

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00864

(22) Data de depozit: 19/11/2015

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2017 BOPI nr. 5/2017

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

(72) Inventatori:  
• DINESCU GHEORGHE, STR. BARCA  
NR. 17, BL. M8, AP. 17, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• TEODORESCU MAXIMILIAN,  
STR. FIZICIENILOR NR. 15, BL. L2, SC. 1,  
AP. 7, MĂGURELE, IF, RO;  
• IONIȚĂ EUSEBIU ROSINI,  
STR. PAICA A II-A, NR. 75,  
PODENII VECHI, COMUNA BOLDEȘTI, PH,  
RO;  
• STANCU CRISTIAN, ALEEA UCEA NR. 9,  
BL. P7II, SC. 1, AP. 5, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO

Această publicație include și modificările descrierii,  
revendicărilor și desenelor, depuse conform art. 35,  
alin. (20), din HG nr. 547/2008.

(54) SURSĂ DE PLASMĂ RECE CU DOUĂ JETURI PLANARE  
ȘI INECȚIE DE GAZE, PENTRU DEPURAREA DE STRATURI  
SUBȚIRI, CORODAREA, CURĂȚAREA  
ȘI FUNCȚIONALIZAREA SUPRAFEȚELOR  
LA PRESIUNE ATMOSFERICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o sursă de plasmă cu funcționare la presiune atmosferică, utilizabilă pentru tratarea materialelor. Sursa de plasmă, conform invenției, este asamblată din doi electrozi (7) exteriori și un electrod (5) interior, care delimitează două spații (4) de descărcare înguste și plane, spațiile (4) fiind alimentate cu gazul în care se generează plasma, și deschizându-se către partea inferioară a sursei cu două duze dreptunghiulare, prin care plasma expandează sub formă de jeturi (14) plane, electrodul (5) interior jucând rolul de electrod cald, conectat la borna de putere a unui generator de radio-frecvență, având amplasată în acesta o cameră (6) de inecție a gazului precursor, în care suprafețele electrozilor (7) exteriori sunt separate prin niște bariere (8) din material dielectric, spațiile menționate fiind închise lateral cu elemente distanțiere (9, 10) izolate electric, care previn scurgerea gazului în afara sursei.

Revendicări inițiale: 8  
Revendicări amendate: 5  
Figuri: 6

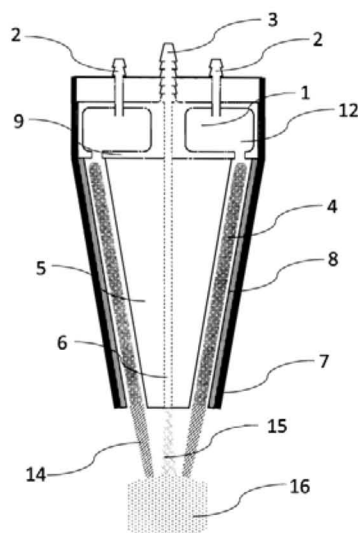


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



48

**SURSA DE PLASMA RECE CU DOUA JETURI PLANARE SI INJECTIE DE GAZE  
PENTRU DEpunerea DE STRATURI SUBTIRI, CORODAREA, CURATAREA SI  
FUNCTIONALIZAREA SUPRAFETELOR LA PRESIUNE ATMOSFERICA**

Autori:

INFLPR: Dinescu Gheorghe, Teodorescu Maximilian, Stancu Cristian, Ionita Eusebiu-Rosini

**DESCRIEREA INVENTIEI**

INSTITUTUL DE STAT PENTRU INVENTII SI MARCI
Cerere de brevet de inventie
Nr. <i>a.2015.00864</i>
Data depuneri: <i>19-11-2015</i>

**Domeniul inventiei**

Inventia se refera la o sursa de plasma cu functionare la presiune atmosferica utilizabila la tratarea materialelor (depuneri de straturi subtiri, corodare, curatarea ori modificarea suprafetelor) in atmosfera deschisa ori controlata. Sursa de plasma este prevazuta cu un sistem de injectie a gazelor reactive care nu perturbeaza plasma. Plasma generata este rece (ne-termica), ceea ce permite aplicarea ei in procesarea materialelor susceptibile de degradare termica, precum materialele plastice bazate pe polimeri.

**Baza inventiei**

Proprietatile de suprafata ale materialelor ca umectabilitatea, rugozitatea, compozitia chimica, duritatea, au un rol important in aplicatii care necesita frictiune si uzura reduse, rezistenta la mediile corozive, capacitate mare de vopsire si lipire, biocompatibilitate, si altele. Multe dintre materiale care detin proprietati de volum adecvate aplicatiilor nu detin si proprietati de suprafata corespunzatoare. Din acest motiv se apeleaza la tehnici specific de modificare a suprafetelor, care nu afecteaza proprietatile de volum. Printre cele mai utilizate tehnici sunt cele cu plasma. Plasma este folosita in larga masura in tehnologii de acoperire, corodare, curatare ori modificarea suprafetelor.

In continuare prezentam cateva astfel de metode, mentionand procesele fizice si chimice care conduc la modificarea cu success a suprafetelor:

*-Metode de depunere/acoperire în plasma (plasma deposition, surface coating);*

Acestea sunt grupate in doua clase:

Depunerea fizica din faza de vapori asistata de plasma (PAPVD - Plasma Assisted Physical Vapor Deposition) se bazeaza pe producerea in plasma a atomilor care construiesc stratul de acoperire, fara interventia proceselor chimice, exemplele tipice fiind pulverizarea cu ioni sau evaporarea metalelor in prezenta plasmei. Atomii formati sunt transportati la un substrat unde se relizeaza acoperirea (depunerea). Deseori se injecteaza in plasma si un gaz reactiv additional care transportat la substrat conduce la formarea de compusi (nitruri, carburi, etc.).

Depunerea chimica din stare de vapori amplificata de plasma (PECVD-Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), se bazeaza pe injectarea in plasma a unui gaz precursor care contine in structura sa elementele ce urmeaza a fi incluse in stratul depus. Prin ciocniri cu particulele din plasma

(ioni, electroni) gazul precursor este descompus (disociat) in fragmente. Aceste fragmente ajung la substrat unde se depun si contribuie la formarea stratului de acoperire.

Exemple de aplicatii ale straturilor subtiri depuse in plasma: elaborarea traseelor conductoare in circuitele integrate, acoperirea sculelor cu straturi dure, realizarea de straturi protectoare antiorozive pe suprafata, formarea de straturi cu proprietati optice special (absorbante, antireflectatoare, etc.)

*-Activarea/functionalizarea suprafetelor:*

Bombardamentul suprafetelor cu ioni ori particule energetice produse in plasma conduce la ruperea legaturilor covalente si la formarea de locuri active chimic, locatii favorabile pentru legarea speciilor chimice din atmosfera adiacenta. Injectia in plasma a unor gaze reactive creaza premisele ca in urma disocierii acestora sa se formeze specii chimice instabile (radicali, specii excitate metastabile) care ajung la substrat si se stabilizeaza prin legarea chimica la locurile create. Astfel, energia de suprafata si proprietatile chimice ale suprafetelor pot fi modificate in functie de necesitati fara a modifica proprietatile de volum ale materialului.

Un exemplu tipic de aplicatie a activarii si functionalizarii este introducerea de grupari chimice polare in structura chimica a suprafetei materialelor plastice expuse plasmei de argon cu injectie de oxigen. Aceasta conduce la cresterea umectabilitatii (hidrofilizare). Un exemplu alternativ este hidrofobizarea prin injectia in plasma a unor compusi fluorurati.

*-Corodarea (plasma etching)*

Acest proces de indepartare a materialului de la suprafata este de regula un efect combinat al pulverizarii si atacului chimic. La el contribuie bombardamentul cu ioni si reactiile chimice de la suprafata. Pentru a amplifica reactiile chimice la suprafata se injecteaza in plasma gaze adecvate, in functie de natura materialului ce trebuie procesat. Exemplul tipic de corodare este corodarea siliciului in urma injectiei gazelor fluorurate, proces utilizat pe scara larga in industria semiconductorilor.

*-Curatarea suprafetelor (plasma cleaning)*

In cadrul acestei metode, radicalii generati in plasma sunt utilizati la eliminarea contaminantilor de la suprafata materialului. Efectul de curatare este amplificat de injectia unor gaze adecvate. Speciile formate in plasma (radicali, ioni, metastabili, fotoni UV) reactioneaza chimic cu contaminantii de la suprafata producand specii atomice si moleculare volatile. Aceste specii difuzeaza in gaz si sunt indepartate prin curgerea gazului. Un exemplu tipic, intalnit in practica medicala este curatarea instrumentarului cu plasma: in urma expunerii la plasma reziduurile organice sunt indepartate. Mai mult, curatarea este insotita si de efectul de sterilizare.

Astfel de metode utilizeaza in general plasmeele generate in conditii de vid, dar in prezent se raspandeste utilizarea surselor de plasma rece cu functionare la presiune atmosferica. Acestea beneficiaza de avantajul ca nu apeleaza la tehnologia costisitoare a vidului. Dispozitive cu functionare la presiune atmosferica au fost inventate in numar mare in ultima decada. Trei factori sunt importanti pentru astfel de tehnologii utilizate la presiune atmosferica: generarea unei plasme de temperatura joasa (reci), posibilitatea de a injecta un gaz reactiv care in urma disocierii produce speciile atomice si moleculare necesare metodei (care sustin depunerea, corodarea, insertia gruparilor polare) fara a perturba generarea plasmei, si posibilitatea de a pozitiona precis plasma pe suprafata pentru tratamente localizate, tratamente ce pot fi extinse la suprafete mari prin scanare.

Una dintre problemele majore este injectarea gazului reactiv in absenta perturbarii procesului de generare a plasmei. Injectarea gazului reactiv direct in gazul in care se genereaza plasma trebuie evitata deoarece poate conduce la efecte nedorite in sursa de plasma (infundarea sau astuparea

spatiului de descarcare, corodarea electrozilor, schimbarea parametrilor de functionare). O solutie alternativa este introducerea gazului reactiv din lateral intr-o plasma in curgere ce iese din spatiul de descarcare (jet de plasma). Totusi, in acest caz amestecul cu plasma este neuniform si incomplet. Cea mai buna solutie ar fi o injectie simetrica in jetul de plasma care evolueaza in afara spatiului de descarcare.

Inventia se refera la o sursa de plasma rece de presiune atmosferica (functionand fara echipamente de vid), tip jet multiplu de plasma de forma planara, care permite injectia simetrica a gazului reactiv in plasma fara a perturba descarcarea electrica care genereaza plasma. Sursa este utilizabila in aplicatii precum depunerea de straturi subtiri, corodarea, curatarea si activarea/functionalizarea suprafetelor si permite extinderea procesarii la suprafete mari.

In literatura au fost identificate urmatoarele brevete relevante pentru inventia prezenta:

Brevetul **CN101974739A** prezinta un dispozitiv ce genereaza un jet multiplu de plasma de temperatura joasa la presiune atmosferica. Inventia descrie o sursa multipla de plasma generata cu putere de radiofrecventa, cu jeturi cilindrice si functionare simultana. Sistemul este unul scalabil si poate functiona cu o multitudine de gaze, inasa pentru ca un gaz reactiv sa fie utilizabil la nivelul substratului, gazul trebuie sa intre in spatiul de descarcare inainte ca plasma sa iasa sub forma de jet in afara spatiului de descarcare. Astfel, aceasta sursa de plasma are alta constructie si proprietati fata de sursa descrisa in inventia prezenta.

In brevetul **CN1812686A** este prezentat un dispozitiv generator de plasma, cu operare in radiofrecventa, cu geometrie planara, cu electrozi distincti pentru fiecare spatiu de descarcare. Daca sunt necesare mai multe gaze pentru operare, dispozitivul poate genera plasma in mai multe camere in acelasi timp, amestecul gazelor reactive cu jeturile de plasma avand loc in apropierea substratului, inasa in lipsa unei geometrii de focalizare a plasmiei gradul de amestec al precursorului cu plasma este limitat.

In brevetul **US6194036** este prezentat un dispozitiv generator de jet de plasma atmosferica, cu functionare in amestec de heliu si oxigen. Acesta are simetrie axiala. Dispozitivul este utilizat la depunerea de straturi subtiri precum bioxidul de siliciu, prin injectia precursorului tetraetoxisilan (TEOS) in plasma. Puterea aplicata variaza intre 40 si 500 W, iar rata de depunere este stabilita prin presiunea partiala a oxigenului. Injectarea precursorului are loc in apropierea varfului sursei de plasma, la interiorul sursei, amplasarea asigurand o simetrie a amestecului.

In brevetul **WO0132949** este prezentata o sursa de plasma cu operare la presiune atmosferica, de geometrie cilindrica. Precursorul este injectat lateral in descarcare printr-un dispozitiv plasat la iesirea gazului din sursa.

### **Sumarul inventiei**

Inventia prezenta se refera la o sursa de plasma rece cu functionare la presiune atmosferica, in atmosfera deschisa sau controlata. Sursa utilizeaza pentru generarea plasmiei putere de radiofrecventa, iar gazul utilizat este argonul. Prin constructie sursa genereaza simultan doua jeturi planare de plasma, alimentate de la acelasi generator de radiofrecventa. Jeturile formeaza intre ele un unghi ascutit predeterminat. Cele doua jeturi planare de plasma se intersecteaza dupa o linie in zona de tratament a suprafetei, unde se produce o focalizare a plasmiei si o crestere locala a densitatii speciilor. Specificul constructiei permite injectia gazului reactiv prin interiorul sursei, in afara spatiilor de descarcare electrica, in mod simetric, prin planul bisector al unghiului format de cele doua jeturi planare. Geometria sursei si procedeeul de injectie asigura un amestec optim al

precursorului cu plasma. Sursa este utilizabila in aplicatii precum depunerea de straturi subtiri, corodarea, curatarea si activarea/functionalizarea suprafetelor, inclusiv a suprafetelor mari.

### Prezentarea pe scurt a figurilor

*Figura 1:* Diagrama bloc a montajului experimental utilizat la procesarea suprafetelor cu plasma,

*Figura 2:* Vedere laterala in sectiune a sursei de plasma dinspre conexiunea RF,

*Figura 3:* Vedere laterala in sectiune a sursei de plasma cu vizualizare la un unghi de 90 grade fata de conexiunea RF,

*Figura 4:* Vedere frontala a sursei de plasma cu vizualizare dinspre iesirea gazului/plasmei,

*Figura 5:* Schema circuitului electric ce prezinta conexiunea RF si conexiunea electrodului de masa,

*Figura 6:* Vedere laterala cu variatia unghiului dintre electrozii de masa si a lungimii jetului de plasma.

### Definitia termenilor

**-plasma:** Plasma este considerată ca fiind un gaz total sau parțial ionizat, per ansamblu neutru din punct de vedere electric, in care sarcinile electrice au comportare colectiva. Este un sistem fizic format dintr-un număr mare de particule neutre, electroni si ioni. Plasma este considerata a patra stare a materiei.

**-descarcare electrica (in gaze):** Descarcarea electrica în gaze reprezinta trecerea curentului electric printr-un gaz in urma formarii de purtatori de sarcina (electroni liberi și ioni) prin ionizarea gazului datorita aplicarii unei tensiuni electrice mari. Principalii parametri ai unei descarcari in gaze sunt: tensiunea aplicata, densitatea curentului de descarcare, gradul de ionizare, concentratia purtatorilor de sarcina si a atomilor excitati, temperatura gazului, presiunea gazului, forma electrozilor si distanta dintre ei. Descarcarea electrica reprezinta metoda uzuala de producere a plasmei.

**-descarcare de radiofrecventa, descarcare RF:** descarcare electrica in gaze, alimentata cu tensiune alternativa a carei frecventa se situeaza in domeniul radio al spectrului electromagnetic. Frecventa industriala admisa pentru descarcările de radiofrecventa este de 13.56 MHz.

**-DBD (Engl: Dielectric Barrier Discharge, Rom: Descarcare cu Bariera de Dielectric):** o anumita geometrie utilizata in descarcările in gaze ce utilizeaza la interiorul camerei in care are loc strapungerea gazului una sau doua bariere de dielectric (ce pot fi realizate din sticla, ceramica) amplasate la suprafata electrozilor. Aceasta configuratie este utilizata acolo unde se doreste prevenirea aparitiei arcului electric datorata unor curenti electrici initiali mari.

**-specii in plasma:** atomi in stare fundamentala sau in stari excitate, molecule in diferite stari de excitare, ioni atomici si moleculari pozitivi și negativi, electroni, radicali gazosi.

**-gaz activ/reactiv:** Gazele pot fi impartite in gaze inerte si gaze active. Gazele inerte sunt cele care nu reactioneaza cu alte elemente. Argonul este un gas inert. Gazele active sau reactive sunt cele care

se combina sau reactioneaza cu alte elemente si pot forma compusi. Azotul, oxigenul, fluorul sunt exemple de gaze reactive.

**-precursor:** gaz ce actioneaza ca o sursa de specii in anumite procese, cum ar fi depunerile, corodările in plasma. Acestia favorizeaza depunerea de straturi subtiri la suprafata unui substrat, ori corodarea stratului. De exemplu compusii organometalici sunt gaze precursorare utilizabile la depunerea straturilor subtiri metalice.

**-substrat:** proba utilizata ca test ori ca suport pentru experimente sau procesari in plasma. Procesele aplicabile in cazul tratamentelor in plasma pot fi depuneri, corodari, modificari de suprafata.

**-polimeri:** substanta compusa din molecule cu masa moleculara mare formate dintr-un numar mare de monomeri (compusi organici cu masa moleculara mica si compozitie chimica simpla) legati in mod repetitiv prin legaturi covalente.

**-filme subtiri, straturi subtiri:** straturi depuse la suprafata unui substrat prin diverse metode, cu grosimi de la nanometri si pana la cativa microni. Acestea pot avea proprietati diverse, depinzand de aplicatie.

### Prezentarea detaliata a inventiei

In cele ce urmeaza se detaliaza descrierea sursei generatoare de doua jeturi planare de plasma si injectie simetrica a gazului precursor. Figurile reprezentative pentru aceasta descriere sunt Figurile 1-6. Figurile 1, 2, 3 si 4 sunt dedicate descrierii tehnice a dispozitivului.

In Figura 1 este prezentata schema bloc a montajului experimental. Astfel, sursa de plasma este pozitionata deasupra unei mese de translatie X-Y pe care se amplaseaza substratul. Fluxul de gaz utilizat la descarcare provine de la butelie este controlat via un controler de debit de gaz asistat de calculator. Conexiunea de la controlerul de gaz catre sursa de plasma este realizata prin furtune de gaz si cuple de gaz la nivelul sursei de plasma (Figurile 1, 2, 3 componentele 2). Debitul gazului reactiv este controlat via un alt controler de asemenea asistat de calculator. Conexiunea gazului precursor dinspre controlerul de debit catre sursa de plasma este de asemenea realizata prin furtune de gaz si o cupla de gaz (Figurile 1, 2, 3 componenta 3). Puterea de radiofrecventa este furnizata de un generator RF (cu functionare la o frecventa de 13.56 MHz si un domeniu de puteri de 1-600W) si o cutie de adaptare a impedantei. Transferul de putere de la generator catre sursa de plasma este asigurat de un cablu coaxial ce se conecteaza la sursa printr-o mufa de radiofrecventa (Figurile 1, 2, 3 componenta 1). Initierea descarcarii si mentinerea sa sunt controlate de calculator printr-un software dedicat.

Sursa de plasma are forma trapezoidală. Ea este asamblata din trei electrozi care delimiteaza doua spatii de descarcare inguste si planare (de forma paralelipipedica). Spatiile de descarcare (Figurile 2, 3 componenta 4) sunt alimentate cu gazul in care se genereaza plasma (argon). Spatiile de descarcare se deschid catre partea inferioara a sursei cu doua duze dreptunghiulare prin care plasma expandeaza sub forma de jeturi planare. Electrocul interior (Figurile 2, 3, componenta 5) joaca rol de electrod cald (este conectat la borna de putere a generatorului RF) si este comun pentru cele doua spatii de descarcare laterale. In electrocul interior este amplasata camera de injectie (Figurile 2, 3 componenta 6) a gazului precursor de asemenea ingusta si planara (paralelipipedica). Electrozii exteriori sunt amplasati lateral (Figurile 2, 3 componenta 7) si sunt conectati la masa electrica a dispozitivului. Suprafetele electrozilor exteriori care delimiteaza spatiul de descarcare sunt separate de descarcare prin bariere de dielectric (Figurile 2, 3 componenta 8). Aceste spatii sunt inchise lateral

cu spatatoare izolate electric (Figurile 2, 3 componentele 9 si 10) care previn scurgerea gazului in afara sursei, fortand astfel strapungerea gazului in zonele unde sunt prezente barierele de dielectric. Intregul dispozitiv este invelit intr-o carcasa metalica cu rol de ecranare, legata electric la aceeasi masa cu electrozii exteriori si cu borna de masa a generatorului RF.

Componenta 9 (Figurile 2 si 3) a dispozitivului asigura alimentarea cu gaz a dispozitivului. Ea are aplicate la interior doua spatii de uniformizare a curgerii gazului (12), iar in partea inferioara doua orificii prin care gazul trece in spatiile de descarcare laterale. Electrocul de putere este prevazut si el cu o cupla de gaz (Figura 2 si 3, componenta 3), dedicata introducerii gazului precursor.

Camera de injectie (Figurile 2, 3 componenta 6) este utilizata ca spatiu de uniformizare a curgerii gazului si se continua spre partea inferioara a sursei de plasma cu deschideri (Figurile 3, 4 componenta 11) ce actioneaza ca orificii de dispersare a precursorului sub forma de vapori sau aerosoli intre cele doua jeturi planare de plasma.

Plasma generata la interiorul spatiilor de descarcare expandeaza in afara sursei sub forma a doua jeturi planare de plasma (Figurile 2 si 3 componenta 14) prin doua deschideri (duze) dreptunghiulare. Jeturile planare se intersecteaza la nivelul substratului. Precursorul injectat in sursa (Figurile 2 si 3, componenta 15) se amesteca cu plasma la nivelul intersectiei jeturilor de plasma (Figura 2, componenta 16), foarte aproape de substrat, asigurand astfel o reactie optima cu aceasta in apropierea suprafetei de tratat.

Circuitul electric este prezentat in Figura 5: mufa de radiofrecventa este amplasata la exteriorul dispozitivului pe carcasa exteriora metalica legata la masa impreuna cu electrozii de masa. Mufa are aplicata prin sudura o conexiune (Figurile 3 si 4, componenta 13) catre electrocul de putere. Acest lucru permite curentului de la generatorul de radiofrecventa sa treaca de la electrocul de putere catre spatiile laterale de descarcare si apoi la electrozii de masa.

In timpul procesului de proiectare a sursei se alege unghiul sub care jeturile de plasma generate se intalnesc la nivelul substratului. Valoarea dorita a unghiului se aplica electrocului central de putere de la care se incepe constructia sursei de plasma. Electrozii de masa impreuna cu spatatoarele si placutele de dielectric se amplaseaza apoi pe acest electrocul central, dupa care intreaga sursa este invelita in carcasa protectoare. In Figura 6 este prezentata posibilitatea de variere a unghiului dintre cele doua jeturi de plasma. In aceasta figura sunt prezentate electrocul central (1), electrozii laterali (2), plasma generata la interior si care expandeaza din sursa de plasma (3) cat si substratul (4). Unghiul  $\alpha$  dintre cele doua jeturi de plasma, cat si D (distanța de la varful sursei si pana la substrat) sunt cei doi parametri de care se tine cont in timpul proiectarii initiale a dispozitivului. De asemenea, in cursul proiectarii se stabileste si geometria duzelor de iesire a plasmei, care determina latimea jeturilor de plasma planare ( Figura 4, marimea L).

#### **Obiectivele inventiei constau in:**

Elaborarea unei surse de plasma rece cu functionare la presiune atmosferica capabila sa asigure tratarea locala sau pe arii mari a materialelor (depuneri de strat-uri subtiri, corodare, curatarea ori modificarea suprafetelor) in conditii de temperatura redusa, prin injectia in mod simetric in plasma a gazelor reactive/precursorare. Procedeele de tratare la presiune atmosferica ce utilizeaza acest dispozitiv sunt mai flexibile fata de procedeele echivalente utilizate la presiuni joase de lucru.

**Exemple:**

In cele ce urmeaza, pentru a explicita modul de operare al sursei de plasma descrise, detaliem cateva proceduri de lucru.

***Exemplul 1: Depunerea de straturi subtiri carbonice sau de bioxid de siliciu:***

O proba de siliciu cu dimensiunile 20x20 mm este amplasata pe o masa de translatie X-Y controlata utilizand un PC, intr-o pozitie prestabilita in afara jetului de plasma la o inaltime de 1-5 mm fata de suprafata ce urmeaza a fi procesata.

Gazul de descarcare (Argon de o puritate 99.999%) este inserat in sursa de plasma la un debit de 4000 sccm (4 litri/minut) utilizand un controler de debit comandat de un calculator. Initierea descarcarii (strapungerea gazului) este realizata utilizand un generator de radiofrecventa si o cutie de adaptare a impedantei (AD-TEC 600). Plasma expandeaza din sursa sub forma a doua jeturi planare. Gazul precursor utilizat (ce poate fi in cazul depunerii carbonului: pirol ( $C_4H_5N$ ), tiofen ( $C_4H_4S$ ), furan ( $C_4H_4O$ ), anilina ( $C_6H_5NH_2$ ), acid acrilic ( $CH_2=CHCO_2H$ ), sau in cazul depunerii bioxidului de siliciu: hexametildisiloxan ( $C_6H_{18}OSi_2$ ) sau hexametildisilazan ( $C_6H_{18}NHSi_2$ )) este inserat in sursa sub forma de vapori la un debit de 300 sccm, utilizand un controler de debit. Vaporii precursorului ies in afara sursei in spatiul delimitat de cele doua jeturi de plasma unde se amesteca cu acestea. Dupa acest pas, masa de translatie deplaseaza proba de siliciu sub jeturile de plasma. Din acest moment deplasarea se realizeaza pe un traseu predefinit utilizand un program de calculator. In timpul deplasarii precursorul descompus la substrat este fragmentat si fragmentele care ajung la suprafata se depun formand stratul subtire. De cele mai multe ori pentru un tratament uniform, deplasarea se face urmarind o serie de linii paralele ce acopera intreaga suprafata a probei. Grosimea filmului se controleaza prin timpul de depunere. Timpul de depunere este determinat din numarul de scanari ale intregii suprafete, ceea ce face ca intreg procesul sa fie usor de controlat. La terminarea ciclului de scanare, masa de translatie deplaseaza proba de tratat in afara pozitiei jetului de plasma pentru a permite colectarea acesteia. Dupa aceasta, se sisteaza alimentarea sursei de plasma cu vaporii precursorului, dupa care alimentarea cu putere este intrerupta, iar gazul de lucru este de asemenea oprit.

***Exemplul 2: Corodarea unei suprafete:***

O placheta de siliciu de dimensiuni 10x10 mm este amplasata pe masa de translatie X-Y controlata de computer. Procedura de lucru din acest moment este identica cu cea pentru Exemplul 1, de la initierea descarcarii si pana la deplasarea sursei de plasma de-alungul unui traseu prestabilit, controlat de un computer. Diferenta consta in tipul gazului injectat, care in acest caz este un compus fluorurat:  $C_2H_2F_4$  (tetrafluoroetan) sau  $SF_6$  (hexafluorura de sulf). Acesti compusi produc corodarea siliciului prin tratamentul cu plasma. Compusul fluorurat se injecteaza in plasma unde se descompune si produce atomi de fluor (F) ce reactioneaza chimic cu substratul. Datorita geometriei speciale a dispozitivului, aceste gaze reactive se amesteca cu plasma la exteriorul sursei de plasma, prevenind astfel corodarea componentelor de la interiorul sursei.

***Exemplul 3 . Modificarea umectabilitatii suprafetelor polimerice:***

Materialele polimerice utilizate in cadrul acestor tratamente sunt folii polimerice comerciale de PET (polietilen tereftalat, grosime 130  $\mu m$ ) provenite de la Goodfellow Ltd., Cambridge.



Tratamentul consta in expunerea foliilor polimerice la jetul de plasma in argon folosind ca si gaz reactiv oxigenul. Foliile polimerice de dimensiune 20x20 mm sunt pozitionate pe masa de translatie. Gazul de lucru utilizat este argonul de o puritate 99.999%. Parametrii descarcarii sunt setati dupa cum urmeaza: puterea de radiofrecventa de 14 W, rata debitului de argon de 4500 de sccm, iar distanta dintre duza si substrat de 2 mm. Viteza de scanare este de 2 mm/sec, viteza ce corespunde unei expuneri a suprafetei la plasma de 0,8 sec/mm<sup>2</sup> de-a lungul traiectoriei de scanare. Timpul total de tratare este variat prin modificarea numarului de scanari ale suprafetei de-a lungul aceluiasi contur predeterminat, si anume: 1 scanare, 3 scanari, 5 scanari, 10 scanari.

Pentru a evalua capacitatea de udare (umectabilitatea) a suprafetelor polimerice de PET tratate se realizeaza masuratori de unghi de contact folosind un microscop KSV CAM101. Valoarea unghiului de contact pentru o suprafata de PET netratata este de 81°. In urma tratamentelor efectuate se observa o scadere semnificativa a unghiului de contact cu timpul de tratament. Astfel, cea mai mica valoare a unghiului de contact obtinuta pentru PET poate fi de 20° pentru un numar de 10 scanari.

### REVENDICARI:

1. Inventia prezinta un dispozitiv ce poate genera simultan doua jeturi de plasma utilizand un singur generator de radiofrecventa.
2. Cele doua jeturi au forme planare si se intersecteaza de-alungul unei linii si la o anumita distanta fata de sursa de plasma.
3. Jeturile de plasma au temperatura joasa.
4. Sursa este utilizabila si cu injectarea unui gaz reactiv sau precursor prin interiorul electrodului de radiofrecventa.
5. Sursa asigura injectia simetrica a unui gaz precursor intre jeturile de plasma, permitand un amestec optim si uniform cu acestea.
6. Sursa asigura injectia precursorului in afara zonelor de descarcare, neperturbandu-se astfel procesul de generare a plasmei si previne deteriorarea electrozilor prin depunere sau corodare.
7. Localizarea precisa a intersectiei jeturilor de plasma la suprafata probelor de tratat este realizata prin selectarea unui unghi adecvat intre cele doua jeturi de plasma.
8. Dispozitivul este utilizabil la depunerea, corodarea/curatarea ori modificarea suprafetelor in mod static, sau pe suprafete mari prin utilizarea unei proceduri de scanare.

FIGURA 1

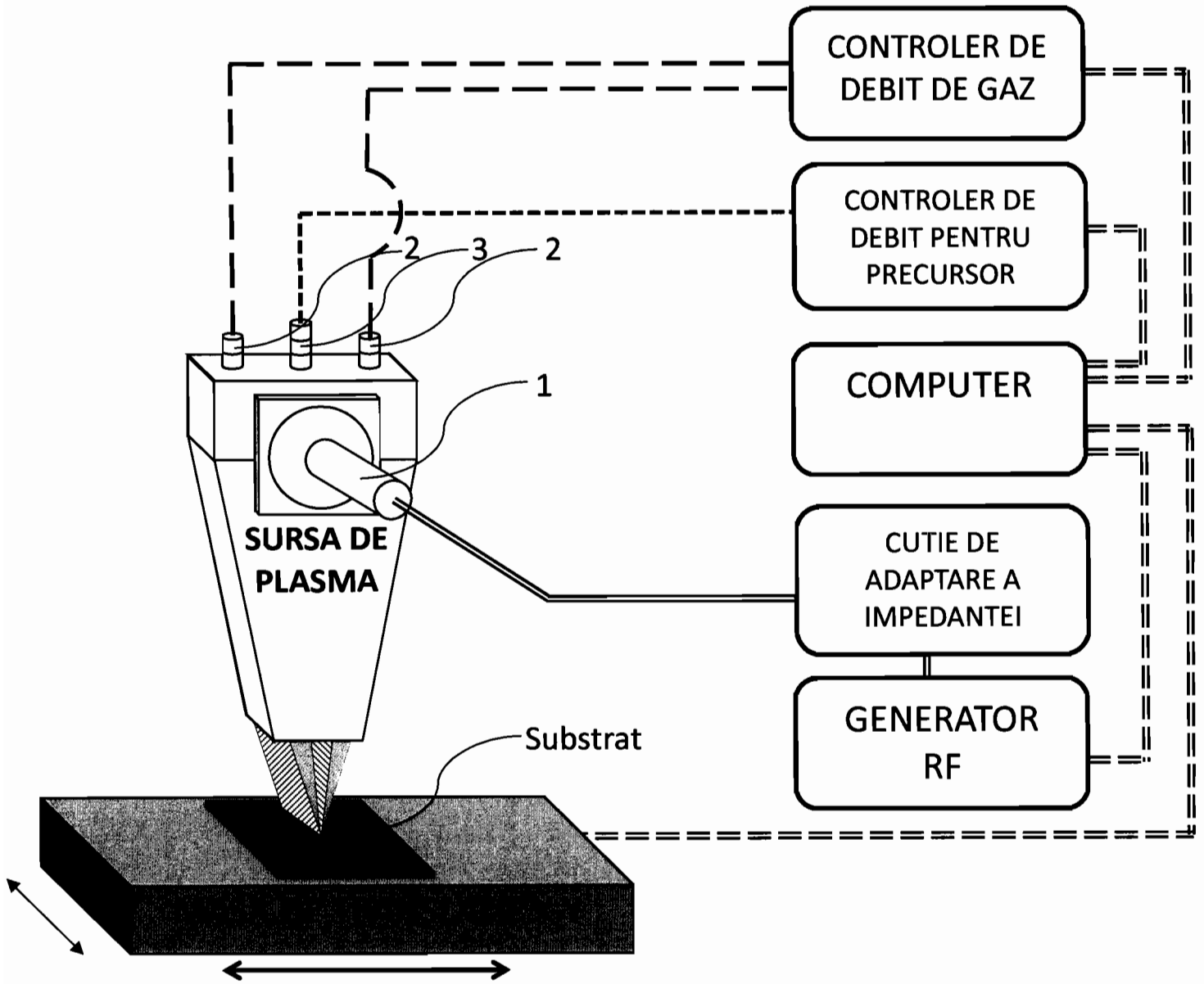


FIGURA 2

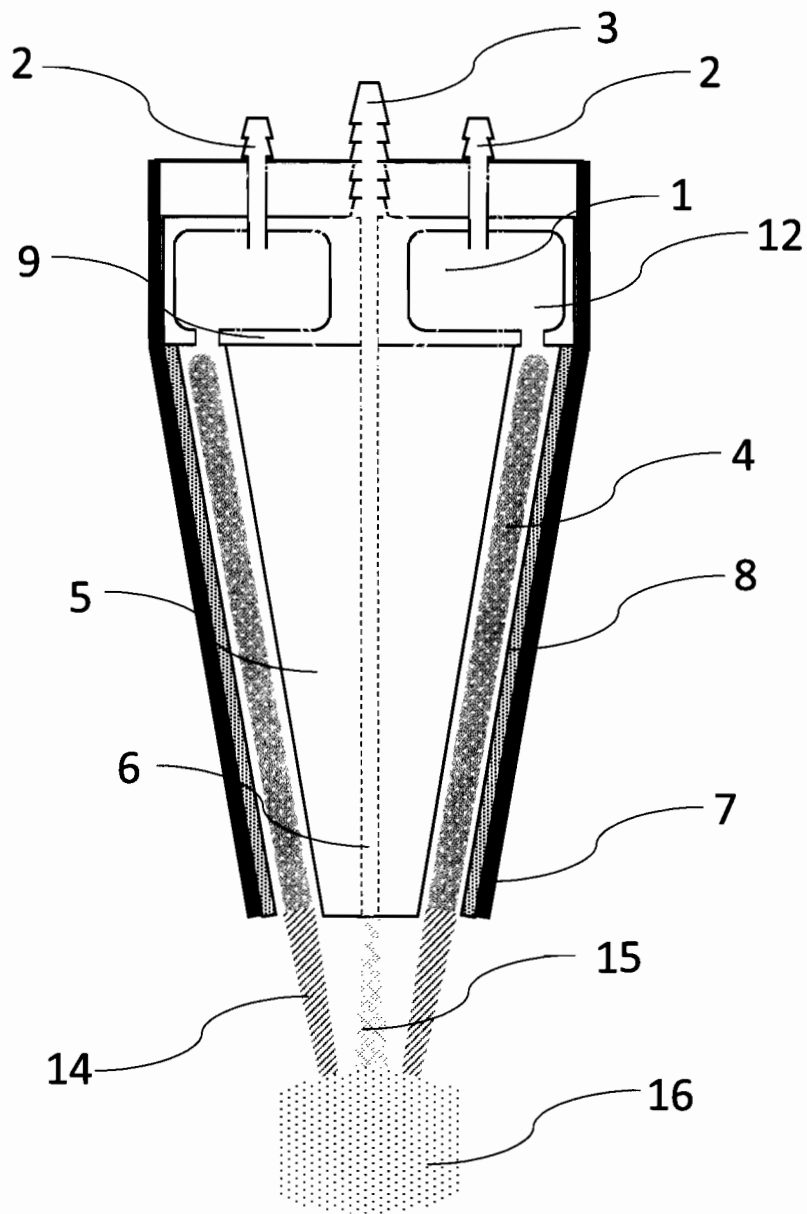


FIGURA 3

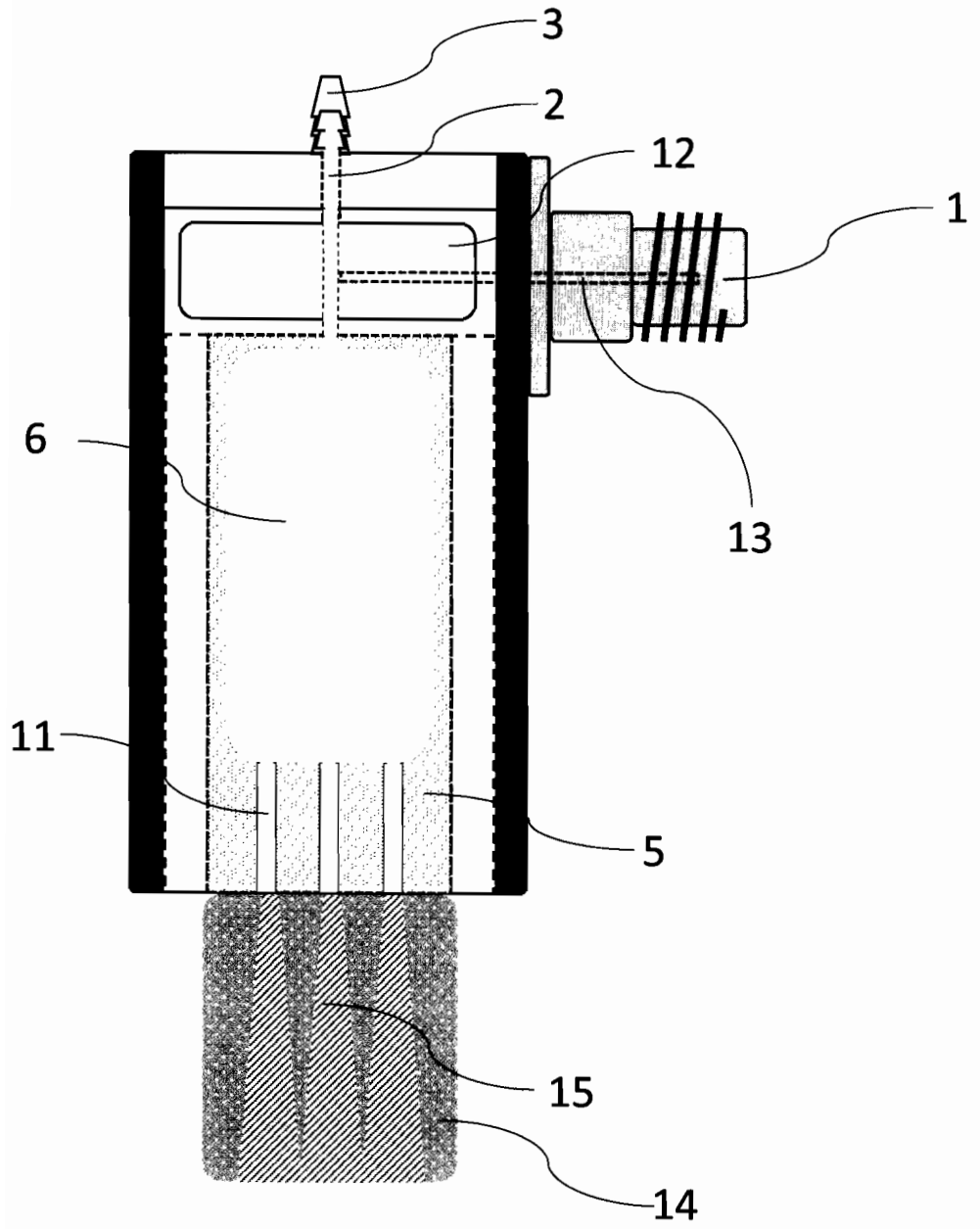


FIGURA 4

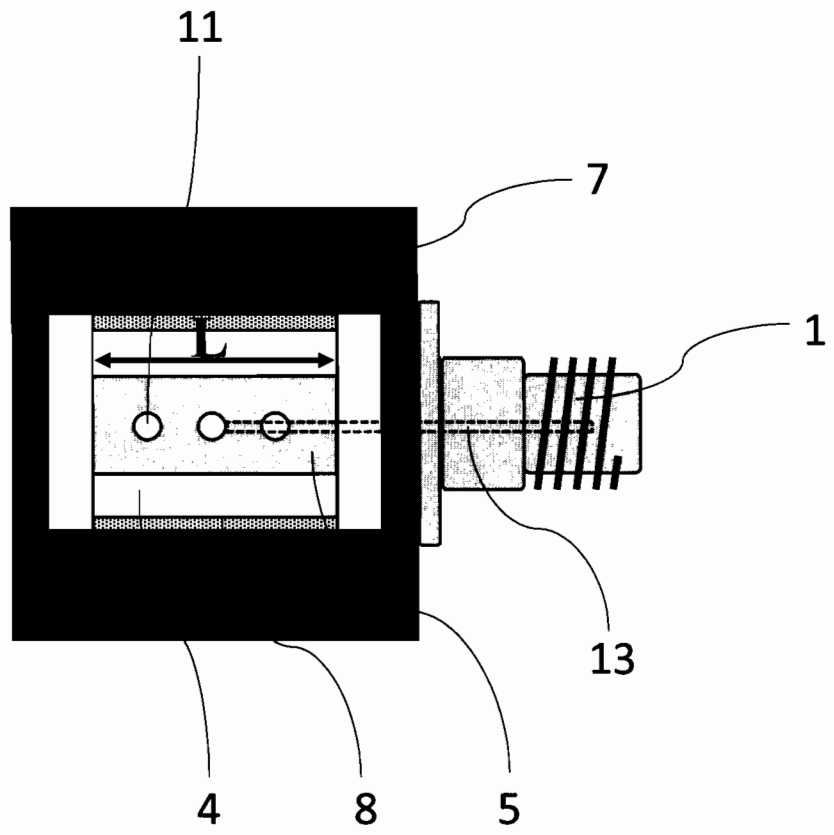


FIGURA 5

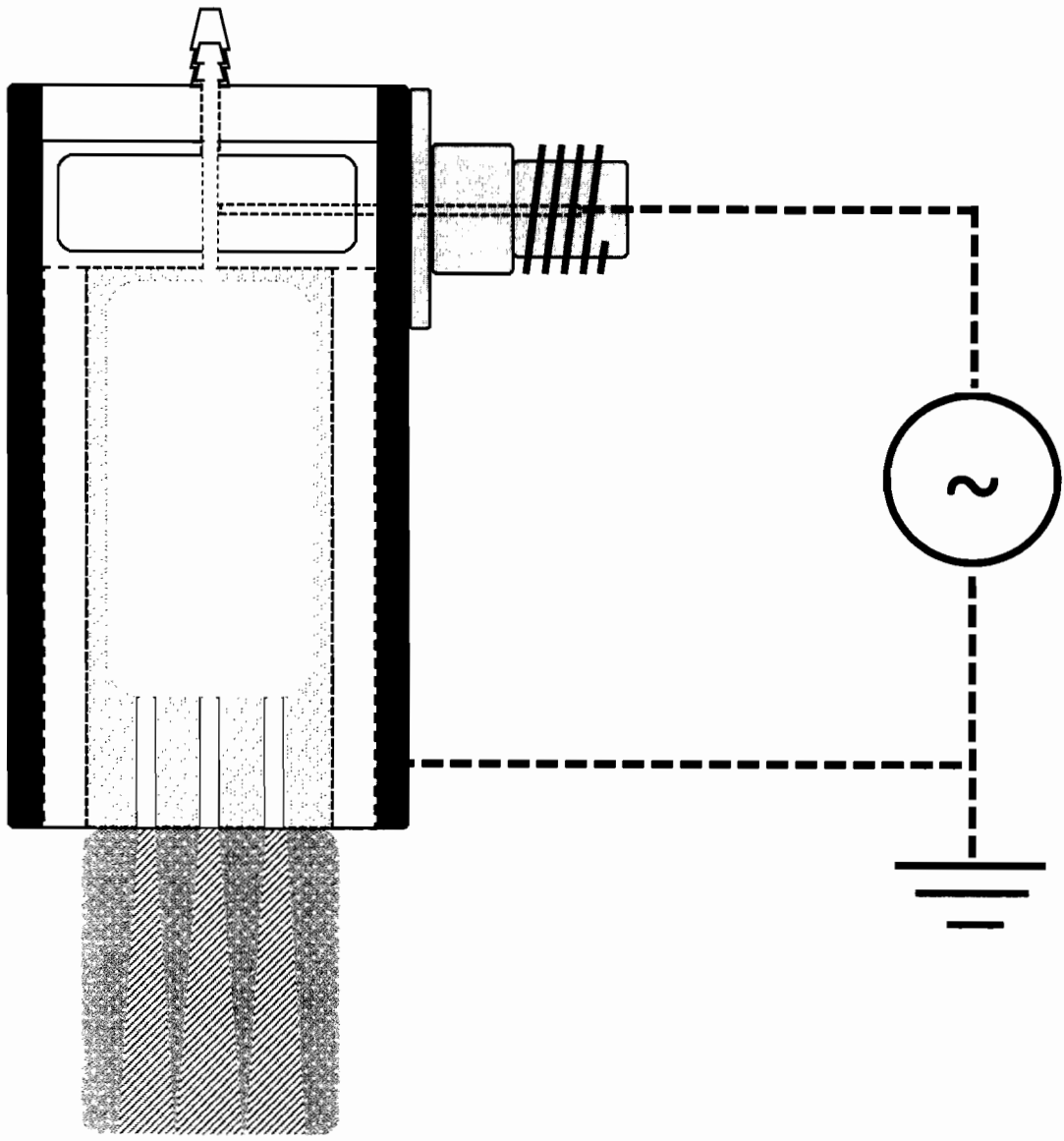
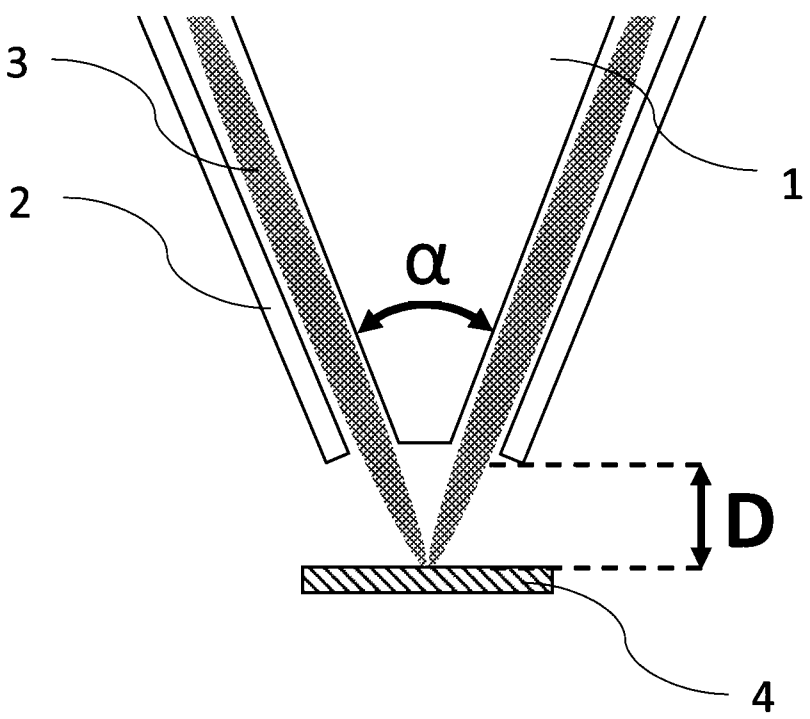
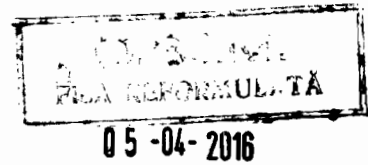


FIGURA 6





**Anexa 3 – Revendicari reformulate****Revendicari:**

1. Se breveteaza un dispozitiv generator de plasma de presiune atmosferica constand din doua descarcari electrice planare separate, avand electrodul de putere comun, care genereaza simultan doua jeturi planare de plasma ce se intersecteaza la o distanta data si care permite injectia gazelor reactive prin interiorul electrodului comun, in afara zonelor de descarcare.
2. Injectia gazului precursor intre jeturile de plasma, in exteriorul celor doua descarcari, permite un amestec optim si uniform cu plasma in absenta perturbarii descincarilor.
3. Intersectia jeturilor de plasma se localizeaza cu precizie la suprafata probelor de tratat prin selectarea, la constructia dispozitivului, a unui unghi adecvat intre cele doua jeturi de plasma.
4. Jeturile de plasma au temperatura joasa si dispozitivul poate fi folosit la procesarea materialelor sensibile la deteriorare termica (polimeri, materiale biologice).
5. Dispozitivul este utilizabil in mod static la depunerea, corodarea/curatarea ori modificarea locala a suprafetelor sau, prin utilizarea unei proceduri de scanare, la procesarea suprafetelor mari.