

CARATTERIZZAZIONE DI UN PLASMA JET IN ARIA A PRESSIONE ATMOSFERICA ALIMENTATO DA TENSIONI MICRO-IMPULSATE

Gabriele Neretti, Arturo Popoli, Andrea Cristofolini

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione 'Guglielmo Marconi'

Università di Bologna

Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna

Negli ultimi due decenni, i plasma jet a pressione atmosferica in argon ed elio sono stati ampiamente sfruttati per la modifica di superfici, nonché per scopi di sanificazione/sterilizzazione, trattamenti cutanei e abbattimento di cellule tumorali. Questi dispositivi presentano numerosi vantaggi quali la formazione di una 'plume' di plasma omogenea, tensioni moderate e la possibilità di trattare con precisione aree di piccole dimensioni sensibili al calore. I principali effetti benefici dei plasma jet sono legati alla creazione di specie reattive dell'ossigeno e dell'azoto (RONS) prodotte nell'aria che circonda la scarica. L'uso di gas nobili si rende necessario per generare una scarica omogenea e stabile. Questi gas sono però costosi e richiedono serbatoi ingombranti, limitando così l'impiego dei plasma jet in applicazioni reali e limitandone i loro futuri sviluppi. Recentemente, sono stati studiati plasma jet che utilizzano esclusivamente aria come gas di lavoro [1].

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un plasma jet a pressione atmosferica alimentato da aria sintetica. La camera di scarica è costituita da un ago metallico collegato ad un terminale di alta tensione e posizionato all'interno di una cavità metallica cilindrica messa a terra (Fig. 1). La scarica viene alimentata da un generatore di alta tensione, realizzato presso i nostri laboratori e adattato a questa particolare applicazione [2], con impulsi positivi o negativi con ampiezza regolabile tra 3 e 5 kV e una FWHM di 10 μ s (Fig. 2). Questa particolare tipologia di alimentazione permette di creare una scarica fortemente di non equilibrio, mantenendo la temperatura delle parcelle pesanti prossima a quella ambiente. Nei vari test sono state studiate diverse tensioni, frequenze di ripetizione degli impulsi e portate di gas.

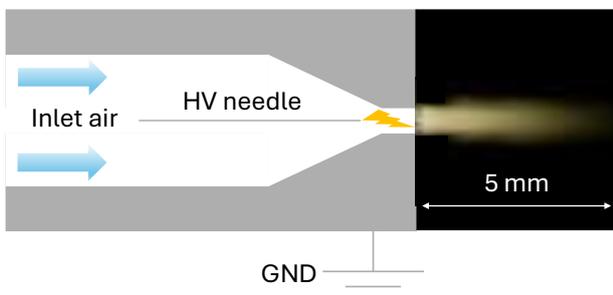


Fig. 1 Schema di principio del plasma jet e foto della 'plume'

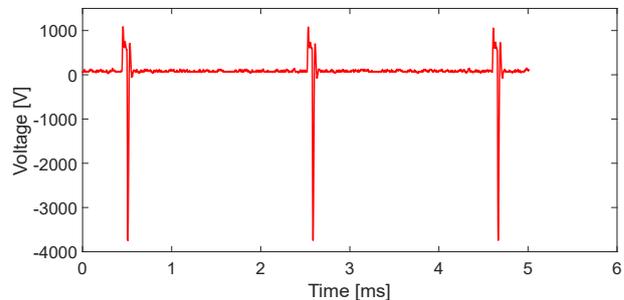


Fig. 2 Tensione di alimentazione con impulsi negativi ripetuti ogni 2 ms.

Il dispositivo è stato caratterizzato utilizzando le seguenti diagnostiche (Fig. 3)

- Elettrica: misura dei segnali di tensione e corrente e calcolo della potenza attiva
- Spettroscopica: acquisizione dello spettro di emissione e valutazione delle temperature della scarica
- Termografica: misura della temperatura superficiale dei bersagli trattati
- Immagini: acquisizione di immagini della 'plume'
- Assorbimento UV: misura della concentrazione di ozono

La potenza attiva della scarica è compresa tra 0,4 e 1,2 W, aumentando con la portata del gas e la tensione applicata. Questa quantità può essere facilmente regolata variando l'intervallo di tempo tra gli impulsi. La 'plume' del plasma non è fortemente influenzata dai parametri di ingresso e possiede una lunghezza compresa tra 5 e 6 mm per tutte le condizioni testate (Fig. 1).

Il dispositivo è stato testato trattando sia superfici metalliche (flottanti o collegate a terra) sia isolanti. In tutti i casi analizzati la potenza della scarica è rimasta pressoché costante, indicando una elevata

stabilità del plasma. La temperatura del bersaglio si attesta su valori compresi tra 32 e 42 °C nelle varie condizioni di lavoro, rimanendo quindi al di sotto dei valori indicati dalle norme per trattamenti cutanei (Fig 4).

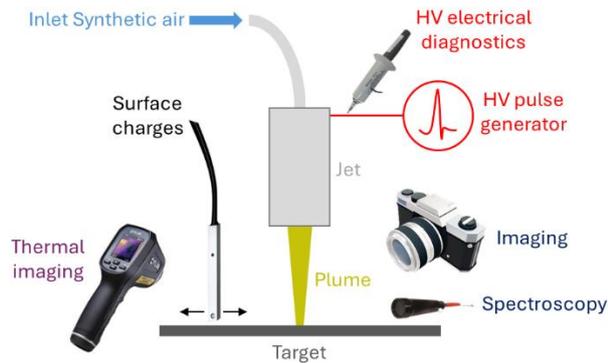


Fig. 3 Diagnostiche utilizzate

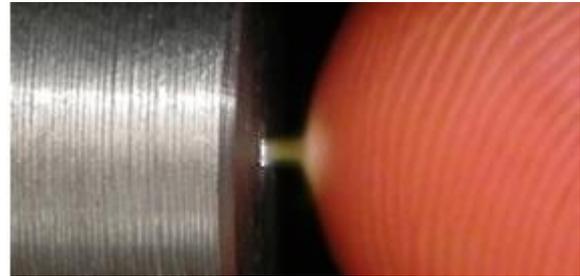


Fig. 4 'Plume' che lambisce un dito

Le misure spettroscopiche hanno permesso di ricavare temperature elettroniche di 4 eV, vibrazionali di 6000 K e rotazionali di 2500 K, mostrando il carattere di forte non equilibrio della scarica in oggetto.

Le misure di assorbimento UV hanno mostrato come la quantità di ozono prodotta dalla scarica sia trascurabile. Questo risultato è in accordo con le elevate temperature rotazionali misurate all'interno della camera di scarica, suggerendo quindi la presenza di una cinetica chimica del plasma fortemente sbilanciata verso la formazione di ossidi di azoto.

Questa campagna sperimentale preliminare ha dimostrato che questo dispositivo basato su di un plasma jet in aria, consente una facile regolazione della potenza media della scarica, garantendo uno stress termico limitato sulla superficie trattata. L'utilizzo di aria come gas di lavoro e la semplicità costruttiva del reattore permettono di affermare come questa tecnologia promette di essere economica, robusta e facilmente realizzabile.

Questo plasma jet in aria ha quindi le potenzialità per essere sfruttato in future applicazioni biomediche, e verrà presto utilizzato su batteri in vitro per testarne le proprietà di sterilizzazione.

Bibliografia

- [1] X. Shi et al, *Results in Physics*, volume 36 (2022).
- [2] G. Neretti et al, *Electronics*, volume 11 (2022).