

Corso Base Tecnologie e Scienza del Vuoto

Pompe ioniche

Tiziano Isoardi
R&D Engineer

tiziano.isoardi@agilent.com



Agenda

1. Principio di funzionamento

2. Diversi tipi di elementi

3. Principali caratteristiche di una pompa ionica

4. Di cosa ha bisogno una pompa ionica?



Agenda

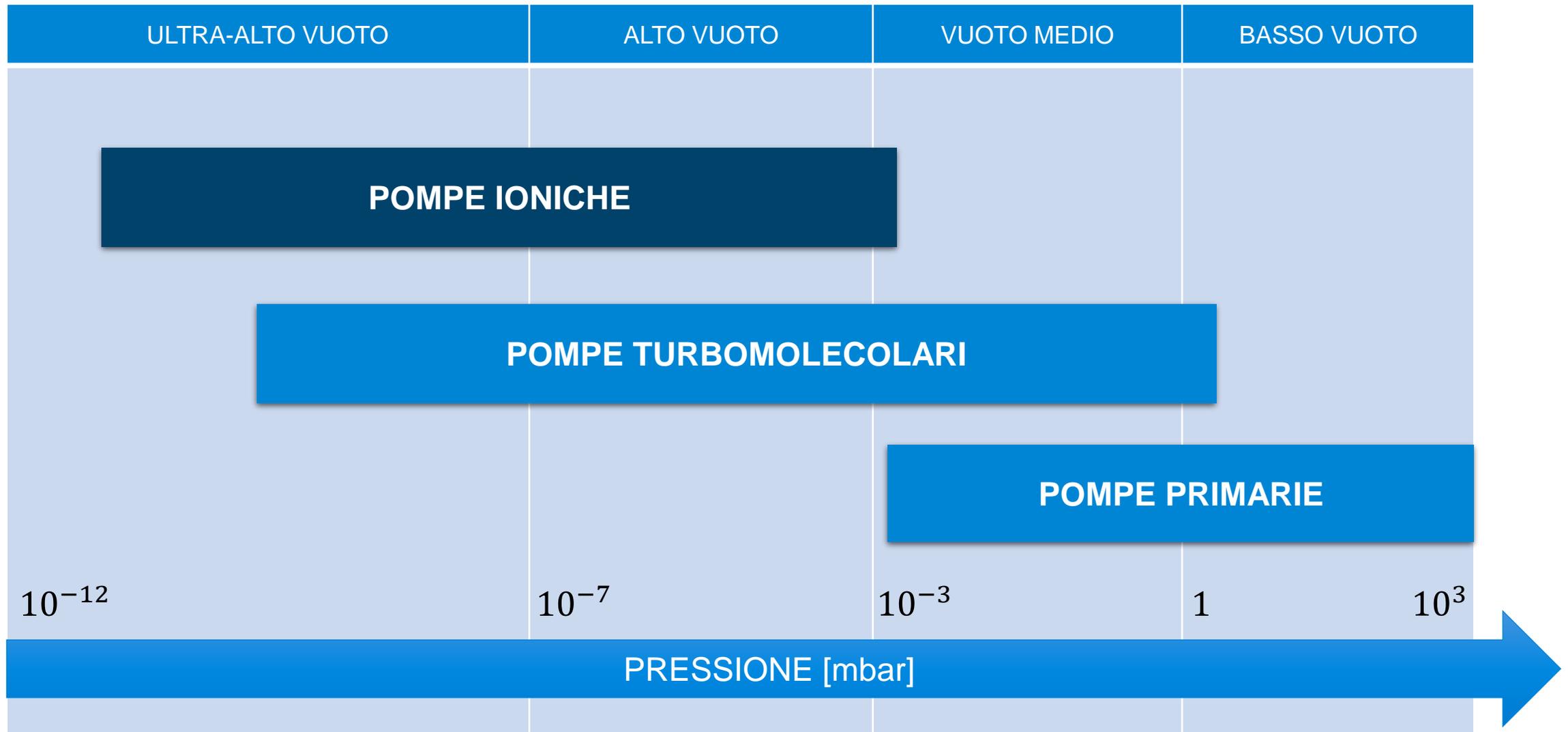
1. Principio di funzionamento

2. Diversi tipi di elementi

3. Principali caratteristiche di una pompa ionica

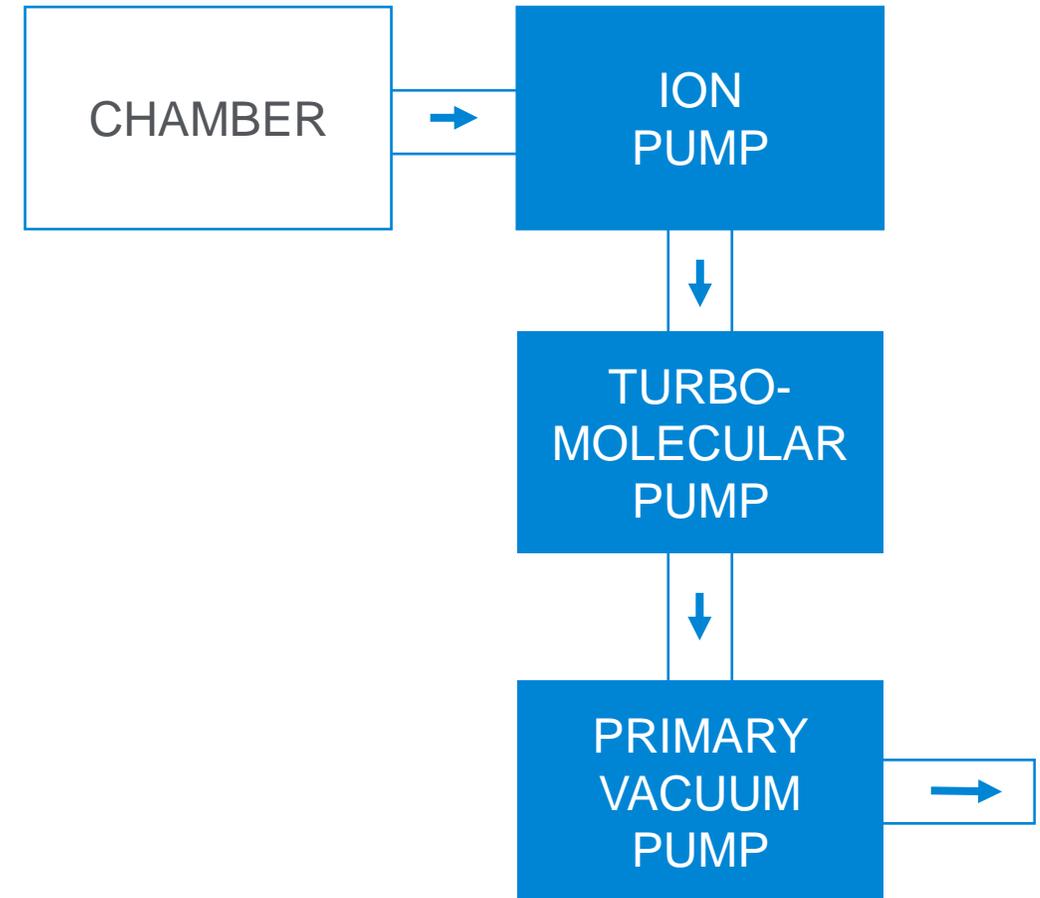
4. Di cosa ha bisogno una pompa ionica?

Tipi di pompe per vuoto

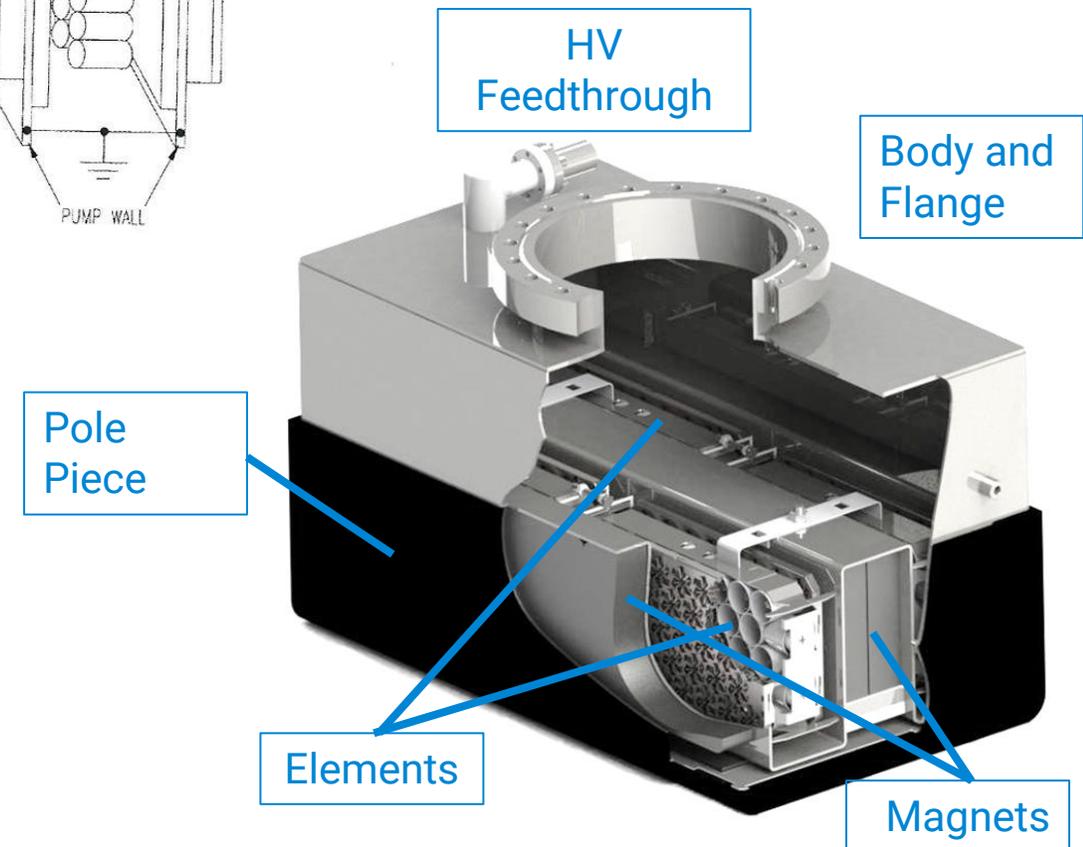
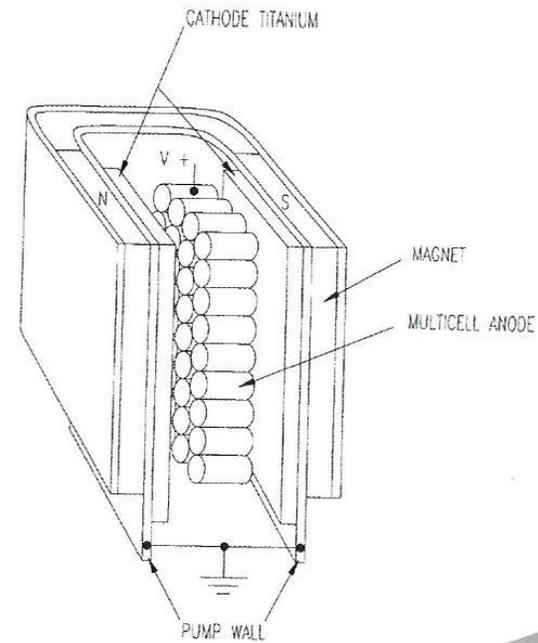
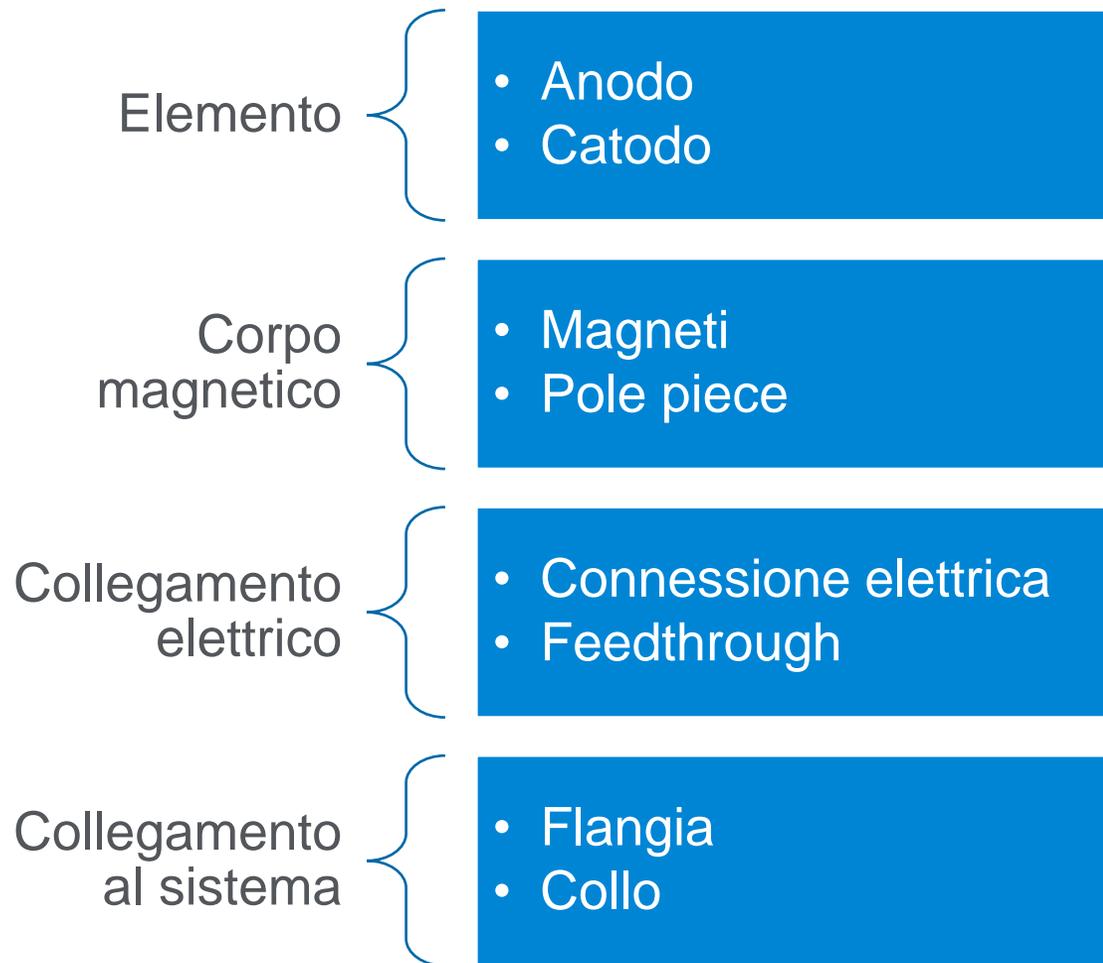


Principio di funzionamento

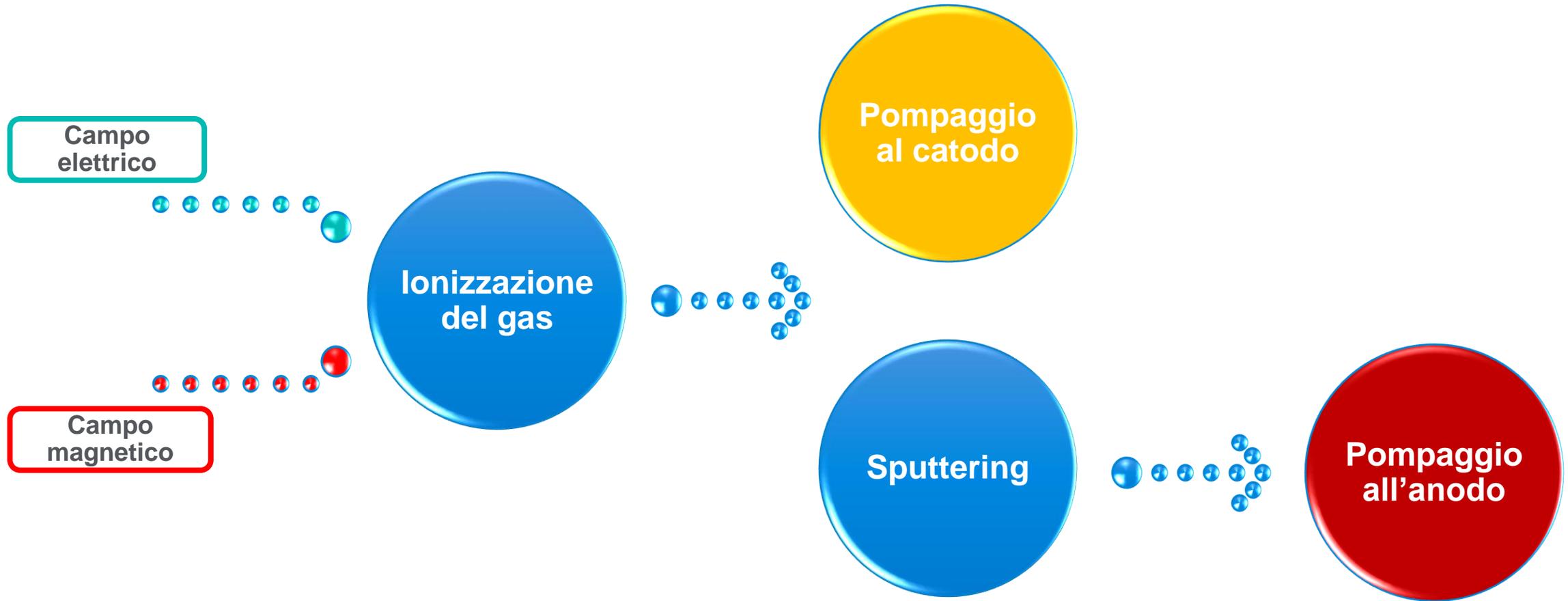
- La pompa ionica non parte da pressione atmosferica
- Pressione di partenza consigliata $< 10^{-2} - 10^{-4}$ mbar
- Accensione dopo aver creato un pre-vuoto (TMP+primaria)



Componenti



Principio di funzionamento

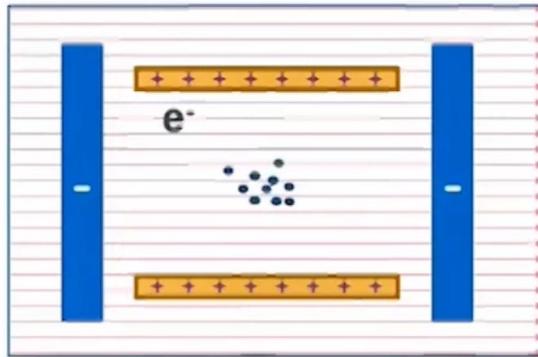


Ionizzazione del gas



Si generano elettroni liberi

Campo elettrico

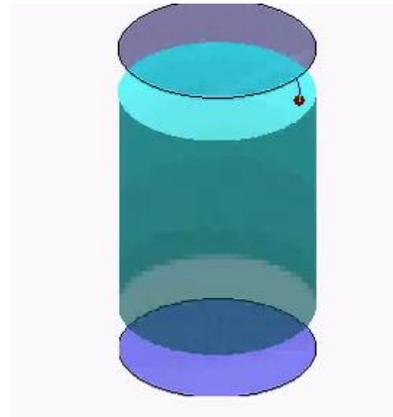


→ = Magnetic Field

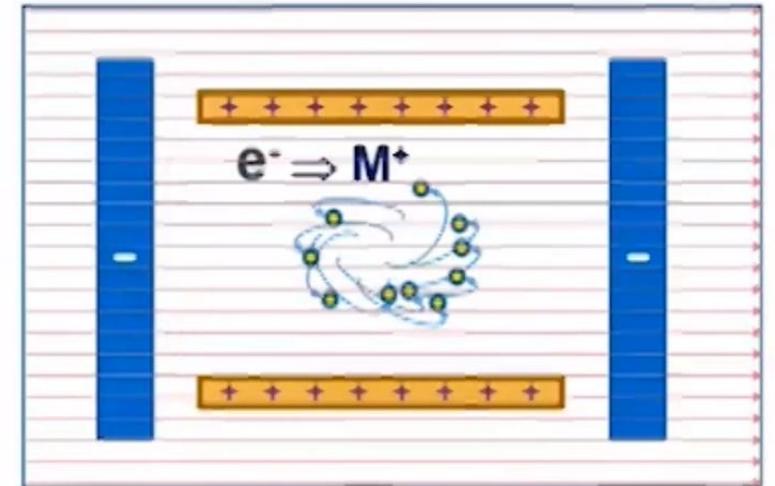


Gli elettroni vengono «intrappolati» (plasma)

Campo magnetico



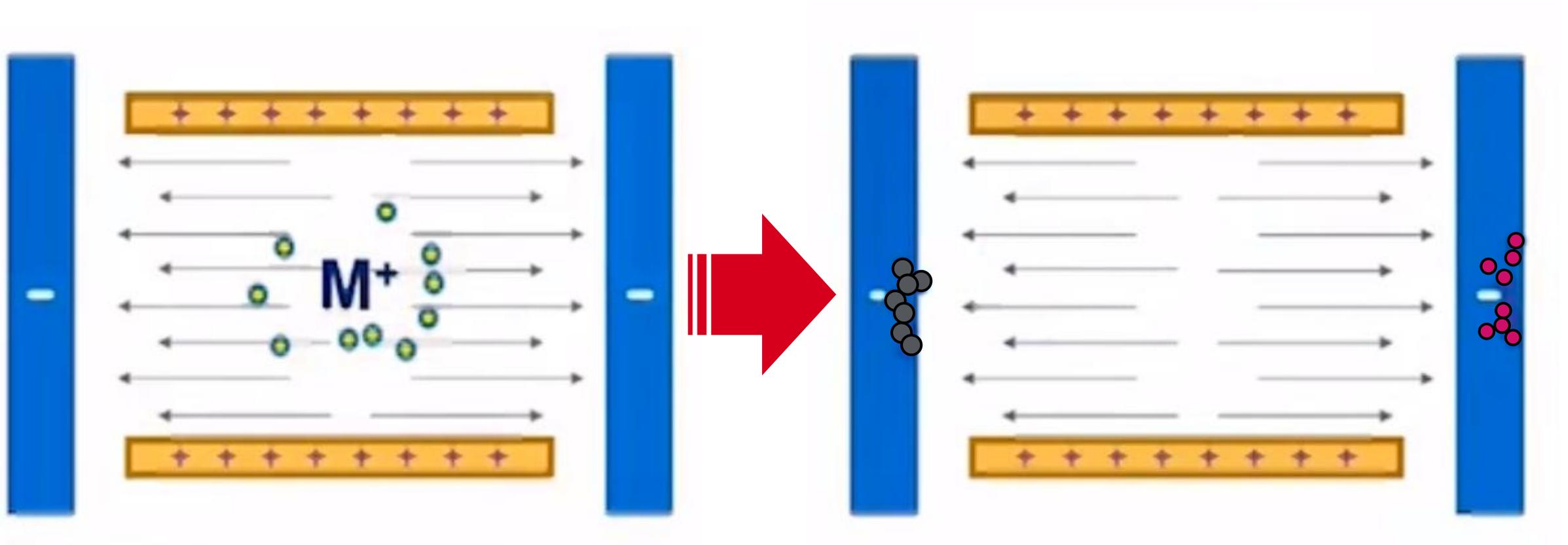
Molecole di gas ionizzate per interazioni con elettroni liberi



→ = Magnetic Field

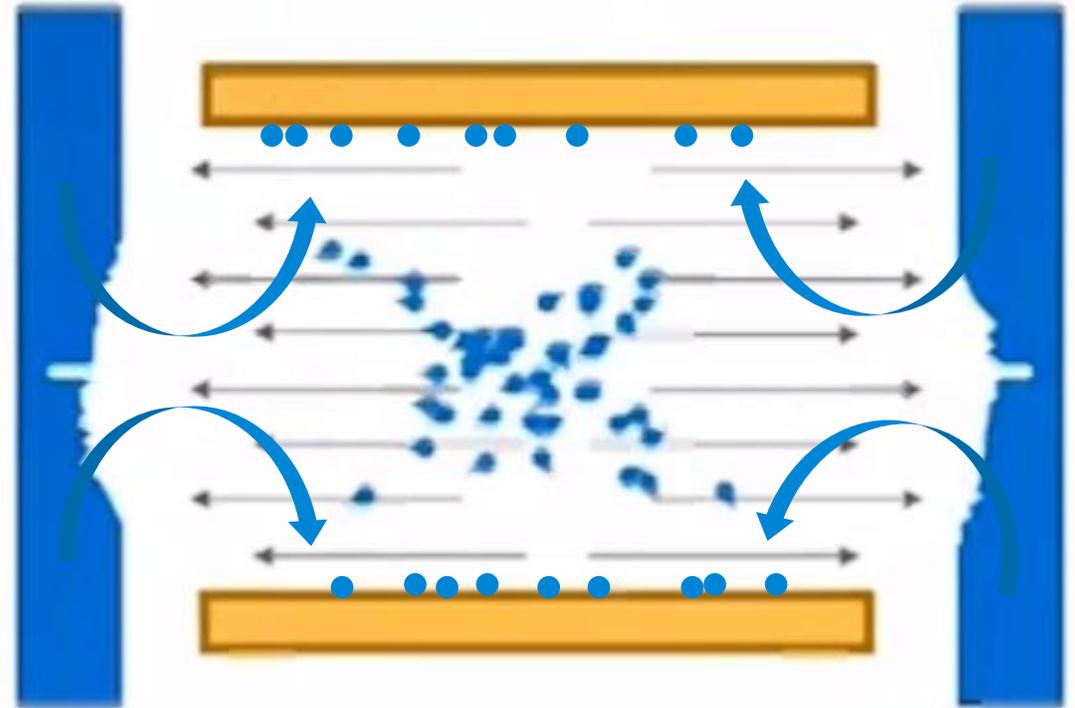
Pompaggio al catodo

Ioni (+) attratti dal catodo (-) rimangono intrappolati nella struttura del catodo



Sputtering

A causa del bombardamento da parte del gas ionizzato, alcuni atomi di titanio vengono emessi dal catodo e vanno a ricoprire l'anodo

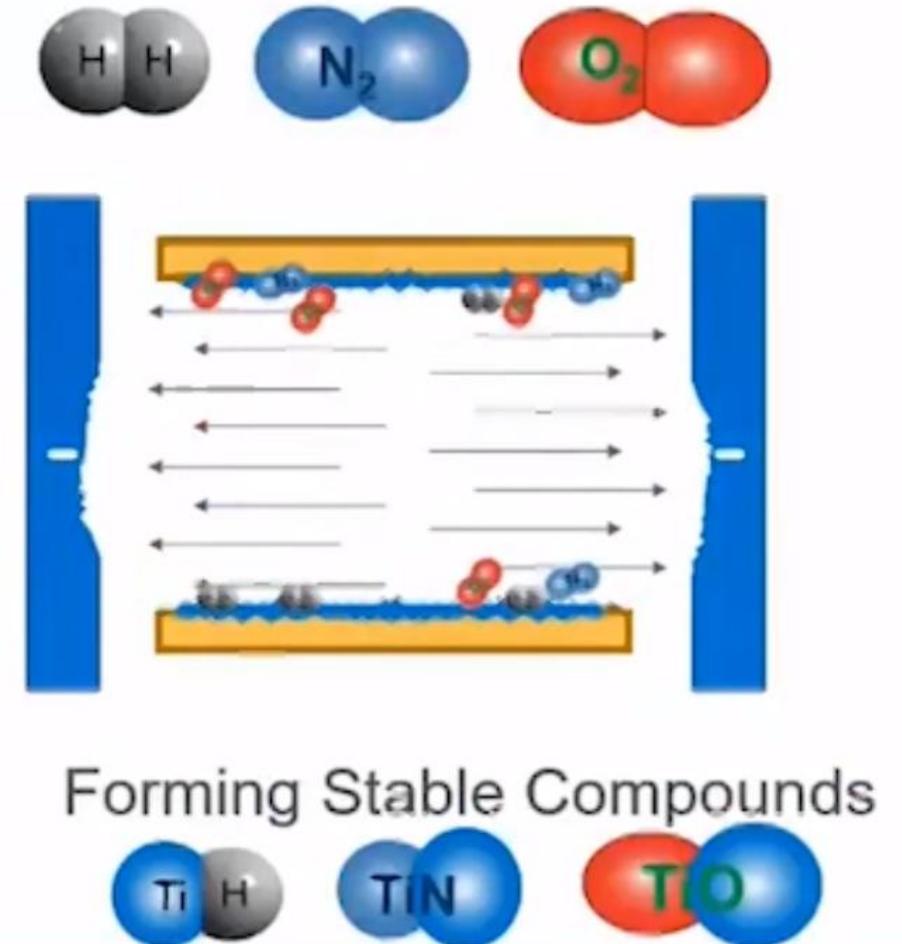


Pompaggio all'anodo

Per gas chimicamente reattivi!

Gas chimicamente reattivi: N_2 , O_2 , CO , CO_2 ...

Atomi si legano chimicamente al titanio *sputterato* sull'anodo

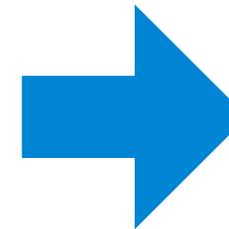


...quindi

Pompa insatura



Pompa satura



È la velocità di pompaggio nominale della pompa

Gas nobili

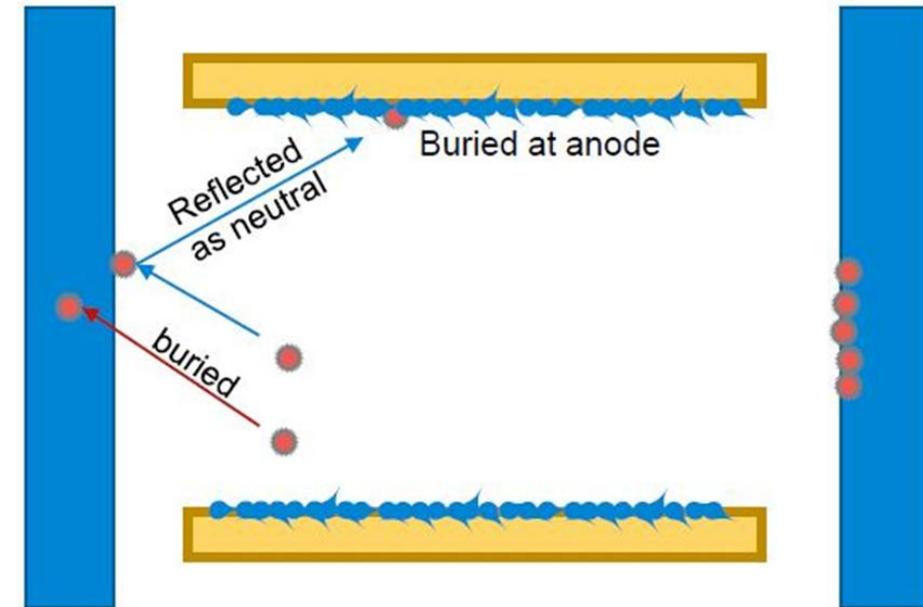
Per gas chimicamente reattivi!

I gas nobili sono inerti...



instabile

Meccanismo di pompaggio:



Instabilità da gas nobili

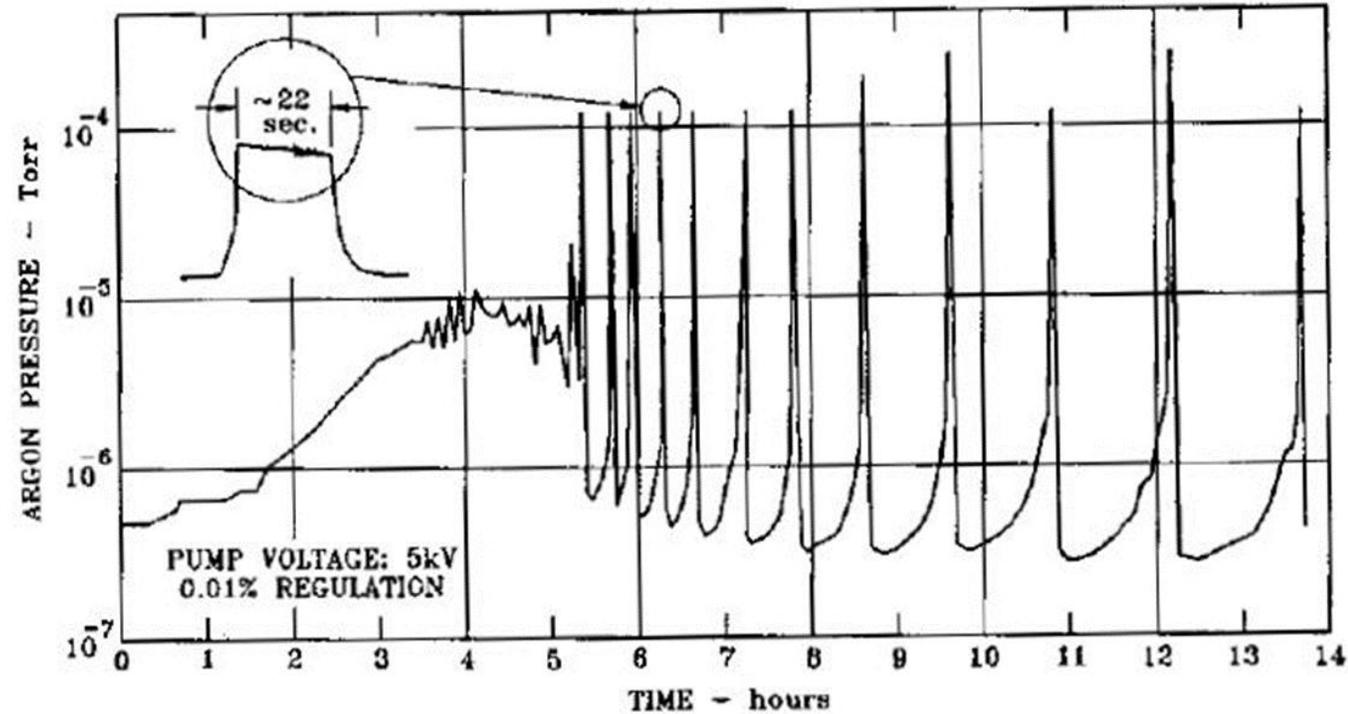
Se la pompa non è ottimizzata per il meccanismo di pompaggio dei gas nobili:



Pompaggio al catodo (instabile) è prevalente



Rimissione del gas



Agenda

1. Principio di funzionamento

2. Diversi tipi di elementi

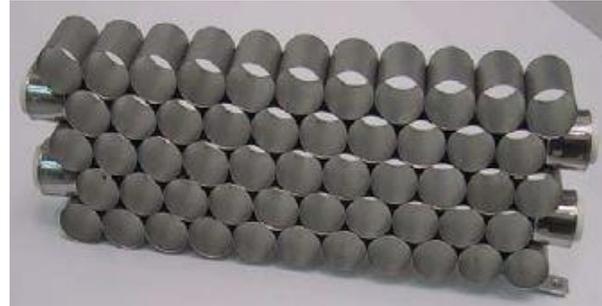
3. Principali caratteristiche di una pompa ionica

4. Di cosa ha bisogno una pompa ionica?

Diodo & SEM

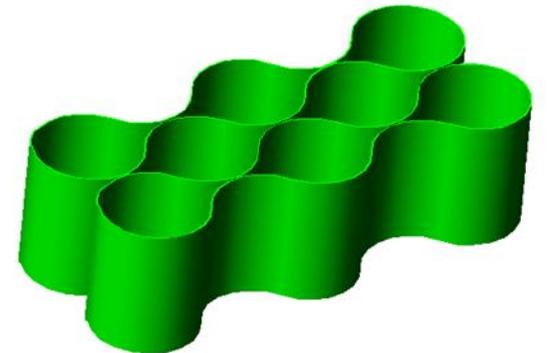
Diodo

- Anodo: celle cilindriche
- Catodo: due piastre di titanio

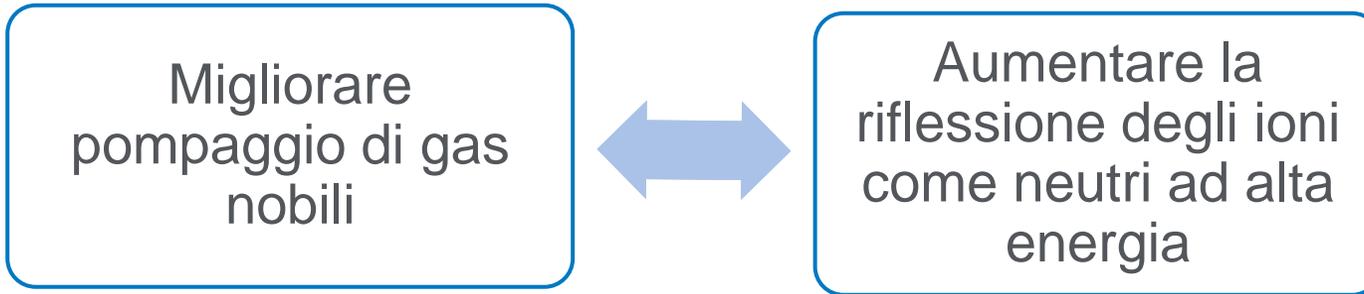


SEM

- Anodo modificato rispetto all'elemento diodo standard per ridurre la *leakage current* (corrente di dispersione)



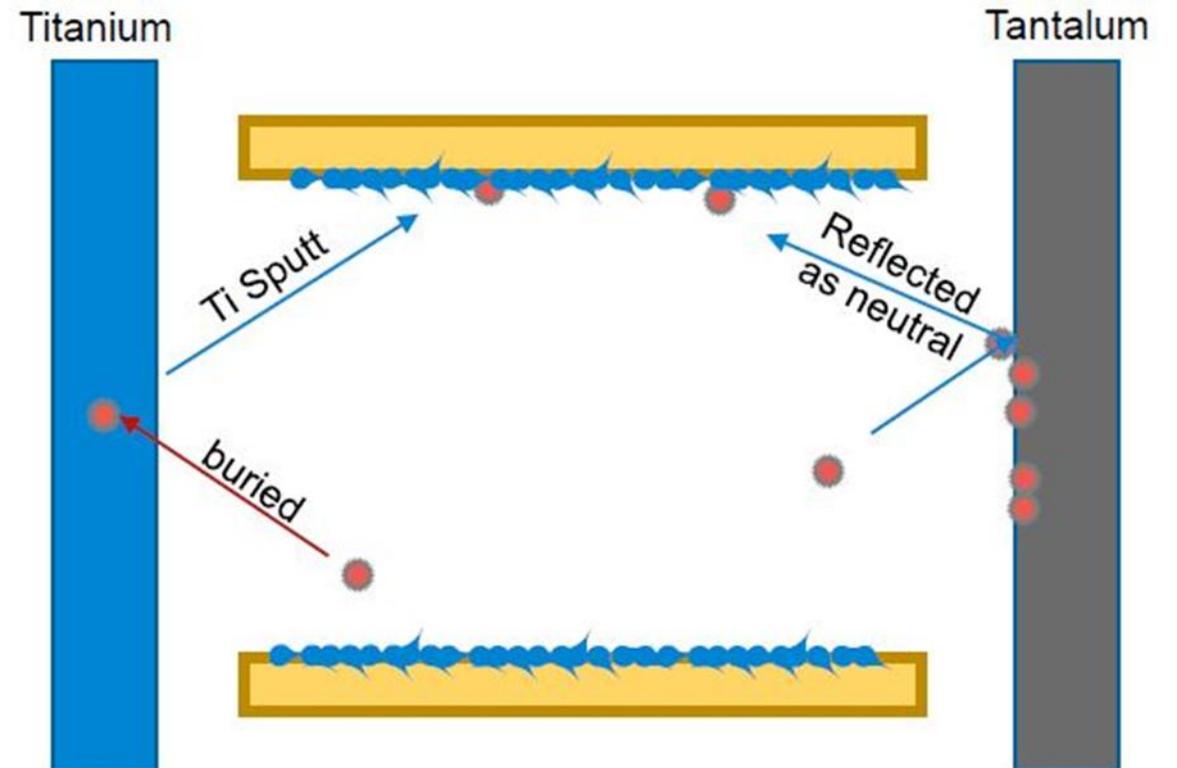
Noble Diode



Soluzione: cambiare **materiale**

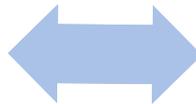
↳ Un catodo di **tantalio**

- Previene instabilità da gas nobili
- Meno efficiente per pompaggio di idrogeno



Triodo

Migliorare pompaggio di gas nobili



Aumentare la riflessione degli ioni come neutri ad alta energia

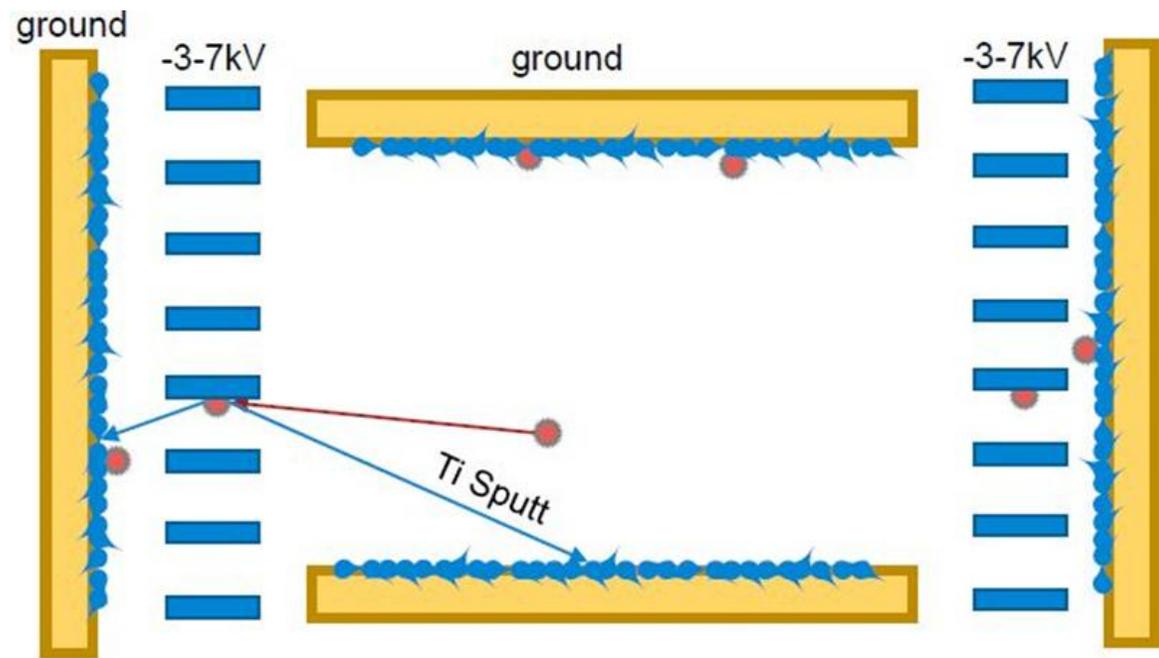


Soluzione: cambiare **geometria**



Catodi a *strip* staccati dal corpo pompa

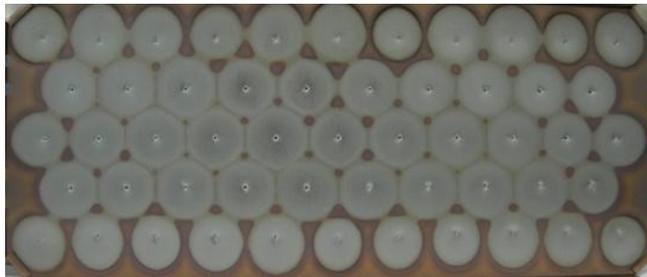
- Pompaggio al catodo molto ridotto
- Maggiore superficie disponibile per il titanio *sputterato*



StarCell

Versione ottimizzata dell'elemento triodo

- Catodo con forma ad *alette*
- Alta probabilità di riflessione degli ioni come neutri
- *Lifetime* migliorata



Agenda

1. Principio di funzionamento

2. Diversi tipi di elementi

3. Principali caratteristiche di una pompa ionica

4. Di cosa ha bisogno una pompa ionica?

Performance di una pompa ionica

A quali caratteristiche sono interessati i clienti?

Velocità di pompaggio

quantità di gas pompato nel tempo (si misura in litri / secondo)

Pressione base

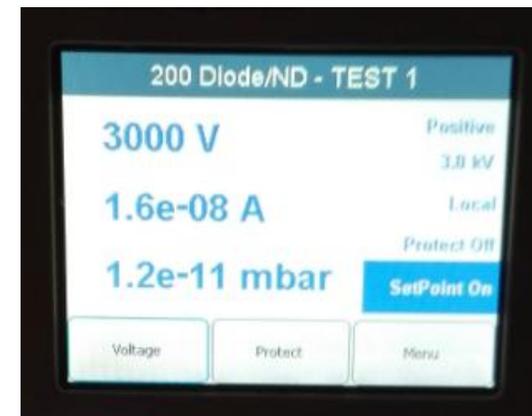
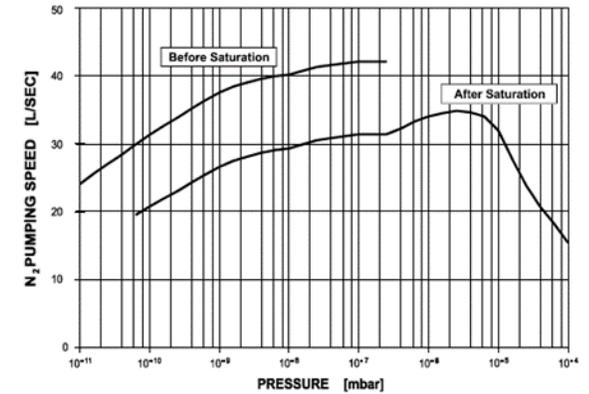
minimo valore di pressione che la pompa riesce a raggiungere

Campo magnetico disperso

Campo magnetico presente intorno alla pompa

Linearità corrente/pressione

Permette di usare la pompa ionica come un misuratore di pressione



Vantaggi di una pompa ionica

- Pompe chiuse
- Non necessitano di pompe “di sostegno” → NO contaminazioni
- NO parti in movimento → NO vibrazioni e NO lubrificanti
- Possono sopportare un uso improprio e esposizione all'aria
- NO costi di mantenimento
- Alta affidabilità

Accensione

Pompa ionica non lavora a pressione atmosferica



PRE-VUOTO



Tensione di alimentazione:

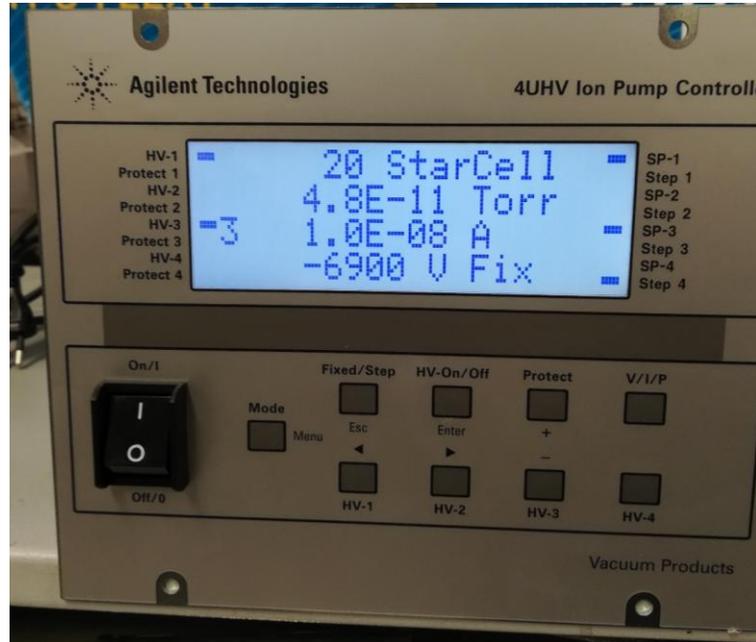
3 – 5 – 7 kV

- Diodo / Noble Diode ➔ **POS +**
- StarCell (Triodo) ➔ **NEG -**



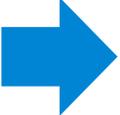
Controller

4UHV e IPC mini



	4UHV	IPC mini
Range	From 10 nA to 100 mA	From 1 nA to 20 mA
Resolution	10 nA	1 nA
Channels	4x80W	1x40W
Communication interface	RS232, RS485, Ethernet	RS232, RS485, Ethernet

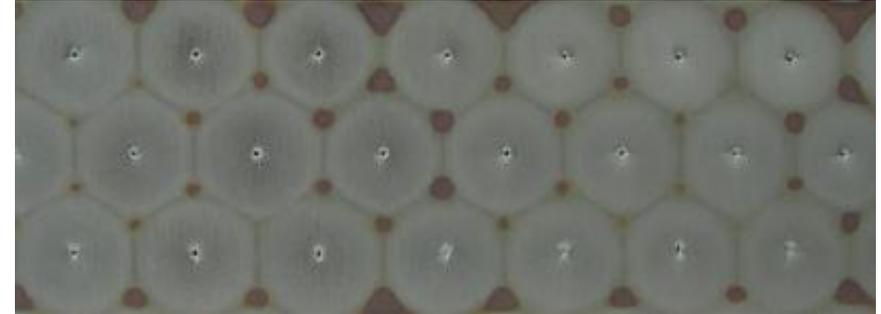
Punti critici di una pompa ionica

- Ha bisogno di un pre-vuoto
- Pressione limite può essere limitata da
 - **Outgassing**
 - **Contaminazioni**

Pulizia e riscaldamento sono processi critici!
- Velocità di pompaggio diminuisce per pressioni “elevate”
- Emissione di particelle
- Leakage current

Lifetime

La pompa smette di funzionare quando l'erosione consuma completamente il catodo



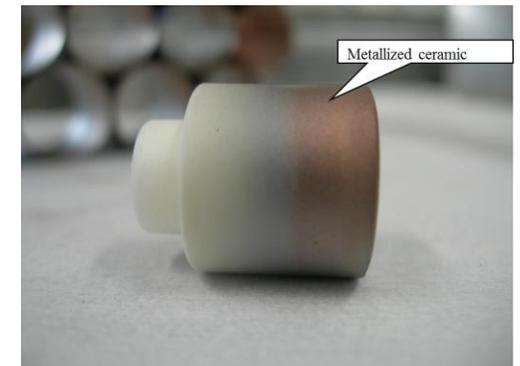
La durata della pompa dipende dalla pressione di lavoro!

- Diodo / Noble Diode **50000 ore** @ $p = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mbar}$
- StarCell **80000 ore** @ $p = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mbar}$

Lifetime

Altre cause di fine vita di una pompa ionica

- **Leak**
- **Smagnetizzazione dei magneti** (→ riscaldamento)
- **Instabilità da gas nobili**
- **Corto circuito** (→ metallizzazione ceramiche / deformazione)

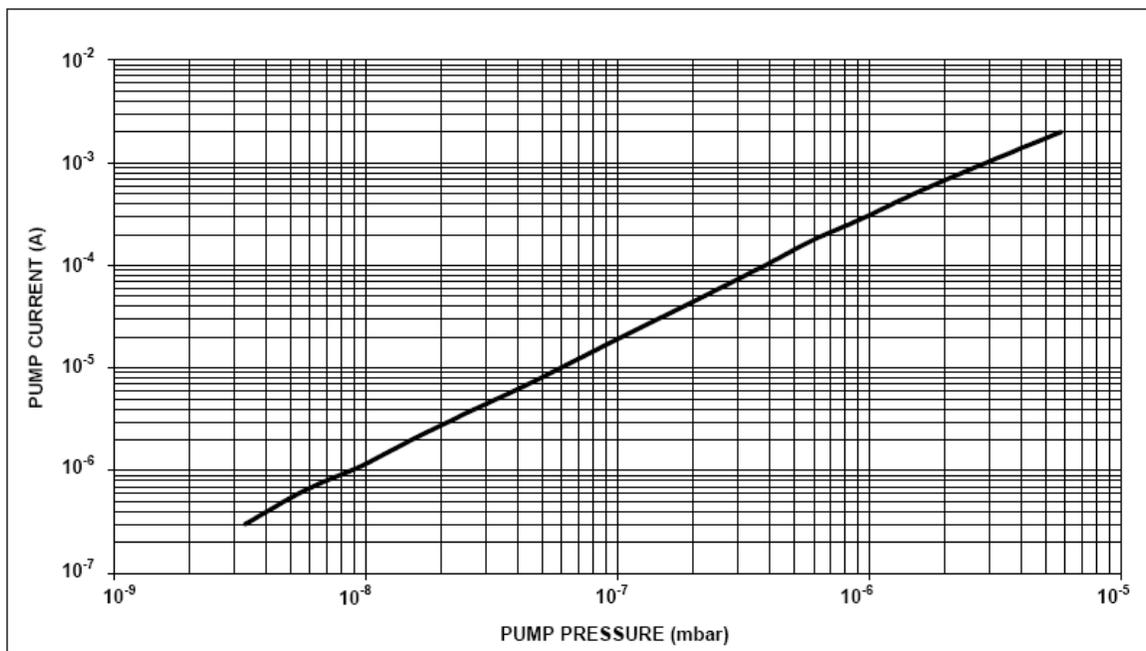


Curva corrente - pressione

In una pompa ionica la corrente elettrica è proporzionale alla pressione



Può essere usata come misuratore di pressione



Limite:
Leakage current

Leakage current

Non dipende dalla pressione

Non ha effetto sulla velocità di pompaggio o sulla pressione base

Ha effetto sulla curva corrente - pressione

Possibili cause:

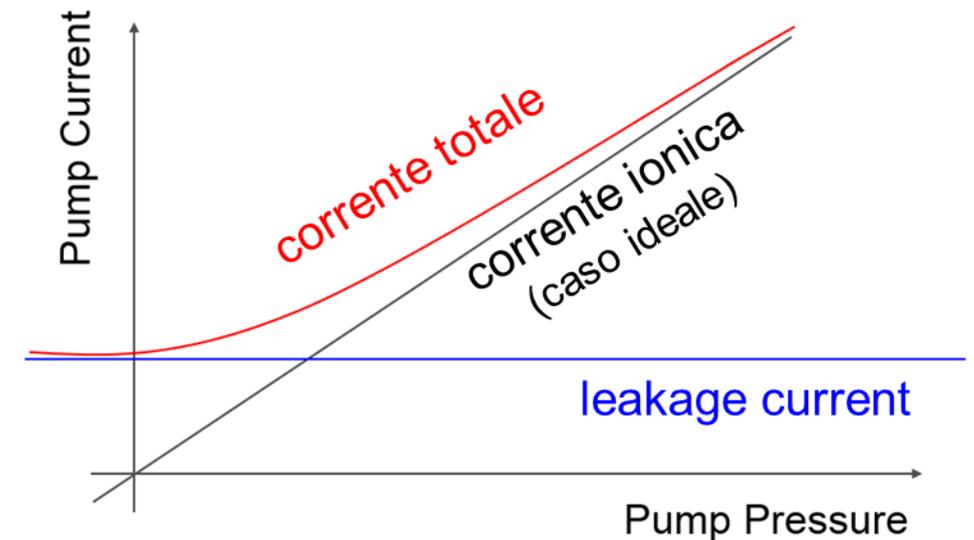
❑ Esterne

- ❖ Cavo
- ❖ Controller

❑ Interne

- ❖ Irregolarità della superficie / deformazione dei catodi
- ❖ Bave di materiale
- ❖ Feedthrough
- ❖ Metallizzazione delle ceramiche

Corrente totale = corrente ionica + leakage current



Agenda

1. Principio di funzionamento

2. Diversi tipi di elementi

3. Principali caratteristiche di una pompa ionica

4. Di cosa ha bisogno una pompa ionica?

Scelta dei materiali

Tasso di degasamento

- Pressione base desiderata (P_0): $5 \cdot 10^{-10} \text{ mbar}$
- Volume (V): 4.2 l
- Area (A): 5200 cm^2
- Velocità di pompaggio (S): $\sim 20 \text{ l/s}$
- **Tasso di degasamento (Q')**: $2 \cdot 10^{-12} \text{ mbar} \cdot \text{l/s/cm}^2$

Carico di gas (Q):
$$Q = AQ' = 5200 \text{ cm}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{cm}^2} = 1.04 \cdot 10^{-8} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$$

Pressione (P):
$$P = \frac{Q}{S} = (1.04 \cdot 10^{-8} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{s}}) / (20 \frac{\text{l}}{\text{s}}) = 5.2 \cdot 10^{-10} \text{ mbar}$$

Scelta dei materiali

Tasso di degasamento: Teflon

- Pressione base desiderata (P_0): $5 \cdot 10^{-10} mbar$
- Volume (V): $4.2 l$
- Area (A): $5200 cm^2$
- Velocità di pompaggio (S): $\sim 20 l/s$
- **Tasso di degasamento Teflon (Q'):** $1 \cdot 10^{-7} mbar \cdot l/s/cm^2$

Carico di gas (Q): $Q = AQ' = 5200 cm^2 \cdot 1 \cdot 10^{-7} mbar \cdot \frac{l}{s} = 5.2 \cdot 10^{-4} mbar \cdot l/s$

Pressione (P): $P = \frac{Q}{S} = (1.04 \cdot 10^{-8} mbar \cdot \frac{l}{s}) / (20 \frac{l}{s}) = 2.6 \cdot 10^{-5} mbar$

Pulizia

Esempio di contaminazione: Impronta digitale



- Pressione base desiderata (P_0): $5 \cdot 10^{-10} \text{ mbar}$
- Volume (V): 4.2 l
- Area (A): ~~5200 cm^2~~ **$5199 \text{ cm}^2 + 1 \text{ cm}^2$**
- Velocità di pompaggio (S): $\sim 20 \text{ l/s}$
- Tasso di degasamento (Q'): $2 \cdot 10^{-12} \text{ mbar} \cdot \text{l/s/cm}^2$ + $10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l/s/cm}^2$

~~Carico di gas (Q): $Q = 5200 \text{ cm}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} = 1.04 \cdot 10^{-8} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$~~

Carico di gas (Q): $Q = A_{\text{metal}} Q'_{\text{metal}} + A_{\text{impronta}} Q'_{\text{impronta}} = (5199 \text{ cm}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}) + (1 \text{ cm}^2 \cdot 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}) = 1.01 \cdot 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$

~~Pressione (P): $P = \frac{Q}{S} = (1.04 \cdot 10^{-8} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{s}}) / (20 \frac{\text{l}}{\text{s}}) = 5.2 \cdot 10^{-10} \text{ mbar}$~~

Pressione (P): $P = \frac{Q}{S} = (1.01 \cdot 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \frac{\text{l}}{\text{s}}) / (20 \frac{\text{l}}{\text{s}}) = 5.1 \cdot 10^{-8} \text{ mbar}$

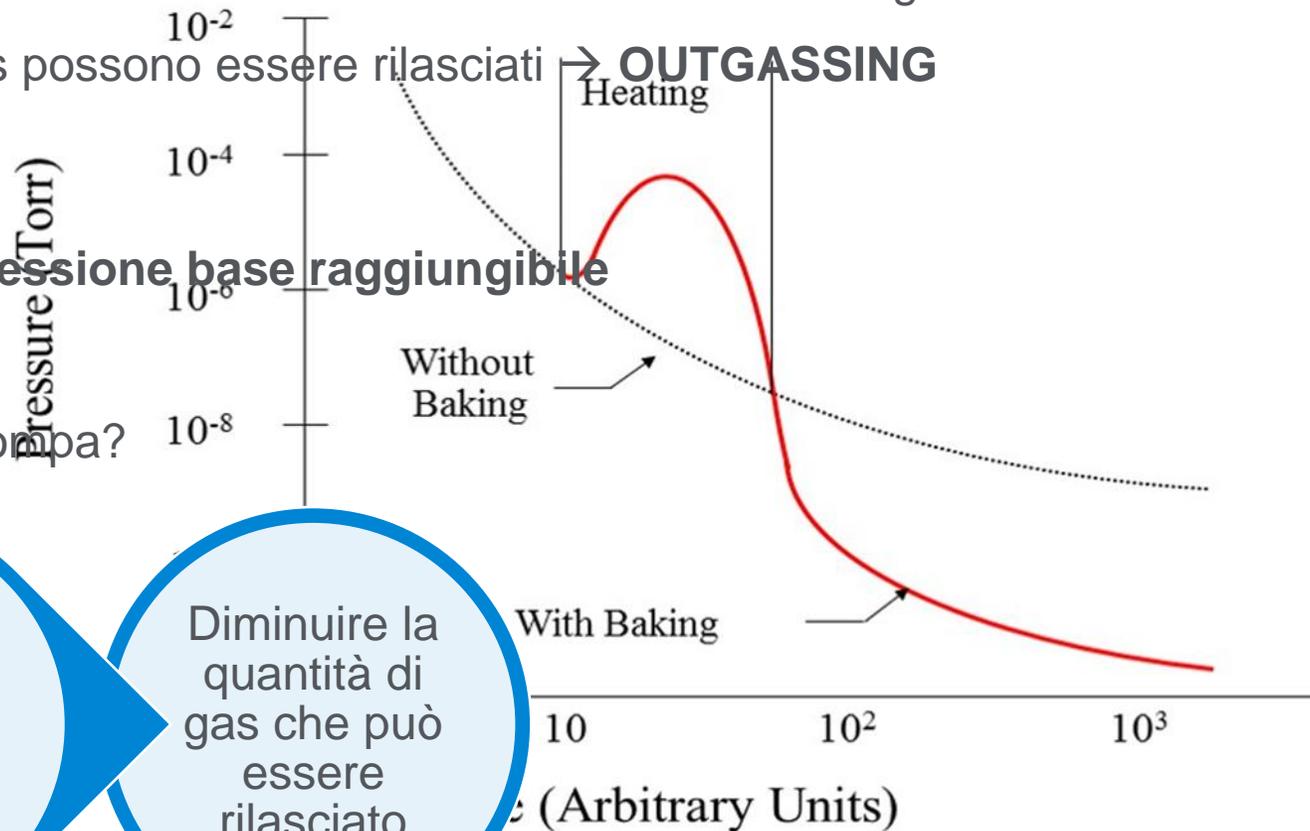
Riscaldamento

- Nei materiali allo stato solido 1 atomo su 1000 è un atomo di gas
- Questi atomi di gas possono essere rilasciati → **OUTGASSING**



Limite alla pressione base raggiungibile

Perché si scalda la pompa?



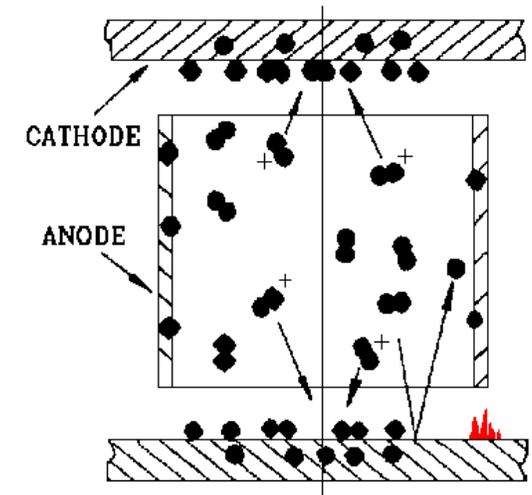
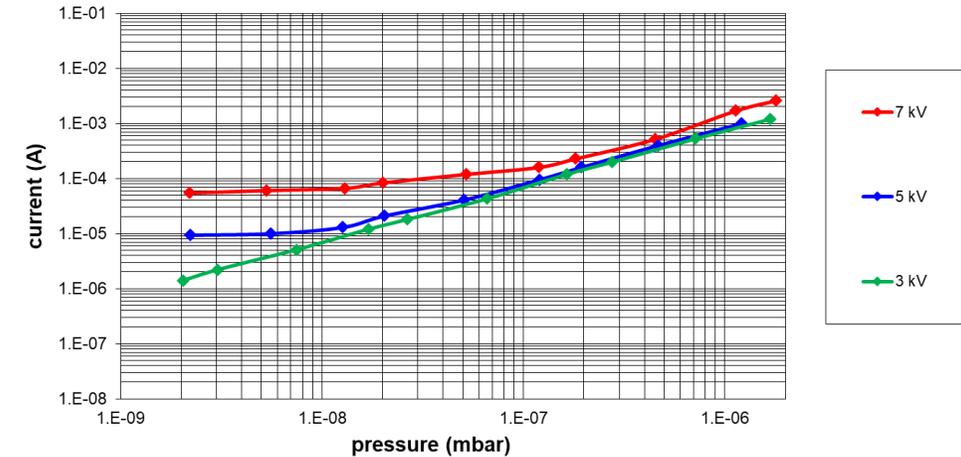
Favorire il processo di outgassing ad alta temperatura

Diminuire la quantità di gas che può essere rilasciato

Per minimizzare la leakage current

- ✓ Usare la tensione più bassa possibile
- ✓ Preservare la pompa da grandi carichi di gas
- ✓ Preservare da pompa da urti ed eccessive vibrazioni

Hi-potting: alta tensione applicata alla pompa per bruciare eventuali baffi presenti sul catodo



Apertura di una pompa ionica

- Rimuovi la pompa dall'imballo
- Verifica che la pompa sia in vuoto alimentandola a 7 kV
- Apri la pompa in protezione d'azoto
- Collega la pompa al tuo sistema





Backup

Small pumps

0.2 l/s – 10 l/s

0.2 l/s
(miniature pump)



2 l/s



10 l/s



Medium pumps

20 l/s – 75 l/s

20 l/s



40 l/s



55 l/s



75 l/s



Large pumps

150 l/s – 1000 l/s

150 l/s



200 l/s



300 l/s



500 l/s



1000 l/s



Plasma shape

