



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00864**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2021** BOPI nr. **11/2021**

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

(73) Titular:  
• **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 BĂLȚEȘTI, PH, RO;**  
• **STANCU CRISTIAN, ALEEA UCEA NR. 9,  
BL. P7II, SC. 1, AP. 5, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 6800336 B1; WO 02078749 A2**

(54) **SURSĂ DE PLASMĂ RECE CU FUNCȚIONARE  
LA PRESIUNE ATMOSFERICĂ**



# RO 131922 B1

1 Inventția se referă la o sursă de plasmă cu funcționare la presiune atmosferică utili-  
zabilă la tratarea materialelor (depuneri de straturi subțiri, corodare, curățarea ori modificarea  
3 suprafețelor) în atmosfera deschisă ori controlată. Plasma generată este rece (ne-termică),  
ceea ce permite aplicarea ei în procesarea materialelor susceptibile de degradare termică,  
5 precum materialele plastice bazate pe polimeri.

Proprietățile de suprafață ale materialelor ca umectabilitatea, rugozitatea, compoziția  
7 chimică, duritatea, au un rol important în aplicații care necesită fricțiune și uzură reduse,  
rezistență la mediile corozive, capacitate mare de vopsire și lipire, biocompatibilitate, și  
9 altele. Multe dintre materiale care dețin proprietăți de volum adecvate aplicațiilor nu dețin și  
proprietăți de suprafață corespunzătoare. Din acest motiv se apelează la tehnici specifice de  
11 modificare a suprafețelor, care nu afectează proprietățile de volum. Printre cele mai utilizate  
tehnici sunt cele cu plasmă. Plasma este folosită în largă măsură în tehnologii de acoperire,  
13 corodare, curățare ori modificarea suprafețelor.

În continuare se prezintă câteva astfel de metode, menționând procesele fizice și  
15 chimice care conduc la modificarea cu succes a suprafețelor:

Metode de depunere/acoperire în plasmă (plasma deposition, surface coating).

17 Acestea sunt grupate în două clase:

Depunerea fizică din faza de vapori asistată de plasmă (PAPVD - Plasma Assisted  
19 Physical Vapor Deposition) se bazează pe producerea în plasmă a atomilor care construiesc  
stratul de acoperire, fără intervenția proceselor chimice, exemplele tipice fiind pulverizarea  
21 cu ioni sau evaporarea metalelor în prezența plamei. Atomii formați sunt transportați la un  
substrat unde se realizează acoperirea (depunerea). Deseori se injectează în plasmă și un  
23 gaz reactiv adițional care transportat la substrat conduce la formarea de compuși (nitruri,  
carburi, etc.).

25 Depunerea chimică din stare de vapori amplificată de plasmă (PECVD-Plasma  
Enhanced Chemical Vapor Deposition), se bazează pe injectarea în plasmă a unui gaz  
27 precursor care conține în structura sa elementele ce urmează a fi incluse în stratul depus.  
Prin ciocniri cu particulele din plasmă (ioni, electroni) gazul precursor este descompus  
29 (disociat) în fragmente. Aceste fragmente ajung la substrat unde se depun și contribuie la  
formarea stratului de acoperire.

31 Exemple de aplicații ale straturilor subțiri depuse în plasmă: elaborarea traseelor  
conductoare în circuitele integrate, acoperirea sculelor cu straturi dure, realizarea de straturi  
33 protectoare anticorozive pe suprafață, formarea de straturi cu proprietăți optice speciale  
(absorbante, antireflectatoare, etc.)

35 Activarea/funcționalizarea suprafețelor:

Bombardamentul suprafețelor cu ioni ori particule energetice produse în plasmă  
37 conduce la ruperea legăturilor covalente și la formarea de locuri active chimice, locații  
favorabile pentru legarea speciilor chimice din atmosfera adiacentă. Injectia în plasmă a unor  
39 gaze reactive crează premisele ca în urma disocierii acestora să se formeze specii chimice  
instabile (radicali, specii excitate metastabile) care ajung la substrat și se stabilizează prin  
41 legarea chimică la locurile create. Astfel, energia de suprafață și proprietățile chimice ale  
suprafețelor pot fi modificate în funcție de necesități fără a modifica proprietățile de volum  
43 ale materialului.

Un exemplu tipic de aplicație a activării și funcționalizării este introducerea de grupări  
45 chimice polare în structura chimică a suprafeței materialelor plastice expuse plamei de  
argon cu injecție de oxigen. Aceasta conduce la creșterea umectabilității (hidrofilizare). Un  
47 exemplu alternativ este hidrofobizarea prin injecția în plasmă a unor compuși fluorurați.

# RO 131922 B1

Corodarea (plasma etching)	1
Acest proces de îndepărtare a materialului de la suprafață este de regula un efect combinat al pulverizării și atacului chimic. La el contribuie bombardamentul cu ioni și reacțiile chimice de la suprafață. Pentru a amplifica reacțiile chimice la suprafață se injectează în plasmă gaze adecvate, în funcție de natura materialului ce trebuie procesat. Exemplul tipic de corodare este corodarea siliciului în urma injecției gazelor fluorurate, proces utilizat pe scara largă în industria semiconductorilor.	3 5 7
Curățarea suprafețelor (plasma cleaning)	
În cadrul acestei metode, radicalii generați în plasmă sunt utilizați la eliminarea contaminanților de la suprafața materialului. Efectul de curățare este amplificat de injecția unor gaze adecvate. Speciile formate în plasmă (radicali, ioni, metastabili, fotoni UV) reacționează chimic cu contaminanții de la suprafață producând specii atomice și moleculare volatile. Aceste specii difuzează în gaz și sunt îndepărtate prin curgerea gazului. Un exemplu tipic, întâlnit în practica medicală este curățarea instrumentarului cu plasma: în urma expunerii la plasma reziduurile organice sunt îndepărtate. Mai mult, curățarea este însoțită și de efectul de sterilizare.	9 11 13 15
Astfel de metode utilizează în general plasmă generate în condiții de vid, dar în prezent se răspândește utilizarea surselor de plasmă rece cu funcționare la presiune atmosferică. Acestea beneficiază de avantajul că nu apelează la tehnologia costisitoare a vidului. Dispozitive cu funcționare la presiune atmosferică au fost inventate în număr mare în ultima decadă. Trei factori sunt importanți pentru astfel de tehnologii utilizate la presiune atmosferică: generarea unei plasmă de temperatură joasă (reci), posibilitatea de a injecta un gaz reactiv care în urma disocierii produce speciile atomice și moleculare necesare metodei (care susțin depunerea, corodarea, inserția grupărilor polare) fără a perturba generarea plasmă, și posibilitatea de a poziționa precis plasma pe suprafață pentru tratamente localizate, tratamente ce pot fi extinse la suprafețe mari prin scanare.	17 19 21 23 25
Una dintre problemele majore este injectarea gazului reactiv în absența perturbării procesului de generare a plasmă. Injectarea gazului reactiv direct în gazul în care se generează plasma trebuie evitată deoarece poate conduce la efecte nedorite în sursa de plasmă (înfundarea sau astuparea spațiului de descărcare, corodarea electrozilor, schimbarea parametrilor de funcționare). O soluție alternativă este introducerea gazului reactiv din lateral într-o plasmă în curgere ce iese din spațiul de descărcare (jet de plasmă). Totuși, în acest caz amestecul cu plasmă este neuniform și incomplet. Cea mai bună soluție ar fi o injecție simetrică în jetul de plasmă care evoluează în afara spațiului de descărcare.	27 29 31 33
Invenția se referă la o sursă de plasmă rece de presiune atmosferică (funcționând fără echipamente de vid), tip jet multiplu de plasmă de formă planară, care permite injecția simetrică a gazului reactiv în plasmă fără a perturba descărcarea electrică care generează plasma. Sursa este utilizabilă în aplicații precum depunerea de straturi subțiri, corodarea, curățarea și activarea/funcționalizarea suprafețelor și permite extinderea procesării la suprafețe mari.	35 37 39
În literatură au fost identificate următoarele brevete relevante pentru invenția prezentă:	41
Brevetul <b>CN 101974739 A</b> prezintă un dispozitiv ce generează un jet multiplu de plasmă de temperatură joasă la presiune atmosferică. Invenția descrie o sursă multiplă de plasmă generată cu putere de radiofrecvență, cu jeturi cilindrice și funcționare simultană. Sistemul este unul scalabil și poate funcționa cu o multitudine de gaze, însă pentru ca un gaz reactiv să fie utilizabil la nivelul substratului, gazul trebuie să intre în spațiul de descărcare înainte ca plasma să iasă sub formă de jet în afara spațiului de descărcare. Astfel, această sursă de plasmă are altă construcție și proprietăți față de sursa descrisă în invenția prezentă.	43 45 47 49

# RO 131922 B1

1 În brevetul **CN 1812686 A** este prezentat un dispozitiv generator de plasmă, cu  
operare în radiofrecvență, cu geometrie planară, cu electrozi distincți pentru flecare spațiu  
3 de descărcare. Dacă sunt necesare mai multe gaze pentru operare, dispozitivul poate  
genera plasmă în mai multe camere în același timp, amestecul gazelor reactive cu jeturile  
5 de plasmă având loc în apropierea substratului, însă în lipsa unei geometrii de focalizare a  
plasmei gradul de amestec al precursorului cu plasmă este limitat.

7 În brevetul **US 6194036** este prezentat un dispozitiv generator de jet de plasmă  
atmosferică, cu funcționare în amestec de heliu și oxigen. Acesta are simetrie axială. Dispo-  
9 zitivul este utilizat la depunerea de straturi subțiri precum bioxidul de siliciu, prin injecția  
precursorului tetraetoxisilan (TEOS) în plasmă. Puterea aplicată variază între 40 și 500 W,  
11 iar rata de depunere este stabilită prin presiunea parțială a oxigenului. Injecția precursor-  
ului are loc în apropierea vârfului sursei de plasmă, la interiorul sursei, amplasarea asi-  
13 gurând o simetrie a amestecului.

15 În brevetul **WO 0132949** este prezentată o sursă de plasmă tip jet cu operare la  
presiune atmosferică, de geometrie cilindrică, plasma fiind generată între un electrod central  
și o duză. Plasma este în contact cu ambii electrozi. Precursorul este injectat central,  
17 printr-un tub ceramic plasat în interiorul electrodului central sau cu ajutorul unui tub care  
pătrunde din laterală până în centrul jetului de plasmă.

19 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în tratarea locală sau pe arii mari  
a materialelor în condiții de temperatură scăzută.

21 Sursa de plasmă rece pentru procesarea suprafețelor la presiune atmosferică,  
conform invenției, este alcătuită din doi electrozi metalici laterali și un electrod metalic central  
23 prevăzut cu o cameră de injecție, conectați la un generator de radiofrecvență, două plăci  
ceramice care separă electrozii metalici laterali de electrodul metalic central, plăcile ceramice  
25 având rol de barieră de dielectric și delimitează, în raport cu suprafețele laterale ale electro-  
dului central, care este sub formă de trapez, două spații de descărcare prin care se introduce  
27 un gaz de descărcare, astfel încât la aplicarea tensiunii de radiofrecvență se generează  
simultan, în gazul de descărcare, două jeturi planare de plasmă omogenă, și care după  
29 ieșirea din dispozitiv se intersectează la nivelul suprafeței de procesat cu un gaz precursor  
injectat prin camera de injecție.

31 Sursa de plasmă rece funcționează la presiune atmosferică, în atmosfera deschisă  
sau controlată. Sursa utilizează pentru generarea plasmei putere de radiofrecvență, iar gazul  
33 utilizat este argonul. Prin construcție sursa generează simultan două jeturi planare de  
plasmă, alimentate de la același generator de radiofrecvență. Jeturile formează între ele un  
35 unghi ascuțit predeterminat. Cele două jeturi planare de plasmă se intersectează după o linie  
în zona de tratament a suprafeței, unde se produce o focalizare a plasmei și o creștere locală  
37 a densității speciilor. Specificul construcției permite injecția gazului reactiv prin interiorul  
sursei, în afara spațiilor de descărcare electrică, în mod simetric, prin planul bisector al  
39 unghiului format de cele două jeturi planare. Geometria sursei și procedeeul de injecție asi-  
gură un amestec optim al precursorului cu plasmă. Sursa este utilizabilă în aplicații precum  
41 depunerea de straturi subțiri, corodarea, curățarea și activarea/funcționalizarea suprafețelor,  
inclusiv a suprafețelor mari.

43 Invenția prezintă următoarele avantaje:

- 45 - posibilitatea depunerii de straturi subțiri,
- corodarea unei suprafețe cu ajutorul plasmei;
- curățarea ori modificarea suprafețelor unui material.

47 Se dă în continuare un exemplu de realizare în legătură și cu figurile care reprezintă:

- 49 - fig.1, diagrama bloc a montajului experimental utilizat la procesarea suprafețelor cu  
plasmă;

# RO 131922 B1

- fig. 2, vedere laterală în secțiune a sursei de plasmă dinspre conexiunea RF; 1
  - fig. 3, vedere laterală în secțiune a sursei de plasmă cu vizualizare la un unghi de 90 grade față de conexiunea RF; 3
  - fig. 4, vedere frontală a sursei de plasmă cu vizualizare dinspre ieșirea gazului/plasmei; 5
  - fig. 5, schema circuitului electric ce prezintă conexiunea RF și conexiunea electrodului de masă; 7
  - fig. 6, vedere laterală cu variația unghiului dintre electrozii de masă și a lungimii jetului de plasmă. 9
- Definiția termenilor:
- plasma: plasma este considerată ca fiind un gaz total sau parțial ionizat, per ansamblu neutru din punct de vedere electric, în care sarcinile electrice au comportare colectivă. Este un sistem fizic format dintr-un număr mare de particule neutre, electroni și ioni. Plasma este considerată a patra stare a materiei; 11
  - descărcare electrică (în gaze): descărcarea electrică în gaze reprezintă trecerea curentului electric printr-un gaz în urma formării de purtători de sarcină (electroni liberi și ioni) prin ionizarea gazului datorită aplicării unei tensiuni electrice mari. Principalii parametri ai unei descărcări în gaze sunt: tensiunea aplicată, densitatea curentului de descărcare, gradul de ionizare, concentrația purtătorilor de sarcină și a atomilor excitați, temperatura gazului, presiunea gazului, forma electrozilor și distanța dintre ei. Descărcarea electrică reprezintă metoda uzuală de producere a plasmei; 15
  - descărcare de radiofrecvență, descărcare RF: descărcare electrică în gaze, alimentată cu tensiune alternativă a cărei frecvență se situează în domeniul radio al spectrului electromagnetic. Frecvența industrială admisă pentru descărcările de radiofrecvență este de 13.56 MHz; 23
  - DBD (Engl: Dielectric Barrier Discharge, Rom: Descărcare cu Bariera de Dielectric): o anumită geometrie utilizată în descărcările în gaze ce utilizează la interiorul camerei în care are loc străpungerea gazului una sau două bariere de dielectric (ce pot fi realizate din sticlă, ceramică) amplasate la suprafața electrozilor. Această configurație este utilizată acolo unde se dorește prevenirea apariției arcului electric datorată unor curenți electrici inițiali mari; 29
  - specii în plasmă: atomi în stare fundamentală sau în stări excitate, molecule în diferite stări de excitație, ioni atomici și moleculari pozitivi și negativi, electroni, radicali gazoși; 31
  - gaz activ/reactiv: gazele pot fi împărțite în gaze inerte și gaze active. Gazele inerte sunt cele care nu reacționează cu alte elemente. Argonul este un gaz inert. Gazele active sau reactive sunt cele care se combină sau reacționează cu alte elemente și pot forma compuși. Azotul, oxigenul, fluorul sunt exemple de gaze reactive; 37
  - precursor: gaz ce acționează ca o sursă de specii în anumite procese, cum ar fi depunerile, corodările în plasmă. Aceștia favorizează depunerea de straturi subțiri la suprafața unui substrat, ori corodarea stratului. De exemplu compușii organometalici sunt gaze precursore utilizabile la depunerea straturilor subțiri metalice; 39
  - substrat: proba utilizată ca test ori ca suport pentru experimente sau procesări în plasmă. Procesele aplicabile în cazul tratamentelor în plasmă pot fi depuneri, corodări, modificări de suprafață; 41
  - polimeri: substanța compusă din molecule cu masă moleculară mare formate dintr-un număr mare de monomeri (compuși organici cu masă moleculară mică și compoziție chimică simplă) legați în mod repetitiv prin legături covalente; 45

# RO 131922 B1

1 - filme subțiri, straturi subțiri: straturi depuse la suprafața unui substrat prin diverse  
metode, cu grosimi de la nanometri și până la câțiva micrometri. Acestea pot avea proprietăți  
3 diverse, depinzând de aplicație.

În cele ce urmează se detaliază descrierea sursei generatoare de două jeturi planare  
5 de plasmă și injecție simetrică a gazului precursor. Figurile reprezentative pentru această  
descriere sunt fig.1-6. Fig. 1, 2, 3 și 4 sunt dedicate descrierii tehnice a dispozitivului.

7 În fig.1 este prezentată schema bloc a montajului experimental. Astfel, sursa de  
plasmă este poziționată deasupra unei mese de translație X-Y pe care se amplasează  
9 substratul. Fluxul de gaz utilizat la descărcare provenit de la butelie este controlat via un  
controler de debit de gaz asistat de calculator. Conexiunea de la controlerul de gaz către  
11 sursa de plasmă este realizată prin furtune de gaz și cuple de gaz la nivelul sursei de plasmă  
(fig.1-3 componentele **2**). Debitul gazului reactiv este controlat via un alt controler de ase-  
13 menea asistat de calculator. Conexiunea gazului precursor dinspre controlerul de debit către  
sursa de plasmă este de asemenea realizată prin furtune de gaz și o cupla de gaz (fig. 1-3  
15 componenta **3**). Puterea de radiofrecvență este furnizată de un generator RF (cu funcționare  
la o frecvență de 13.56 MHz și un domeniu de puteri de 1-600 W) și o cutie de adaptare a  
17 impedanței. Transferul de putere de la generator către sursa de plasmă este asigurat de un  
cablu coaxial ce se conectează la sursă printr-o mufă de radiofrecvență (fig. 1-3 componenta  
19 **1**). Inițierea descărcării și menținerea sa sunt controlate de calculator printr-un software  
dedicat.

21 Sursa de plasmă are forma trapezoidală. Ea este asamblată din trei electrozi care  
delimitează două spații de descărcare înguste și planare (de formă paralelipipedică). Spațiile  
23 de descărcare (fig. 2, 3 componenta **4**) sunt alimentate cu gazul în care se generează  
plasma (argon). Spațiile de descărcare se deschid către partea inferioară a sursei cu două  
25 duze dreptunghiulare prin care plasma expandează sub formă de jeturi planare. Electrocul  
interior are forma unei prisme drepte cu secțiuni de trapez isoscel (fig. 2, 3, componenta **5**)  
27 și joacă rol de electrod cald (este conectat la borna de putere a generatorului RF) și este  
comun pentru cele două spații de descărcare laterale. În electrodul interior este amplasată  
29 camera de injecție (fig. 2, 3 componenta **6**) a gazului precursor de asemenea îngustă și  
planară (paralelipipedică). Electrozii exteriori sunt amplasați lateral (fig. 2, 3 componenta **7**)  
31 și sunt conectați la masa electrică a dispozitivului. Suprafețele electrozilor exteriori care  
delimitează spațiul de descărcare sunt separate de descărcare prin bariere de dielectric  
33 (fig. 2, 3 componenta **8**). Aceste spații sunt închise lateral cu spațiatoare izolate electric  
(fig. 2, 3 componentele **9** și **10**) care previn scurgerea gazului în afara sursei, forțând astfel  
35 străpungerea gazului în zonele unde sunt prezente barierele de dielectric. Întregul dispozitiv  
este învelit într-o carcasă metalică cu rol de ecranare, legată electric la aceeași masă cu  
37 electrozii exteriori și cu bornă de masă a generatorului RF.

Componenta **9** (fig. 2 și 3) a dispozitivului asigură alimentarea cu gaz a dispozitivului.  
39 Ea are aplicate la interior două spații de uniformizare a curgerii gazului **12**, iar în partea  
inferioară două orificii prin care gazul trece în spațiile de descărcare laterale. Electrocul de  
41 putere este prevăzut și el cu o cuplă de gaz (fig. 2 și 3, componenta **3**), dedicată introducerii  
gazului precursor.

43 Camera de injecție (fig. 2, 3 componenta **6**) este utilizată ca spațiu de uniformizare  
a curgerii gazului și se continuă spre partea inferioară a sursei de plasmă cu deschideri (fig.  
45 3, 4 componenta **11**) ce acționează ca orificii de dispersare a precursorului sub formă de  
vapori sau aerosoli între cele două jeturi planare de plasmă. Plasma generată la interiorul  
47 spațiilor de descărcare expandează în afara sursei sub forma a două jeturi planare de

# RO 131922 B1

plasmă (fig. 2 și 3 componenta **14**) prin două deschideri (duze) dreptunghiulare. Jeturile planare se intersectează la nivelul substratului. Precursorul injectat în sursa (fig. 2 și 3, componenta **15**) se amestecă cu plasma la nivelul intersecției jeturilor de plasmă (fig. 2, componenta **16**), foarte aproape de substrat, asigurând astfel o reacție optimă cu aceasta în apropierea suprafeței de tratat.

Circuitul electric este prezentat în fig. 5 mufa de radiofrecvență este amplasată la exteriorul dispozitivului pe carcasa exterioară metalică legată la masă împreună cu electrozii de masă. Mufa are aplicată prin sudură o conexiune (fig. 3 și 4, componenta **13**) către electrodul de putere. Acest lucru permite curentului de la generatorul de radiofrecvență să treacă de la electrodul de putere către spațiile laterale de descărcare și apoi la electrozii de masă.

În timpul procesului de proiectare a sursei se alege unghiul sub care jeturile de plasmă generate se întâlnesc la nivelul substratului. Valoarea dorită a unghiului se aplică electrodului central de putere de la care se începe construcția sursei de plasmă. Electrozii de masă împreună cu spațiatoarele și plăcuțele de dielectric se amplasează apoi pe acest electrod central, după care întreaga sursă este învelită în carcasa protectoare. În fig. 6 este prezentată posibilitatea de variere a unghiului dintre cele două jeturi de plasmă. În această figură sunt prezentate electrodul central **1**, electrozii laterali **2**, plasma generată la interior și care expandează din sursa de plasmă **3** cât și substratul **4**. Unghiul  $\alpha$  dintre cele două jeturi de plasmă, cât și  $D$  (distanța de la vârful sursei și până la substrat) sunt cei doi parametri de care se ține cont în timpul proiectării inițiale a dispozitivului. De asemenea, în cursul proiectării se stabilește și geometria duzelor de ieșire a plasmei, care determină lățimea jeturilor de plasmă planare (fig. 4, mărimea  $L$ ).

Elaborarea unei surse de plasmă rece cu funcționare la presiune atmosferică capabilă să asigure tratarea locală sau pe arii mari a materialelor (depuneri de straturi subțiri, corodare, curățarea ori modificarea suprafețelor) în condiții de temperatură redusă, prin injecția în mod simetric în plasmă a gazelor reactive/precursori. Procedeele de tratare la presiune atmosferică ce utilizează acest dispozitiv sunt mai flexibile față de procedeele echivalente utilizate la presiuni joase de lucru.

**Exemple:**

În cele ce urmează, pentru a explicita modul de operare al sursei de plasmă descrise, detaliem câteva proceduri de lucru.

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

O probă de siliciu cu dimensiunile 20x20 mm este amplasată pe o masă de translație X-Y controlată utilizând un PC, într-o poziție prestabilită în afara jetului de plasmă la o înălțime de 1-5 mm față de suprafața ce urmează a fi procesată.

Gazul de descărcare (Argon de o puritate 99.999%) este inserat în sursa de plasmă la un debit de 4000 sccm (4 litri/minut) utilizând un controler de debit comandat de un calculator. Inițierea descărcării (străpungerea gazului) este realizată utilizând un generator de radiofrecvență și o cutie de adaptare a impedanței (AD-TEC 600). Plasma expandează din sursă sub forma a două jeturi planare. Gazul precursor utilizat (ce poate fi în cazul depunerii carbonului: pirol ( $C_4H_5N$ ), tiofen ( $C_4H_4S$ ), furan ( $C_4H_4O$ ), anilină ( $C_6H_5NH_2$ ), acid acrilic ( $CH_2=CHCO_2H$ ), sau în cazul depunerii bioxidului de siliciu: hexametildisiloxan ( $C_6H_{18}OSi_2$ ) sau hexametildisilazan ( $C_6H_{18}NHSi_2$ )) este inserat în sursă sub formă de vapori la un debit de 300 sccm, utilizând un controler de debit. Vaporii precursorului ies în afara sursei în spațiul delimitat de cele două jeturi de plasmă unde se amestecă cu acestea. După acest pas, masa de translație deplasează proba de siliciu sub jeturile de plasmă. Din acest moment deplasarea se realizează pe un traseu predefinit utilizând un program de calculator.

# RO 131922 B1

1 În timpul deplasării precursorul descompus la substrat este fragmentat și fragmentele care  
ajung la suprafață se depun formând stratul subțire. De cele mai multe ori pentru un  
3 tratament uniform, deplasarea se face urmărind o serie de linii paralele ce acoperă întreaga  
suprafață a probei. Grosimea filmului se controlează prin timpul de depunere. Timpul de  
5 depunere este determinat din numărul de scanări ale întregii suprafețe, ceea ce face ca  
întreg procesul să fie ușor de controlat. La terminarea ciclului de scanare, masa de translație  
7 deplasează proba de tratat în afara poziției jetului de plasmă pentru a permite colectarea  
acesteia. După aceasta, se sistează alimentarea sursei de plasmă cu vaporii precursorului,  
9 după care alimentarea cu putere este întreruptă, iar gazul de lucru este de asemenea oprit.

## **Exemplul 2:** Corodarea unei suprafețe:

11 O plachetă de siliciu de dimensiuni 10x10 mm este amplasată pe masa de translație  
X-Y controlată de computer. Procedura de lucru din acest moment este identică cu cea  
13 pentru Exemplul 1, de la inițierea descărcării și până la deplasarea sursei de plasmă de-a  
lungul unui traseu prestabilit, controlat de un computer. Diferența constă în tipul gazului  
15 injectat, care în acest caz este un compus fluorurat:  $C_2H_2F_4$  (tetrafluoroetan) sau  $SF_6$  (hexa-  
fluorura de sulf). Acești compuși produc corodarea siliciului prin tratamentul cu plasmă.  
17 Compusul fluorurat se injectează în plasmă unde se descompune și produce atomi de fluor  
(F) ce reacționează chimic cu substratul. Datorită geometriei speciale a dispozitivului, aceste  
19 gaze reactive se amestecă cu plasma la exteriorul sursei de plasmă, prevenind astfel  
corodarea componentelor de la interiorul sursei.

21 **Exemplul 3:** Modificarea umectabilității suprafețelor polimerice:

Materialele polimerice utilizate în cadrul acestor tratamente sunt folii polimerice  
23 comerciale de PET (polietilen tereftalat, grosime 130  $\mu m$ ) provenite de la Goodfellow Ltd.,  
Cambridge. Tratamentul constă în expunerea foliilor polimerice la jetul de plasmă în argon  
25 folosind ca și gaz reactiv oxigenul. Foliile polimerice de dimensiune 20x20 mm sunt poziționate  
pe masa de translație. Gazul de lucru utilizat este argonul de o puritate 99.999%. Parametrii  
27 descărcării sunt setați după cum urmează: puterea de radiofrecvență de 14 W, rata debitului  
de argon de 4500 de sccm, iar distanța dintre duză și substrat de 2 mm. Viteza de scanare  
29 este de 2 mm/sec, viteza ce corespunde unei expuneri a suprafeței la plasma de 0,8  
sec/ $mm^2$  de-a lungul traiectoriei de scanare. Timpul total de tratare este variat prin  
31 modificarea numărului de scanări ale suprafeței de-a lungul aceluiași contur predeterminat,  
și anume: 1 scanare, 3 scanări, 5 scanări, 10 scanări.

33 Pentru a evalua capacitatea de udare (umectabilitatea) a suprafețelor polimerice de  
PET tratate se realizează măsurători de unghi de contact folosind un microscop KSV  
35 CAM101. Valoarea unghiului de contact pentru o suprafață de PET netratată este de  $81^\circ$ . În  
urma tratamentelor efectuate se observă o scădere semnificativă a unghiului de contact cu  
37 timpul de tratament. Astfel, cea mai mică valoare a unghiului de contact obținută pentru PET  
poate fi de  $20^\circ$  pentru un număr de 10 scanări.



# RO 131922 B1

## Revendicare

Sursă de plasmă rece pentru procesarea suprafețelor la presiune atmosferică alcătuită din doi electrozi (7) metalici laterali și un electrod (5) metalic central prevăzut cu o cameră (6) de injecție, conectați la un generator de radiofrecvență, **caracterizată prin aceea că** mai conține două plăci (8) ceramice care separă electrozii (7) metalici laterali de electrodul (5) metalic central, plăcile (8) ceramice având rol de barieră de dielectric și delimitează, în raport cu suprafețele laterale ale electrodului (5) central, care este sub formă de trapez, două spații (4) de descărcare prin care se introduce un gaz (12) de descărcare, astfel încât la aplicarea tensiunii de radiofrecvență se generează simultan, în gazul (12) de descărcare, două jeturi (14) planare de plasmă omogenă, și care după ieșirea din dispozitiv se intersectează la nivelul suprafeței (16) de procesat cu un gaz (15) precursor injectat prin camera (6) de injecție.

(51) Int.Cl.

H05H 1/34 (2006.01),

C23C 16/505 (2006.01),

C23C 8/36 (2006.01)

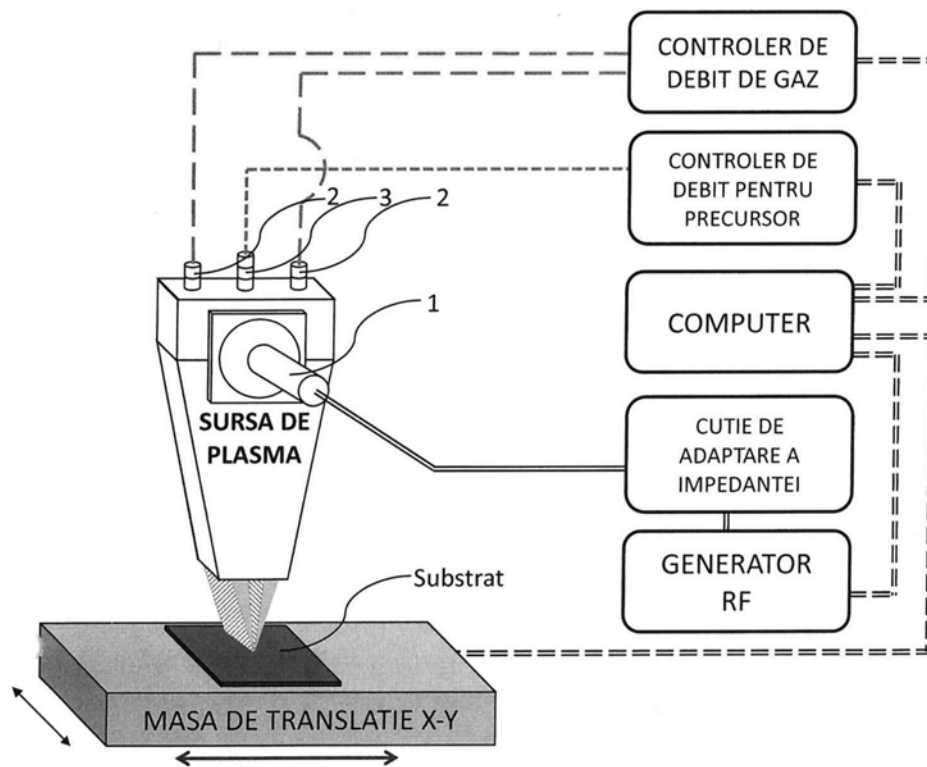


Fig. 1

(51) Int.Cl.

**H05H 1/34** (2006.01);

**C23C 16/505** (2006.01);

**C23C 8/36** (2006.01)

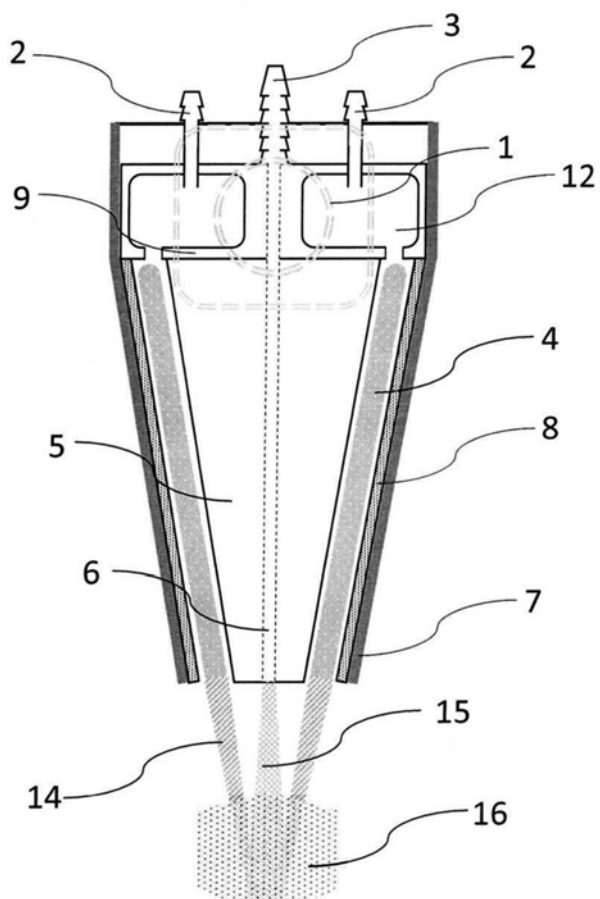


Fig. 2

(51) Int.Cl.

*H05H 1/34* (2006.01),

*C23C 16/505* (2006.01),

*C23C 8/36* (2006.01)

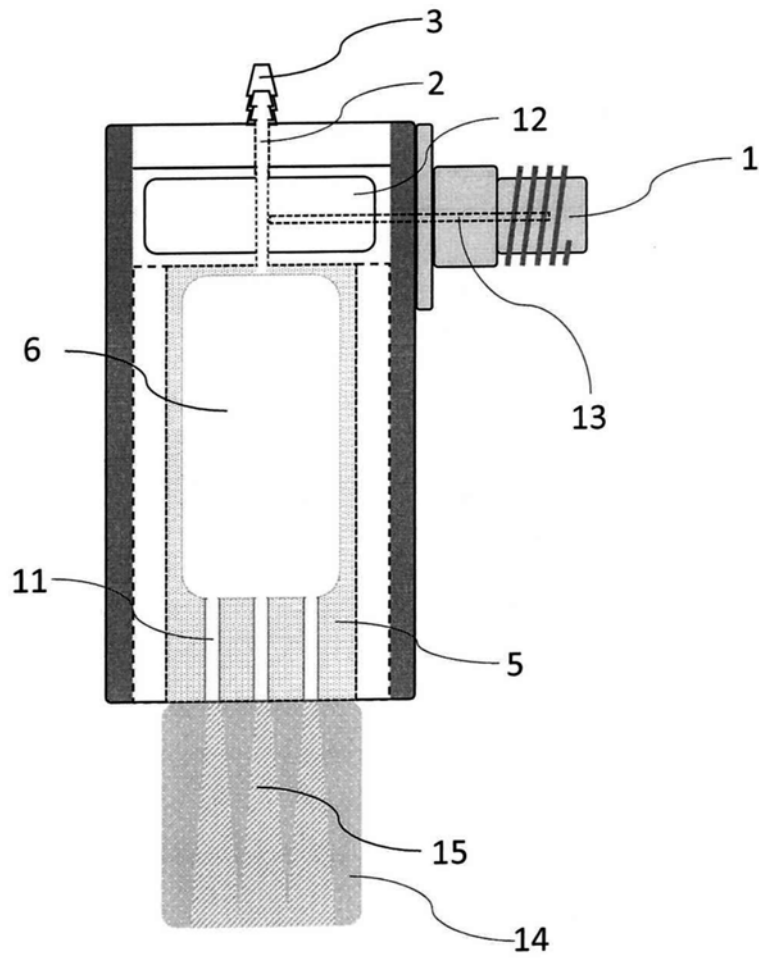


Fig. 3

(51) Int.Cl.

*H05H 1/34* (2006.01);

*C23C 16/505* (2006.01);

*C23C 8/36* (2006.01)

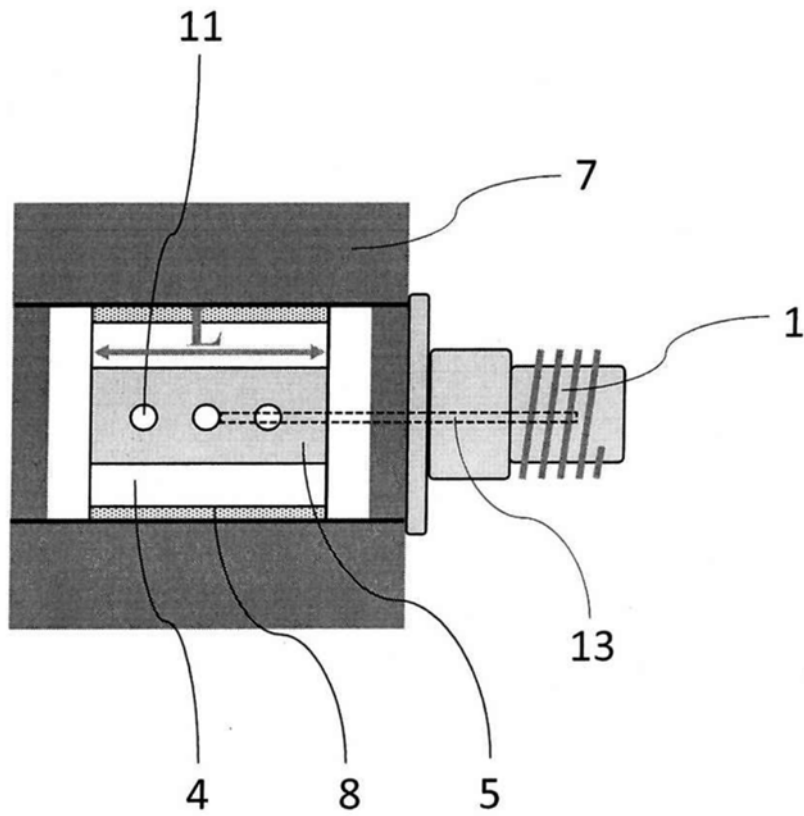


Fig. 4

(51) Int.Cl.

*H05H 1/34* (2006.01);

*C23C 16/505* (2006.01);

*C23C 8/36* (2006.01)

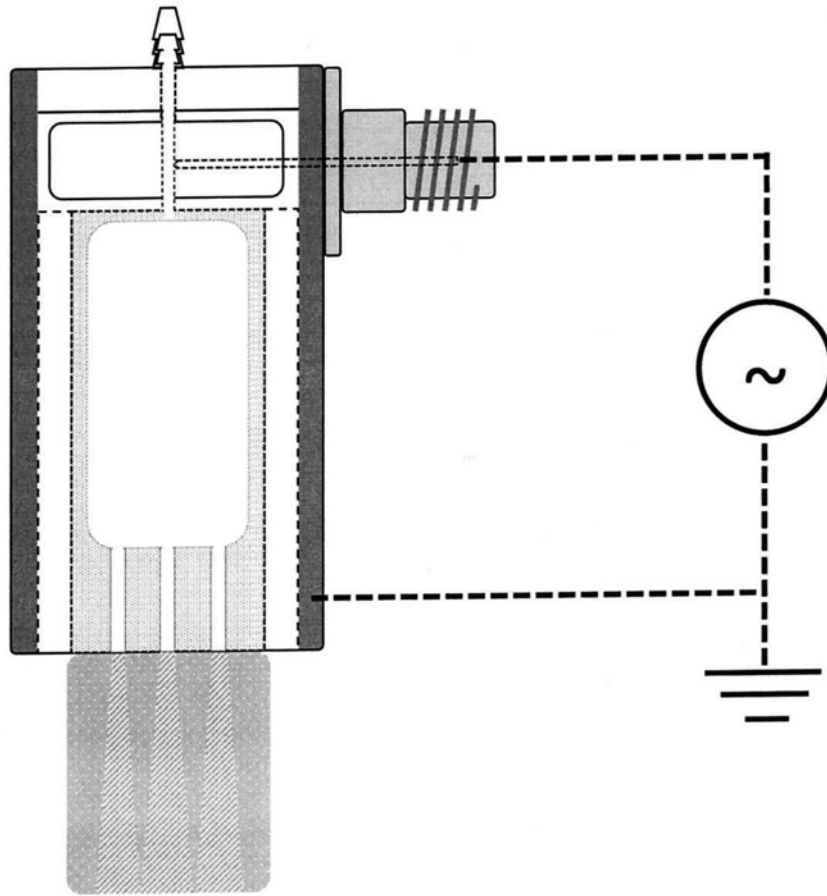


Fig. 5

(51) Int.Cl.

*H05H 1/34* (2006.01);

*C23C 16/505* (2006.01);

*C23C 8/36* (2006.01)

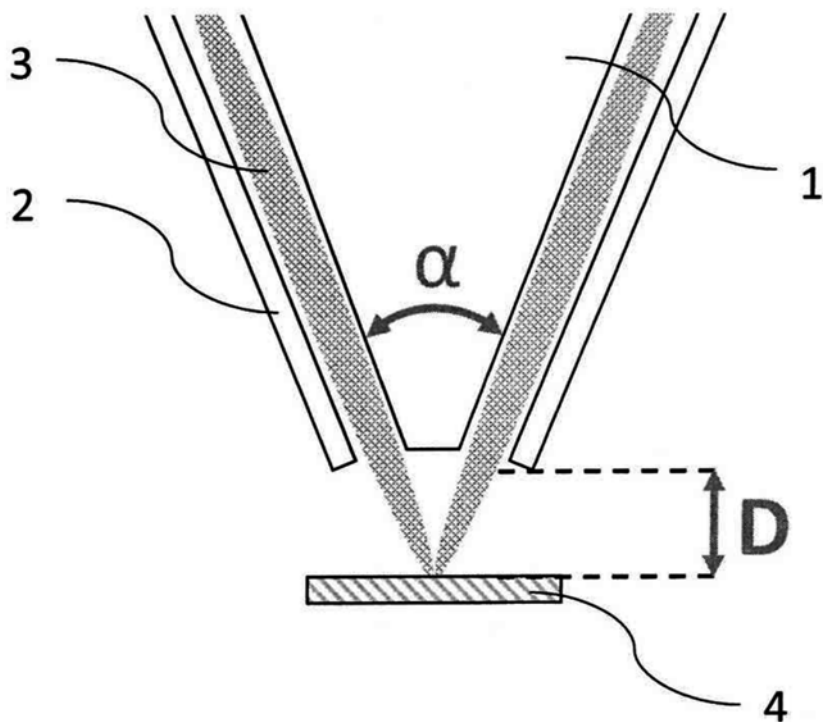


Fig. 6



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 511/2021