



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



ISTITUTO DI METODOLOGIE INORGANICHE E DEI PLASMI

STUDIO DELLA DINAMICA DI MICROSCARICHE IN SCARICHE A BARRIERA DIELETTRICA DI SUPERFICIE A SINGOLO FILAMENTO CON SPETTROSCOPIA AD ALTA RISOLUZIONE SPAZIALE E TEMPORALE.

FRUITORE:

dr. Paolo Francesco Ambrico, ricercatore CNR – IMIP sezione di BARI

PROPONENTE:

dr. Santolo DE BENEDICTIS, dirigente CNR – IMIP sezione di BARI

ISTITUZIONE OSPITANTE:

Istituto della Fisica dei Plasmi di Praga (Institute of Plasma Physics Prague (IPP- AVCR))

dr. Milan Simek

STUDIO DELLA DINAMICA DI MICROSCARICHE IN SCARICHE A BARRIERA DIELETTRICA DI SUPERFICIE A SINGOLO FILAMENTO CON SPETTROSCOPIA AD ALTA RISOLUZIONE SPAZIALE E TEMPORALE.

RELAZIONE SULL'ATTIVITÀ SVOLTA.

Introduzione

Le scariche a barriera dielettrica di superficie di tipo filamentare sono un hot-topic nel campo delle applicazioni aerospaziali, ambientali, e del trattamento delle superfici. Tuttora manca una approfondita conoscenza della dinamica e della variazione dei parametri locali (densità e temperature di elettroni) delle numerose microscariche che si sviluppano e alternano spazialmente e temporalmente sulla superficie dielettrica. Tale informazione è accessibile attraverso lo studio di configurazioni a singola microscarica.

La ricerca condotta presso l'IPP di Praga ha avuto come obiettivo lo studio della dinamica (breakdown e pre-breakdown) dei singoli microfilamenti con spettroscopia ad alta risoluzione spaziale e temporale mediante immagini acquisite con ICCD ad alta risoluzione temporale. A ulteriore supporto sono state eseguite misure spettroscopiche delle emissioni di specie attive. Le informazioni così ottenute saranno utilizzate per comprendere le proprietà macroscopiche di tipo chimico-fisico delle scariche multifilamentari ed in particolare la loro scalabilità a geometrie di larga estensione necessarie per le applicazioni.

Attività Svolta in dettaglio.

L'attività svolta durante la visita presso il laboratorio del dott. M. Simek all'IPP-AVCR Praga, è stata articolata nei seguenti momenti:

a) Set up Sperimentale

Messa a punto di un setup di misura per una scarica a barriera dielettrica a singolo filamento. La scarica è costruita con piccoli elettrodi circolari annegati ("Embedded") in una barriera dielettrica in Macor. Essa è contenuta in un involucro in Policarbonato installato sulla base meccanica dotata di movimentazioni xyz di un microscopio. Il microscopio ha una magnificazione adeguata a risolvere le strutture micrometriche del filamento ed è accoppiato con una ICCD ad alta risoluzione temporale per lo studio per immagini dello sviluppo del filamento. Per il presente studio si sono utilizzate miscele di Ar, Ar-N₂, Ar-O₂, N₂, N₂-O₂ e il filamento è stato fatto sviluppare a pressione atmosferica. L'apparato sperimentale è visibile in figura 1.

Altre apparecchiature a disposizione sono un monocromatore Jobyn Ivon dotato di tre grating con risoluzioni diverse e di ICCD, oscilloscopio digitale, generatori di tensioni e corrente. Tutta la strumentazione è interfacciata con un pc e controllata in maniera digitale.

Le misure in programma necessitano di una scarica triggerabile e sincronizzabile con l'apparato di misura. Ciò è necessario al fine di evitare il jitter dovuto all'innesco spontaneo della microscarica e alla conseguente difficoltà di sincronizzazione delle misure sulla singola microscarica. In un lavoro precedente si è notato che queste scariche sono triggerabili mediante impulsi laser di bassa energia e tali da non perturbare la scarica stessa [1]. Purtroppo a causa di ritardi imprevisti nell'installazione della sorgente laser, di recente acquisizione presso i laboratori dell'IPP, tale metodica non è stata perseguibile. Per superare questa difficoltà sono state provate altre metodiche di sincronizzazione con la strumentazione disponibile in laboratorio. E' stata esaminata una soluzione alternativa di triggering/sincronizzazione consistente nella possibilità di innescare il singolo filamento mediante la somma di una tensione AC (20KV) e un impulso al nanosecondo di durata 2 nsec e di ampiezza 200 V [2] (derivato dal circuito di controllo di un MCP disponibile in laboratorio). I test eseguiti hanno evidenziato che l'ampiezza dell'impulso di tensione non era sufficiente a far sincronizzare in maniera efficacemente stabile la scarica.

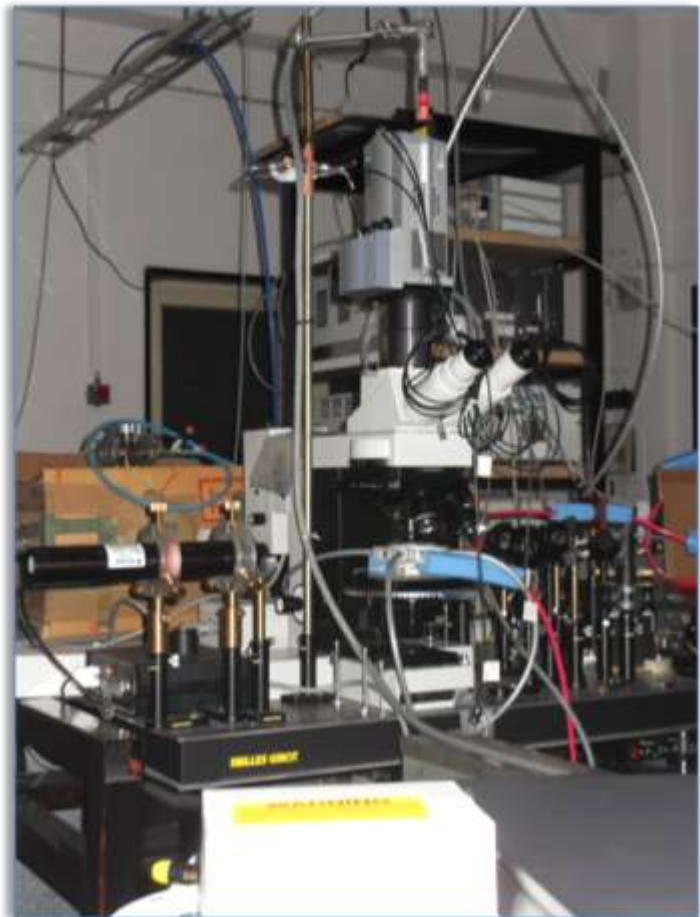


Figura 1. Apparato sperimentale

Tabella 1 Principale strumentazione utilizzata

Strumentazione	Modello
ICCD	Andor DH740
Monocromatore	Jobin-Yvon iHR320
Generatore	Test Equipment Powerton 500A equipaggiato con generatore di forme d'onda e trasformatore di alta tensione.
Microscopio	Zeiss Jenavert
Oscilloscope	Tektronix DPO4034

Per poter efficacemente sincronizzare l'elettronica di acquisizione con il filamento sono state adottare altre due soluzioni:

1. Post scarica. E' stato utilizzato il circuito di triggering dell'oscilloscopio digitale sincronizzato in modalità "Smart" che preveda la presenza simultanea di un impulso di corrente e polarità designata della HV. Ritardo minimo di circa 40 ns (insertion delay ICCD).

2. Scarica. Approccio "*trial and error*". Per visualizzare invece il filamento in scarica sono state realizzate delle scariche con "*jitter*" minimo di 5 microsecondi. Il gate della ICCD veniva aperto a ritardi fissati e con larghezza dell'ordine di qualche nanosecondo. Chiaramente tale tecnica ha come contropartita la necessità di acquisire un alto numero di immagini con un'altissima percentuale di scarto.

b) Studio dell'evoluzione ad alta risoluzione spaziale dei singoli filamenti.

Lo studio dell'evoluzione temporale dei singoli filamenti è stato effettuato nella scarica nel regime a singolo filamento.

E' stato effettuato un ciclo di acquisizioni di immagini "*single shot*". Sono state selezionate un centinaio di immagini con diversi tempi di esposizione, al fine di valutare le dimensioni del

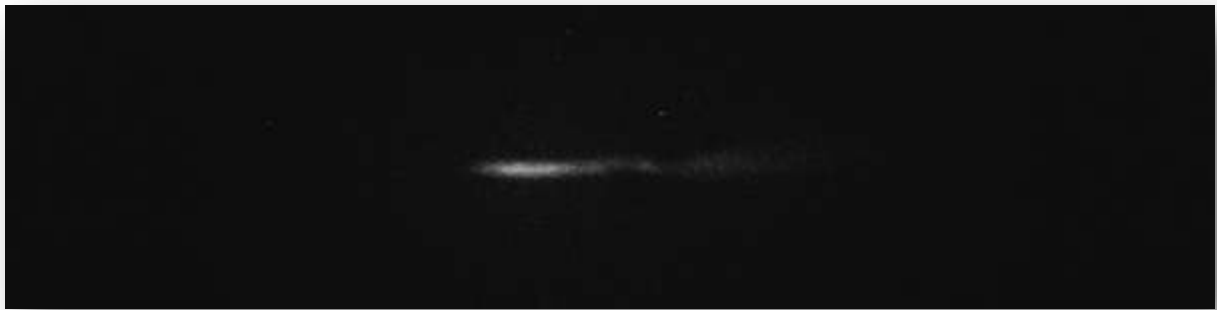


Figura 2. Singolo Streamer acquisito in modalità one shot.

singolo filamento L'analisi delle immagini è attualmente in corso.

Un altro ciclo di misure è stato dedicato alla valutazione della propagazione dello *streamer* che forma il singolo filamento. E' stato utilizzato a tal fine l'approccio trial and error. In figura 2 è riportato l'esempio di un singolo filamento osservato con un gate di 20 nsec.

È importante osservare che, a differenza di metodiche che prevedono una media dei segnali, effettuare l'operazione in singolo *shot* permette di ottenere delle informazioni più precise relativamente alle dimensioni degli *streamer*. Ad esempio si veda un immagine ottenuta come accumulo di due cicli successivi di scarica (figura 3).

L'immagine media che può derivare dall'integrazione temporale di una situazione simile porta sicuramente ad una sovrastima delle dimensioni del filamento (vedi figura 4).

c) Visualizzazione dell'onda di ionizzazione mediante imaging ad alta risoluzione temporale.

Un centinaio di immagini sono state selezionate, per seguire l'evoluzione dell'onda di ionizzazione sulla superficie della scarica. Ogni immagine è rappresentativa di una scarica a singolo filamento e l'acquisizione è stata effettuata con diversi *gate* di integrazione (dell'ordine al massimo delle decine di nanosecondi). L'analisi delle immagini è attualmente in corso e si sta procedendo a valutare la durata del *gate* effettivo di integrazione della ICCD.

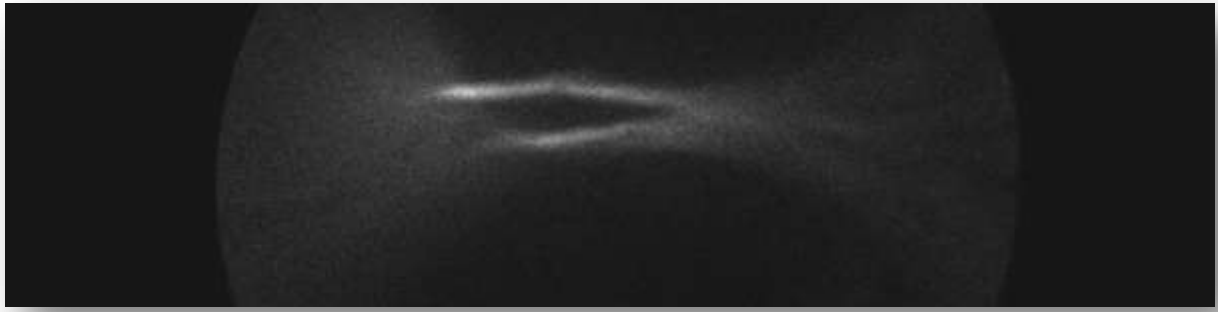


Figura 3. Streamer acquisiti come accumulo di due colpi consecuti.

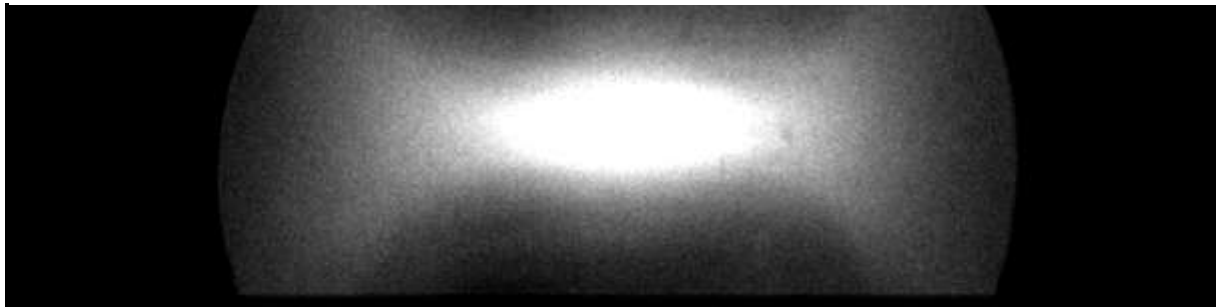


Figura 4. Scarica osservata con tempo di integrazione 1 sec.

d) Spettroscopia di emissione.

E' stato effettuato un ciclo di misure spettroscopiche della radiazione del filamento risolta spazialmente. Sono stati osservati i decadimenti delle emissioni delle bande Gamma dell'NO, della bande FNS, SPS ed Herman Infrared dell'azoto in miscele di N_2-O_2 . Lo studio di tali emissioni è attualmente in corso e permetterà di ottenere ulteriori informazioni sulle cinetiche delle specie attive.

CONCLUSIONI

Lo studio qui effettuato si serve ad approfondire alcuni aspetti della ricerca già intrapresa nell'ambito della collaborazione CNR-AVCR (responsabile dr. Santolo De Benedictis) e di cui si è occupato direttamente il fruitore e che ha già portato alla pubblicazione di diversi articoli su rivista internazionale ISI. Integrando questi risultati con altre misure in corso presso i laboratori dell'IMIP di Bari si ritiene di poter dare un contributo originale alla comprensione dello sviluppo delle microscariche e alla loro scalabilità in sistemi applicativi. Si auspica che tale collaborazione possa proseguire nel futuro sia in termini di accordi bilaterali che di progetti comuni con il dr. Simek.

Reference.

1. P. F. Ambrico , et al., Appl. Phys. Lett. **94**, 231501 (2009); doi:10.1063/1.3152284
2. K. Allegraud], N. Leick, O. Guaitella, A. Rousseau, Imaging of surface streamers propagation, Escampig 2008, Granada, Spain