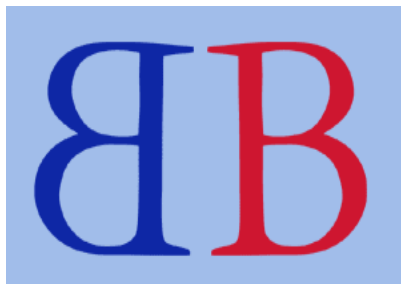


Katedra fyzikální elektroniky, Laboratoř plazmových zdrojů
Přírodovědecká fakulta, Masarykova universita, Brno

a

Katedra experimentálnej fyziky, Komenského univerzita v Bratislavě

Moderní trendy ve fyzice plazmatu a pevných látek II



Seminář, workshop: Brno, Hustopeče 19. října 2006

Editoři: A. Brablec a D. Trunec

(c) Masarykova univerzita, 2006

ISBN 80-210-4195-1

Elektrické a optické vlastnosti mikrovýbojov v poréznych keramikách

K. Hensel, M. Janda, M. Leštinský, Z. Machala, V. Martišovits

¹*Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského, 84248 Bratislava*

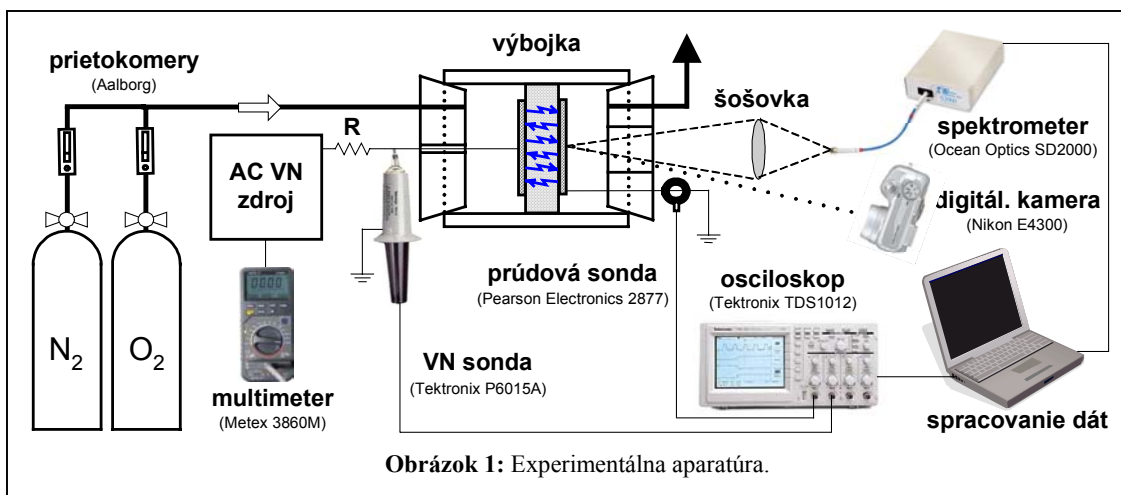
ÚVOD

Výskum rôznych typov netermickej plazmy generovanej elektrickými výbojmi pri atmosférickom tlaku sa v posledných rokoch dočkal rapidného rozvoja. Na generáciu tejto plazmy sa najčastejšie používajú streamerová a pulzná koróna a rôzne typy dielektrických a feroelektrických výbojov. Pre tieto výboje je typický ich nerovnovážny charakter a veľké množstvo tenkých filamentárnych kanálov, nazývaných mikrovýboje. Mikrovýboje produkujú veľký počet energetických elektrónov a voľných radikálov pri relatívne nízkej spotrebe energie a preto predstavujú potenciálnu metódu na čistenie spalín. [1-3]. Čistenie spalín možno vylepšiť ak sa plazma kombinuje s katalyzátorom. Katalyzátor, ktorý ma často tvar guľčkového lôžka, prípadne včelieho plástu (honeycomb), je možné umiestniť buď za zónou plazmy alebo priamo v nej. Výrazný tlakový spád a malý objem plazmy generovanej v prípade guľčkových lôžok viedol k využitiu vhodnejších materiálov akými sú honeycomb alebo porézne keramiky.

V posledných rokoch sa objavilo zopár prác zaoberajúcich sa generáciou mikrovýbojov v úzkych kanáloch a póroch poréznych materiálov s cieľom skúmania ich fyzikálne vlastnosti a použitia na čistenie spalín [4-8]. Článok sumarizuje výsledky meraní fyzikálnych vlastností mikrovýbojov generovaných v poréznych keramikách vysokonapäťovým zdrojom striedavého napätia. Nadväzuje na práce, ktoré popisovali vlastnosti mikrovýbojov generovaných jednosmernými zdrojmi napätia [7-8]. Metódy použité v práci pozostávali z elektrických a optických meraní zameraných na určenie optimálnych podmienok generácie výbojov s ohľadom na veľkosť pórov, zloženie zmesi a výkonu.

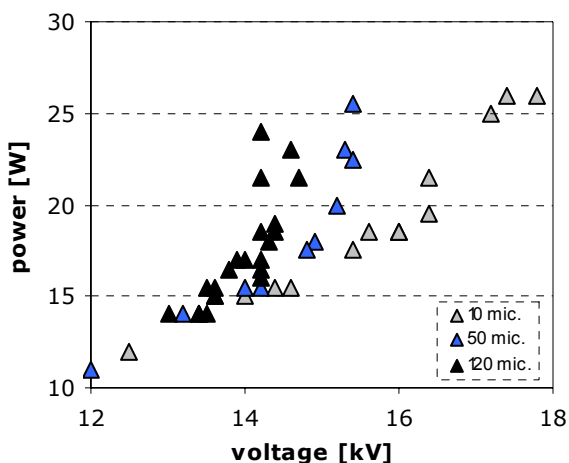
EXPERIMENTÁLNA APARATÚRA

Aparatúra pozostávajúca z výbojového reaktora a obvodov elektrickej a optickej diagnostiky je znázornená na *obrázku 1*. Porézne keramiky s priemerom 31 mm a hrúbkou 7 mm vyrobené z Al_2O_3 alebo SiO_2 boli umiestnené medzi dvoma mriežkovými elektródami. Veľkosť pórov bola 2, 10, 30, 80 (Al_2O_3) a 50, 120, 200 μm (SiO_2). Výbojka bola napájaná vysokonapäťovým zdrojom striedavého napätia, pričom sa meral celkový výkon a priebehy napätia a elektrického prúdu. Optické merania boli robené emisným spektrometrom v UV a VIS-NIR oblastiach a doplnené fotografiami výboja. Použitými plynmi boli dusík, kyslík a vzduch s prietokom 0,4 l/min.

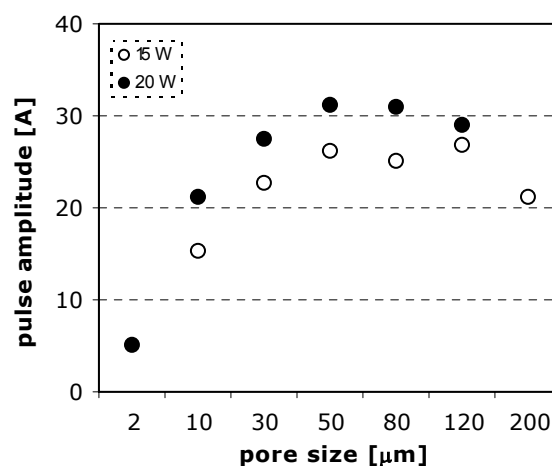


VÝSLEDKY A DISKUSIA

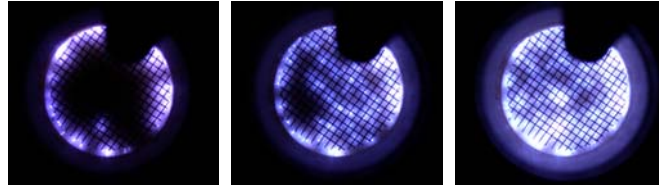
Výsledky meraní ukázali, že generácia mikrovýbojov v keramikách je závislá najmä na výkone výboja a veľkosti pórov. Podobne ako v prípade použitia jednosmerného napätia sa pri nízkych napätiach výboj formoval ako povrchový a postupne s ďalším rastom napätia „vnikal“ dovnútra materiálu kde v póroch dochádzalo ku vzniku mikrovýbojov. Zápalné napätie mikrovýbojov pritom klesalo s rastom veľkosti pórov. Merania I-U, resp. P-U charakteristík mikrovýbojov ukázali, že sklon charakteristík rastie s rastom veľkosti pórov (*obrázok 2*). Ten je dôsledkom vzrastu prúdu, konkrétne amplitúdy prúdových pulzov. Amplitúda prúdových pulzov rástla s nárastom napätia a výkonu výboja a dosahovala desiatky ampérov. Pri rovnakom výkone bola maximálna amplitúda pulzov pozorovaná pre keramiky s veľkosťou pórov 50-80 μm (*obrázok 3*).



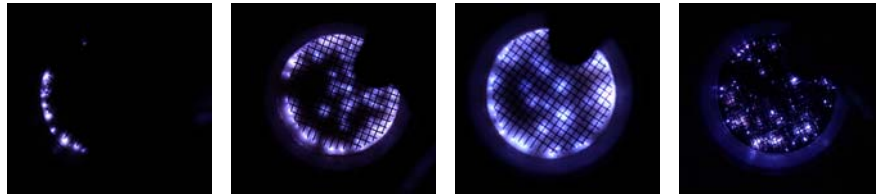
Obrázok 2. Celkový výkon ako funkcia aplikovaného napätia pre vybrané keramiky.



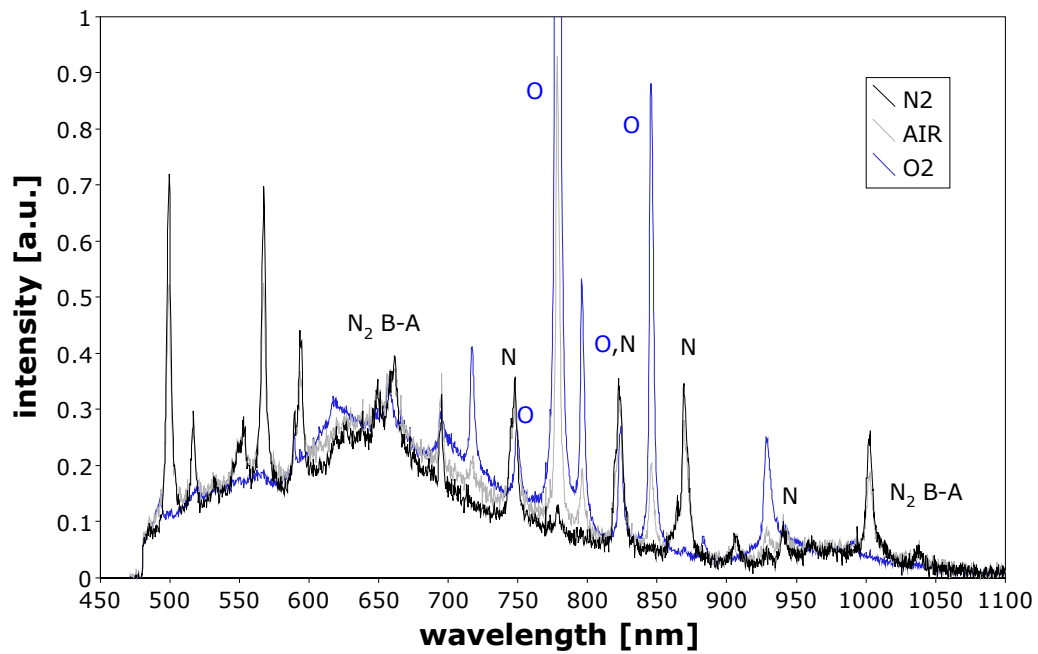
Obrázok 3. Amplitúda prúdových pulzov ako funkcia veľkosti pórov.



Obrázok 4. Vplyv plynnej zmesi (zľava doprava): O₂, vzduch, N₂ (póry 80 μm, expozícia 1s, P = 22 W).



Obrázok 5. Vplyv veľkosti pórov (zľava doprava): 10, 30, 80, 120 μm (expozícia 1s, P = 20 W, vzduch).



Obrázok 6. Emisné spektrum mikrovýbojov v VIS v rôznych plynch (veľkosť pórov 80 μm, P = 30 W).

Spolu s elektrickými boli zaznamenané aj optické charakteristiky výboja. Na obrázkoch 4 a 5 sú sady fotografií zobrazujúce vplyv plynu a veľkosti pórov na charakter výboja. Intenzita žiarenia z daného kanálu mikrovýboja sa v čase menila, rovnako tak aj priestorová distribúcia kanálov v keramike. Intenzita žiarenia rástla s rastom výkonu. V prítomnosti kyslíka sa kanále mikrovýbojov koncentrovali najmä po obvode mriežkovej elektródy. Na druhej strane v dusíku boli kanále (ich emisia) rozložené relatívne homogénne po celej ploche keramiky. Obsah kyslíka v zmesi spôsobil aj pokles počtu mikrovýbojov čo malo za následok pokles prúdu a výkonu pre dané napätie.

Na *obrázku 6* sú emisné spektrá mikrovýbojov v rôznych plynov. Vo vzduchu a dusíku je vidno dva základné systémy, konkrétne 1. a 2. pozitívny systém dusíka. Výrazné zmeny v spektre boli pozorované po pridaní kyslíka. Okrem molekulových pásov dusíka a kyslíka boli v spektre identifikované aj pásy N, O a NO, O₃, atď.

ZÁVER

Boli skúmané elektrické a optické vlastnosti mikrovýbojov v poréznych keramikách. Bolo zistené, že zápalné napätie klesala a sklon P-U charakteristiky rástol s veľkosťou pórov. Amplitúda prúdových pulzov rástla s aplikovaným napätím a pre dané napätie dosahovala maximum pre keramiky s veľkosťou pórov 50-80 μm . V dusíku bola distribúcia kanálov na v póroch keramiky homogénnejšia v porovnaní s kyslíkom. Vplyv kyslíka sa prejavil výrazne aj v emisných spektrách. Všeobecne optimálna generácia a distribúcia mikrovýbojov v keramike bola pozorovaná pre keramiky s veľkosťou pórov 30-80 μm . Predpokladáme, že výbojmi v poréznych keramikách možno za optimálnych okolností generovať veľký objem stabilnej atmosferickej plazmy, ktorý by bolo možné účinne použiť na čistenie výfukových plynov.

Výskum bol podporený garantmi APVT 20-032404, VEGA 1/3041/06, VEGA 1/2013/05, a SK-FR-00506.

REFERENCIE

- [1] Oda T, Kato T, Takahashi T, Shimizu K (1998) *IEEE Trans. Industry Appl.* 34, 268-272.
- [2] Yamamoto T, Okubo M, Nagaoka T, Hayakawa K (2002) *IEEE Trans. Ind. Appl.* 38, 1168-1173.
- [3] Kim H-H, Prieto G, Takashima K, Katsura S, Mizuno A (2002) *J. Electrostat.* 55, 25-41.
- [4] Gherardi N, Gouda G, Gat E, Ricard A, Massines F (2000) *Plasma Sources Sci. Technol.* 9, 340-346.
- [5] Blin-Simiand N, Tardiveau P, Risacher A, Jorand F, Pasquiers S (2005) *Plasma Proc. Polym.* 2, 256-262.
- [6] Jidenko N, Petit M, Borra J-P (2006) *J. Phys. D: Appl. Phys.* 39, 281-293.
- [7] Hensel K, Katsura S, Mizuno A (2005) *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 33, 574- 575.
- [8] Hensel K, Matsui Y, Katsura S, Mizuno A (2004) *Czech. J. Phys.*, 54, C683-C689.