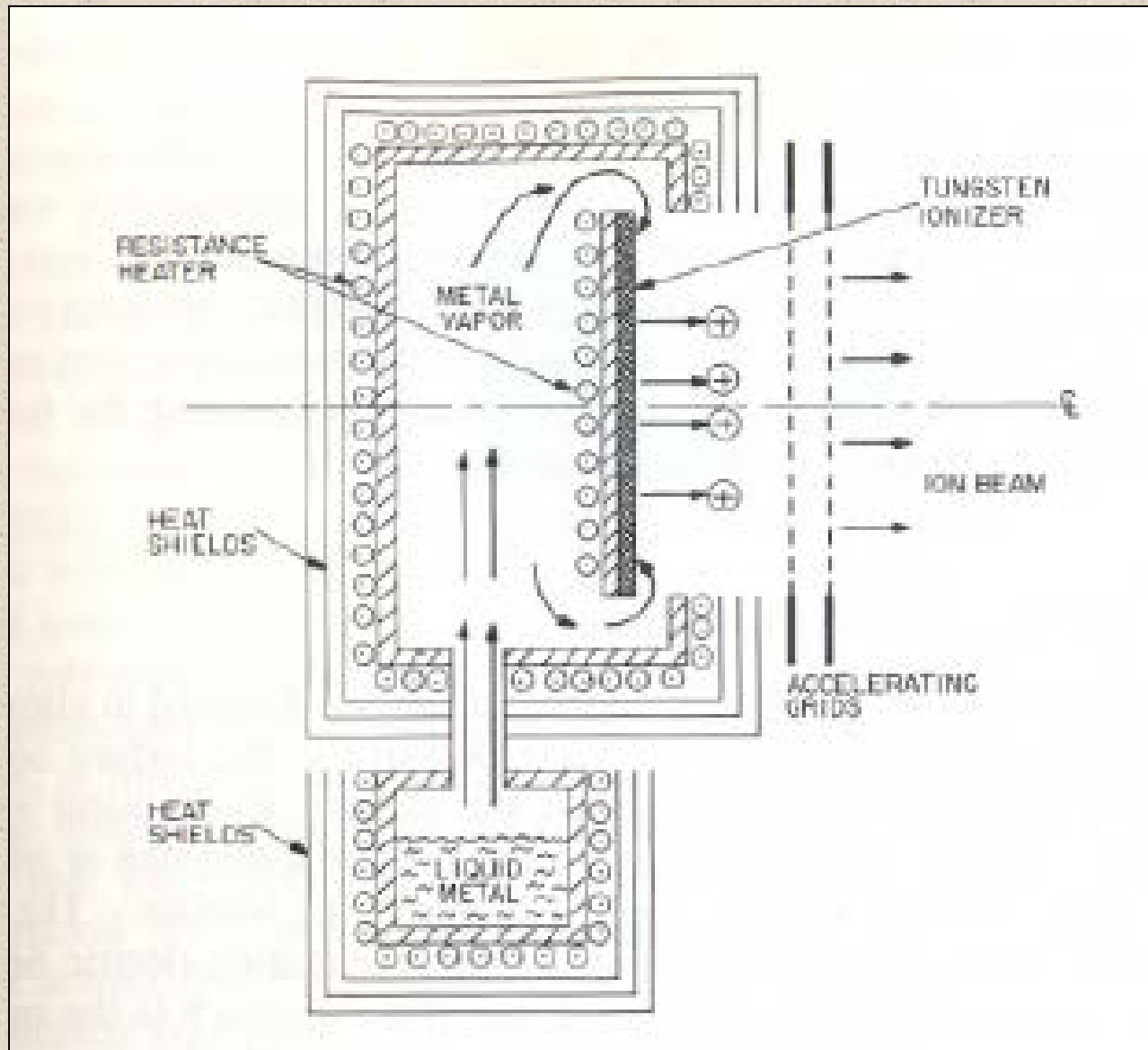
Fontes de íons por emissão de campo



Fontes de íons por emissão de campo para ionização de líquidos



Fontes do tipo emissão superficial



Fonte do tipo feixe atômico

