

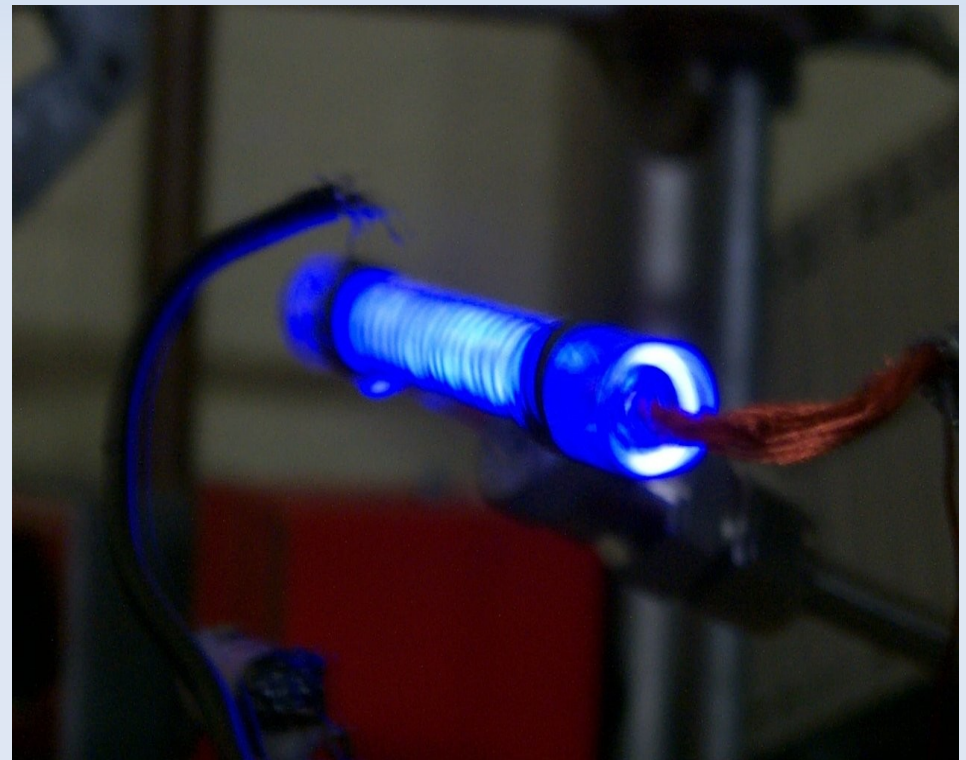
SCARICHE SILENZIOSE

D'Angelo Marta
5 Giugno 2011

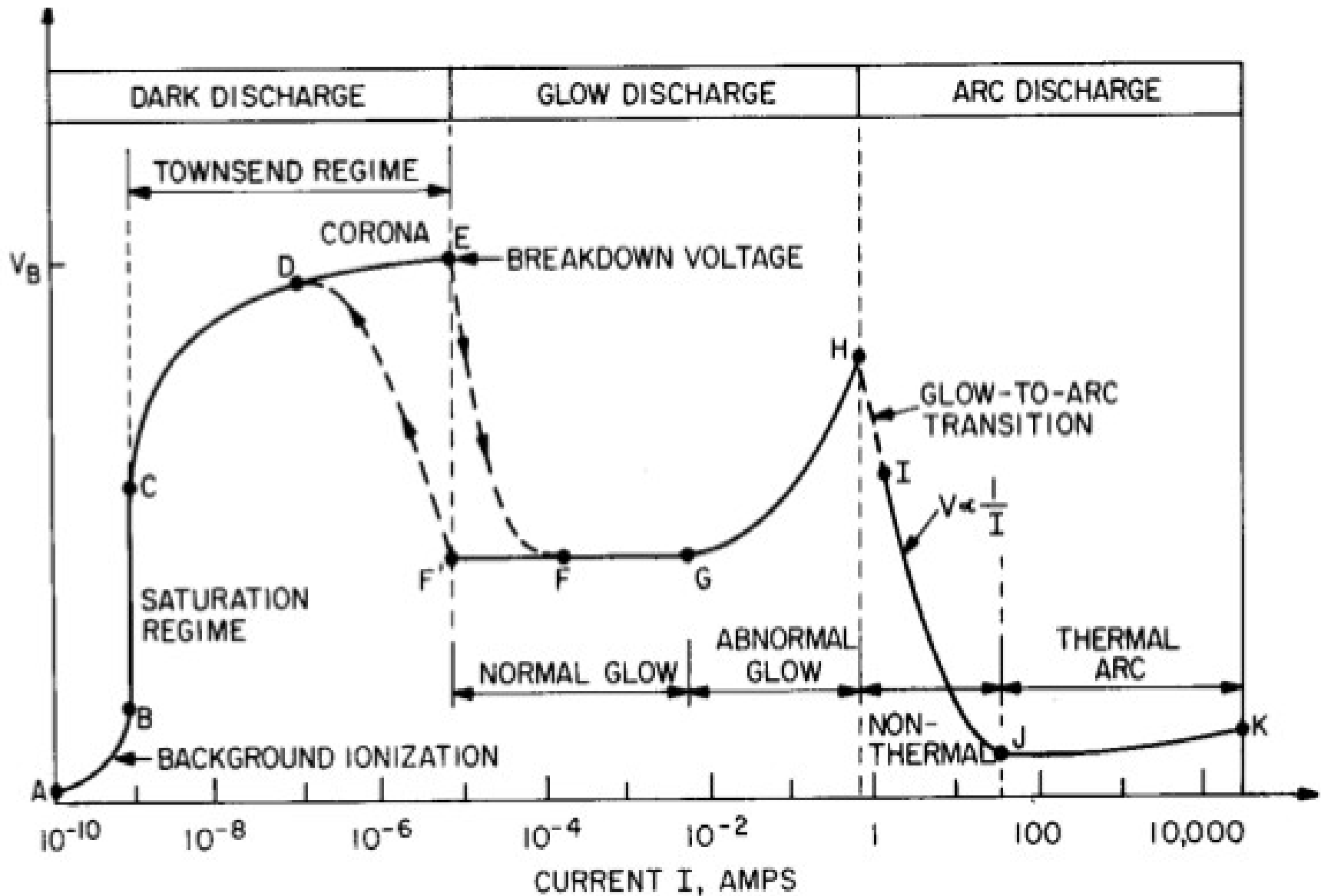


Perché questo nome?

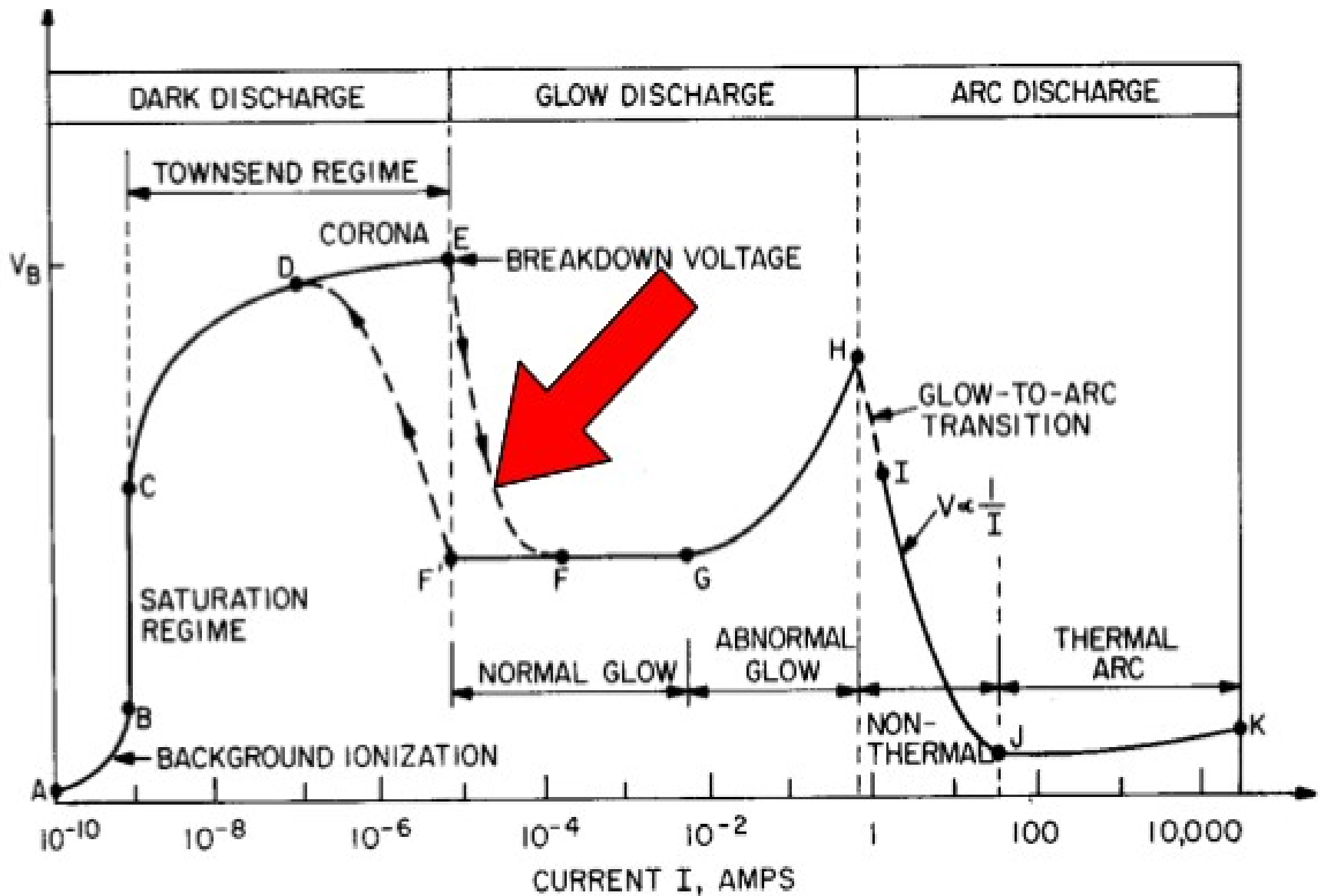
Nel 1860 Andrews e Tait studiano gli effetti di scariche elettriche sull'ossigeno ed altri gas, attribuendo a questi fenomeni il termine di scariche silenziose.



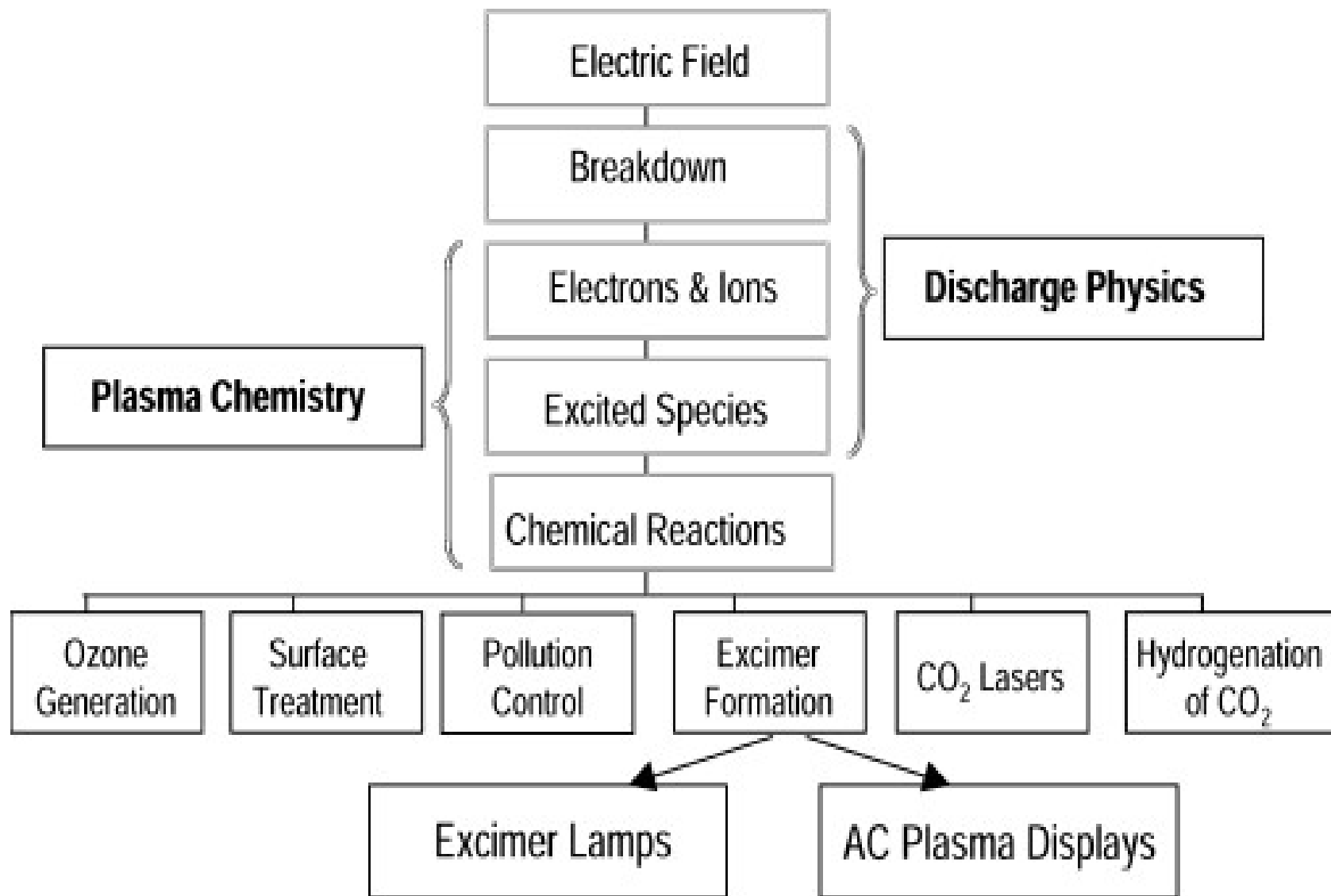
Tubo di scarica



Tubo di scarica



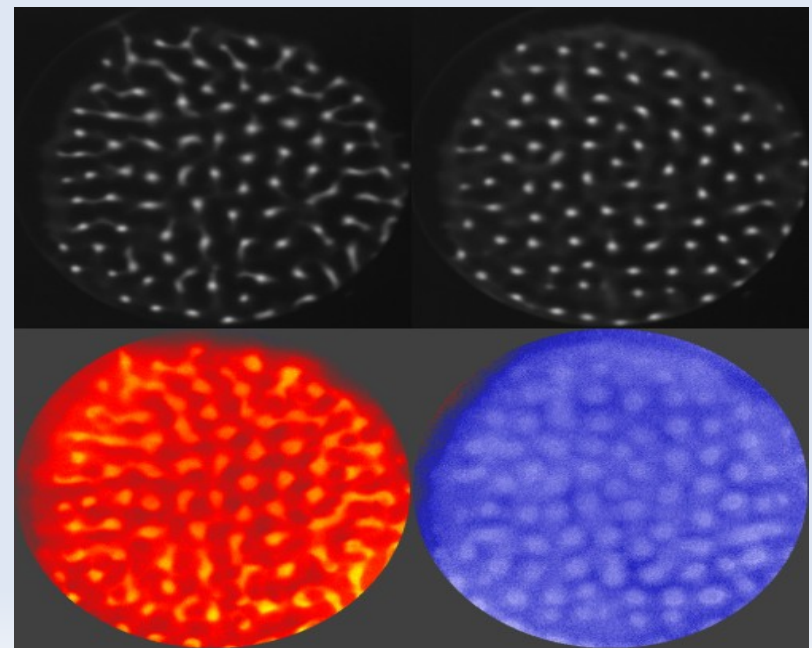
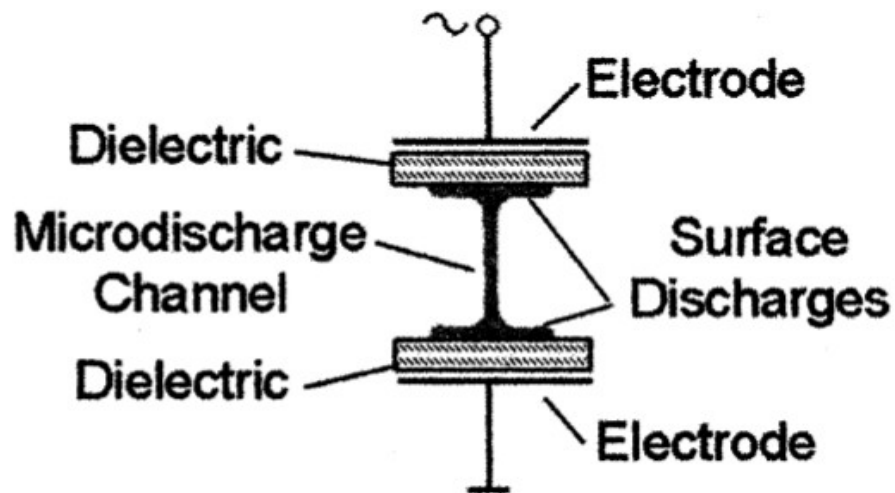
Scariche a barriera dielettrica



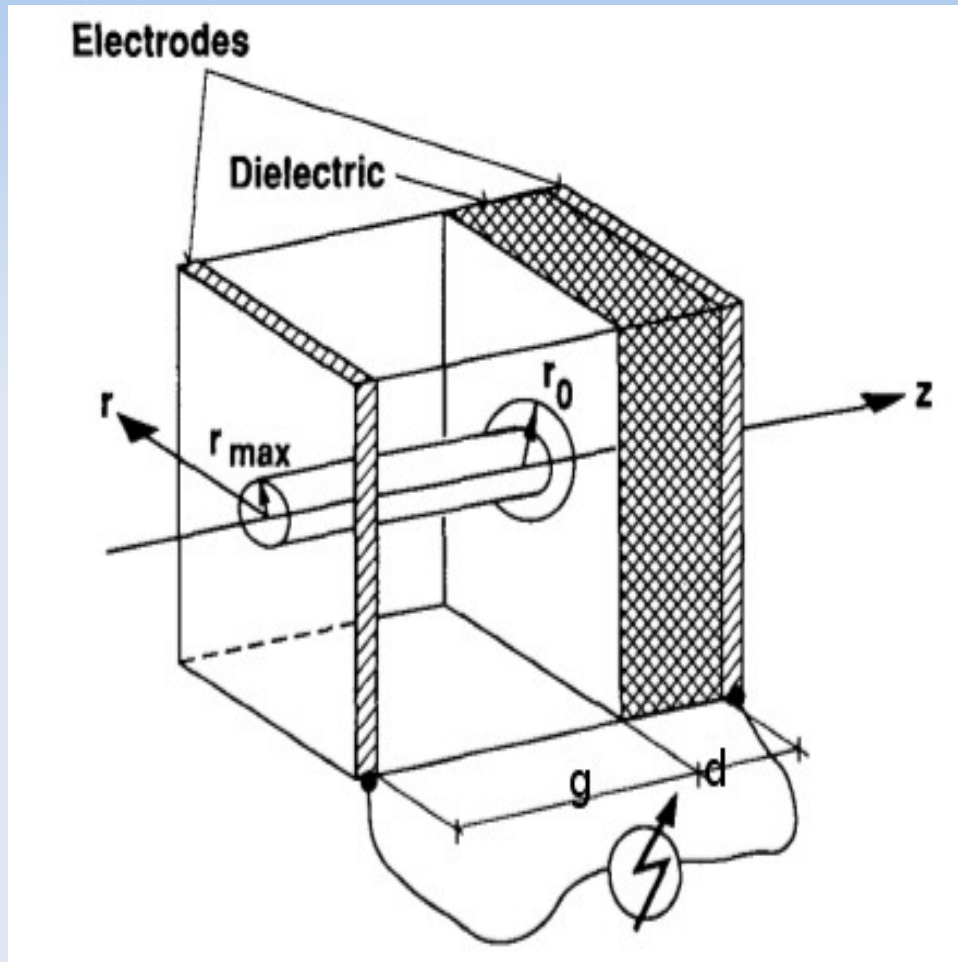
Formazione del canale di scarica

Prima fase: moltiplicazione degli elettroni e ionizzazione del gas \rightarrow si crea un campo di carica spaziale

Seconda fase: nuova ionizzazione in prossimità della valanga \rightarrow formazione di *streamers* con velocità di propagazione maggiore della valanga iniziale



Modello “semplice” di una DBD



$$r_0 > r_s$$

- d_g spessore del *gap discharge*
- d_s spessore dello strato dielettrico
- r_c raggio del canale della microscarica
- r_0 raggio dell'area di carica depositata sul dielettrico

Modello “semplice”

Per ogni istante t la caduta di potenziale è

$$E_g d_g + E_d d_d = V_{ext}$$

mentre la discontinuità di ϵE sulla superficie di separazione gas/dielettrico fornisce la densità di carica libera

$$\begin{aligned}\sigma &= \epsilon_d E_d - \epsilon_g E_g \\ &= \epsilon E_d - \epsilon_0 E_g\end{aligned}$$

Modello “semplice”

A $t=0$ si ha $\sigma=0$

$$V_{min} = E_b \left(d_g + \frac{d_d}{\epsilon_r} \right) \quad \text{Tensione minima di scarica.}$$

A $t>0$ si ha $\sigma \neq 0$ e una resistività media $\rho(t)$.

$$S_d \partial_t \sigma = S_c J = S_c \frac{E_g}{\rho(t)}$$

$$\sigma(t) = \sigma_\infty \left[1 - \exp \left(- \int_0^t \frac{dt'}{\rho(t') \bar{\epsilon}} \right) \right]$$

$$\text{con } \sigma_\infty \equiv \epsilon \frac{V_{min}}{d_d}$$

Modello “semplice”

CARICA TRASFERITA

$$Q(t) = \int_{S_d} \sigma(t) dS = \sigma(t) S_d \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \sigma_{\infty} S_d$$

ENERGIA ASSORBITA

$$\frac{dP_{ass}}{dV} = \mathbf{E}_g \cdot \mathbf{J} = \rho(t) J^2 = \left(\frac{S_d}{S_c} \right)^2 \rho(t) (\partial_t \sigma)^2$$

$$U_{ass} = \left(\frac{S_d}{S_c} \right)^2 \frac{\sigma_{\infty}^2}{2\bar{\epsilon}} S_c d_g$$

Modello “semplice”

TEMPO DI SCARICA

Si assuma resistività costante

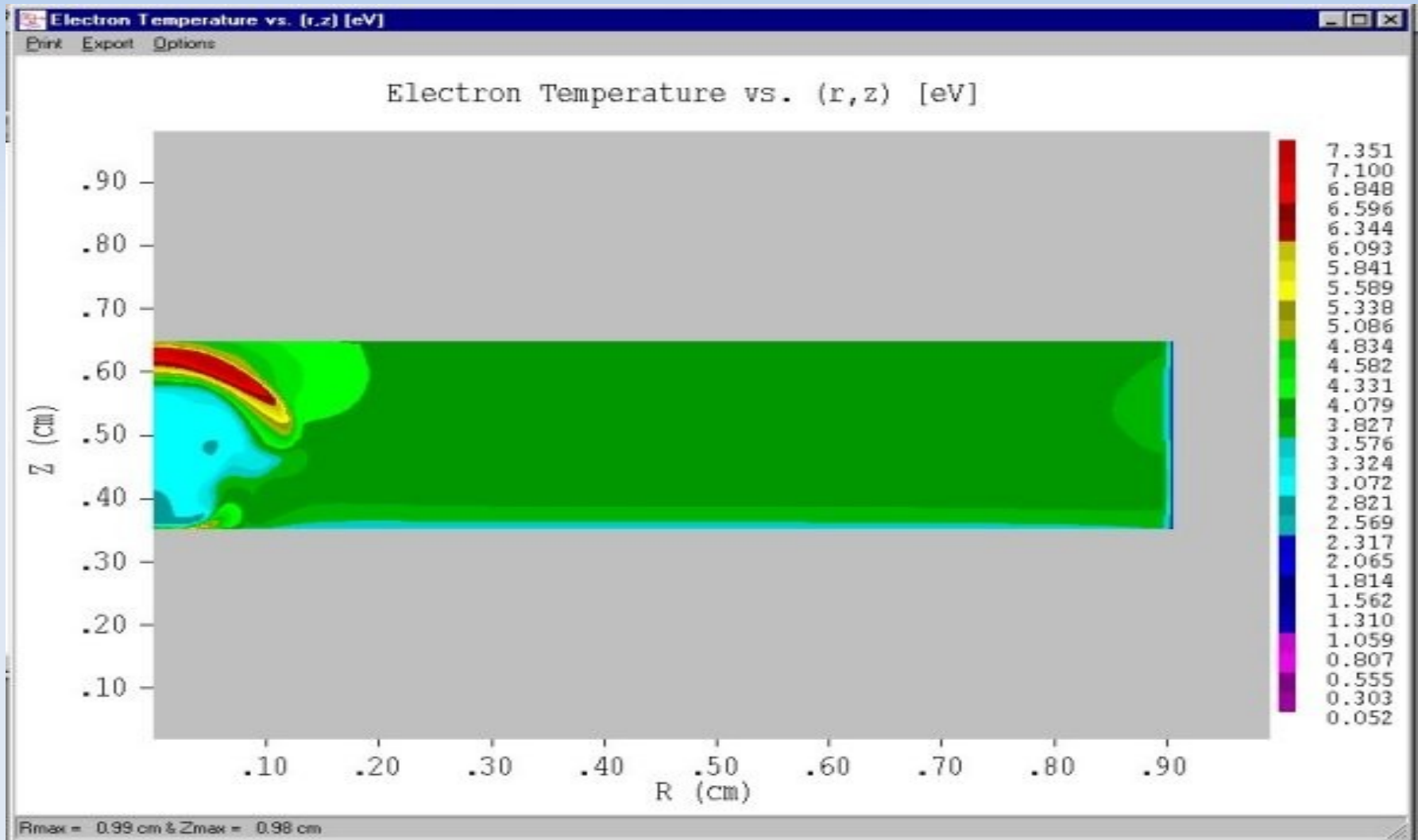
$$\tau = \rho \bar{\epsilon} = \rho(\epsilon_0 d_d + \epsilon d_g) \frac{S_d}{d_d S_c} = \rho \epsilon_0 \left(1 + \epsilon_r \frac{d_g}{d_d} \right) \frac{S_d}{S_c}$$

La soluzione per J e σ è

$$\sigma = \frac{\epsilon V_{ext}}{d_d} (1 - e^{-t/\tau}), \quad J = \frac{\epsilon V_{ext}}{d_d \tau} e^{-t/\tau}$$

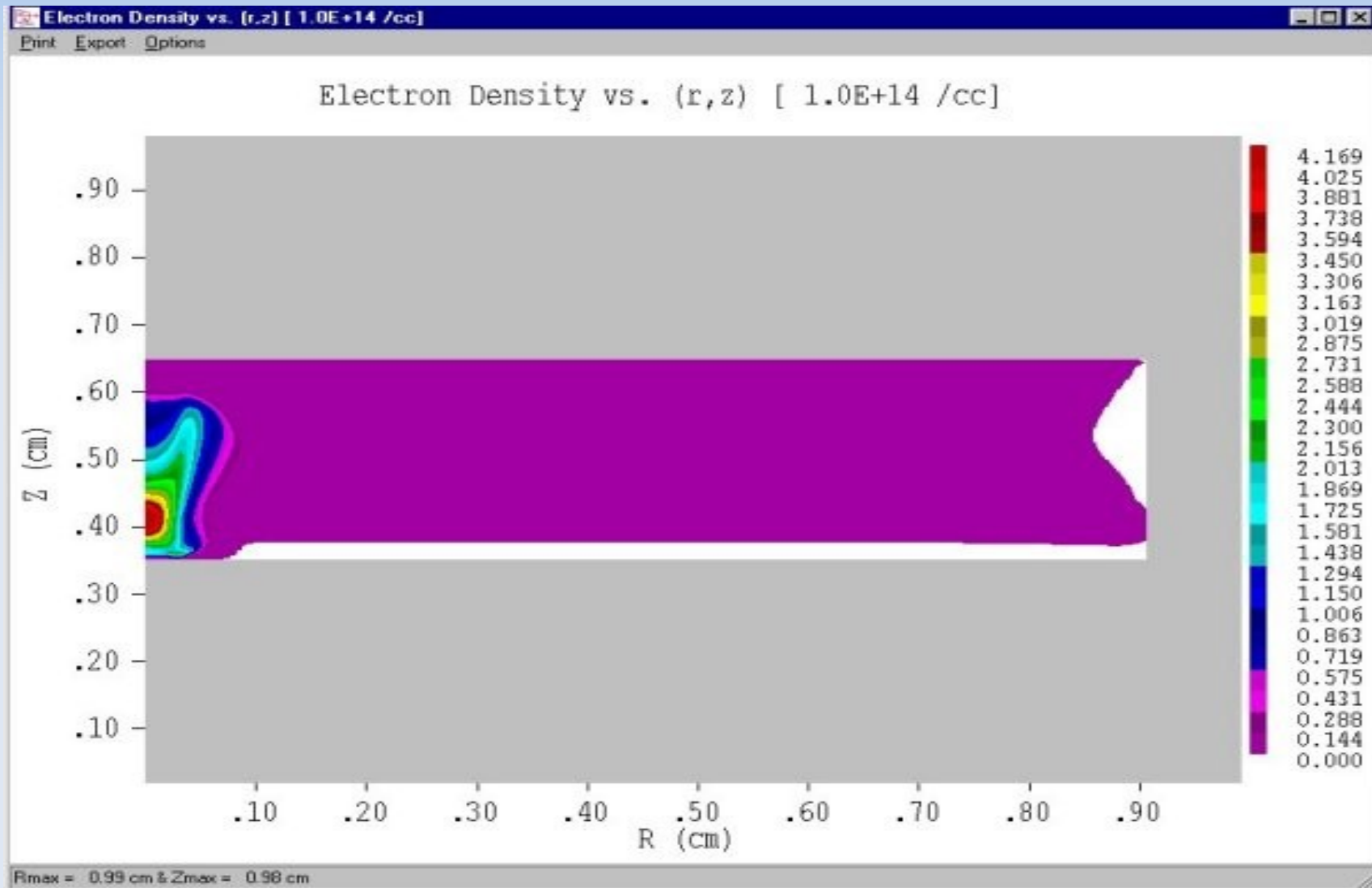
Simulazione numerica

$t=0.7$ ns



Simulazione numerica

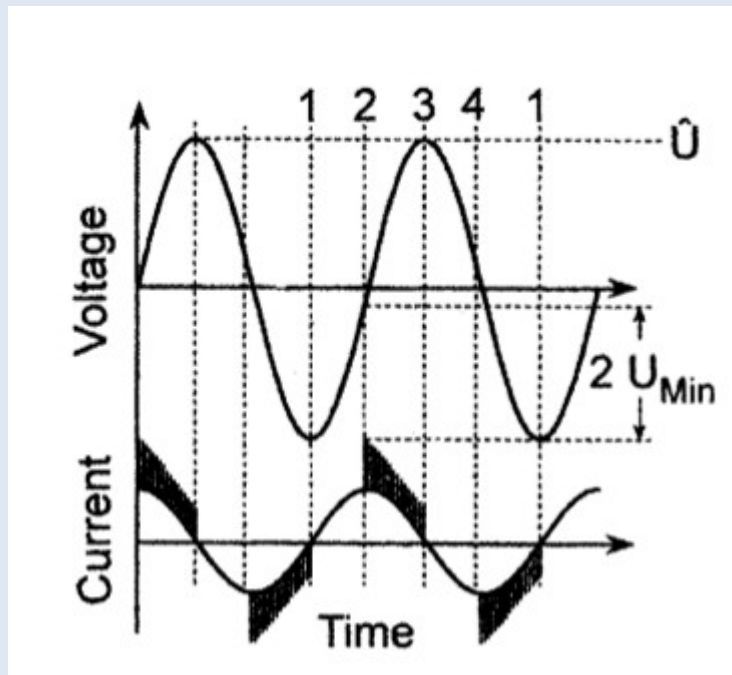
$t=0.7$ ns



DBD a corrente alternata

Assunzioni:

- $\tau_T \ll T$
- $\sigma=0$ per $V_{ext} = 2V_{min}$



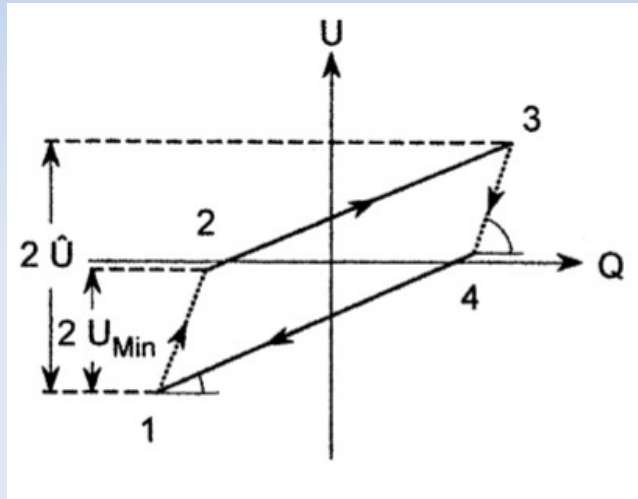
$$N_1 \approx \frac{V_0 - V_{min}}{V_{min}}$$

$$N_{tot} = 4N_1 \approx 4 \frac{V_0 - V_{min}}{V_{min}}$$

$$P_{tot} = fU_{tot} = \frac{1}{2} 4f \frac{C_d^2}{C_g + C_d} V_{min} (V_0 - V_{min})$$

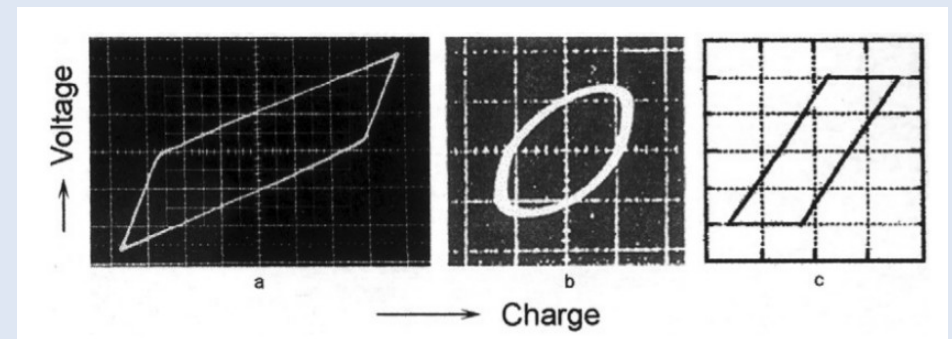
Figure di Lissajous

Grafico in cui si riporta la relazione tra carica depositata sul dielettrico e tensione esterna.



L'area del sottografico corrisponde all'energia assorbita in un ciclo

Figure di Lissajous per differenti configurazioni DBD: (a) tubo di ozono a $f = 1$ KHz, (b) CO₂ laser a $f = 50$ KHz, (c) schermo al plasma con onda quadra a $f = 100$ KHz

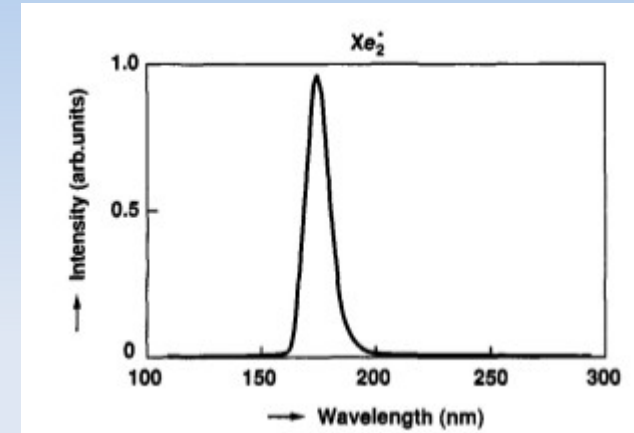
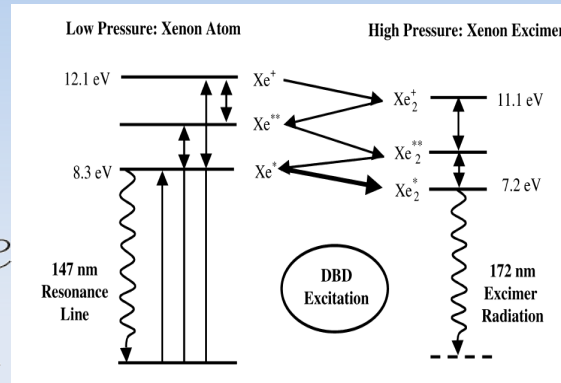
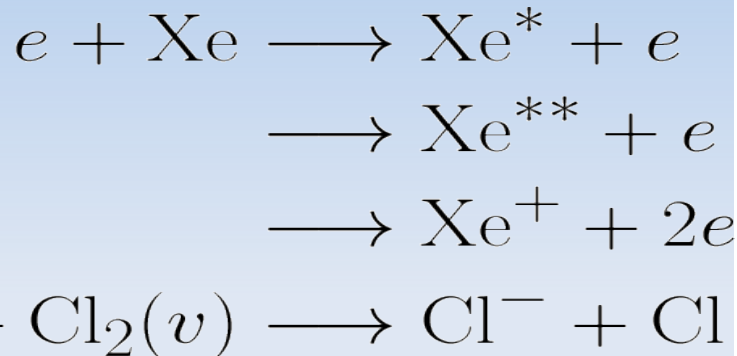


Un po' di numeri

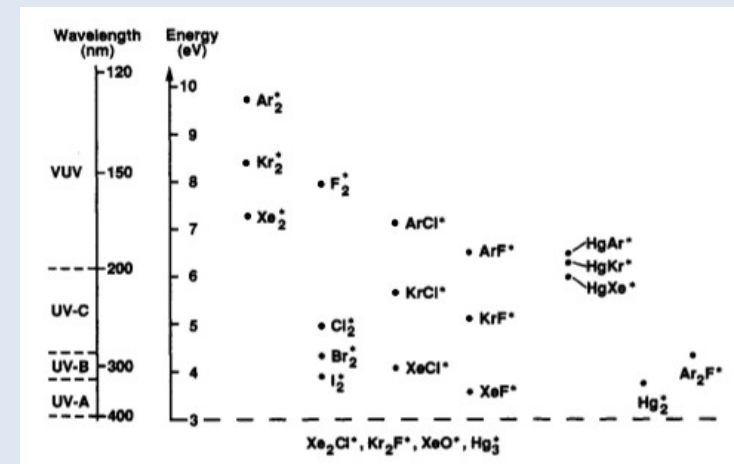
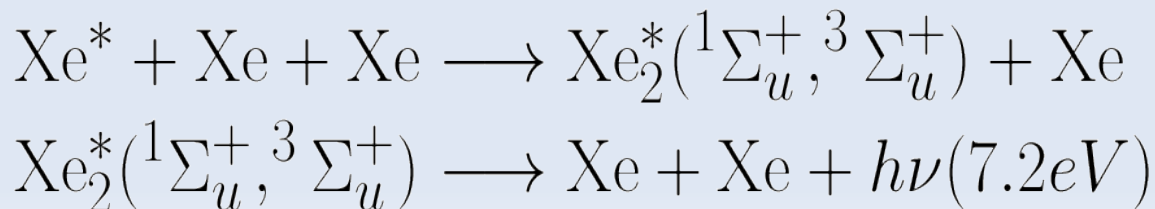
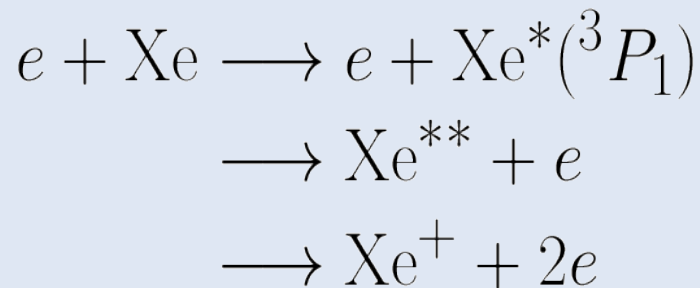
Durata	$1 - 10 \text{ ns}$
Raggio	$100 \mu\text{m}$
Corrente massima	0.1 A
Densità di corrente	$100 - 1000 \text{ Acm}^{-2}$
Grado di ionizzazione	10^{-4}
Carica totale	$0.1 - 1 \text{ nC}$
Densità elettronica	$10^{14} - 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
Energia media per elettrone	$1 - 10 \text{ eV}$
Temperatura del gas	300 K
Densità di energia	$1 - 10 \text{ mJcm}^{-3}$
Energia dissipata	$1 \mu\text{J}$

DBD come sorgenti UV

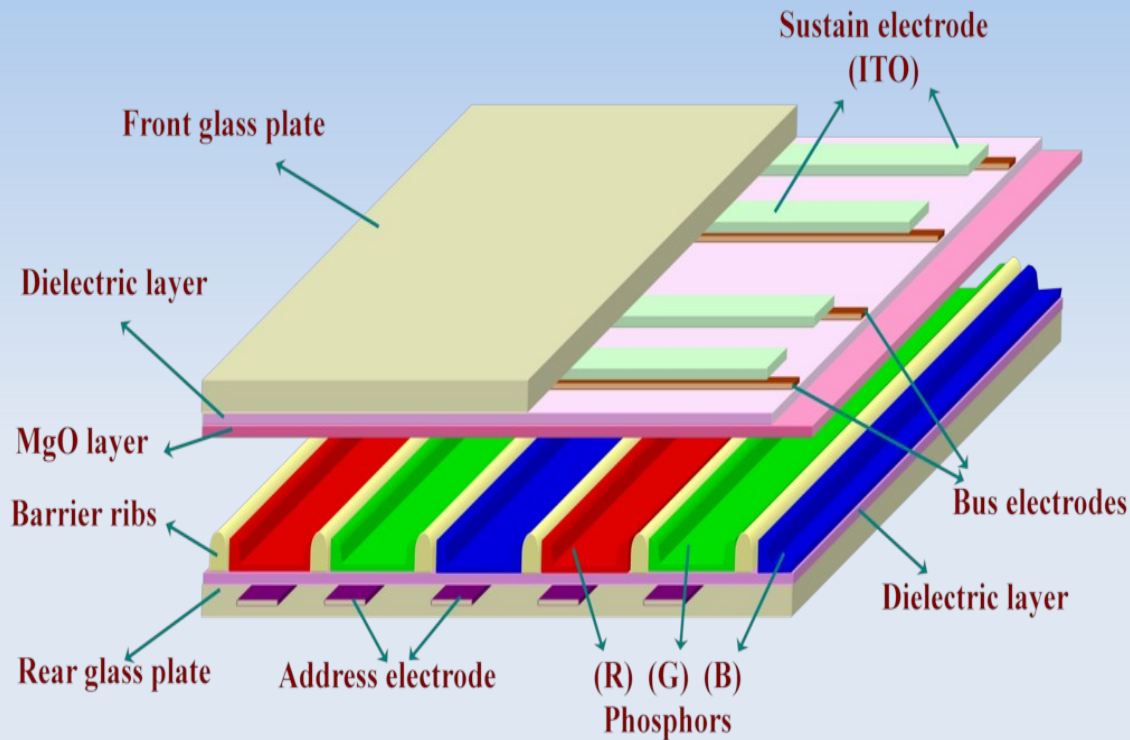
ECCIMERI PRODOTTI DA GAS NOBILI



ECCIMERI PRODOTTI DA GAS NOBILI CON ALOGENI



SCHERMO AL PLASMA



Simplified view of a coplanar Plasma Display Panel (PDP)

Gap:

- spessore 80/100 μm
- larghezza 200 μm

Ribs:

- spessore 50 μm
- altezza 100 μm

Pixel: 0.3/0.6 mm

$V_{\text{ext}} = 200 \text{ V}$

$f_{\text{ext}} = 50/100 \text{ KHz}$

Durata microscarica: 20 ns

Ma quanta radiazione UV possiamo assorbire?

Elettroni con $E=3.5 \text{ eV} \rightarrow \lambda=400 \text{ nm}$

Legge di Wien: $T\lambda=2.9 \cdot 10^{(-3)} \text{ mK}$

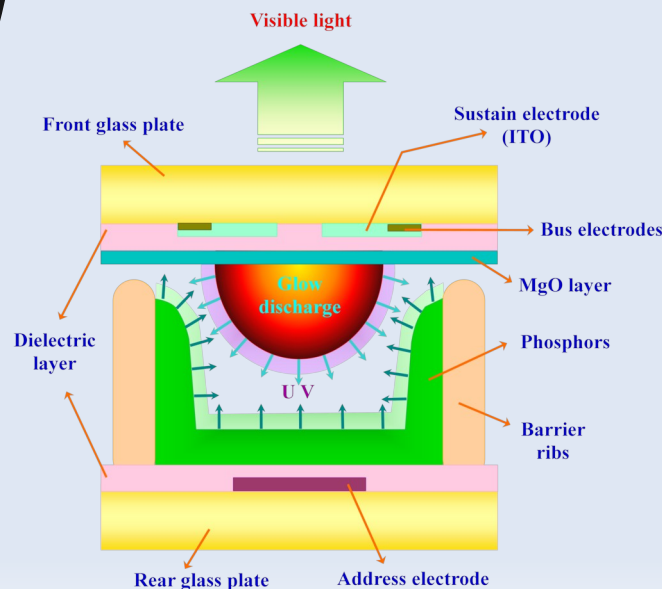
$\rightarrow T=7.2 \cdot 10^{(3)} \text{ K}$

Emissione di corpo nero:

$$I=\sigma T^4$$

$$P=IA \quad \text{con } A=0.29 \text{ m}^2$$

$$P \approx 100 \text{ W}$$



Schematic illustration of single cell/pixel in PDP

