



Vysoká škola chemicko-technologická
Fakulta chemicko-inženýrská
Ústav fyziky a měřicí techniky
Skupina fyziky plazmatu

1. Plazmatický Interní Workshop

PIWO 2011

12. Ledna 2011



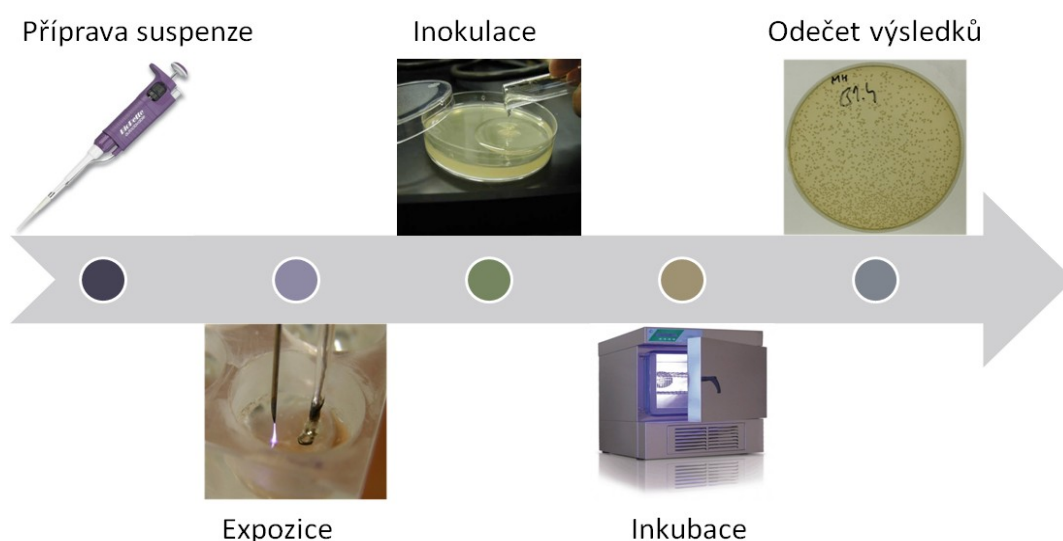
Sborník

Porovnání různých parametrů korónového výboje pro dekontaminaci vodní suspenze mikroorganismů

Lucie Kommová

Zabýváním se vlastnostmi nízkoteplotního plazmatu je v současné době vhodné, ať už z důvodu narůstající rezistence bakterií nebo z důvodu nižších finančních nákladů. Jedním z typů nízkoteplotního plazmatu je dielektrický bariérový výboj, jímž se zabývá většina světových laboratoří. Dalším typem je výboj korónový, jehož aplikací se zabývá naše skupina.

Zkoumány jsou různé typy výbojů, jeho parametry, dále pak jaký vliv mají mikroorganismy na dobu expozice. Tato práce porovnává vlastnosti kladného a záporného korónového výboje, při různém napětí, respektive proudu, za atmosférického tlaku, ve vzduchu, na exponovaných suspenzích mikroorganismů. Konkrétněji se jedná stabilizovaný korónový výboj, typu hrot proti rovině, který v silně nehomogenním elektrickém poli za přítomnosti vodičů vysokého napětí hoří mezi dvěma elektrodami (katodou a anodou).



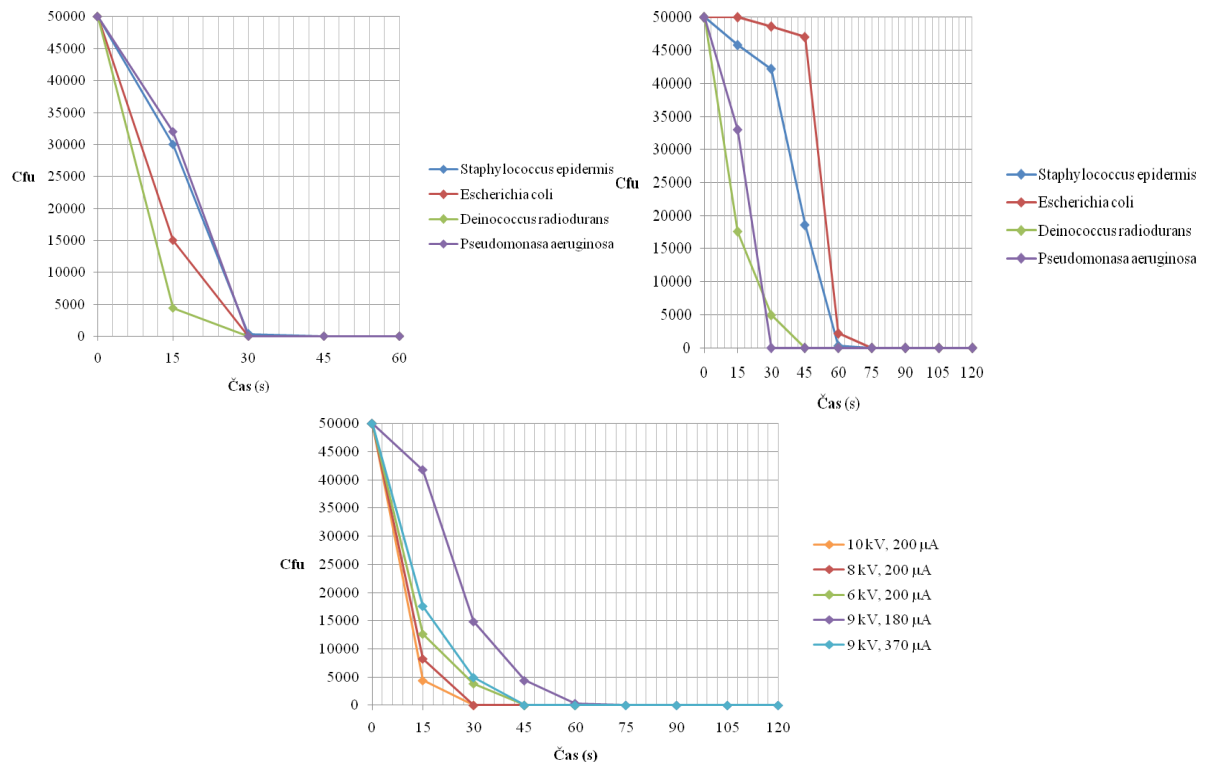
Obrázek 1: Stručné znázorění experimentu.

Experiment probíhal následovně: nejprve je třeba připravit vodní suspenzi mikroorganismů, tak je pak v objemu 0,5 ml je aplikována do plastových jamek a poté vystavena korónovému výboji, který hoří na hrotu elektrody (jehly) nad suspenzí. Suspenze vytváří druhou elektrodu tzv. plošnou. Po ozáření se vzorek vlije na živné médium a vloží na 24 hodin do inkubátoru, kde je teplota nastavena na 37 °C. Výsledky se následně odečtou a zpracují.

K experimentům byly použity čtyři různé bakterie, konkrétně gram-pozitivní *Staphylococcus epidermis*, *Deinococcus radiodurans* a gram-negativní *Escherichia coli*, *Pseudomonasa aeruginasa* a jeden zástupce eukaryotní říše *Candida albicans*. Prokázání mikrobicidních účinků kladného a záporného korónového výboje typu point-to-plane bylo potvrzeno.

Byl zkoumán vliv parametrů výboje,

- pro kladnou korónu napětí 6 kV, 8 kV a 10 kV při konstantním proudu 200 μ A
- pro zápornou korónu proudu 180 μ A 370 μ A při konstantním napětí 9 kV, na přežívání mikroorganismů.



Graf 1: Porovnání úbytku bakterií *Staphylococcus epidermis*, *Escheirchie coli*, *Deinococcus radiodurans* a *Pseudomonasa aeruginosa* v čase pro kladnou korónu s parametry 10 kV, 200 μA.

Graf 2: Porovnání úbytku bakterií *Staphylococcus epidermis*, *Escheirchie coli*, *Deinococcus radiodurans* a *Pseudomonasa aeruginosa* v čase pro zápornou korónu s parametry 9 kV, 370 μA

Graf 3: Znárodnění úbytku *Deinococcus radiodurans* v čase pro všechny typy použitých výbojů.

Došli jsme k závěru, že kladný korónový výboje je účinnější než záporný výboj. Ke sterilizaci u bakterií dochází už do jedné a půl minuty, kdežto u kvasinky do deseti minut.

I navzdory zmíněným rozdílům v účinnosti různých typů výbojů je možno konstatovat, že tyto rozdíly jsou relativně malé a tudíž při optimalizaci parametrů výboje se nejedná o ostré maximum, kterého udržení by vyžadovalo regulační mechanismy v elektrické části aparatury. Naopak, díky jeho rozlehlosti není nutno přísně dbát na přesnosti požadovaných parametrů výboje a případná odchylka požadované hodnoty nemá vliv na účinnost dekontaminace.

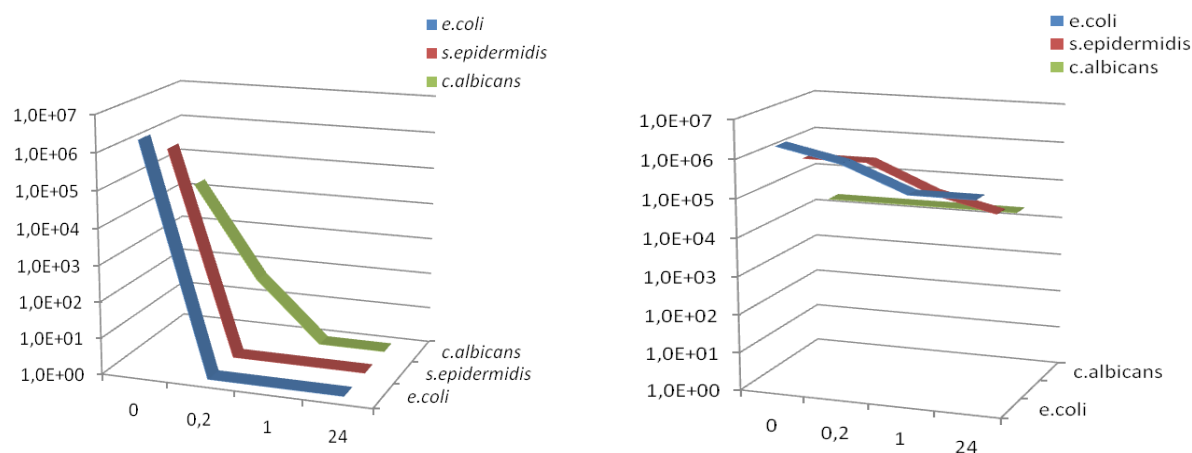
Baktericidní účinky vody po expozici korónovému výboji

Soňa Kotúčová

Jedným z veľmi účinných dekontaminačných techník je dekontaminácia korónovým výbojom vznikajúcim medzi dvoma elektródami, z ktorých je jedna uzemnená a z druhej vychádza kladný, alebo naopak záporný výboj. Účinkom výboja dochádza k usmrcovaniu mikroorganizmov nachádzajúcich sa v jeho dosahu. Taktiež expozíciou vody vzniká tzv. „mŕtva voda“, so silnými baktericídnymi účinkami, ktorými sa zaoberám v mojej práci.

Reprezentantom ríše prokaryot sú gram-pozitívna baktéria *Staphylococcus epidermidis* a gram-negatívna *Escherichia coli*. Z eukaryotických organizmov sme mali k dispozícii kvasinku *Candida albicans*.

Prvým krokom experimentu je príprava samotnej mŕtvej vody. Postupne sme objemy vody 1ml, 3ml, 5ml a 10ml exponovali korónovému výboju s napätím 9kV pri prúde 300mA. Použili sme kladný, ako aj záporný výboj. Po hodinovej expozícii sme si pripravili suspenziu jednotlivých mikroorganizmov a aplikovali sme ich do mŕtvej vody. Po čase 30min, 60min a 24h sme vyliali pripravenú suspenziu na agar a po 24 hodinách v inkubátore pri 37°C sme spočítali vyrastené kolónie. Paralelne sme tento experiment robili aj s PBS. V druhej časti práce sme porovnávali účinok čerstvo pripravenej mŕtvej vody a vody, ktorá bola zamrznutá a po mesiaci a rozmrznutá. Výsledky sme si graficky zaznamenali.



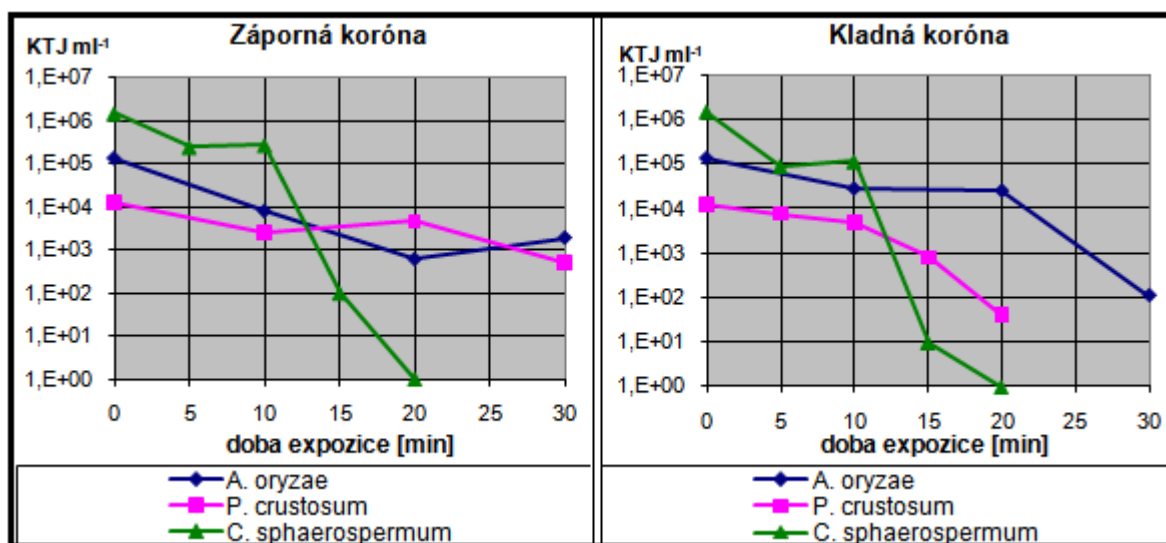
Obr. 1: Najviac účinný - 1ml vody po expozícii kladnému korónovému výboju.

Obr. 2: Najmenej účinný - 10ml PBS po expozícii zápornému korónovému výboju.

Fungicidní vlastnosti korónového výboje

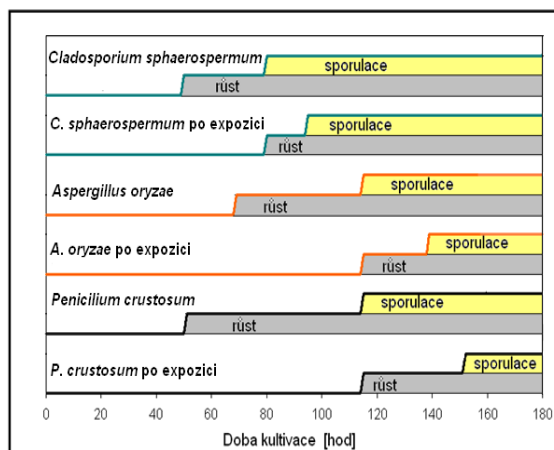
Hana Soušková

Cílem práce bylo ověřit dekontaminační vlastnosti korónového výboje na spory mikromycet ve vodní suspenzi a porovnat s analogickými experimenty prováděnými s bakteriemi různých typů. Korónový výboj (pozitivní i negativní) byl aplikován na tři druhy mikromycet: *Aspergillus oryzae*, *Penicillium crustosum* a *Cladosporium sphaerospermum*, poté byl kultivační metodou zjištěn počet přeživších organismů. V závislosti na délce působení korónového výboje klesal počet přeživších spor. Z Obr. 1 a 2 je patrné, že odolnost spor vláknitých hub je až šestinásobně vyšší, než u bakterií. V některých případech se nepodařilo dosáhnout úplné dekontaminace ani po 30 minutách působení korónového výboje.



Obr. 1: Závislost počtu přeživších spor mikromycet na době expozice korónovým výbojem.

Během kultivace neexponovaných a exponovaných spor docházelo k efektu, který u kultivace bakterií nebyl nikdy pozorován. Počátek růstu se u exponovaných spor v porovnání s neexponovanými spory opoždí v rozmezí 30 až 60 hodin, následná sporulace pak v rozmezí 15 - 35 hodin. Kolonie narostlé z exponovaných spor však po začátku růstu nasazují ke sporulaci výrazně dříve, než kolonie narostlé ze spor neexponovaných, a to u všech tří sledovaných hub. Tyto časové posuny v růstu i sporulaci jsou zaznamenány na Obr. 2.



Obr. 2: Vliv korónového výboje na dynamiku růstu kolonií mikromycet.

Závěr:

Obecně lze konstatovat, že spory vláknitých hub ve srovnání s jinými mikroorganismy (bakteriemi a kvasinkami) vykazují vysokou odolnost vůči korónovému výboji. Tato odolnost je zřejmě způsobena odlišnou stavbou buněčné stěny, která se vyznačuje specifickou 3dimenzionální polysacharidovou sítí, vysokou dynamikou syntézy a schopností buňky vyvolat kompenzační reakce při jejím poškození.

Parametry aplikovaného korónového výboje byly: $U = 9,7 \text{ kV}$, $I = 400 \text{ } \mu\text{A}$.

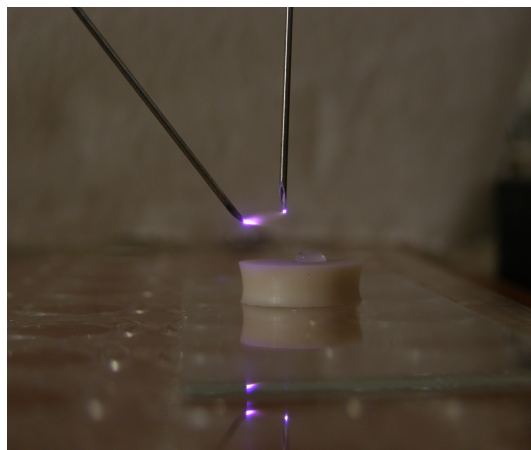
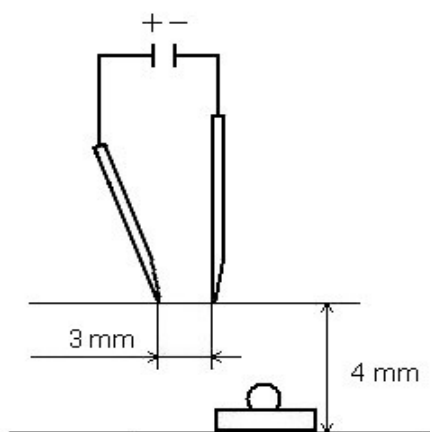
Poděkování: MSM6046137306, MSM0021620806.

Baktericidní účinky korónového výboje

Barbora Štěpánková

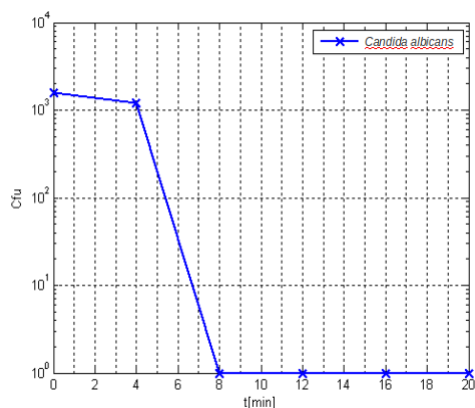
Korónový výboje je nejjednodušší z elektrických výbojů, u kterých dochází k ionizaci plynu mezi elektrodami a vzniku nízkoteplotního plazmatu. V této práci byl studován vliv expozice vodních suspenzí výboji typu hrot proti hrotu. Suspenze ve dvou různých koncentracích (10^2 a 10^6 cfu) byly nanášeny ve formě kapky na sterilní teflonové disky a ty byly umístěny pod elektrody v pozici, která je patrná z obr. 1.

K získání stejnosměrného korónového výboje hrot proti hrotu byla použita aparatura tvořená zdrojem vysokého stejnosměrného napětí a dvojicí lékařských intramuskulárních jehel tvořící elektrody. Ty byly v držáku aparatury uchyceny tak, aby svíraly úhel 30° , a aby vzdálenost mezi hroty činila 3 mm. Výška elektrod nad suspenzí byla nastavena na 4 mm. Při měření bylo napětí na svorkách nastaveno na 9 kV a výbojem tekla proud o velikosti $250 \mu\text{A}$.

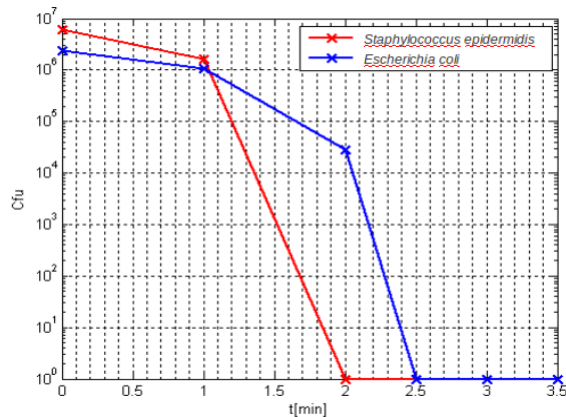


Obr. 1: Schéma a fotografie aparatury.

K experimentům byly vybrány tři mikroorganismy s rozdílnou stavbou buňky *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli* a *Candida albicans*. Z grafů je patrné že v případě bakterií nanášených ve vysoké koncentraci (10^6 cfu) je teflonová podložka sterilní už po 2,5 minutách. Naopak u kvasinky byla zaznamenána poněkud vyšší odolnost, takže koncentrace musela být snížena na 10^3 cfu aby bylo možno pozorovat nějaký úbytek. Úplně sterilní podložky bylo dosaženo až po 8 minutách.



Obr. 2: Úbytek kvasinky v závislosti na čase.



Obr. 3: Úbytek bakterií v závislosti na čase.

Mikrobicidní vlastnosti „kometárního“ výboje

Eva Kvasničková

Podarilo se nám potvrdit mikrobicidní účinky „kometárního“ korónového výboje, který se nám zdá ze všech známých typů korónových výbojů nejúčinnější. Získali jsme optimální čas, koncentraci a vzdálenost elektrod od dekontaminovaného materiálu. Dále jsme zjistili, že pro každý použitý mikroorganismus vzniká velikostí i tvarem odlišná dekontaminovaná oblast. Podle mého názoru může být toto způsobeno odlišnostmi všech mikroorganismů. Jelikož jsme použili gramnegativní a grampozitivní bakterii, které mají obecně odlišnou rezistenci vůči vnějším vlivům, způsobenou především výraznými rozdíly ve složení jejich buněčné stěny. Dále kvasinku a řasu, které jsou buňky eukaryotní. Pro potvrzení této domněnky bych dále ráda sledovala účinky „kometárního“ výboje na dalších grampozitivních či gramnegativních bakteriích a eukaryotních buňkách a získané výsledky mezi sebou porovnála. Předmětem našeho dalšího výzkumu bude zajisté také potvrzení či vyvrácení výsledků našeho pilotního pokusu, týkajícího se dekontaminace lidské pokožky.

Na základě pilotního experimentu se zdá, že by tato možnost desinfekce mohla v budoucnu najít uplatnění. Tok elektronů a kladně nabitých částic v uspořádání elektrod příslušejících „kometárnímu“ korónovému výboji, bude zajisté předmětem dalších studií více odborníků, pracujících v této oblasti.

Ohřev kapaliny a povrchu agaru při expozici koronovým výbojem a jeho modifikacemi

Sandra Ondrčková

Práce se zabývá studiem míry ohřevu kapaliny a povrchu agaru po expozici stabilizovaným a nestabilizovaným koronovým výbojem. Základem testovaných výbojů je tzv. koronový výboj, který náleží do skupiny nízkoteplotních nerovnovážných výbojů. Testované výboje jsou generovány mezi elektrodami v konfiguraci hrot proti rovinné elektrodě, která je realizovaná buď povrchem vodní hladiny, nebo povrchem MH agaru. Povrchy rovinných elektrod představují zároveň exponované povrchy, jejichž teplota je měřena bezkontaktním IR teploměrem Proscan, který vyhodnocuje teplotu povrchu látek na základě vyzařování těles v infračervené oblasti v rozsahu vlnových délek 8–14 μm . Stabilizace použitých koronových výbojů, tedy zvýšení proudu a výkonu výbojů bez přechodu do jiskry a přetížení zdroje, je provedena předřadnou impedancí. Na základě provedených měření může být posuzována šetrnost jednotlivých výbojů při jejich případném použití pro účely dekontaminace povrchu a kapaliny.

Povrch MH agaru po expozici jednotlivými výboji byl posuzován jednak z hlediska jeho ohřevu a také z hlediska rozsahu jeho poškození. Agar byl před expozicí temperován v laboratoři 6 hodin. Nicméně na počátku měření byla jeho teplota vždy nižší než okolní teplota o zhruba 1–1,5°C, což bylo způsobeno neustálým odpařováním povrchu agaru.

Bylo zjištěno, že modifikovaný záporný koronový výboj nezpůsobuje podstatný ohřev povrchu agaru, ani objemu vody. Jelikož se tento výboj projevuje relativně velkým průřezem výboje, teplo vzniklé dopadem záření, nabitých a neutrálních částic z výboje se zřejmě stačí odvádět jednak (i) odpařováním částic z povrchu a (ii) vedením, či prouděním tepla objemem agaru resp. objemem vody. Z vizuálního pozorování je zřejmé, že záporná korona nezpůsobuje podstatnější poškození povrchu agaru.

Modifikovaný kladný koronový výboj je soustředěn do malé oblasti (jeho průřez je několikanásobně menší než v případě záporné korony). Proto způsobuje podstatný lokální ohřev povrchu agaru, ale i celého objemu exponované vody. Kladný výboj způsobil odpaření agaru do hloubky několika mm.

Jelikož se kladná korona soustřeďuje do úzkého kanálu a záporná se projevuje několikanásobným průřezem, potom pro vyvolání daného proudu, mají nabitě částice v kladné koruně buď větší energii při menším počtu částic, anebo přibližně stejnou energii, ale jejich hustota je větší. V obou případech to nicméně znamená jak větší ohřev v objemu plynu mezi elektrodami, tak exponovaného povrchu.

Charakteristiky různých typů stabilizovaných a nestabilizovaných koronových výbojů

Eliška Urbánková

Práce se zabývá měřením volt-ampérových charakteristik a popisem režimů stabilizovaných a nestabilizovaných koronových výbojů obou polarit v uspořádání elektrod hrot proti rovinné elektrodě. Rovinná elektroda je v jednotlivých případech realizována povrchem agaru, povrchem vodní hladiny a nerezovou plochou. Stabilizace výbojů byla provedena předřadnou impedancí. Měření byla provedena na aparatuře stávající a částečně optimalizované. Částečná optimalizace spočívala v částečné eliminaci parazitních indukčností a kapacit z elektrického obvodu výboje. Vzdálenost hrotu jehly od rovinné elektrody byla nastavena při všech experimentech na 2,5 mm.

Bylo zjištěno, že předřadná impedance v obou aparaturách má za následek pro koronový výboj obou polarit zvýšení proudu i výkonu výboje a také kvalitativní změnu v jeho režimech. Hodnoty proudu a napětí, při kterých dochází ke změnám režimu výbojů závisí na použitém předřadném rezistoru R , aparatuře a rovinné elektrodě.

V případě zapojení předřadného rezistoru do obvodu kladné korony bylo dosaženo řádově vyšších proudů a výkonů výboje (např. pro optimalizovanou aparaturu, $R = 8 \text{ M}\Omega$, agar: z 50 na 500 μA a z 0,18 na 1,5 W) bez přechodu do jiskry pro všechny použité rovinné elektrody. Toto zvýšení je způsobeno kvalitativní změnou režimu výboje - přechodem do režimu tzv. přechodové jiskry, či *flashing* korony (režim vyznačující se periodickým vznikem a zánikem filamentů, tj. ionizovaných kanálů). Kladný stabilizovaný koronový výboj provozovaný v částečně optimalizované aparatuře se vyznačuje dodatečným režimem oproti případu, kdy je výboj zapojen v aparatuře stávající, viz tabulka níže.

Předřadný rezistor zapojený do obvodu záporného koronového výboje má za následek dosažení vyššího proudu a výkonu, při kterém výboj přechází do jiskry v porovnání s výbojem bez rezistoru. Jiskrový kanál v tomto případě neperiodicky vzniká a zaniká a nezpůsobuje tak výpadek VN zdroje (jako v případě výboje bez impedance); jiskrový kanál je superponován na zápornou koronu. Při dalším zvýšení napětí výboj přechází do režimu doutnavé korony. Tento režim se vyznačuje výrazným poklesem napětí na elektrodách výboje, výrazným zvýšením vodivosti a zvýšením teploty ionizovaného plynu mezi elektrodami výboje. Takto lze zvýšit proud a výkon např. v případě optimalizované aparatury, $R = 8 \text{ M}\Omega$ a kovové plochy ze 140 na 500 μA a z 0,5 na 0,85 W.

Vliv předřadné impedance na charakter výbojů v obou aparaturách je částečně shrnut v následující tabulce.

	Stávající aparatura	Optimalizovaná aparatura
Kladná korona	Při proudech do cca 50 μA - stejný charakter jako bez připojeného rezistoru, při proudech nad 50 μA dochází k přechodu do přechodové jiskry (výrazný pulzní režim, periodicky vznikající a zanikající ionizované kanály), ve V-A charakteristice vzniká přechodová oblast.	Při proudech do cca 50 μA - stejný charakter jako bez připojeného rezistoru, nad 50 μA přechází výboj do režimu přechodové jiskry. Na rozdíl od stávající aparatury se, při daném proudu, výboj vyznačuje řádově vyšší frekvencí filamentů (zjednodušeně řečeno téměř kontinuálním hořením výboje) s nižšími proudovými pulzy.
Záporná korona	K přechodu do jiskrového kanálu dochází při větším proudu (v porovnání s případem bez rezistoru), jiskrové kanály nezpůsobují přetížení zdroje, ale jsou neperiodicky přerušovány; při dalším zvýšení napětí zdroje, výboj přechází do doutnavé korony.	Oproti stávající aparatuře výboj přechází z režimu záporné korony přímo do režimu doutnavé korony (proti vodě i proti kovu). Režim, kdy jsou na zápornou koronu superponovány neperiodické jiskrové kanály se zde téměř nevyskytuje.

Provedené experimenty ukázaly podstatný vliv předřadného rezistoru v elektrickém obvodu výboje jak na V-A charakteristiky, tak na dosažené režimy testovaných koronových výbojů.