



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00823

(22) Data de depozit: 11/12/2020

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2022 BOPI nr. 6/2022

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL PENTRU FIZICA  
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI -  
INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• STOICAN OVIDIU-SORIN,  
STR.CIOCĂRLIEI, NR.1BIS, BL.1, ET.2,  
AP.17, BRAGADIRU, IF, RO

(54) DISPOZITIV PENTRU INIȚIEREA UNUI JET DE PLASMĂ  
LA PRESIUNE ATMOSFERICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv portabil care generează local condițiile necesare ionizării unei mase de gaz, aflată în curgere, având ca rezultat apariția și menținerea ulterioară a unei plasme stabile, sub formă de jet, la presiune atmosferică. Dispozitivul conform invenției cuprinde un ansamblu de doi electrozi (2 și 3), mobil, portabil și care poate fi poziționat manual de un operator uman, cei doi electrozi (2 și 3) fiind conectați la o sursă (7) de pulsuri de înaltă tensiune, fixați într-o carcasă (4) izolatoare electric la extremitatea aflată în contact cu utilizatorul, în timp ce, la cealaltă extremitate, capetele electrozilor (2 și 3) se află în aer, la o anumită distanță unul față de celălalt, valoarea tensiunii electrice aplicate celor doi electrozi (2 și 3) fiind suficient de mare astfel încât să genereze o descărcare electrică între capetele acestora aflate în aer, ansamblul fiind poziționat manual în apropierea unei surse de jet de plasmă, menținut în această poziție pe durata de timp necesară formării unui jet de plasmă (12) stabil, apoi îndepărtat.

Revendicări: 2  
Figuri: 3

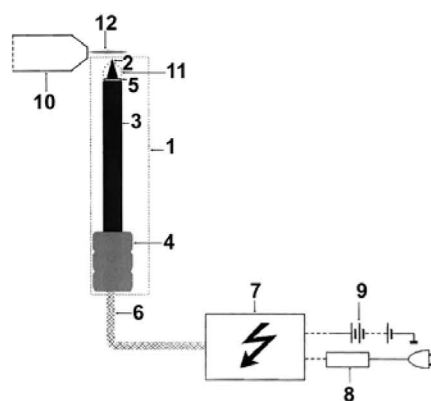


Fig. 1



BUREAUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MARCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2020 823
Data depozit	...11-12-2020...

33

## DESCRIEREA INVENȚIEI

### DISPOZITIV PENTRU INIȚIEREA UNUI JET DE PLASMĂ LA PRESIUNE ATMOSFERICĂ

Invenția se referă la un dispozitiv portabil care generează local condițiile necesare ionizării unei mase de gaz, aflată în curgere, având ca rezultat apariția și menținerea ulterioară a unei plasme stabile, sub formă de jet, la presiune atmosferică. Plasmele obținute la presiune atmosferică, termice sau non-termice, au o serie largă de aplicații în domenii extrem de variate cum sunt, fără a se limita la acestea, procesarea și prelucrarea materialelor, depoluarea apelor, tratamentul suprafețelor diverselor materiale organice sau anorganice, decontaminare chimică sau biologică.

Dispozitivul la care face referire invenția poate fi utilizat, ca mijloc de inițiere a jetului de plasmă, termică sau non-termică, pentru sistemele de generare a plasmei la presiune atmosferică, plasmă întreținută ulterior prin intermediul unor descărcări electrice produse în absența oricăror electrozi (descărcări electrice fără electrozi). Acestea pot fi descărcări electrice de radiofrecvență excitate capacitiv, excitate inductiv sau descărcări electrice în câmp electromagnetic de microunde (descărcări de microunde). În acest scop, conform invenției, dispozitivul generează o descărcare electrică, care produce în vecinătatea sa o ionizare locală a gazului, această descărcare fiind menținută pe durata necesară formării și stabilizării jetului de plasmă. Dispozitivul la care face referire invenția, se prezintă ca un echipament independent de sursa de plasmă pentru care se inițiază descărcarea, are dimensiuni și greutate suficient de mici pentru a permite transportul, poziționarea și operarea sa manuală.

Sistemele de generare a plasmei la presiune atmosferică, pentru care este utilizat dispozitivul care face obiectul invenției, conțin de regulă, ca element terminal, unul sau mai multe elemente de tip *ejector*. Elementul de tip ejector din compunerea unui sistem de generare a plasmei la presiune atmosferică constă dintr-o incintă metalică sau dielectrică, prevăzută cu un orificiu de ieșire, de forma unui ajutoraj, la extremitatea căruia se obține jetul de plasmă. În interiorul ejectorului sau la ieșirea acestuia, se formează plasma, care este expulzată sub formă de jet în spațiul exterior prin acest orificiu de ieșire, fiind antrenată de un curent de gaz, denumit *gaz purtător*, introdus sub presiune în ejector și evacuat prin orificiul de ieșire al acestuia. Menținerea jetului de plasmă, după ce aceasta se formează și devine stabil, depinde de natura circuitului de alimentare electrică folosit. De exemplu, dacă ne referim numai la

descărcările electrice fără electrozi, pot fi sisteme de generare a plasmei la presiune atmosferică alimentate electric în câmp electric de radiofrecvență sau de microunde.

Înainte de a ajunge într-o stare stabilă, jetul de plasmă trebuie inițiat prin amorsarea unei descărcări electrice. Pentru amorsarea inițială a descărcării electrice trebuie aplicate câmpuri electrice, statice sau variabile, de intensitate mult mai mare decât cele necesare întreținerii ulterioare a acesteia. După inițierea plasmei și stabilizarea acesteia, jetul de plasmă se poate menține de regulă utilizând câmpuri electrice de intensitate mult mai mică. De exemplu, în *M. Abdur Razzak, S. Takamura, Y. Uesugi, JIEED, Japan, vol. 47 Extra number p. 25 (2004)*, este prezentat un grafic unde este demonstrată scăderea curentului de radiofrecvență în bobina de excitație a unei descărcări de radiofrecvență inductive de la cca 300A la cca 60A, după inițierea plasmei. După inițierea plasmei existența unor câmpuri electrice de intensitate excesiv de mare poate conduce la apariția unor instabilități, regimuri de funcționare necorespunzătoare scopului propus, descărcări electrice parazite și poate suprasolicita circuitele de alimentare electrică. Prin urmare pentru menținerea jetului de plasmă într-un regim stabil, după ce acesta a fost inițiat, circuitul de alimentare electrică al unui sistem de generare a plasmei la presiune atmosferică trebuie să prezinte caracteristici cu totul diferite de cele necesare inițierii jetului de plasmă. Au fost propuse mai multe soluții pentru rezolvarea acestei probleme. În documentul *V. Frolov et al, Rom. Journ. Phys. Vol. 56, Supplement, p. 36-40 (2011)* este descrisă o sursă de plasmă cu alimentare electrică mixtă, folosind un câmp electric continuu, cu ajutorul căruia se inițiază descărcarea, peste care se suprapune un câmp electric de radiofrecvență (5.28MHz). În documentul *M. Abdur Razzak, S. Takamura, Y. Uesugi, Journal of Applied Physics, vol. 96, No.9, p. 4771 (2004)* este descrisă o sursă de plasmă întreținută de către un câmp electric de radiofrecvență, cu frecvența 0.2-1.7MHz, puterea maximă a generatorului fiind 20kW. Pentru inițierea plasmei și împiedicarea întreruperii acesteia, suplimentar în se utilizează descărcări electrice cu rata de repetiție de 500 Hz și durata 20-30 ms, generate de către o bujie montată pe tubul de descărcare. În *C. Schopp et. Al, Journal of Physics : Conferences Series 406, (2012) 012029*, este descrisă o sursă de plasmă generată de către un câmp electromagnetic de microunde, cu frecvența 2.45GHz, putere generator 200W, prevăzută suplimentar cu două seturi de electrozi, pentru inițiere, respectiv menținere jet de plasmă. În *S. Kumagai et al, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 50, 8S1, article id. 08JA02 (2011)*, se prezintă cazul unei surse de plasmă de RF cuplată inductiv, unde prin adăugarea unui electrod filiform flotant, puterea necesară inițierii plasmei a fost de 18W la 100MHz față de peste 200W în absența acestuia. În *M. I. Boulos,*

*Pure & Appl. Chem.*, vol. 57, No. 9, pp. 1321-1352 (1985) este prezentată o metodă de reducere a puteri necesare obținerii unei plasmă RF, introducând inițial argon, drept gaz purtător, reducând treptat debitul acestuia simultan cu creșterea debitului gazului purtător de interes. Toate aceste soluții au dezavantajul că necesită îndeplinirea unor condiții tehnice complicate și trebuie să prezinte caracteristici tehnice și funcționale particularizate pentru un singur tip de sursă de plasmă și pentru o aplicație bine definită, fiind dificil de modificat ulterior. De asemenea există cazul în care sistemul de generare a plasmei la presiune atmosferică este prevăzut cu ejectoare multiple. În acest caz realizarea circuitelor de alimentare electrică devine deosebit de complicată deoarece trebuie ținut seama de situația în care numai pentru o parte din ejectoare se obține un jet stabil de plasmă, pentru celelalte trebuind continuată operația de amorsare a descărcării electrice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în aceea că reprezintă o soluție prin care se realizează temporar și local condițiile necesare apariției și stabilizării jetului de plasmă simplificând construcția circuitelor de alimentare electrică a sistemelor de generare a plasmei la presiune atmosferică, prevăzute cu unul sau mai multe ejectoare, circuitele de alimentare electrică putând fi astfel destinate numai menținerii jetului de plasmă nu și inițierii acestuia.

Dispozitivul pentru inițierea jetului de plasmă, realizat conform invenției, înlătură dezavantajele soluțiilor existente, constând, conform invenției dintr-un ansamblu de doi electrozi coaxiali conectați la o sursă de pulsuri de înaltă tensiune, electrodul exterior fiind un tub metalic, electrodul central fiind sub forma unei bare subțiri, introdus într-un tub dielectric confecționat dintr-un material ceramic, pentru a asigura izolația electrică față de electrodul exterior. Suplimentar, pentru protecția operatorului, tubul metalic, constituind electrodul exterior, poate avea suprafața sa exterioară acoperită cu un material izolator electric. La una din extremități, numită în continuare *extremitate izolată*, conform invenției, ansamblul format din electrodul central, electrodul exterior și tubul dielectric este fixat într-un mâner izolator electric, care permite menținerea solidară a întregului ansamblu și manipularea sa în siguranță de către un operator uman. Ansamblul format din mânerul izolator, electrodul central, electrodul exterior și tubul dielectric va fi denumit în continuare *cap portabil* al dispozitivului de inițiere a jetului de plasmă. Cealaltă extremitate a ansamblului format din electrodul central și electrodul exterior, numită în continuare *extremitate liberă* este realizată, conform invenției, astfel încât electrodul central depășește ca lungime electrodul exterior, permițând ca între cei doi electrozi să se declanșeze un arc electric, prin spațiul exterior, atunci când diferența de potențial dintre cei doi electrozi este suficient de mare. În cazul aerului, la

presiune atmosferică câmpul electric necesar pentru amorsarea descărcării electrice este de circa 3 MV/m (*J. S. Rigden, Macmillan Encyclopedia of Physics, Ed. Simon & Schuster, 1996, p. 353.*). Atunci când între electrodul central și electrodul exterior apare un arc electric, dispozitivul pentru inițierea jetului de plasmă se află *în stare de funcționare*. Pentru reducerea diferenței de potențial necesare declanșării descărcării electrice, conform invenției, la extremitatea sa liberă electrodul central este realizat sub forma unui vârf ascuțit. La extremitatea izolată, conform invenției sistemul format din electrodul central și electrodul exterior este conectat prin intermediul unui cablu electric de înaltă tensiune introdus în mânerul izolator printr-un canal cilindric special destinat acestui scop, la un modul de alimentare care furnizează pulsuri de înaltă tensiune, cu amplitudinea de ordinul kilovolților, suficient de mare pentru a obține local condițiile care asigură străpungerea electrică a gazului din mediul exterior, la presiune atmosferică. Circuitul care furnizează pulsurile de înaltă tensiune aplicate electrozilor de asemenea intră în compunerea dispozitivului de inițiere a jetului plasmă la care face referire invenția. Conform invenției, utilizarea dispozitivului de inițiere a jetului plasmă în scopul propus se face în modul descris în continuare.

Capul portabil este poziționat manual de către un operator uman astfel încât extremitatea liberă a electrodul central, să fie plasată în imediata apropiere a orificiului de ieșire a ejectorului sistemului de generare a plasmei sau în interiorul ejectorului dacă acest lucru este posibil, și menținut în stare de funcționare suficient de mult timp pentru ca jetul de plasmă să se formeze și să devină stabil. După ce jetul de plasmă devine stabil, capul portabil este îndepărtat, starea de funcționare a dispozitivului pentru inițierea jetului de plasmă poate fi întreruptă, putându-se eventual iniția jetul de plasma la un alt sistem sau instalație de generare a plasmei care necesită acest lucru sau la un alt ejector al aceluiași sistem dacă este cazul.

Față de soluțiile anterioare, dispozitivul de inițiere a jetului de plasmă la care face referire invenția prezintă următoarele avantaje:

- dispozitivul funcționează temporar, putând fi îndepărtat iar funcționarea sa întreruptă după inițierea jetului de plasmă;
- sistemele de generare a plasmei pot fi echipate numai cu circuite electrice de alimentare necesare menținerii plasmei, simplificându-se astfel construcția acestora precum și cerințele privind izolația electrică;
- un singur dispozitiv realizat conform invenției poate fi folosit pentru inițierea jetului de plasmă, succesiv, pentru mai multe sisteme de generare a plasmei sau pentru un sistem de generare a plasmei prevăzut cu mai multe ejectoare;

-dispozitivul realizat conform invenției este independent față de circuitul de alimentare electrică a sistemului de generare a plasmei, putând fi utilizat pentru o mare varietate de sisteme de generare a plasmei indiferent de natura circuitului de alimentare electrică al acestora (câmp electric de radiofrecvență sau câmp electric de microunde);

-dispozitivul este portabil, poate fi operat manual și poate fi alimentat atât de la rețeaua de curent alternativ cât și de la surse chimice de energie electrică reîncărcabile sau nereîncărcabile.

Se dă în continuare un exemplu de realizare și aplicare a invenției, în legătură și cu figurile 1, 2, și 3 care reprezintă:

-Figura 1, schema bloc a dispozitivului pentru inițierea unui jet de plasmă la presiune atmosferică;

-Figura 2, secțiune longitudinală a capului portabil realizat conform invenției;

-Figura 3, exemplu de realizare a modului de alimentare care generează pulsuri de înaltă tensiune pentru dispozitivul la care face referire invenția.

În figura 1 este prezentată schema bloc a unui exemplu de realizare a dispozitivului pentru inițierea unui jet de plasmă la presiune atmosferică. Acesta conține capul portabil 1 ce include electrodul central 2, electrodul exterior în formă de tub 3, și mânerul izolator 4. Electrozii 2 și 3 sunt izolați electric, unul față de altul, de către tubul dielectric 5 confecționat dintr-un material ceramic. Tubul dielectric 5 este introdus în interiorul electrodului exterior 3. Electrocul central 2 este introdus în interiorul tubului dielectric 5. Electrocul central 2, electrocul exterior 3 și tubul dielectric 5 sunt fixați în mânerul izolator electric 4, care asigură din punct de vedere mecanic menținerea solidară a întregului ansamblu și permite manipularea sa în siguranță de către un operator uman. Electrozii 2 și 3 ai capului portabil 1 sunt conectați, prin intermediul cablului electric de înaltă tensiune 6 la modulul de alimentare 7 care furnizează pulsuri de înaltă tensiune. Modulul de alimentare 7 este alimentat de la o sursă de curent continuu de joasă tensiune care poate fi, un alimentator 8 de joasă tensiune conectat la rețeaua electrică sau o sursă chimică de curent continuu, reîncărcabilă sau nereîncărcabilă 9. Capul portabil 1, este poziționat manual de către un operator uman astfel încât extremitatea opusă mânerului izolator 4, numită extremitate liberă, extremitate unde se află capetele electrocului central 2 și electrocului exterior 3, să fie plasat în imediata apropiere a orificiului de ieșire a ejectorului 10 a sistemului de generare a plasmei și menținut în stare de funcționare, astfel încât să producă arcuri electrice 11 suficient de mult timp pentru ca jetul de plasmă 12 să se formeze și să ajungă într-o stare stabilă.

În figura 2 este prezentată o secțiune longitudinală a unui exemplu de realizare pentru capul portabil 1 al dispozitivului pentru inițierea unui jet de plasmă la presiune atmosferică.

Acesta include electrodul central 2 realizat sub forma unei bare subțiri, ascuțită la una din extremități, amplasat în interiorul electrodului exterior 3 și coaxial cu acesta. Electrocul exterior 3 este realizat sub forma unui tub metalic, fiind izolat electric față de electrocul central 2, prin tubul dielectric 5 confecționat dintr-un material ceramic. La extremitatea liberă, marcată cu 13, a ansamblului format din electrocul central 2, electrocul exterior 3 și tubul dielectric 5, electrocul central 2 este realizat conform invenției sub forma unui vârf ascuțit. La extremitatea opusă extremității libere, electrocul central 2, electrocul exterior 3 și tubul dielectric 5, sunt fixați în mânerul izolator electric 4, care asigură menținerea solidară din punct de vedere mecanic a întregului ansamblu și permite manipularea sa în siguranță de către un operator uman. Electrocul central 2 și electrocul exterior 3 sunt conectați prin cablului electric de înaltă tensiune 6 la modulul de alimentare care furnizează pulsuri de înaltă tensiune, cu amplitudinea de ordinul kilovolților, suficient de mare pentru a obține local condițiile necesare apariției unor arcuri electrice 11, între capetele electrozilor 2 și 3, în regiunea extremității libere marcate cu 13.

În figura 3 este prezentat un exemplu de realizare a modulului de alimentare 7 care generează pulsurile de înaltă tensiune pentru dispozitivul la care face referire invenția. Acesta conține transformatorul ridicător de tensiune 14 în secundarul căruia este conectată dioda redresoare de înaltă tensiune 15 la catodul căreia rezultă pulsurile de înaltă tensiune aplicate electrozilor 2 și 3 ai capului portabil 1, prin intermediul cablului electric de înaltă tensiune 6. Curentul în primarul transformatorului ridicător de tensiune 14 este întrerupt periodic cu frecvența  $f$  de către tranzistorul MOSFET 16 comandat de către circuitul driver 17.

Ca exemplu de aplicare s-a realizat dispozitivul la care face referire invenția, pentru care modulul de alimentare 7, alimentat de la o tensiune continuă de 12V, echipat cu tranzistorul MOSFET 16 de tip IRF540 având ca circuit driver 17 un circuit integrat LM555 care furnizează un semnal de comandă rectangular cu frecvența reglabilă  $f$  cuprinsă în intervalul 16-27kHz. La catodul diodei redresoare 15 rezultă pulsuri pozitive de înaltă tensiune cu amplitudinea de cca 8kV. Câmpul electric rezultat în regiunea extremității libere marcate cu 13 în figura 2, are amplitudinea  $>4\text{MV/m}$  suficient de mare pentru a produce arcuri electrice 11 între electrozii 2 și 3, în aer, la presiune atmosferică.

## REVENDICĂRI

1. Dispozitiv pentru inițierea unui jet de plasmă la presiune atmosferică, **caracterizat prin aceea că** are ca parte componentă un ansamblu de doi electrozi, **2 și 3**, ansamblul fiind mobil, portabil și care poate fi poziționat manual de către un operator uman, cei doi electrozi fiind conectați la o sursă de pulsuri de înaltă tensiune **7**, fixați într-o carcasă izolatoare electric **4** la extremitatea aflată în contact cu utilizatorul, în timp ce la cealaltă extremitate capetele electrozilor **2 și 3** se află în aer, la o anumită distanță unul față de celălalt, valoarea tensiunii electrice aplicate celor doi electrozi fiind suficient de mare, astfel încât, să se genereze o descărcare electrică între capetele acestora aflate în aer, ansamblul format din cei doi electrozi **2 și 3** fiind poziționat manual în apropierea ejectorului unei surse de jet de plasmă, menținut în această poziție în intervalul de timp necesar formării unui jet de plasmă stabil, apoi îndepărtat după formarea acestuia.

2. Ansamblu de doi electrozi realizați și conectați electric conform revendicării **1**, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un electrod central **2** de forma unei bare subțiri, ascuțită la extremitatea unde are loc descărcarea electrică, amplasat în interiorul unui tub **5**, confecționat dintr-un material ceramic izolator electric, și un electrod cilindric **3**, coaxial cu tubul **5**, tubul **5** fiind amplasat în interiorul electrodului cilindric **3**.



DESENE EXPLICATIVE

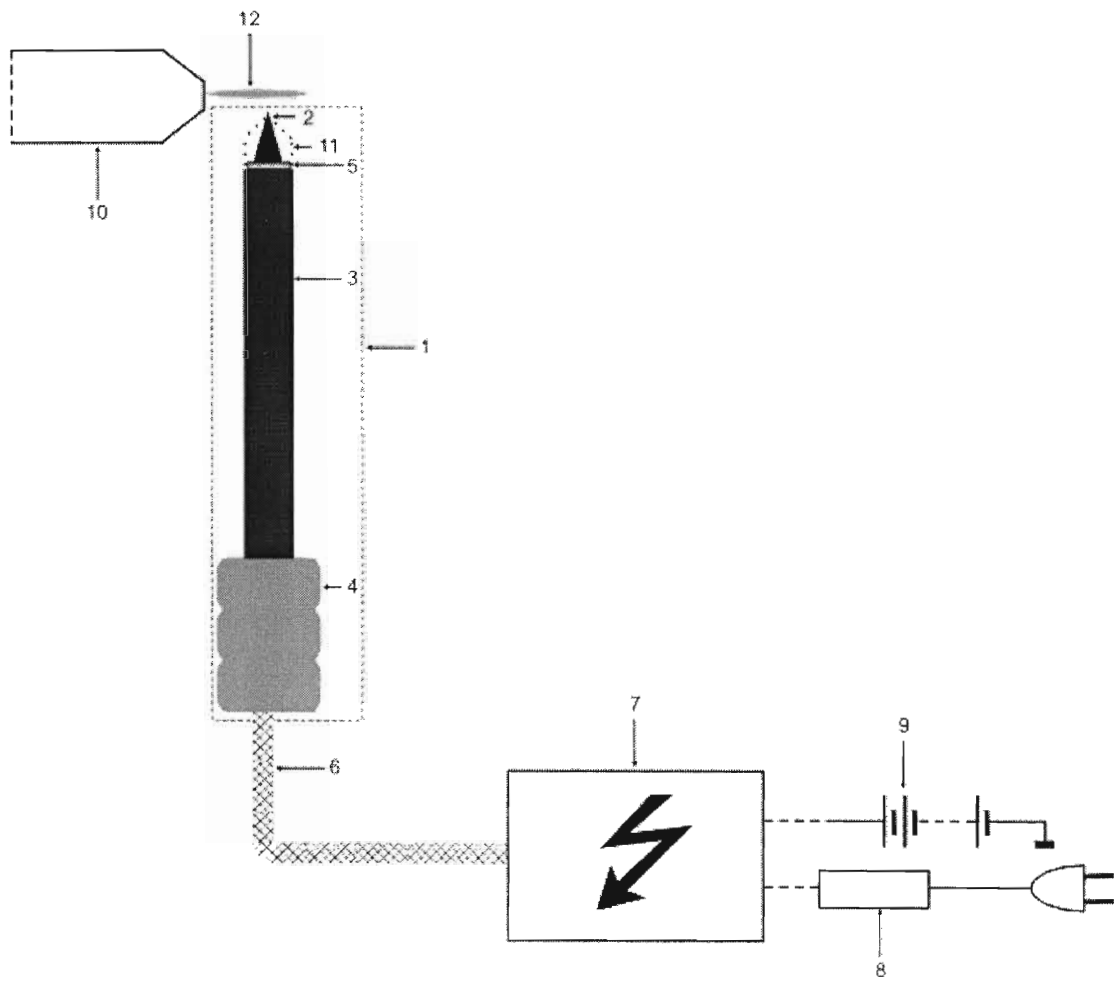


Figura 1

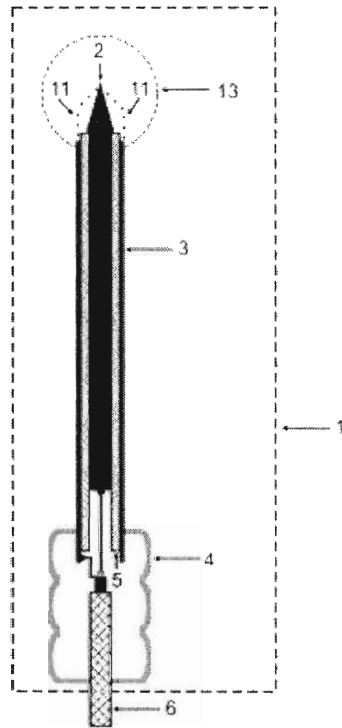


Figura 2

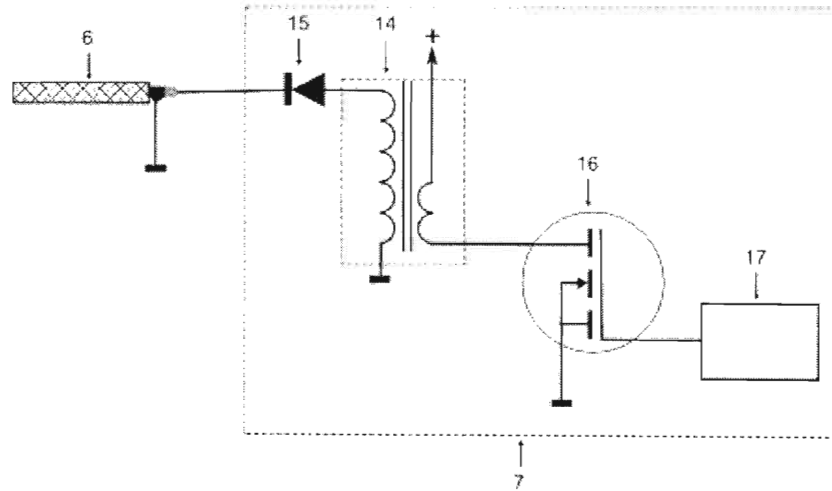


Figura 3