



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00017**

(22) Data de depozit: **12/01/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/04/2023** BOPI nr. **4/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2018 BOPI nr. **7/2018**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI - INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR
NR. 409, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **STOICAN OVIDIU-SORIN,
STR. FIZICIENILOR NR. 6, BL. 4, SC. 2,
ET. 2, AP. 26, MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
JP 2002352998 A; US 10421938 B2

(54) **CIRCUIT PENTRU CONTROLUL AUTOMAT
AL FUNCȚIONĂRII UNUI GENERATOR DE PLASMĂ
CU ALIMENTARE MIXTĂ**



1 Invenția se referă la un circuit electronic folosit pentru controlul automat al funcționării
unui generator de jet de plasmă, în cazul în care acesta este alimentat electric de către două
3 surse de tensiune conectate în paralel, anume o sursă de tensiune continuă și respectiv un
generator de pulsuri de foarte înaltă tensiune, acest mod de alimentare fiind denumit în
5 continuare alimentare mixtă. Într-o altă variantă constructivă circuitul la care face referire
invenția permite detecția apariției de arcuri electrice parazite între elementele care compun
7 generatorul de plasmă. Circuitul la care face referire invenția poate fi folosit, fără a se limita
la acestea, la construcția generatoarelor portabile de jet de plasmă non-termică, cu alimen-
9 tare mixtă, funcționând la presiune atmosferică. Generatoarele de jet de plasmă non-termică
la presiune atmosferică au diverse utilizări cum sunt: îndepărtarea diversilor contaminanți
11 chimici organici sau biologici, eliminarea inscripțiilor ilegale ("graffiti") de pe cădirile publice,
curățarea componentelor optice, a suprafețelor înainte de aplicarea diverselor acoperiri, a
13 rămășițelor de fotorezist ca etapă în procesul de realizare a plăcilor de circuit imprimat, a
componentelor din mase plastice sau cauciuc înaintea operațiilor de lipire, a resturilor de ulei
15 de pe deșeurile metalice, precum și sterilizarea unor instrumente medicale sau a unor
proteze care urmează a fi implantate în organism. Exemplele unor asemenea aplicații sunt
17 descrise în brevetele **US 20100273129 A1/2010**, **WO 2002041963 A3/2002**,
WO 2006031452 A3/2007 și **EP 1613133 A3/2011**. Există mai multe moduri în care pot fi
19 alimentate electric generatoarele de jet de plasmă non-termică la presiune atmosferică. În
articolul **C. Tendero, C. Tixier, P. Tristant, J. Desmanson, P. Leprince, Atmospheric**
21 **pressure plasmas: A review, Spectrochimica Acta Part B 61, pp. 2-30 (2006)** sunt pre-
zentate schemele de bază existente. Acestea se pot combina, rezultând sisteme de alimen-
23 tare mixte care utilizează două sau mai multe surse de tensiune, de tip diferit, conectate în
paralel. Un asemenea generator de jet de plasmă este descris în articolul **O. S. Stoican, An**
25 **atmospheric pressure plasma source driven by a train of monopolar high voltage**
pulses superimposed to a de voltage, European Physical Journal-Applied Physics, 55,
27 **30801 (2011)**, pentru care sistemul de alimentare electrică constă din două surse de
tensiune. Una dintre surse este un generator ce furnizează la ieșire pulsuri de foarte înaltă
29 tensiune, de ordinul kilovoltilor. Cealaltă este o sursă convențională de curent continuu ce
furnizează la ieșire tensiuni de ordinul sutelor de volți.

31 Descărcarea electrică este inițiată și periodic reaprinsă de către generatorul de
pulsuri de foarte înaltă tensiune. Descărcarea electrică este întreținută de către sursa de
33 curent continuu. Dispozitivele de iluminat cu plasmă, cum sunt de exemplu tuburile
fluorescente, utilizează de asemenea o schemă de alimentare mixtă. În cazul acestora,
35 inițierea descărcării electrice se face numai la început, în momentul aprinderii. Deoarece
plasma este generată la presiune scăzută, într-o incintă închisă în care condițiile de mediu
37 rămân constante, întreruperea descărcării electrice este neuzuală și apare foarte rar. În
acest caz, determinarea stării în care se află plasma descărcării electrice se poate face prin
39 intermediul curentului de descărcare. Descărcarea este considerată întreruptă și se comandă
reaprirea sa atunci când curentul de descărcare scade sub o anumită valoare. În cazul
41 generatoarelor de plasmă funcționând la presiune atmosferică, datorită interacției jetului de
plasmă cu diverse elemente exterioare, condițiile de funcționare se modifică foarte rapid și
43 imprevizibil, ceea ce duce la întreruperea descărcării și implicit la necesitatea reaprirea
sale, la momente de timp aleatoare. Determinarea stării în care se află jetul de plasmă prin
45 intermediul curentului de descărcare nu este întotdeauna relevantă, deoarece accidental se
pot forma arcuri electrice între alte elemente constructive ale generatorului. Este posibil astfel
47 să existe curent de descărcare dar să nu existe jet de plasmă.

RO 132739 B1

Una din soluții la această problemă, descrisă în articolul **O. S. Stoican, An atmospheric pressure plasma source driven by a train of monopolar high voltage pulses superimposed to a dc voltage, European Physical Journal-Applied Physics, 55, 30801 (2011)**, constă în aplicarea continuă a pulsurilor de foarte înaltă tensiune. Unul din dezavantajele funcționării în regim continuu a generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune îl constituie consumul mărit energie. În cazul echipamentelor portabile, alimentate din baterii de acumulatori, consumul de energie reprezintă un parametru important, care trebuie menținut la un nivel cât mai scăzut. De asemenea este cunoscut că obținerea unei tensiuni electrice foarte ridicate, continuă sau în pulsuri, dintr-o tensiune continuă de valoare relativ mică, cum este cea furnizată de către o baterie de acumulatori, se face cu randament scăzut. Alt dezavantaj al funcționării în regim continuu a generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune îl constituie generarea permanentă de perturbații electromagnetice.

Circuitul pentru controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă, la care face referire invenția, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că pulsurile de înaltă tensiune sunt aplicate numai atunci când este necesară menținerea continuității în timp a jetului de plasmă.

Conform invenției circuitul pentru controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă, constă dintr-un senzor fotoelectric și un bloc de comandă, care controlează funcționarea generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune funcție de intensitatea radiației optice din domeniul infraroșu (IR) al spectrului radiației electromagnetice, emise de jetul de plasmă. La rândul său blocul de comandă este format, conform invenției, dintr-un șir de circuite electronice, anume modulul amplificator, comparator și modulul temporizator, conectate în serie, în această ordine. Prin construcție, conform invenției, generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune este prevăzut cu o intrare de comandă prin intermediul căreia, funcție de valoarea unei tensiuni de control aplicate, producerea pulsurilor de foarte înaltă tensiune este fie permisă, fie inhibată. Senzorul fotoelectric, conform invenției, este orientat perpendicular pe direcția jetului de plasmă, în apropierea acestuia, având sensibilitatea maximă în IR. Acest senzor furnizează la ieșire o tensiune electrică proporțională cu intensitatea radiației optice în IR emise de jetul de plasmă. Utilizarea intensității radiației optice din domeniului IR pentru determinarea stării jetului de plasmă este motivată de faptul că, așa cum dovedesc măsurătorile experimentale, radiația optică emisă de jetul de plasmă prezintă valori maxime ale intensității sale în acest domeniu. De asemenea, deoarece senzorul fotoelectric are sensibilitatea maximă în IR, perturbarea sistemului de către radiația optică ambientală din domeniul vizibil este minimizată. Tensiunea de la ieșirea senzorului fotoelectric este amplificată de către modulul amplificator, apoi aplicată la intrarea comparatorului, care compară valoarea acestuia cu o valoare de prag prestabilită, denumită în continuare tensiune de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR pentru un jet de plasmă considerat a fi un jet normal. Tensiunea de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR reprezintă un parametru constructiv al circuitului pentru controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă ce poate fi ajustat în scopul determinării unui punct de funcționare optim. Tensiunea de la ieșirea comparatorului este aplicată în continuare la intrarea modulului temporizator care furnizează tensiunea de control pentru generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune. Dacă valoarea tensiunii de ieșire a senzorului fotoelectric, după amplificare, este mai mare decât tensiunea de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR, se consideră că jetul de plasmă există și are caracteristici normale și, conform invenției, tensiunea de control are o astfel de valoare încât producerea pulsurilor de foarte înaltă tensiune este inhibată. Dacă valoarea tensiunii de ieșire a senzorului fotoelectric, după amplificare, este mai mică decât

RO 132739 B1

1 tensiunea de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR se consideră că jetul de
2 plasmă nu există sau are caracteristici anormale și, conform invenției, tensiunea de control
3 are o astfel de valoare încât producerea pulsurilor de foarte înaltă tensiune este permisă. În
4 acest ultim caz, conform invenției, în scopul stabilizării jetului, blocul temporizator contro-
5 lează durata producerii pulsurilor de înaltă tensiune, astfel încât aceasta să fie mai mare
6 decât intervalului de timp necesar tensiunii de ieșire a senzorului fotoelectric să atingă din
7 nou, după amplificare, tensiunea de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR.
8 Diferența de timp dintre durata producerii pulsurilor de foarte înaltă tensiune și intervalul de
9 timp după care tensiunea de ieșire a senzorului fotoelectric, după amplificare, atinge
10 valoarea tensiunii de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR reprezintă un
11 parametru constructiv al circuitului pentru controlul automat al funcționării unui generator de
12 plasmă cu alimentare mixtă, denumit timp de stabilizare, și poate fi ajustat în scopul deter-
13 minării unui punct de funcționare optim.

14 Într-o altă variantă constructivă, pentru detecția apariției de arcuri electrice parazite
15 este inclus un circuit de monitorizare a intensității curentului de descărcare care este debitat
16 de sursa de curent continuu, constând dintr-un senzor de curent, comparator și un circuit de
17 detecție. Conform invenției, dacă intensitatea curentului de descărcare depășește o anumită
18 limită prestabilită, iar intensitatea radiației optice în IR este mai mică decât valoarea de prag
19 prestabilită, circuitul de detecție semnalizează apariția unui arc electric parazit. În această
20 variantă constructivă, circuitul la care face referire invenția, poate fi folosit pentru detecția
21 apariției de arcuri electrice parazite în cazul oricărui generator de jet de plasmă, oricare ar
22 fi modul său de alimentare.

23 Față de soluțiile anterioare circuitul la care face referire invenția prezintă următoarele
24 avantaje:

- 25 - reduce consumul de energie electrică și nivelul de zgomot electromagnetic deoarece generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune funcționează intermitent;
- 26 - permite semnalizarea dispariției jetului de plasmă;
- 27 - permite semnalizarea prezenței unor arcuri electrice parazite între elemente ale
28 generatorului de plasmă atunci când circuitul la care face referire invenția include și un circuit
29 care monitorizează curentul de descărcare.

30 Se dă în continuare un exemplu de realizare și aplicare a invenției, în legătură și cu
31 fig. 1...6 care reprezintă:

- 32 - fig. 1, schema bloc a unui generator de plasmă cu alimentare mixtă a cărui
33 funcționare este controlată de către circuitul la care face referire invenția;
- 34 - fig. 2, forma de undă a pulsurilor de foarte înaltă tensiune;
- 35 - fig. 3, măsurătoare experimentală pentru spectrul radiației optice emise de jetul de
36 plasmă, atunci când se folosește argonul drept gaz de lucru;
- 37 - fig. 4, schema bloc a circuitului la care face referire invenția;
- 38 - fig. 5, formele de undă pentru tensiunile ieșire ale modulului amplificator, compa-
39 rator și temporizator;
- 40 - fig. 6, exemplu de aplicare a circuitului la care face referire invenția, într-o altă
41 variantă constructivă, care are inclus un circuit de monitorizare a curentului de descărcare,
42 utilizat în scopul semnalizării apariției de arcuri electrice parazite.

43 Este descris în continuare un exemplu de realizare și aplicare a circuitului pentru
44 controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă, conform
45 invenției. În fig. 1 este prezentată schema bloc a unui generator de plasmă cu alimentare
46 mixtă a cărui funcționare este controlată de către circuitul la care face referire invenția.
47

RO 132739 B1

Alimentarea electrică a generatorului de plasmă constă din sursa de curent continuu **1** care furnizează o tensiune continuă de ordinul sutelor de volți și generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune **2** care furnizează un șir de pulsuri negative de foarte înaltă tensiune cu amplitudinea de ordinul kilovolților, a căror formă de undă este prezentată în fig. 2, aplicate la una din intrările circuitului sumator **5** prin intermediul cablului de foarte înaltă tensiune **4**. Generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune **2** este prevăzut cu intrarea de comandă **3** prin intermediul căreia, funcție de valoarea tensiunii de control furnizate de blocul de comandă **16**, producerea pulsurilor de foarte înaltă tensiune este fie permisă, fie inhibată. Tensiunile furnizate de sursa de curent continuu **1** și generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune **2** sunt însumate de către circuitul sumator **5**, tensiunea rezultantă fiind aplicată pe catodul **6** al generatorului de plasmă. Generatorul de plasmă constă din electrodul cilindric **6**, care are rol de catod, și cavitatea cilindrică metalică **7**, care este conectată la masă și are rol de anod. Catodul **6** este izolat de anodul **7** prin intermediul manșonului izolator **8**. Cavitatea cilindrică **7** este prevăzută cu o conductă laterală **9** prin care este introdus gazul de lucru **10** și cu un orificiu central **12** prin care este expulzat jetul de plasmă **13**. Radiația optică **14**, al cărui spectru este prezentat în fig. 3, emisă de jetul de plasmă **13** este detectată de senzorul fotoelectric **15**, orientat perpendicular pe direcția jetului de plasmă **13**, având sensibilitatea maximă în IR, și care furnizează o tensiune electrică proporțională cu intensitatea radiației optice **14**, ce este aplicată la intrarea blocului de comandă **16**.

În fig. 4 este prezentată schema bloc a circuitului la care face referire invenția, care este compus din senzorul fotoelectric **15** și blocul de comandă **16**. La rândul său blocul de comandă **16** este format, conform invenției, din modulul amplificator **17**, comparatorul **18** și modulul temporizator **19**, conectate în serie. Parametrii U_f , U_a , U_c și U_T din fig. 4 au următoarea semnificație:

- U_f - tensiunea de ieșire a senzorului fotoelectric **15**;
- U_a - tensiunea de ieșire a modulului amplificator **17**;
- U_c - tensiunea de ieșire a comparatorului **18**;
- U_T - tensiunea de ieșire a modulului temporizator **19**.

În fig. 5 sunt reprezentate formele de undă ale tensiunilor U_a , U_c și U_T .

Tensiunea U_f este tensiune de intrare pentru modulul amplificator **17**, tensiunea U_a este tensiune de intrare pentru comparatorul **18**, tensiunea U_c este tensiune de intrare pentru modulul temporizator **19**, iar tensiunea U_T este tensiune de control pentru generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune, care se aplică la intrarea de comandă **3** a acestuia.

Tensiunea U_f este proporțională cu intensitatea radiației optice **14** în domeniul infraroșu generată de jetul de plasmă **13**. Modulul amplificator **17** amplifică semnalul furnizat de senzorul fotoelectric, astfel că tensiunea U_a este dată de relația $U_a = AU_f$, unde A este factorul de amplificare al modulului amplificator **17**. Tensiunile U_c și U_T pot avea numai două valori, anume U_H și respectiv U_L , îndeplinind condiția $U_H > U_L$. Conform invenției, elementele circuitului pentru controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă sunt realizate astfel încât valoarea tensiunilor U_c și U_T este determinată de regulile prezentate în continuare.

Tensiunea $U_c = U_H$ dacă $U_a > U_{pr}$ și $U_c = U_L$ dacă $U_a \leq U_{pr}$, unde U_{pr} reprezintă tensiunea de prag corespunzătoare intensității radiației optice în IR, care are o valoare prestabilită ce poate fi ajustată. Valoarea tensiunii de prag U_{pr} corespunde nivelului considerat necesar al intensității radiației optice **14** emise de către jetul de plasmă **13**. Tensiunea $U_T = U_H$ dacă $U_c = U_L$ și păstrează această valoare atâta timp cât $U_c = U_L$, interval de timp

RO 132739 B1

1 care se prelungeste cu o valoare T_s prestabilită, denumită timp de stabilizare, măsurată din
momentul în care U_c face o tranziție de la valoarea U_L la valoarea U_H . Conform invenției,
3 pulsurile de foarte înaltă tensiune sunt produse numai dacă $U_T = U_H$. Dacă $U_T = U_L$, pulsurile
de foarte înaltă tensiune sunt inhibitate. Prin urmare generatorul de pulsuri de foarte înaltă
5 tensiune **2** funcționează atât timp cât jetul de plasmă **13** nu emite radiație optică în infraroșu,
intensitatea acesteia este sub limita admisă, sau jetul de plasmă **13** nu există la care se
7 adaugă un interval de timp T_s după ce intensitatea radiației optice în infraroșu **14** atinge limita
admisă. Prelungirea pentru intervalul de timp T_s a aplicării pulsurilor de foarte înaltă tensiune,
9 după ce intensitatea radiației optice în IR emise de jetul de plasmă atinge valoarea admisă,
are rolul de a stabili jetul. După inițierea și stabilizarea jetului de plasmă **13** generatorul de
11 pulsuri de foarte înaltă tensiune **2** își încetează funcționarea. În fig. 6 se dă un exemplu de
utilizare a circuitului la care face referire invenția, în varianta constructivă în care este inclus
13 un circuit de monitorizare a curentului de descărcare cu scopul semnalizării apariției de
arcuri electrice parazite. Circuitul de monitorizare a curentului de descărcare se compune
15 din senzorul de curent **20**, comparatorul **21** și circuitul de detecție **22**.

Parametrii U_i și U_d din fig. 6 au următoarea semnificație:

17 U_i - tensiunea de ieșire a senzorului de curent **20**;

U_d - tensiunea de ieșire a comparatorului **21**;

19 U_c - tensiunea de ieșire a comparatorului **18**, inclus în blocul de comandă **16**.

Senzorul de curent **20** inserat în circuitul sursei de alimentare în curent continuu **1**,
21 furnizează tensiunea U_i proporțională cu intensitatea curentului debitat de sursa de
alimentare în curent continuu **1**. Tensiunea U_i este aplicată la intrarea comparatorului **21**.
23 Acesta compară tensiunea U_i cu tensiunea de prag U_{pd} corespunzătoare curentului de
descărcare, ce are o valoare prestabilită și ajustabilă. Tensiunea de ieșire U_d a
25 comparatorului **21** poate fi $U_d = U_H$ dacă $U_i > U_{pd}$ sau $U_d = U_L$ dacă $U_i \leq U_{pd}$. Circuitul de
detecție **22** analizează valorile tensiunilor U_c și U_d . Dacă sunt îndeplinite simultan condițiile
27 $U_c = U_L$ și $U_d = U_H$, circuitul de detecție **22** semnalizează apariția unui arc electric parazit.

Ca exemplu de aplicare s-a realizat circuitul la care face referire invenția utilizându-se
29 ca senzor fotoelectric **15**, fotodioda PIN Hamamatsu S5972 având sensibilitatea maximă în
jurul lungimii de undă de 800 nm. Modulul amplificator **17** constă dintr-un circuit bazat pe
31 amplificatorului operațional de mare viteză AD8001 cu lărgimea de bandă de 800 MHz.
Pentru comparatoarele **18** și **21** s-au folosit circuitul integrat specializat LT1016, care este
33 un comparator de precizie, ultrarapid, având timpul de propagare 10 ns. Modulul tempori-
zator **19** și circuitul de detecție **22** sunt realizate utilizându-se combinații de circuite logice
35 din familia HCT. Senzorul de curent **20** este compus din circuitul integrat specializat ACS712
și din amplificatorul operațional TL071. Tensiunile $U_H = 5V$ și $U_L = 0V$. Circuitul realizat
37 conform invenției a fost testat utilizându-se generatorul de plasmă descris în articolul **O.S.**
Stoican, An atmospheric pressure plasma source driven by a train of monopolar high
39 **voltage pulses superimposed to a dc voltage, European Physical Journal-Applied**
Physics, 55, 30801 (2011), care este alimentat de la sursa de tensiune continuă **1** a cărei
41 tensiune poate fi variată între -100 V și -400 V, și de la un generator de pulsuri de foarte
înaltă tensiune **2** care produce pulsuri negative cu amplitudinea de circa 4 kV și frecvența
43 de 5 kHz. Folosind drept gaz de lucru **10** argonul, la un curent de descărcare între
50-100 mA, se obține un jet de plasmă **13** cu lungimea de circa 8 mm.

RO 132739 B1

Revendicări

1. Circuit electronic care controlează automat parametrii de funcționare ai unui generator de jet de plasmă alimentat electric de la două surse de tensiune conectate în paralel, anume o sursă de tensiune de curent continuu (1) și generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune (2), **caracterizat prin aceea că**, este format din blocul de comandă (16), ce controlează funcționarea generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune (2), și un senzor fotoelectric 15 având sensibilitatea maximă în domeniul infraroșu al spectrului radiației electromagnetice, orientat perpendicular pe direcția jetului de plasmă (13), fiind realizat astfel încât declanșează întreruperea funcționării generatorului de foarte înaltă tensiune (2) atunci când intensitatea radiației optice în domeniul infraroșu (14) emise de jetul de plasmă (13), monitorizată de senzorul fotoelectric (15), depășește o valoare de prag prestabilită, sau, în cazul în care intensitatea radiației optice în domeniul infraroșu (14) emise de jetul de plasmă (13) este mai mică decât valoarea de prag prestabilită, declanșează reluarea funcționării generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune (2).
2. Circuit electronic conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, intervalul de timp în care funcționează generatorul de pulsuri de foarte înaltă tensiune (2), este prelungit cu o anumită valoare, ajustabilă, după ce intensitatea radiației optice în domeniul infraroșu (14) emise de jetul de plasmă (13), depășește valoarea de prag prestabilită, în scopul stabilizării jetului de plasmă (13).
3. Circuit electronic care controlează automat parametrii de funcționare ai unui generator de jet de plasmă alimentat electric de la două surse de tensiune conectate în paralel și semnalizează apariția de arcuri electrice parazite între elementele generatorului de plasmă, **caracterizat prin aceea că**, este format din blocul de comandă (16), ce controlează funcționarea generatorului de pulsuri de foarte înaltă tensiune (2), un senzor fotoelectric (15) având sensibilitatea maximă în domeniul infraroșu al spectrului radiației electromagnetice, orientat perpendicular pe direcția jetului de plasmă (13), senzorul de curent (20) care monitorizează curentul de descărcare, un comparator (21), ce compară valoarea curentului de descărcare cu o valoare maximă prestabilită, precum și un circuit de detecție (22), și fiind realizat astfel încât se monitorizează simultan intensitatea radiației optice în infraroșu (14) emise de jetul de plasmă (13) prin intermediul senzorului fotoelectric (15), și curentul de descărcare prin intermediul senzorului de curent (20), astfel încât în situația în care intensitatea radiației optice în infraroșu (14) este mai mică decât o valoare minimă prestabilită iar curentul de descărcare depășește o valoare maximă prestabilită, circuitul de detecție (22) identifică această situație și semnalizează prezența unui arc electric parazit între elementele generatorului de jet de plasmă.

(51) Int.Cl.

H05H 1/00 (2006.01);

H05H 1/36 (2006.01)

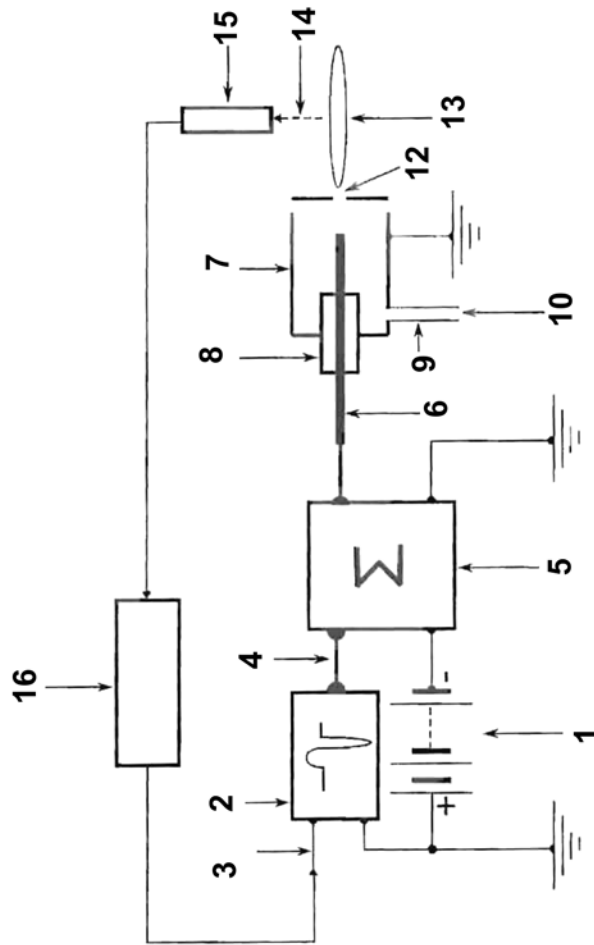


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H05H 1/00 (2006.01);

H05H 1/36 (2006.01)

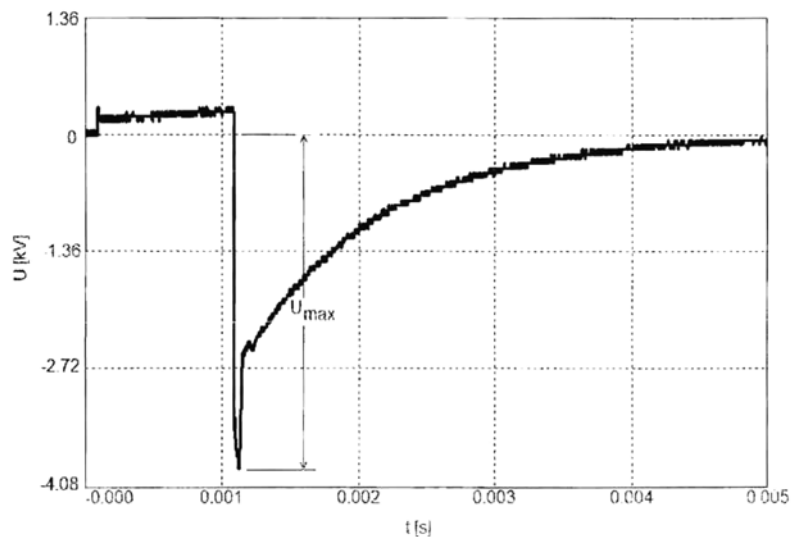


Fig. 2

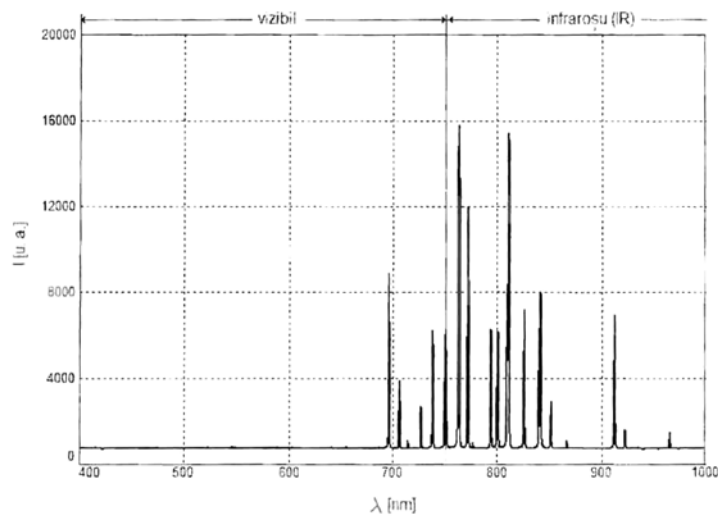


Fig. 3

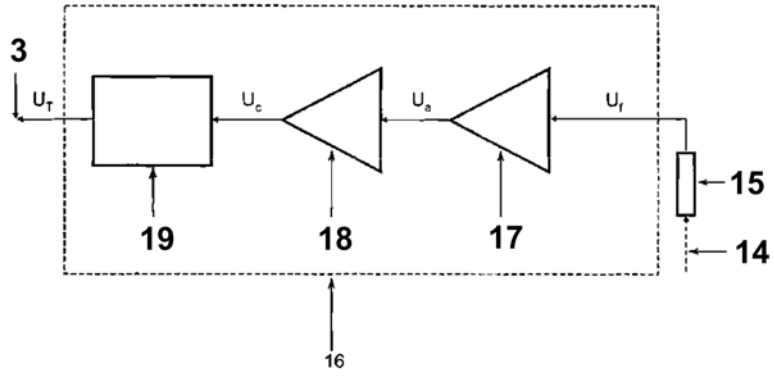


Fig. 4

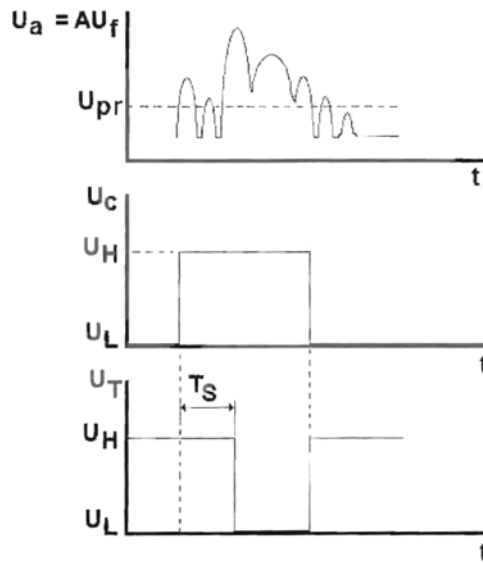


Fig. 5

(51) Int.Cl.

H05H 1/00 (2006.01);

H05H 1/36 (2006.01)

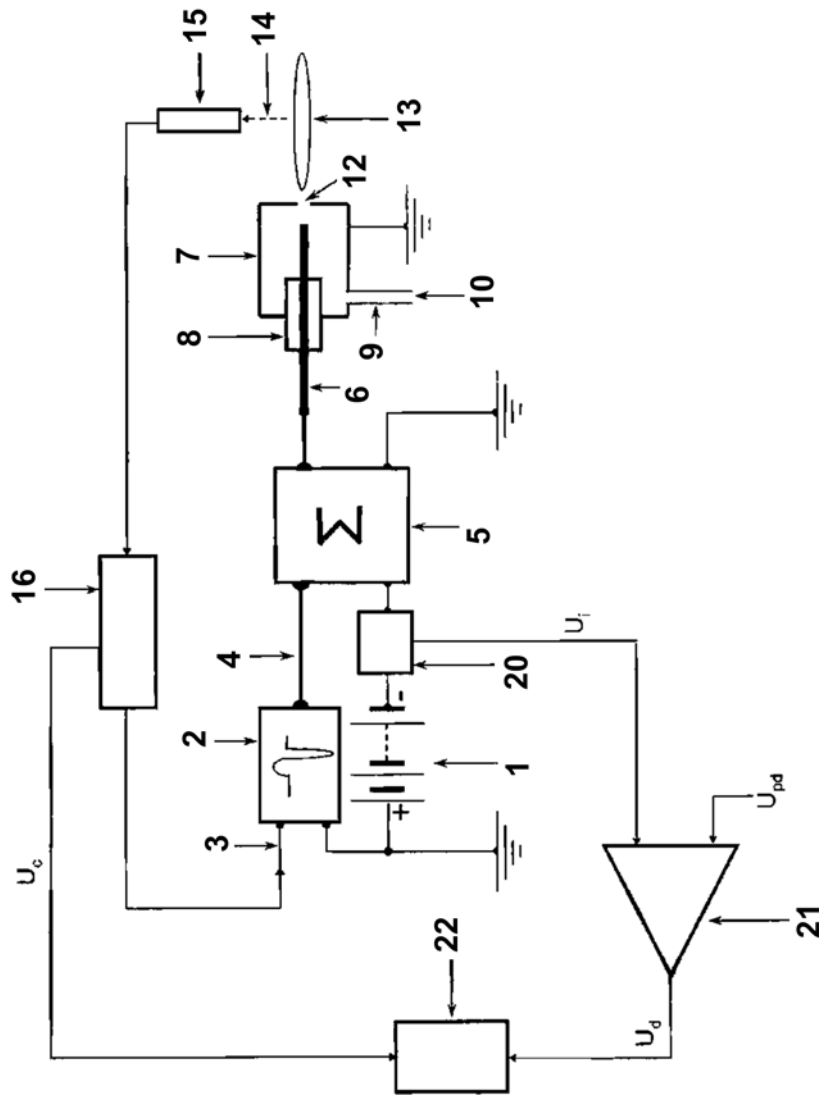


Fig. 6

