

# Plasmi per applicazioni biomediche

**prof. Emilio Martines**

Dipartimento di Fisica “G. Occhialini”  
Università degli Studi di Milano-Bicocca

**[emilio.martines@unimib.it](mailto:emilio.martines@unimib.it)**

Il termine «plasma medicine» si usa per indicare **l'applicazione di un plasma sul (o nel) corpo umano (o animale) allo scopo di ottenere effetti terapeutici basati sull'interazione del plasma stesso con i tessuti viventi.**

Le tecnologie che usano **plasmi termici**, (ossia plasmi in cui elettroni, ioni e gas neutro sono a temperature simili), riscaldando i tessuti, per applicazioni come il taglio e la cauterizzazione, sono tipicamente esclusi dalla definizione.

La definizione può essere allargata ad includere gli usi terapeutici di oggetti o dispositivi trattati con il plasma. In particolare, si applica ai «**plasma treated liquids**» (acqua o altro), che diventano chimicamente «attivi» e capaci di indurre effetti terapeutici.

Esiste poi la branca degli effetti del plasma sui vegetali, tipicamente accelerazione di germinazione e crescita e uccisione di patogeni, denominata «**plasma agriculture**».

## Plasma needle: a non-destructive atmospheric plasma source for fine surface treatment of (bio)materials

E Stoffels, A J Flikweert, W W Stoffels and G M W Kroesen

Department of Physics, Eindhoven University of Technology, PO Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

E-mail: e.stoffels.adamowicz@tue.nl

Received 19 February 2002, in final form 31 May 2002

Published 30 August 2002

Online at [stacks.iop.org/PSST/11/383](http://stacks.iop.org/PSST/11/383)

In this work we aim at producing a less aggressive plasma source, which can be applied directly on organic materials and living tissues. It is desired that the plasma action be refined: non-contact, strictly local and with minimum penetration depth. Possible applications will be high-precision removal of unwanted tissue/cells and cleaning of decayed matter in dental cavities, prior to filling. The latter could provide a new, attractive technique in dentistry, which would replace painful and destructive drilling. In parallel, we conduct studies on material removal from bone samples using a conventional etcher [14], in order to establish the capabilities of non-thermal plasmas to etch selectively organic matter in a strongly mineralized matrix. However, the main achievement of plasma treatment would be cell modification rather than plain destruction. Therefore, we plan to explore the possibilities of influencing cells in a well-controlled way, e.g. of inducing apoptosis in cancer cells.



Richieste principali:

- pressione atmosferica;
- basso carico termico sul substrato trattato.

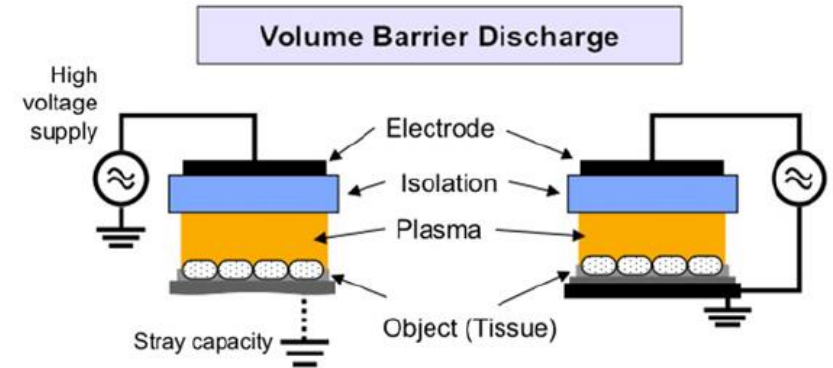
A causa dell'alta tensione richiesta per innescare il plasma a pressione atmosferica (tipicamente svariati kV), è necessario un metodo per estinguere la corrente subito dopo l'innesco, così da limitare il trasferimento di potenza.

Le principali strategie sono:

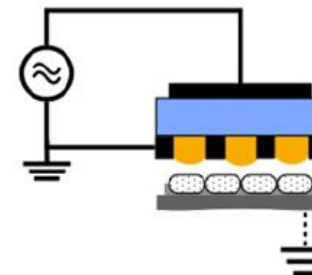
- la scarica a barriera dielettrica (DBD);
- l'uso di alta frequenza (radiofrequenza o microonde).

Gas utilizzati:

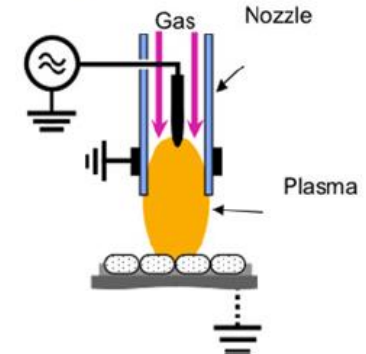
- Gas nobili (He, Ar) con l'aggiunta di piccole quantità di O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, aria;
- Aria.



Surface Discharge



Plasma jet



# Che azione compie il plasma?

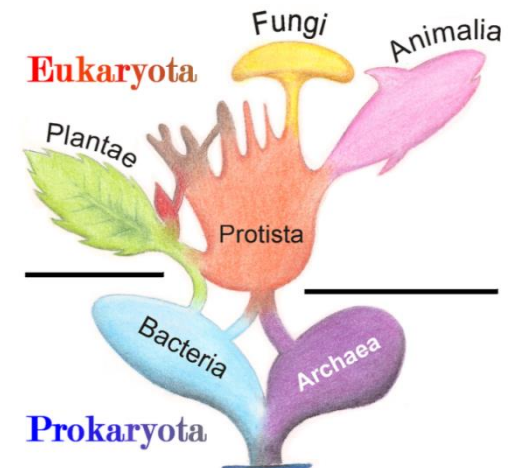
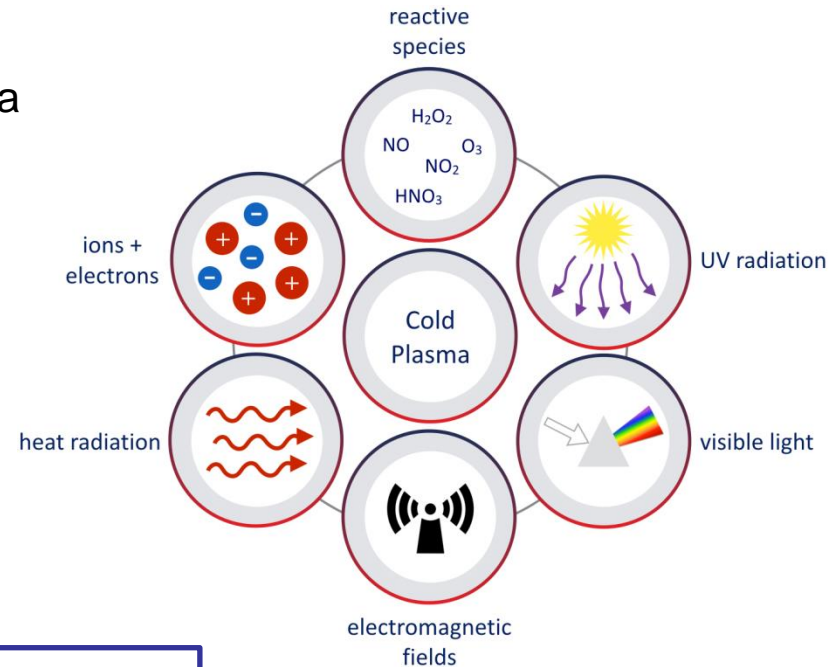
La «plasma medicine» si occupa dell'interazione tra un plasma di bassa temperatura (anche detto plasma freddo) prodotto a pressione atmosferica con cellule procariotiche ed eucariotiche.

Possibili agenti dell'interazione:

- specie chimiche reattive
- fotoni (in particolare la radiazione UV)
- campo elettromagnetico
- particelle cariche (ioni ed elettroni)

Il punto di vista oggi prevalente è che il più importante agente attivo è costituito dalle specie chimiche reattive, formate dall'azione del plasma, in particolare le **specie reattive dell'ossigeno e dell'azoto** (ROS/RNS, dette anche RONS)

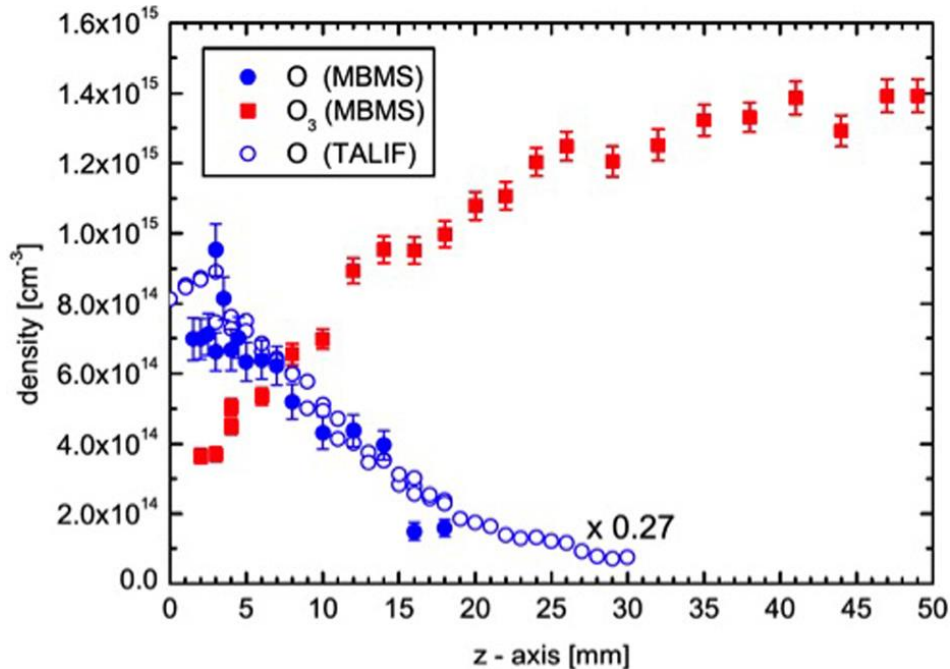
La formazione nel plasma di specie chimiche reattive è dovuta alla presenza di una popolazione di elettroni di alta temperatura, in grado di dissociare le molecole.





Esempi di RONS prodotte nel plasma sono:

- ozono ( $O_3$ )
- ossigeno e azoto atomici (O, N)
- radicale ossidrilico (OH)
- ossidi di azoto ( $NO$ ,  $NO_2$  and  $N_2O$ )
- perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ )
- ione superossido ( $O_2^-$ )



Measured density of O and  $O_3$  as a function of distance from the tip of a He/ $O_2$  plasma jet. MBMS: molecular beam mass spectrometry. TALIF: two-photon absorption laser-induced fluorescence,

Ellerwig et al., New J. Phys. **12**, 013021 (2010).

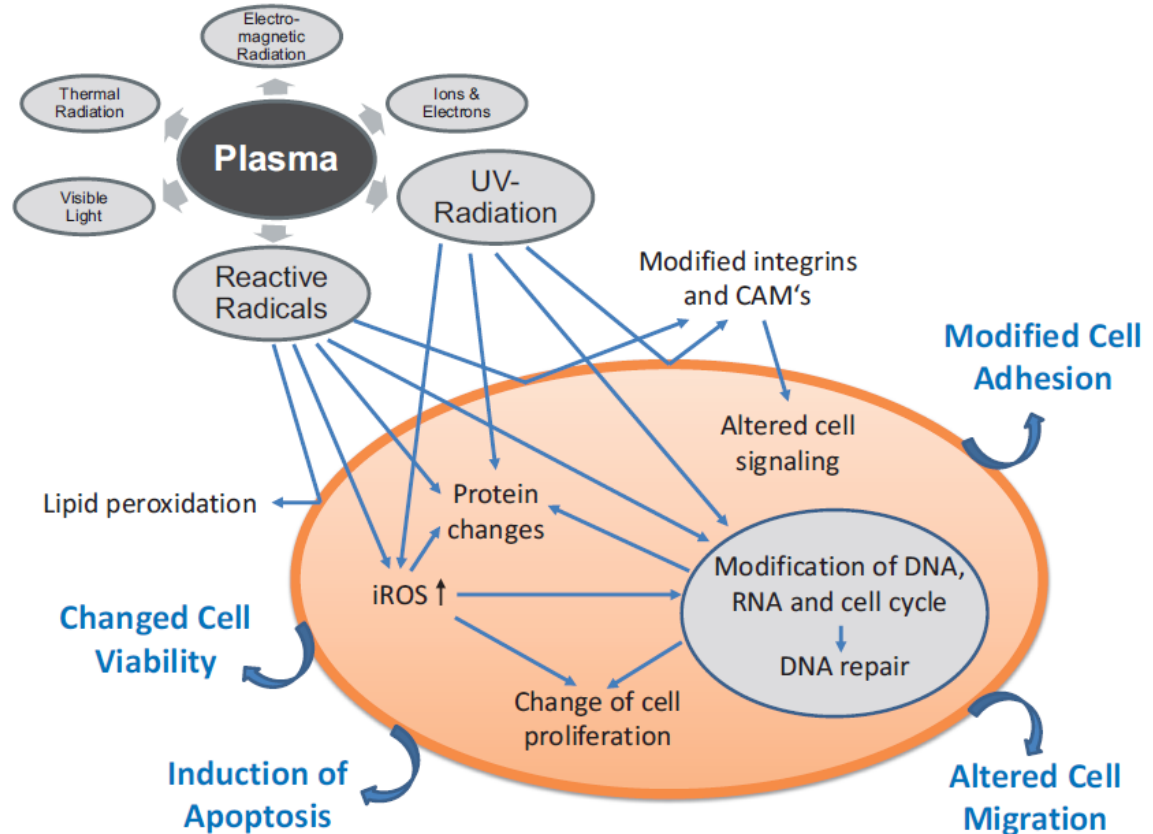
Le specie chimiche prodotte nel plasma interagiscono con i recettori posti sulla membrana cellulare, innescando vari processi cellulari.

Questa azione è spesso mediata dalla variazione del livello di RONS endogeni.

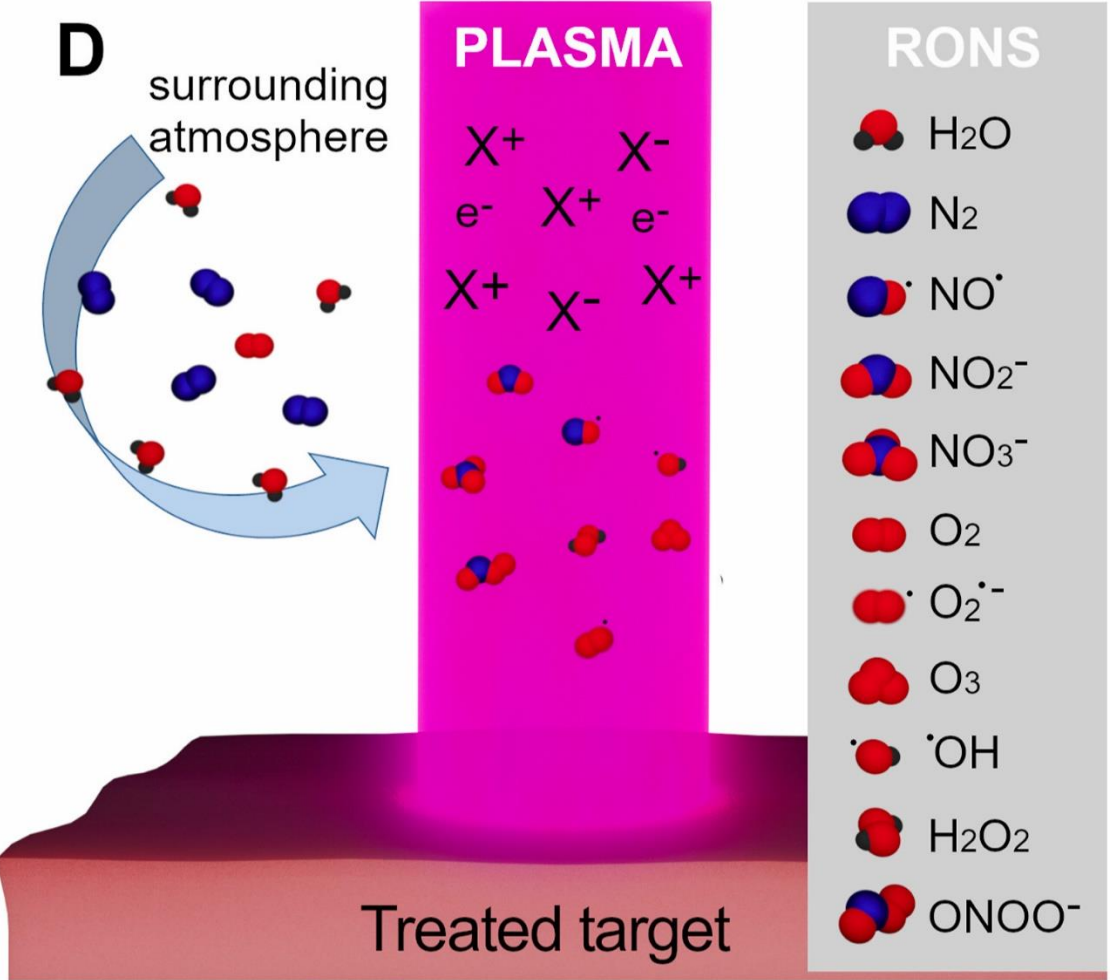
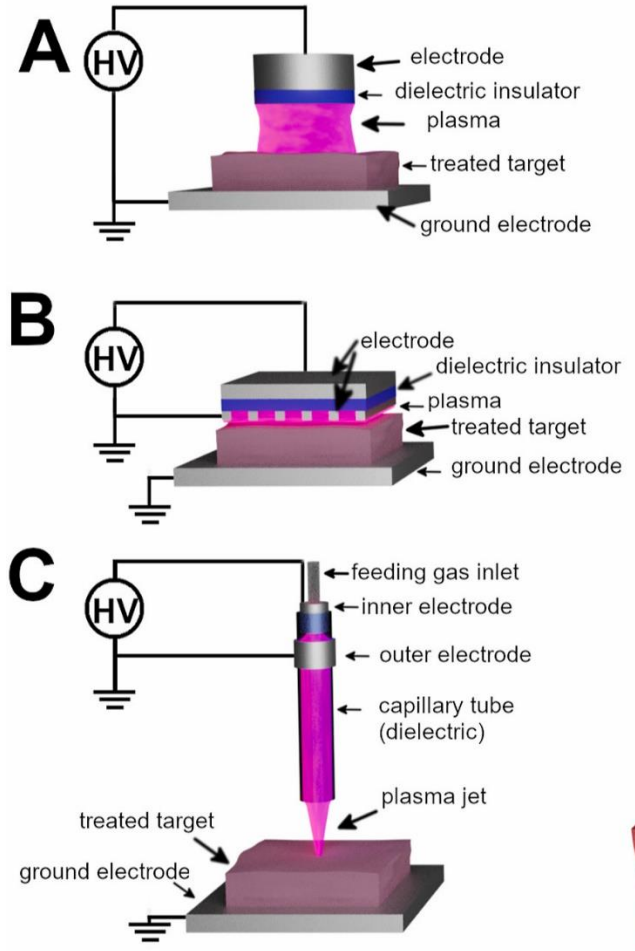
A seconda della «dose» di plasma, gli effetti possono includere:

- distacco e migrazione
- proliferazione
- apoptosi (morte cellulare)

Nel caso dei batteri, lo stress ossidativo conduce alla morte.



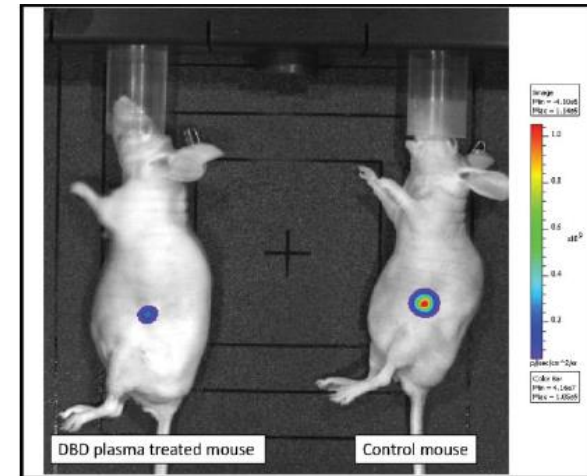
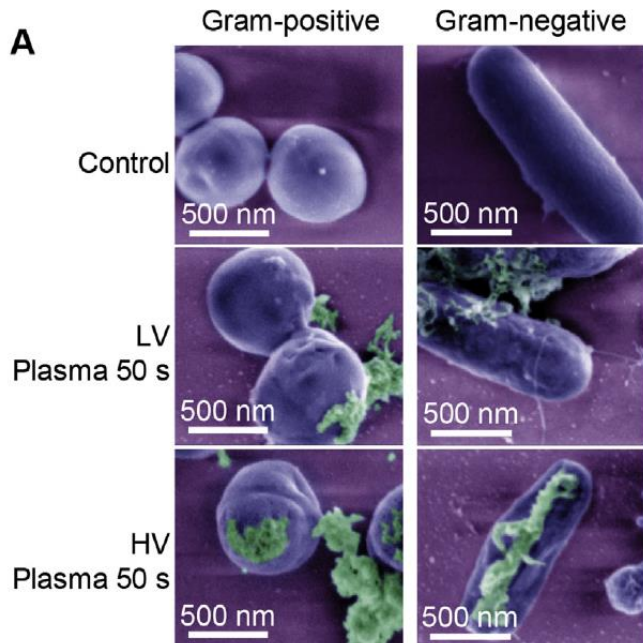
# Effetto dell'aria su una piuma di plasma di elio





Tra le potenziali applicazioni dei plasmi in medicina si annoverano:

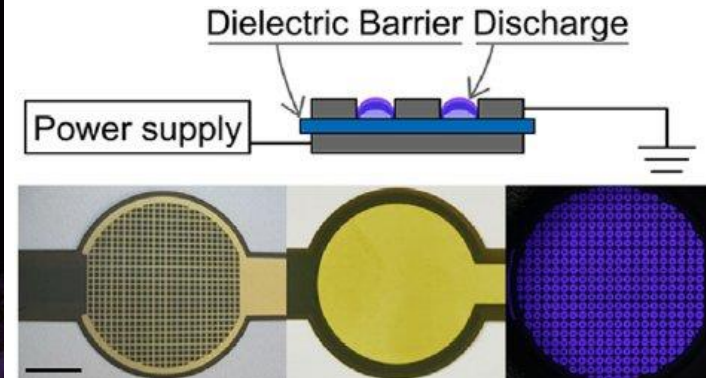
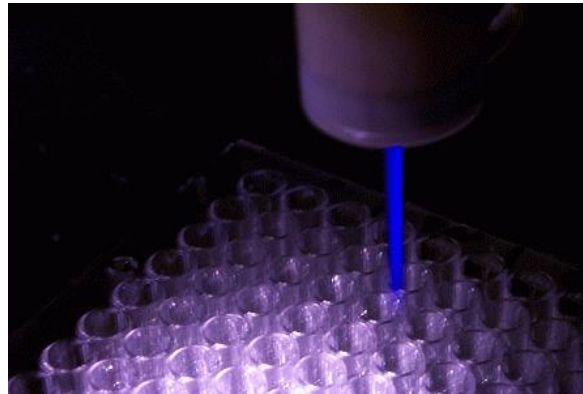
- Disinfezione (batteri, funghi, virus...)
- Stimolazione della guarigione delle ferite («wound healing»)
- Terapia antitumorale
- Coagulazione non-termica del sangue
- Trasfezione (inserimento di materiale genetico nelle cellule)



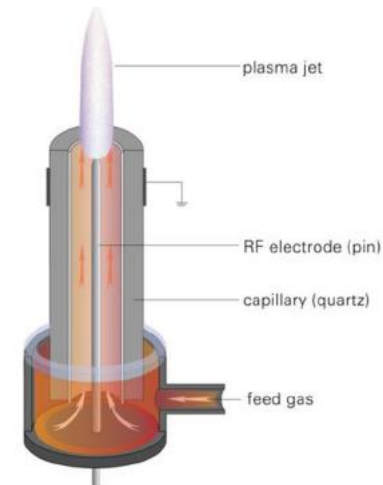
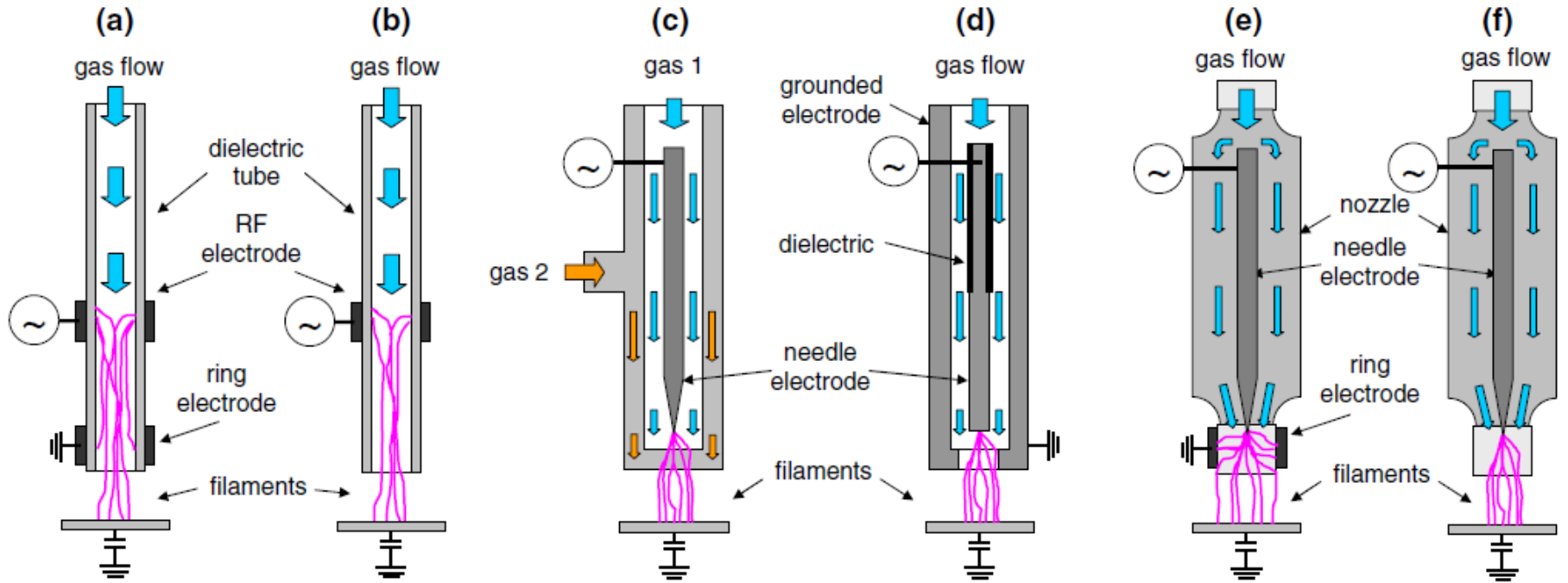
# Esempi di sorgenti di plasma per usi medici

Potenza elettrica: tipicamente inferiore a 10 W.

Temperatura del gas: minore o uguale a 37°.



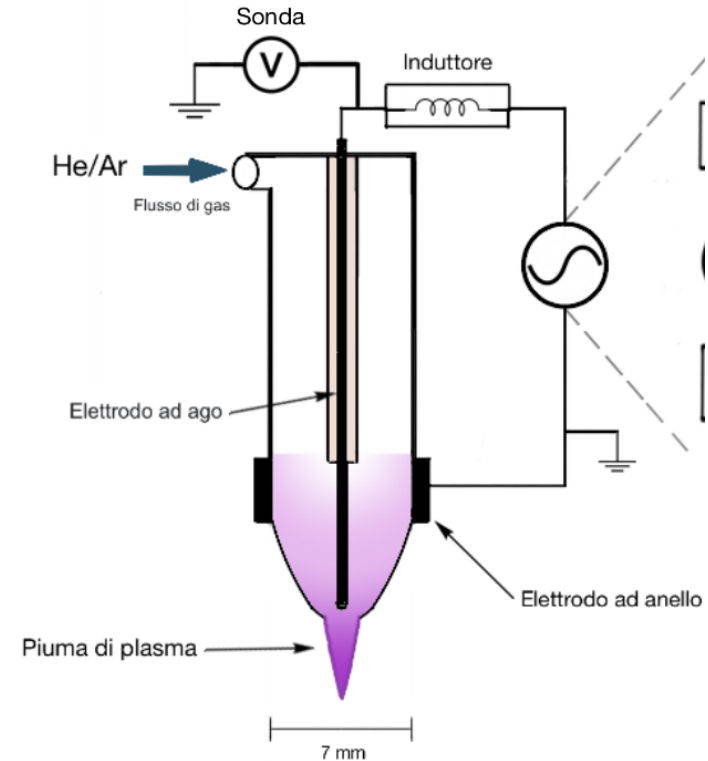
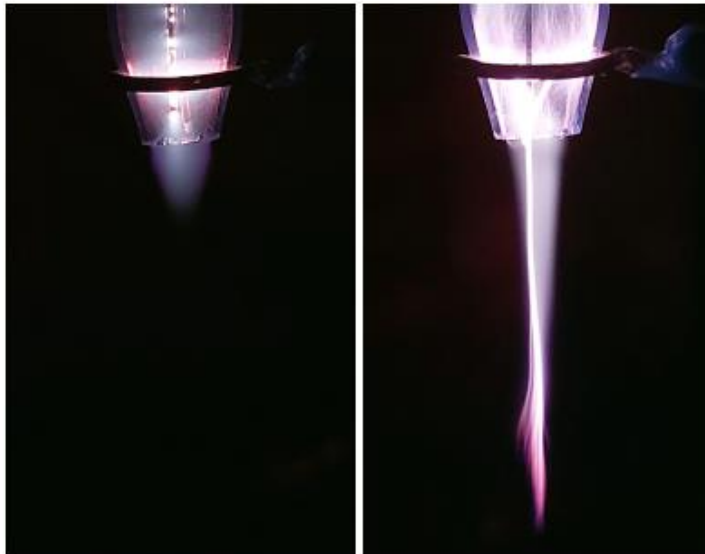
# Plasma jet (DBD o RF)



# Il plasma jet sviluppato in Bicocca

Gas: **elio** o **argon**.

Alimentazione: **radiofrequenza**  
modulata con onda quadra, oppure  
**impulsi di alta tensione** generati  
mediante un trasformatore.



Obiettivo dell'esperienza:

descrivere il funzionamento della sorgente con le due modalità di alimentazione elettrica, con elettrodo HV nudo o ricoperto di dielettrico, variando i parametri dell'alimentazione e la distanza tra elettrodo HV ed anello di massa.

Parametri misurati:

tensione e corrente (potenza), lunghezza della piuma di plasma, carico termico (?)