ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS OBJEVU K DIPLOMU ČÍS. 31

Přihlášeno: 27. 01. 76 (PO 4—76)

Právo přednosti od 27, 01. 76

Zveřejněno: Vynálezy a zlepšovací návrhy 8/80, s. 306—309

Uděleno: 17. 01. 85

Vydáno: 15. 08. 85

MDT 537.523.4

Autor objevu: KLAS JAROSLAV, PÍSEK

Název objevu: **Vznik tvarově deformovaných čárových výbojů mezi elektrodami jiskřiště**

Předmět objevu:

Jev spočívající ve vzniku tvarově deformovaných čárových výbojů, k němuž dochází mezi elektrodami dvouelektrodového jiskřiště, upravenými parafinem po reverzaci stejnosměrného napětí řádově 100 000 V, a to vlivem vytvořených lokálních ionizovaných prostorů a lokálních prostorových nábojů, jejichž tvar a mechanismus vzniku je totožný s tvarem a mechanismem vzniku čárových výbojů v atmosféře.

Objev se zabývá vznikem tvarové deformace čárových výbojů, k níž dochází mezi elektrodami dvouelektrodového jiskřiště, z nichž jedna je upravena parafinem, po reverzaci stejnosměrného napětí.

Na dvouelektrodovém jiskřišti, za tlaku jedné atmosféry a při stejnosměrném napětí mezi elektrodami vznikají obecně čárové výboje tvaru úsečky. Pro rozměrově delší výboje platí, že zakřivenost výbojové dráhy je malá, v porovnání s průměrem výbojového kanálku. Potenciální rozdíl mezi kladnou a zápornou elektrodou je přibližně 30 000 V na jeden centimetr vzájemné vzdálenosti. Čárový výboj v atmosféře (blesk) je možno považovat také za výboj obdobný výbojí mezi dvěma elektrodami (země—mrak, mrak—mrak).

Přesto je zde však dráha výbojového kanálku značně odlišená od drah výbojových kanálků na dvouelektrodovém jiskřišti. U atmosférického čárového výboje je dráha výbojového kanálku značně zakřivena a často se zvětšuje. Rovněž potenciální spád potřebný pro vznik atmosférického čárového výboje je značně nižší, než potenciální spád nutný pro vznik výboje na dvouelektrodovém jiskřišti. Potenciální spád potřebný pro vznik čárového výboje v atmosféře je 3000 V nebo nepatrně vyšší, na jeden centimetr vzdálenosti mezi mrakem a zemí. Podle obecné představy by se měly podmínky pro vznik čárového výboje v atmosféře a na dvouelektrodovém jiskřišti shodovat. Rovněž mezi tvarem výbojových kanálků by nemělo být rozdílu. To však doposud odporovalo dosaženým experimentálním výsledkům. Proto bylo nutno považovat vědecké teoretické znalosti v oblasti čárových výbojů za nedostatečné. Tato nedostatečnost teoretických znalostí v oblasti čárových výbojů přitahovala soustavně pozornost a pracovní úsilí vědců.

Podstatou objevu je vznik výbojů mezi elektrodami dvouelektrodového jiskřiště, shodujících se tvarem výbojových kanálků, podmínkami a mechanismem vzniku s výboji v atmosféře. Tyto výboje vznikají mezi elektrodami, z nichž jedna je upravena slabou vrstvou parafinu (řádově 10^{-3} cm) po reverzaci stejnosměrného napětí řádově 100 000 V, a to vlivem vytvořených lokálních ionizovaných prostorů a lokálních prostorových nábojů.

Jev vzniká při následujícím postupu:

Parafinem upravená elektroda se nabije na napětí 100 000 V a k jejímu povrchu se přiblíží uzeměná kovová tyč s hrotem na vzdálenost přibližně 20 cm. Vlivem elektrostatické indukce postupují z kovového hrotu na povrch elektrody, pokrytý parafinovou vrstvou, elementární náboje opačné polarity a zde se zachycují. Přibližně za dvě minuty se pokryje povrch parafinové vrstvy dostatečným množstvím nábojů opačné polarity, než jakou má náboj přiváděný na elektrodu. Potom se kovový hrot oddálí a provede se reverze napětí na elektrodě tak, že je nabita znovu na 100 000 V opačné polarity. Ihned po uvedené reverzi napětí se k této elektrodě začne přibližovat druhá uzemněná elektroda. Po přiblížení elektrod na vzdálenost asi 10 cm dochází k vytváření čárových výbojů, které jsou tvarem a mechanismem vzniku obdobou čárových výbojů v atmosféře. Zmíněné vlastnosti mají platnost pouze pro několik prvních výbojů. S přivývajícím počtem výbojů je nutno pro vznik dalšího výboje elektrody o konstantním napětí 100 000 V k sobě více přibližovat. U dalších výbojů se také snižuje zakřivení čárových drah a výše uvedeným způsobem upravené jiskřiště nabývá vlastností standardního, zvláště neupraveného dvouelektrodového jiskřiště.

Objev je odvozen z přibližně padesáti pokusů, provedených při střední relativní vlhkosti ovzduší a za tlaku jedné atmosféry.

Při prvém pokusu byla elektroda **1** (obr. 1 a obr. 2) o průměru kruhové plochy 4 cm nabita záporně na napětí 100 000 V. Po vysršení indukovaných elementárních nábojů z hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** na povrch parafinové vrstvy **2** elektrody **1** byla provedena změna polarity elektrody **1** a elektroda nabita na kladné napětí 100 000 V. Po oddálení hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** byla přiblížena elektroda **5** o průměru kruhové plochy 30 cm na vzdálenost asi 10 cm. Při této vzdálenosti došlo ke vzniku výboje se značně lomenou dráhou, vystupujícího z elektrody **1**. Ve vzdálenosti asi 4 cm od elektrody **1** se výboj rozdvojil, takže na elektrodu **5** směřovaly dva výbojové kanálky. Další výboj nastal přibližně za 1,5 sec. po přiblížení elektrod na vzdálenost asi 7 cm. Byl silně lomený, nerozvětvený. Další čtyři výboje nastaly po přiblížení elektrod na vzdálenost 5 cm. Jejich dráhy byly částečně zakřivené, nerozvětvené. Při dalším přiblížení elektrod na vzdálenost asi 3,5 cm docházelo pak ke vzniku normálních přímočarých výbojů.

Při druhém pokusu byla elektroda **1** o průměru kruhové plochy 4 cm nabita na kladné napětí 100 000 V. Po vysršení indukovaných elementárních nábojů z hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** na povrch parafinové vrstvy **2** elektrody **1** byla provedena změna polarity elektrody **1** a elektroda nabita na

záporné napětí 100 000 V. Pak byla přiblížena elektroda **5** o průměru kruhové plochy 30 cm na vzdálenost asi 10 cm. Při této vzdálenosti došlo ke vzniku výboje, jehož dráha byla obloukovitě zakřivena. Výška oblouku nad přímkou spojující body výbojových kanálků na elektrodách **1** a **5** činila asi 2 cm. Další výboj nastal za 1,5 sec. po přiblížení elektrod na vzdálenost 5 cm. Výbojový kanálek měl tvar přímky. Při dalším přibližování elektrod došlo k sršení náboje z elektrody **1** v místě narušení parafinové vrstvy **2** předcházejícím výbojem. Výboj se obnovil až po přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost asi 1 cm. Došlo k poklesu napětí VNG vlivem úbytku náboje sršením. Výbojové kanálky měly tvar přímky.

Při třetím pokusu, který byl proveden za stejných podmínek jako prvý pokus, odpovídaly výsledky přibližně výsledkům prvého pokusu.

Při třetím pokusu, který byl proveden za stejných podmínek jako prvý pokus, odpovídaly výsledky přibližně výsledkům prvého pokusu.

Při pátém pokusu byla elektroda **1** o průměru kruhové plochy 4 cm nabita na záporné napětí 100 000 V. Po vysršení elementárních nábojů z hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** na povrch parafinové vrstvy **2** elektrody **1** byla provedena změna polarity elektrody **1** a elektroda byla nabita na kladné napětí 100 000 V. Pak byla přiblížena elektroda **5**. Dříve používaná elektroda **5** o průměru kruhové plochy 30 cm byla v tomto případě nahrazena kovovou elektrodou o průměru kruhové plochy 4 cm. Při přiblížení na vzdálenost asi 11 cm došlo ke vzniku čárového výboje, jehož dráha byla silně zakřivená a výboj směrem k elektrodě **5** byl rozvětven do dvou výbojových kanálků. Další výboj vznikl asi 1,5 sec. po přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost asi 7 cm. Byl silně lomený, nerozvětvený. Třetí a čtvrtý výboj nastal při přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost asi 5 cm. Oba výboje byly lomené, nerozvětvené. Při dalším přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost asi 3,5 cm docházelo ke vzniku většinou normálních jiskrových výbojů. Přesto některé z těchto výbojů vykazovaly částečné zakřivení dráhy (vlivem sršení elementárních nábojů z míst, kde došlo k předcházejícím průrazům parafinové vrstvy **2**).

Při šestém pokusu byla elektroda **1** o průměru kruhové plochy 4 cm nabita na kladné napětí 100 000 V. Po vysršení indukovaných elementárních nábojů z hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** byla provedena změna polarity elektrody **1** a elektroda byla nabita na záporné napětí 100 000 V. Pak byla přiblížena elektroda **5**. Dříve používaná elektroda **5** o průměru kruhové plochy 30 cm byla nahrazena v tomto případě kovovou elektrodou o průměru kruhové plochy 4 cm. Po přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost asi 10 cm došlo ke vzniku čárového výboje, jehož dráha byla několikanásobně silně za-

lomena. Další výboj nastal přibližně po 1,5 sec. po přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost 8 cm. Dráha tohoto výboje byla několikanásobně lomená. Třetí výboj nastal po přiblížení elektrod **1** a **5** na vzdálenost 5 cm. Rovněž jeho dráha byla silně zalomena. Po dalším přibližování elektrod na vzdálenost asi 3,5 cm docházelo ke vzniku normálních jiskrových výbojů, střídajících se se sršením elementárních nábojů z povrchu elektrody **1** v místech průrazu parafinové vrstvy **2**.

Při sedmém pokusu byly podmínky stejné jako při pokusu pátém a výsledek byl obdobný jako u tohoto pokusu.

Při osmém pokusu byly podmínky stejné jako při šestém pokusu a výsledek byl obdobný jako u tohoto pokusu.

Další provedené pokusy byly opakováním prvého a šestého pokusu. Za stejných podmínek byly výsledky vždy stejné.

Popsané výsledky umožňují vysvětlení mechanismu vzniku tvarově deformovaných čárových výbojů na zvláště upraveném dvouelektrodovém jiskřišti:

Náboj, který v úvodní fázi pokusu přešel z hrotu **4** uzeměné kovové tyče **3** na parafinový povrch **2** elektrody **1**, se zde nerozkládá rovnoměrně a spojitě. Část elementárních nábojů se zachycuje na mikroskopických vodních kapičkách, jež dopadly na povrch parafinové vrstvy **2**. Dále je zde nutno uvážit dopad pevných mikroskopických částic z ovzduší při provádění prvé fáze pokusu a rozložení elementárních nábojů na jejich povrchu. Mimo to napomáhají nerovnoměrnému rozložení nábojů mikroskopické nerovnosti parafinové vrstvy **2**. Silová vazba nabitých mikroskopických vodních kapiček a pevných částic je po změně polarity elektrody **1** k povrchu parafinové vrstvy nízká. Vlivem odpudivé elektrické síly po změně polarity elektrody **1** se z povrchu parafinové vrstvy oddělují jako první nabité mikroskopické pevné částice. Tím se zvýší nerovnoměrné rozložení elementárních nábojů na povrch parafinové vrstvy. U mikroskopických vodních kapiček na povrchu parafinové vrstvy dochází ke kapilární depresi. Proto se po změně polarity elektrody **1** některé nabité mikroskopické vodní kapičky od povrchu parafinové vrstvy snadno oddělí a postupují k povrchu elektrody **1**. Tím se dále zvýší nerovnoměrnost rozložení elementárních nábojů na povrchu parafinové vrstvy. Protože u mikroskopických vodních kapiček dochází ke kapilární depresi, snadno se vlivem silového působení elementárních nábojů na svém povrchu deformují do tvaru hrotů. Při této deformaci dochází rovněž k přesunu elementárních nábojů těchto kapiček do vrcholku popsaných hrotů. Dojde zde k místnímu zvýšení intenzity elektrického pole. Toto místní zvýšení intenzity elektrického pole způsobené přesunem elementárních nábojů, společně s posaným nerovnoměrným rozložením elementárních nábojů na povrchu parafinové vrstvy, má za následek vysršení elementárních nábojů z vrchlu mikroskopických vodních kapiček do okolního ovzduší.

K tomuto jevu dochází v případě, že popsané zvýšení místní intenzity elektického pole je dostatečné k tomu, aby způsobilo ionizaci elektrickým polem v prostoru vrcholu mikroskopické vodní kapičky a v případě, že vlivem silové vazby k povrchu parafinové vrstvy nedojde k oddělení mikroskopické vodní kapičky jako celku. Při dalším postupu elementárních nábojů a nabitých částic k povrchu elektrody **5** dochází k ionizaci nárazem u elementárních nábojů, které urazí delší dráhu bez srážky s atomem nebo molekulou ovzduší, než jaká odpovídá střední volné dráze nabité částice.

Rovněž vlivem různé hybnosti postupujících mikroskopických vodních kapiček dochází k vytvoření lokálních prostorových nábojů, které deformují počáteční homogenní elektrické pole mezi elektrodami jiskřiště. Spojováním a vzájemným působením sousedních ionizovaných mikroprostorů dochází k vytváření krátkých výbojových kanálků s postupujícími elektrickými náboji, jež se při ionizaci oddělují podle druhu polarity. Krátký výbojový kanálek, který se rozvine z prostoru mezi elektrodami **1** a **5** a dorazí na povrch parafinové vrstvy **2** přesune na místo spojení s parafinovou vrstvou **2** elementární náboje opačné polarity, než jakou má elektroda **1**.

Při dostatečné koncentraci těchto uvedených elementárních nábojů dojde k průrazu parafinové vrstvy. Po průrazu parafinové vrstvy postupují elementární náboje elektrody **1** krátkým výbojovým kanálkem k elektrodě **5**. Přesunem elemetárních nábojů z elektrody **1** do popsaného výbojového kanálku dojde ke značnému zvýšení intenzity elektrického pole v jeho okolí. Toto zvýšení intenzity elektrického pole výrazně ovlivní další rozvoj vzniklých okolních krátkých výbojových kanálků a lokálních mikroprostorů ionizovaného ovzduší. Čela opačné polarity okolních výbojových kanálků začnou postupovat směrem k uvedenému výbojovému kanálku. Při jejich spojování s uvedeným výbojovým kanálkem dochází k výraznému zakřivování nebo rozvětvování další dráhy popsaného výboje postupujícího těmito prostory.

Po dostoupení elementárních nábojů z elektrody **1** na povrch elektrody **5** popsaným výbojovým kanálkem, dojde vlivem nižšího ohmického odporu výbojového kanálku, než jaký má okolní ovzduší, k intenzívnímu vyrovnání potenciálů mezi elektrodou **1** a elektrodou **5** tímto kanálkem. Toto vyrovnávání potenciálů pak pozorujeme jako deformovaný čárový výboj, tvarem a mechanismem vzniku totožný s čárovými výboji v atmosféře.

Elektricky má výboj charakter tlumeného kmitu. Pokud volíme elektrodu **5** malých

rozměrů v poměru k rozměrům elektrody **1**, lze připustit opačný prvotní rozvoj výbojového kanálku, než zde bylo popsáno, tj. rozvoj výbojového kanálku z elektrody **5** k elektrodě **1**. Při malých rozměrech elektrody **5** je na jejím povrchu a v jejím bezprostředním okolí intenzita elektrického pole značně vyšší než ve většině popsaných pokusů. Proto je nutno předpokládat snadnou ionizaci ovzduší v jejím okolí a tedy i snadný přechod jejích indukovaných nábojů do prostoru mezi elektrodami. Přitom však elementární náboje oddělené z elektrody **1** plní tutéž funkci jako ve výše popsaných příkladech.

Uvedeným závěrům odpovídají výsledky prvého, třetího, pátého, šestého, sedmého a osmého pokusu.

Druhý a čtvrtý pokus dávají výsledky odlišné, než jaké jsou uvedeny v rozboru objevu. Příčinu odlišnosti výsledků těchto dvou pokusů od výsledků pokusů ostatních je nutno hledat v jednostranném přesycení výbojového prostoru volnými elektrony. Ty vznikají jednak při probíhající ionizaci nárazem, jednak při ionizaci elektrickým polem a dále pak při oddělování elektronů z povrchu parafinové vrstvy **2** elektrody **1**. Převaha volných elektronů nad rovněž vznikajícími kladnými ionty způsobuje, že volné elektrony při své značné pohyblivosti v zárodku neutralizují vznikající lokální prostory kladného náboje mezi elektrodami. Opouštějí rychle vznikající lokální prostory záporného náboje a tím velikost těchto prostorů při témže celkovém záporném náboji zvětšují. Tím se snižuje lokální intenzita elektrického pole. Obě uvedené funkce plní elektrony v časových úsecích kratších, než jaké jsou potřebné pro rozvoj čárového výboje se značně zakřivenou dráhou.

Správnost tohoto závěru potvrzují výsledky šestého a osmého pokusu. Zde, při téže intenzitě elektrického pole na povrchu elektrodě **1**, je v celém dalším prostoru vznikajících výbojů a na parafinovém povrchu **2** elektrody **1** intezita pole vyšší než u druhého pokusu. Je zde tedy mohutnější ionizace nárazem. Proto je v tomto případě poměr mezi kladnými ionty a součtem elektronů a záporných iontů emitovaných z elektrody **1** nebo vzniklých při ionizaci vyrovnanější než u druhého pokusu. Mimoto volné elektrony vlivem vyšší intenzity pole na elektrodě **1** rychleji k této elektrodě postupují a neodbočují tolik do vzniklých lokálních prostorů kladného náboje. Proto ani výsledky těchto dvou pokusů neodporují závěrům rozboru objevu.

Z výše uvedeného rozboru pokusů na zvlášť upraveném dvouelektrodovém jiskřišti vyplývá, že vznikají čárové výboje těchto vlastností:

a) Dráhy vznikajících výbojů jsou různě zakřivené, lomí se nebo rozvětvují.

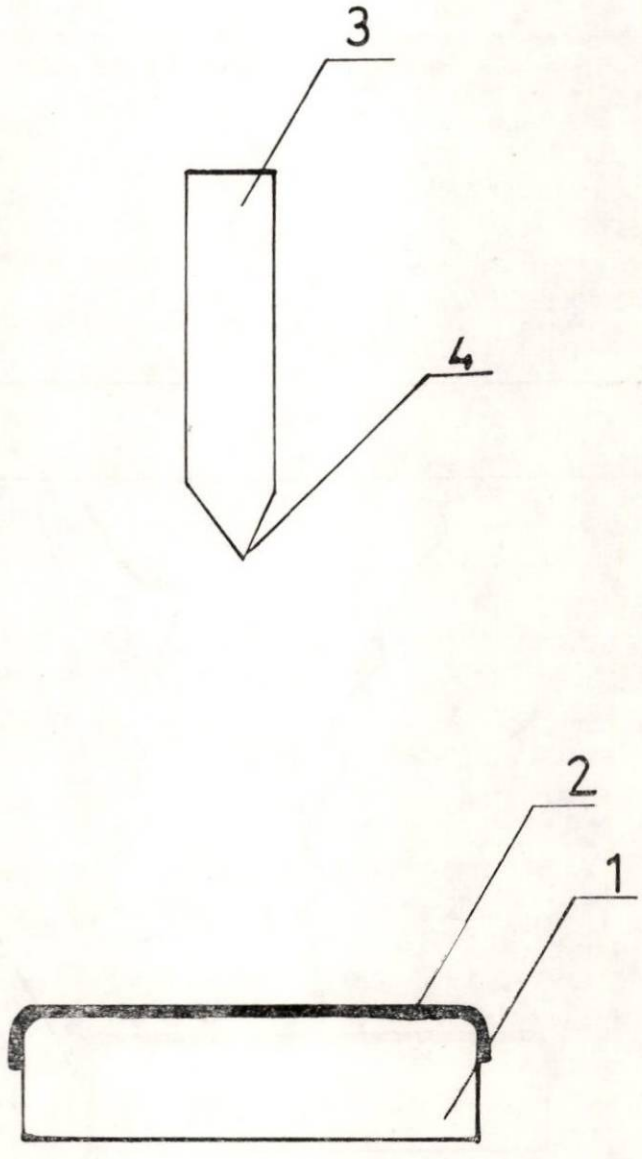
b) K výbojům dochází při několikanásobně nižším napětí mezi elektrodami, než jaké by odpovídalo, při dané vzdálenosti, tvaru a velikosti elektrod, normálním čárovým výbojům standardního dvouelektrodového jiskřiště.

Vznik tvarově deformovaných čárových výbojů na zvlášť upraveném jiskřišti je podmíněn:

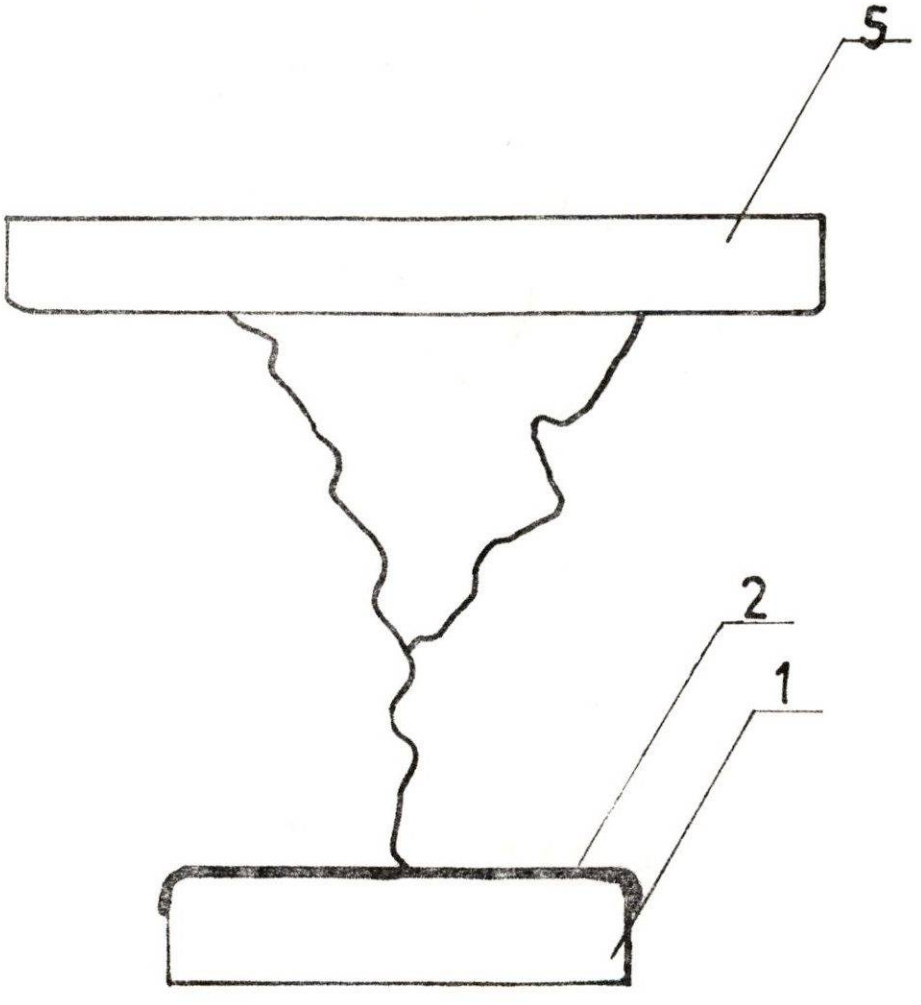
a) existencí lokálních prostorových nábojů nepravidelně rozložených v celém prostoru mezi elektrodami zvlášť upraveného jiskřiště v době vzniku tvarově deformovaných čárových výbojů a v době, jež vzniku tvarově deformovaných čárových výbojů bezprostředně předchází;

b) existenci lokálních ionizovaných prostorů ovzduší, nepravidelně rozložených v celém prostoru mezi elektrodami zvlášť upraveného dvouelektrodového jiskřiště, v době vzniku tvarově deformovaných čárových výbojů a v době, jež jejich vzniku bezprostředně předchází.

Objev doplnil dříve nedostačující teoretické znalosti v oblasti čárových výbojů. Poznatků dosažených objevem, týkajících se mechanismu vzniku čárových výbojů v atmosféře, lze využít při konstrukci ochranných zařízení proti čárovým atmosférickým výbojům. Dále jich lze využít při konstrukci jiskřišť specifických vlastností.



Obr. 1



Obr. 2