



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 01123**

(22) Data de depozit: **19/12/2018**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/05/2021** BOPI nr. **5/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/10/2019 BOPI nr. **10/2019**

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

(72) Inventatori:
• **GANCIU PETCU MIHAI, STR. BÎRNOVA
NR.6, BL. M111C, SC. 1, ET. 4, AP. 23,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STOICAN OVIDIU SORIN,
STR. FIZICIENILOR, NR. 6, BL.4, SC.2,
ET.2, AP.26, MĂGURELE, IF, RO;**

• **GROZA ANDREEA LILIANA,
STR.STÂNJENEILOR, NR.4, BL.62, SC.1,
ET.8, AP.52, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **PAVEL NICOLAIE, STR. BUJORILOR
NR.5, BL. B21, SC. B, AP. 17, MĂGURELE,
IF, RO;**
• **CROITORU GABRIELA, STR.SECUILOR,
NR.11, BL.18, SC.3, AP.78, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MARCU AURELIAN,
STR. SOLDAT NICOLAE SEBE NR. 16,
BL. 40, SC. A, ET. 5, AP. 27, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2007/0165351 A1; RO 126373 B1;
RO 132404 A2**

(54) **SISTEM COMBINAT ELECTRIC - LASER
PENTRU CONTROLUL DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE**



RO 133688 B1

1 Invenția se referă la un sistem combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor
ca sistem de aprindere pentru motoarele termice cu ardere internă, ca sistem de aprindere
3 principal sau de rezervă pentru aplicații spațiale, spre exemplu în aprinderea propulsoarelor
de rachete; sau ca sistem de control al descărcărilor electrice permițând stabilirea poziției
5 de început, a poziției intermediare și a poziției finale între care are loc descărcarea electrică.

7 Descărcarea electrică indusă între doi electrozi polarizați electric este un fenomen
folosit în diferite aplicații, atât civile cât și cu caracter militar. Astfel, pentru aprinderea ames-
tecurilor de combustie, utilizate în general în cazul motoarelor cu ardere internă, cea mai
9 veche și răspândită soluție este cea a bujiei electrice, prin care aprinderea se produce ca
urmare a declanșării unei descărcări electrice între doi electrozi. Bujia electrică inițiază
11 aprinderea sub forma unui filament, într-o regiune limitată apropiată de pereții camerei de
aprindere, iar reacția chimică de aprindere a amestecului se propagă în restul volumului.
13 Aceste condiții influențează randamentul conversiei energiei chimice și nivelul emisiilor
poluante. Pentru îmbunătățirea aprinderii cu bujia electrică au fost propuse diverse soluții.

15 În documentul **US 4805570** este descrisă o metodă de aprindere în mai multe puncte,
constând în instalarea mai multor bujii electrice pe fiecare cilindru al motorului. Aplicarea unei
17 astfel de soluții este limitată de dimensiunile cilindrului, fiind necesară o proiectare corespun-
zătoare a acestuia pentru a permite instalarea mai multor bujii electrice.

19 Documentul **US 6608430 B1** prezintă o bujie electrică care poate genera scânteii
multiple în spațiu, folosind un electrod central și un electrod circular cu mai multe orificii. Sis-
21 temele de aprindere multi-punct reduc numărul aprinderilor ratate, cresc randamentul moto-
rului și reduc nivelul emisiilor poluante. Totuși, astfel de dispozitive pot deveni costisitoare
23 din punct de vedere financiar și complicate tehnic, fiind de preferat pentru aplicații speciale.

25 Pentru aprinderea amestecurilor combustibile a fost propusă bujia laser [**J. D. Dale
et al., Laser ignited internal combustion engine: An experimental study, SAE Technical
Paper, 780329 (1978)**]. Acest dispozitiv permite controlul spațial al punctului de inițiere a
27 aprinderii precum și controlul temporal al momentului declanșării acesteia.

29 Documentul **RO 126373 B1** prezintă un dispozitiv de tip bujie laser cu un singur punct
de aprindere. În documentul **RO 129307 B1** este descris un sistem de tip bujie laser cu două
31 puncte de aprindere pentru motoarele cu ardere internă. Totuși, utilizarea unei bujii laser este
greu de implementat, din cauza complexității și a costului ridicat al componentelor necesare
realizării unui astfel de echipament.

33 Aprinderea unui amestec combustibil se poate realiza cu ajutorul unui câmp electric
de radio-frecvență [**G. Bachmaier et al., Radio frequency ignition system for gasoline
35 direct injection engines, International Journal of Plasma Environmental Science &
Technology, vol. 6, no. 2, pp. 140-148 (2012)**]. Această metodă are avantaje în ceea ce
37 privește dimensiunea volumului în care este inițiată aprinderea, însă aplicarea sa în practică
este dificilă din cauza problemelor ridicate de adaptarea dinamică a impedanței sarcinii cu
39 cea a generatorului de radio-frecvență.

41 Documentul **US 8226901 B2** descrie un sistem de generare a plasmei cu ajutorul
unei descărcări electrice asistate de un câmp de unde electromagnetice. În documentul
US 7770551 B2 este propus un dispozitiv care utilizează radiații cu microunde pentru a iniția
43 aprinderea într-o cameră de combustie. Documentul **DE 10356916 B3** prezintă o tehnică de
aprindere a amestecurilor combustibile prin cuplarea în camera de ardere a microundelor
45 emise de o sursă plasată în afara motorului. Teste preliminare au evidențiat o serie de
avantaje ale soluțiilor menționate în aceste documente, însă nivelul actual al tehnologiei nu
47 permite implementarea lor pe scară largă.

Cu ajutorul unui fascicul laser se poate obține a configurație specială de plasmă focalizată, prin inducerea simultană a mai multor canale de descărcare [T. Sodekoda et al., *Demonstration of rapid electrical recovery in repetitive operation of a counter-facing plasma-focus device*, Plasma and Fusion Research: Rapid Communications, vol. 12, 1206021 (2017)].

Descărcările electrice care au loc între doi electrozi, implicat în cazul bujiei clasice, sunt însoțite de perturbații electromagnetice care pot afecta funcționarea echipamentelor electronice aflate în apropiere. Forma de undă a pulsurilor electromagnetice asociate descărcărilor electrice depinde de configurația electrozilor, de tensiunea aplicată acestora, precum și de natura mediului în care se produc.

Parcursul descărcării dintre doi electrozi sferici poate fi mărit prin utilizarea unui sistem hibrid electric-laser (LBALDI), care utilizează realizarea unui punct de plasmă indus cu laser între cei doi electrozi [Y. Fukumi et al., *Study on laser breakdown assisted long-distance discharge ignition*, Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan, vol. 47, no. 1, pp. 75-80, (2016)]. Pulsurile electrice au fost aplicate cu întârzieri de ordinul sutelor de microsecunde față de pulsul laser. Nu s-au studiat pulsurile electromagnetice pe durata proceselor de formare a plasmei laser și de inițiere a descărcării între electrozi.

Aceeași tehnică de descărcare asistată laser (LBALDI) este prezentată într-un alt document [S. Sakamoto et al., *Effect of discharge lengths on combustion characteristics in laser breakdown-assisted long-distance discharge ignition*, the 6th Laser Ignition Conference 2018 (LIC 2018, LICp6-5), Yokohama, Japan, April 25-27, 2018], impulsul de tensiune fiind aplicat înainte de pulsul laser. Nu este menționată sau studiată nici în această situație prezența pulsurilor electromagnetice care pot afecta funcționarea sistemelor electronice.

Documentul **US 2007/0165351 A1** prezintă un sistem de protecție la supra-tensiuni care folosește pulsuri laser pentru a declanșa în mod controlabil descărcări electrice între electrozii unui eclator, atunci când tensiunea aplicată pe electrozi depășește o anumită valoare de prag.

În documentul [J.R. Mayes et al., *Sub nanosecond jitter operation of Marx generators*, IEEE Conference Record - Abstracts. PPS-2001 Pulsed Power Plasma Science 2001. 28th IEEE International Conference on Plasma Science and 13th IEEE International Pulsed Power Conference, Digest of Papers (Cat. No.01CH37251)] se menționează posibilitatea declanșării eclatoarelor prin focalizarea unui puls laser pe unul dintre electrozii de trigger, concomitent cu aplicarea pe electrozi a unor pulsuri de înaltă tensiune. Această tehnică de declanșare a descărcărilor electrice cu ajutorul radiației laser asigură precizia temporală, crește siguranța în declanșare a descărcărilor și permite izolarea galvanică față de sistemele de comutație pentru tensiuni înalte.

Documentul **RO 132404 A2**, descrie un sistem care generează pulsuri electromagnetice ultrascurte folosind descărcări electrice și care poate fi utilizat pentru atenuarea pulsurilor electromagnetice intense care rezultă din interacția radiației laser de mare intensitate cu diferite ținte. Pulsurile generate electric și cele emise la interacția radiației laser cu ținta au aceeași formă de undă și prezintă caracteristici temporale similare.

Problema tehnică pe care își propune să o rezolve prezenta invenție este realizarea unui sistem de aprindere combinat electric - laser care să permită corelarea cu un semnal extern a descărcărilor electrice folosind o sursă de radiație laser, rezultând astfel o scădere a tensiunii electrice necesare descărcării electrice, precum și formarea descărcării electrice pe un traseu prestabilit.

RO 133688 B1

1 Sistemul combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice constă,
conform invenției, din doi electrozi conectați la o sursă de tensiune continuă sau în pulsuri,
3 amplasați în incinta în care se realizează aprinderea amestecului combustibil și un dispozitiv
laser care generează pulsuri laser, fasciculul laser fiind focalizat între cei doi electrozi, sau
5 într-un punct din vecinătatea celor doi electrozi. Descărcarea electrică dintre cei doi electrozi
este declanșată de pulsul laser și urmează o traiectorie ce conține punctul în care este
7 focalizată radiația laser. În cazul în care tensiunea de alimentare aplicată electrozilor este
în pulsuri, descărcarea electrică se face prin intermediul unui circuit de comutație electronic
9 cu ajutorul căruia pulsurile de tensiune aplicate sunt corelate în timp cu pulsurile emise de
către dispozitivul laser. În acest scop sistemul combinat electric - laser de control al
11 descărcărilor electrice este prevăzut cu un circuit electronic de control.

Avantajele invenției sunt :

13 Deoarece traseul descărcării poate fi mai lung decât distanța cea mai scurtă dintre
electrozi, obținându-se o descărcare electrică într-un volum ridicat, crește astfel probabili-
15 tatea de aprindere a amestecurilor combustibile. Tensiunea între electrozi poate fi aplicată
sub forma unui puls, cu întârziere față de momentul în care este emis fasciculul laser pulsant
17 care generează plasma laser. Această tehnică evită emisia de pulsuri de radiofrecvență care
pot să apară în cazul în care tensiunea este deja prezentă între cei doi electrozi.

19 Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig.
1...5, care reprezintă:

21 - fig. 1, schema bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul
descărcărilor electrice realizat conform invenției;

23 - fig. 2, schema bloc a sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor
electrice, realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă și a sistemului de monitori-
25 zare a câmpului electromagnetic generat de acesta în timpul funcționării;

- fig. 3, o variantă de obținere a punctului de aprindere inițiat de fasciculul laser;

27 - fig. 4, corelația temporală între pulsul laser și pulsul electromagnetic ce rezultă în
timpul funcționării sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice,
29 realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când se aplică pe electrozi o
tensiune continuă de polarizare;

31 - fig. 5, corelația temporală între intensitatea pulsului laser și intensitatea pulsului
electromagnetic generat în timpul funcționării pulsate a sistemului combinat electric - laser
33 de control al descărcărilor electrice, realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă.

Conform invenției, sistemul combinat electric-laser este alcătuit din doi electrozi
35 alimentați de la o sursă de înaltă tensiune și un laser. Laserul este operat în regim pulsant,
sursa de tensiune funcționează în regim continuu sau pulsant, iar electrozii pot avea diferite
37 geometrii. Fasciculul laser este focalizat într-un punct prestabilit aflat în spațiul dintre cei doi
electrozi sau în afara electrozilor. Dispozitivul realizat conform invenției asigură amorsarea
39 unei descărcări electrice între cei doi electrozi, pentru fiecare puls laser incident, în condițiile
în care tensiunea electrică aplicată electrozilor este mai mică decât cea necesară amorsării
41 descărcării electrice în absența pulsurilor laser. Dispozitivul permite declanșarea precisă a
descărcării electrice și stabilește traiectoria descărcării electrice prin alegerea punctului din
43 spațiu în care este focalizat fasciculul laser.

Fig. 1 prezintă schema bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul
45 descărcărilor electrice realizat conform invenției și utilizat pentru aprinderea unui amestec
combustibil în camera de ardere a unui motor termic. Sistemul conține un electrod **1** conectat
47 la o sursă de înaltă tensiune **2** prin intermediul unui circuit de comutație electronic **3**. Al
doilea electrod **4** constă dintr-un suport mecanic confecționat dintr-un material conductor,

RO 133688 B1

fiind conectat la masă. Electrocul **1** și suportul **4** sunt introduse în camera de ardere **5**, pe cameră fiind fixată și sursa de radiație laser pulsată **6**. Manșonul ceramic **7** izolează electric electrocul **1** față de suportul **4**. Circuitul electronic de control **8** generează o tensiune de comandă U_{com} și corelează pulsările de înaltă tensiune U_0 aplicate între electrocul **1** și suportul **4**, cu pulsările laser generate de sursa de radiație laser **6**. Circuitul de comutație electronic **3** deschide sau închide circuitul format din sursa de înaltă tensiune **2**, electrocul **1** și suportul **4** în funcție de valoarea tensiunii de comandă U_{com} . Sursa de radiație laser **6** emite un fascicul laser pulsant **9** care este focalizat într-un punct **10**, care determină traiectoria descărcării electrice **11** ce apare între electrocul **1** și suportul **4**. Rezistorul **12** înseriat în circuitul electric al electrocului **1** limitează curentul de descărcare, iar condensatorul **13** stochează energia electrică înainte de amorsarea descărcării. Circuitul de comutație electronic **3** poate fi proiectat ca dispozitiv independent, special realizat în acest scop, fiind plasat între ieșirea sursei de înaltă tensiune **2** și electrocul **1**. Într-o altă variantă de realizare a invenției sursa de înaltă tensiune **2** este prevăzută, prin construcție, cu posibilitatea că tensiunea sa de ieșire să fie controlată de către un semnal extern U_{com} . În acest caz sursa de înaltă tensiune **2** și circuitul de comutație electronic **3**, sunt incluse în același dispozitiv **25**, reprezentat prin linie întreruptă în fig. 1, care îndeplinește simultan rolul de sursă de înaltă tensiune și circuit de comutație electronic.

Fig. 2 prezintă schema bloc a unui exemplu de realizare conform invenției a sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice. Între electrozii **14**, **15** se aplică o tensiune electrică generată de sursa de înaltă tensiune **25**, care are include în componența sa circuitul de comutație electronic. Sursa de radiație laser pulsantă **6** conține un laser **16** care este pompat prin fibra optică **17** de la o diodă laser **18**, aceasta fiind alimentată de circuitul electronic **19**. Laserul **16** emite un fascicul laser pulsant **9**, care este focalizat în punctul **10** cu ajutorul unei lentile **20**. Un filtru "trece bandă" **21** absoarbe radiația laser reziduală, lăsând să treacă radiația generată de plasmă doar în domeniul optic, care este monitorizată cu o fotodiodă rapidă **22**. Monitorizarea pulsărilor electromagnetice se face cu o antenă "horn" **23**, iar un osciloscop rapid **24** este folosit pentru a vizualiza semnalele provenite de la fotodioda **22** și antena **23**. Semnalul generat de fotodioda **22** este utilizat pentru a comanda circuitul electronic de control **8**, care generează semnalul U_{com} pentru comanda sursei de înaltă tensiune și a circuitului de comutație electronică **25**, cu întârziere ajustabilă față de semnalul de trigger generat de fotodioda **22**. Într-o variantă de realizare circuitul electronic de control **8** constă într-un circuit electronic care îndeplinește funcția de monostabil realizat pe baza circuitului integrat LM555.

Fig. 3 prezintă un detaliu al schemei bloc a sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice, în care fasciculul laser pulsant **9** este focalizat în punctul **10**, care poate fi ales la jumătatea distanței dintre electrozi, exact între electrozii **14**, **15** fig. 3a, sau la o anumită distanță d față de axa care unește electrozii **14**, **15**, fig. 3b. Poziția punctului de focalizare se poate modifica mecanic, prin deplasarea sursei laser **16** și a lentilei de focalizare **20**, sau optic, prin înlocuirea lentilei **20** cu o altă lentilă având lungimea focală diferită, sau printr-o combinație a celor două metode mecanică și optică.

În experimentele efectuate de autorii acestei propuneri de brevet, descărcarea electrică s-a obținut între doi electrozi sferici cu diametrul de 10 mm fiecare, situați la distanța de 3 mm între ei. Sursa electrică **25** a fost de tip Spellman, furnizând o tensiune maximă de 20 kV la un curent de 1 mA. Rezistorul **12** a avut rezistența electrică de 50 Ω , iar condensatorul **13** capacitatea de 500 pF. Laserul **16** a fost de tip Nd:YAG cu emisie la 1,06 μm , comutat pasiv cu cristal Cr^{4+} :YAG cu absorbție saturabilă, fiind pompat prin fibra optică **17**

RO 133688 B1

1 cu diametrul de 600 μm de la o diodă laser **18** cu emisie la 808 nm, aceasta fiind alimentată
de la o sursă electrică **19** cu pulsuri având durata de 250 μs și frecvența variabilă în
3 domeniul 1 Hz la 100 Hz. Acest domeniu de frecvențe este utilizat pentru aplicații care
presupun aprinderea controlată a combustibilului în motoarele cu ardere internă ale auto-
5 mobilelor. Energia și durata pulsului fasciculului laser **9** au fost de 3,2 mJ și respectiv 1 ns,
iar focalizarea acestuia s-a făcut cu o lentilă **20** având distanța focală de 11 mm. Radiația
7 optică generată de plasmă a fost monitorizată cu o fotodiodă rapidă **22** de tip DET 10A/M
(timp de răspuns de 1 ns). O antenă "horn" **23** de tipul WBH1-18, fabricată din material A1
9 compozit (produsă de Q-par Angus) a fost utilizată în combinație cu o antenă sferă-disc
pentru monitorizarea și măsurarea pulsurilor electromagnetice. Semnalele provenite de la
11 antenele de monitorizare **23** au fost înregistrate cu un osciloscop rapid **24** de tip Keysight
DSOX6004A (lărgimea de bandă 6 GHz și impedanța de intrare de 50 Ω). Descărcarea elec-
13 trică între cei doi electrozi s-a obținut, fără a utiliza radiația laser, la o tensiune $U_0 = 12,7$ kV.
În cazul în care radiația laser a fost focalizată, generând plasmă, s-a obținut o scădere a
15 tensiunii necesare pentru a iniția descărcarea electrică, iar descărcarea electrică între
electrozi s-a făcut prin punctul de focalizare a radiației laser. Spre exemplu, în cazul investi-
17 gat, pentru o focalizare a fasciculului laser la $d = 2$ mm, fig. 3b, tensiunea necesară pentru
a iniția descărcarea electrică a fost de numai $U_0 = 4,2$ kV. Distanța d a fost crescută până
19 la $d = 13$ mm, caz în care descărcarea electrică între electrozi, prin punctul de plasmă, a fost
obținută la o tensiune $U_0 = 11,3$ kV. S-a demonstrat astfel că această metodă crește volumul
21 în care se realizează descărcarea electrică, având efect benefic asupra aprinderii
amestecurilor de combustibil, de interes pentru aprinderea amestecurilor cu conținut redus
23 de combustibil.

Fig. 4a prezintă corelația temporală dintre intensitatea radiației pulsului laser și inten-
25 sitatea pulsului electromagnetic rezultat în timpul funcționării sistemului combinat electric -
laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demons-
27 trativă, atunci când se aplică între electrozi o tensiune continuă U_0 de polarizare. U_{FD}
reprezintă tensiunea electrică furnizată de fotodioda **22** folosită pentru monitorizarea radiației
29 laser (în acest caz filtrul **21** a fost scos din montaj), iar U_{RF} este tensiunea de înaltă frecvență
colectată de antena **23** folosită pentru monitorizarea pulsurilor electromagnetice.

Fig. 4b arată spectrul semnalului electromagnetic a cărei variație în timp este
31 descrisă de tensiunea U_{RF} reprezentată în fig. 4a. În condițiile în care tensiunea continuă de
33 polarizare este $U_0 = 7$ kV, fiecare puls laser generează un puls electromagnetic cu frecvența
de aproximativ 500 MHz.

Fig. 5a reprezintă corelația temporală dintre intensitatea pulsului laser U_{FD} și intensi-
35 tatea pulsului electromagnetic U_{RF} rezultat în timpul funcționării sistemului combinat electric -
laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demons-
37 trativă, atunci când electrozii nu sunt polarizați electric, $U_0 = 0$. În acest caz câmpul electro-
39 magnetic generat este neglijabil.

Fig. 5b arată corelația temporală dintre intensitatea pulsului laser U_{FD} , intensitatea
41 pulsului electromagnetic U_{RF} și pulsul de tensiune U_0 , atunci când pulsul de tensiune U_0 este
aplicat între electrozi simultan cu pulsul laser. În acest caz este generat un puls electro-
43 magnetic.

Fig. 5c prezintă corelația temporală dintre intensitatea pulsului laser U_{FD} , intensitatea
45 pulsului electromagnetic U_{RF} și pulsul de tensiune U_0 , atunci când pulsul de tensiune U_0 este
aplicat cu întârziere față de pulsul laser. În acest caz nu s-a observat generarea unui puls
47 electromagnetic.

RO 133688 B1

Astfel, sistemul combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice ce face obiectul invenției și care poate fi utilizat pentru aprinderea amestecurilor de combustie, înlătură unele dintre dezavantajele soluțiilor existente, prin aceea că: a) sistemul permite inițierea descărcării electrice prin punctul în care este focalizat fasciculul laser, evitând astfel stabilirea descărcării electrice doar în puncte fixe aflate pe suprafața electrozilor, fapt ce duce la creșterea timpului de utilizare a electrozilor; b) sistemul permite alegerea zonei de inițiere a plasmei laser, prin care se va stabili traiectoria descărcării electrice în interiorul cilindrului, la distanțe mai mari de suprafața interioară a cilindrului, ceea ce oferă posibilitatea de a îmbunătăți eficiența generală a motorului, sau c) sistemul asigură inițierea plasmei într-un volum ridicat, fapt ce va permite aprinderea unor amestecuri cu conținut mai scăzut de combustibil față de raportul stoichiometric folosit în motoarele cu ardere internă la automobile, ceea ce conduce la diminuarea consumului de combustibil și la reducerea emisiilor, cu implicații benefice asupra mediului înconjurător.	1 3 5 7 9 11 13
---	-----------------------------------

RO 133688 B1

Revendicări

1

3

1. Sistem combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice, utilizat în aprinderea combustibilului în motoare cu ardere internă, compus din doi electrozi (1, 4), care pot avea forme și dimensiuni diferite, o sursă de înaltă tensiune (2), o sursă de radiație laser (6), **caracterizat prin aceea că** mai conține un circuit electronic de control (8) , care comandă sursa de radiație laser (6) să emită un fascicul laser pulsant (9) și comandă aplicarea unei tensiuni electrice generată de sursa de înaltă tensiune (2) pe cei doi electrozi (1, 4), folosind un circuit de comutație electronic (3), aplicarea tensiunii electrice fiind făcută simultan, în avans sau cu întârziere, intervalul de timp de avans sau de întârziere fiind reglabil în raport cu momentul emisiei fasciculului laser pulsant.

11

13

2. Sistem combinat electric - laser conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, fasciculul laser pulsant (9) este focalizat într-un punct (10) situat între cei doi electrozi (1, 4) sau într-un punct (10) plasat în vecinătatea celor doi electrozi și care astfel permite inițierea de plasmă în punctul de focalizare a fasciculului laser.

15

17

3. Sistem combinat electric - laser conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, deoarece între cei doi electrozi (1, 4) se aplică o tensiune continuă sau pulsantă de valoare scăzută, insuficientă pentru a se obține descărcarea directă între electrozi, descărcarea electrică (11) dintre cei doi electrozi (1, 4) se face simultan, în avans sau cu întârziere în raport cu fiecare puls laser aplicat, printr-un punct (10) în care este focalizat fasciculul laser (9) și care astfel permite aprinderea în volum a combustibilului din cilindrul unui motor cu ardere internă.

19

21

(51) Int.Cl.

H01T 1/20 (2006.01);

H01T 13/40 (2006.01);

F02P 23/04 (2006.01)

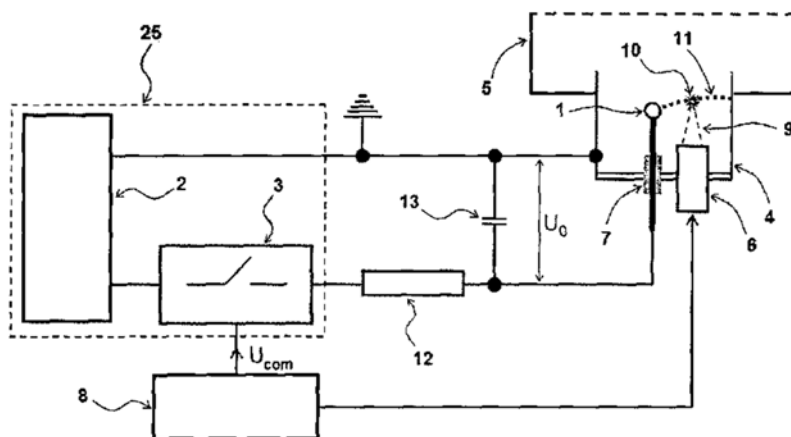


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H01T 1/20 (2006.01);

H01T 13/40 (2006.01);

F02P 23/04 (2006.01)

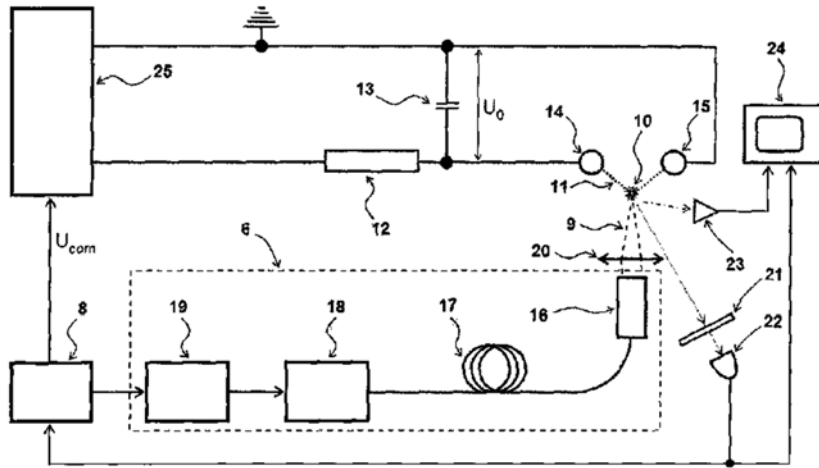


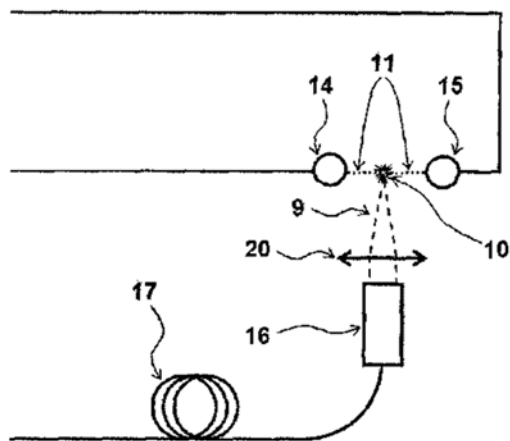
Fig. 2

(51) Int.Cl.

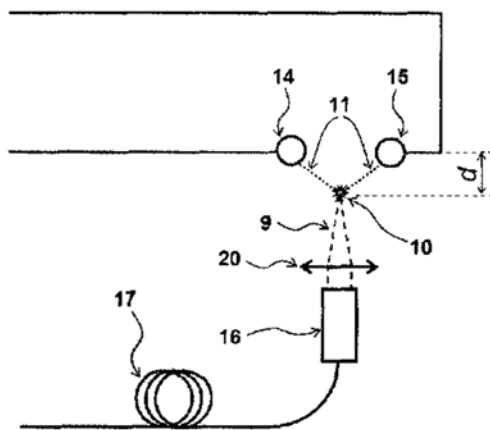
H01T 1/20 (2006.01);

H01T 13/40 (2006.01);

F02P 23/04 (2006.01)



a)



b)

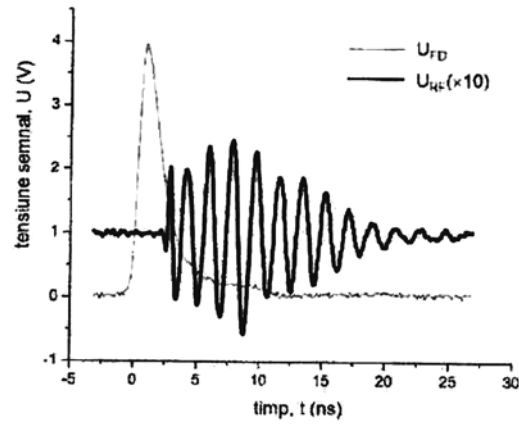
Fig. 3

(51) Int.Cl.

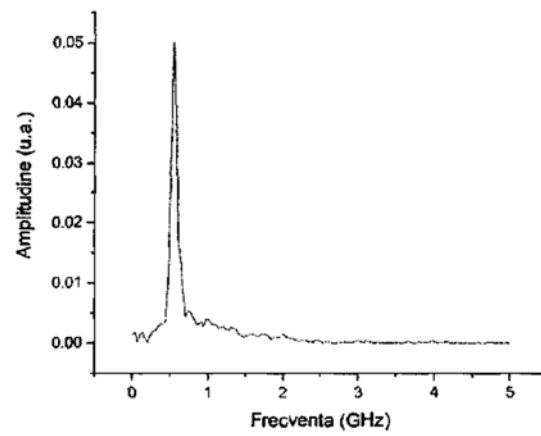
H01T 1/20 (2006.01);

H01T 13/40 (2006.01);

F02P 23/04 (2006.01)



a)

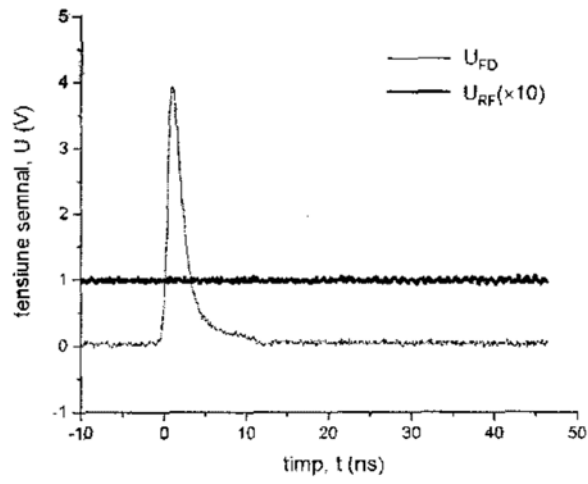


b)

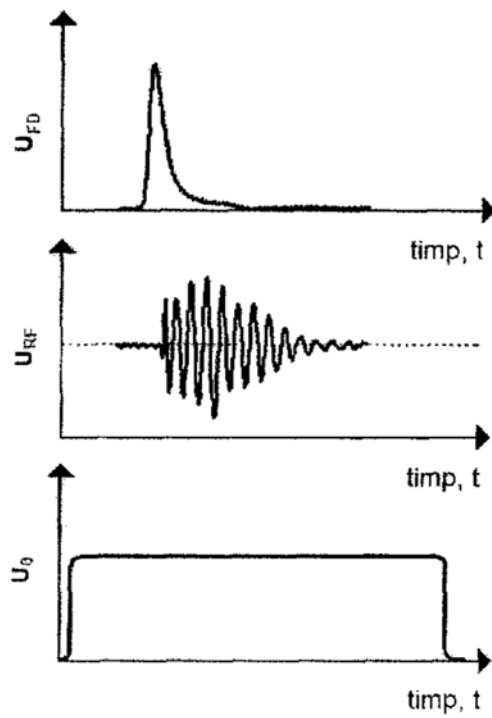
Fig. 4

(51) Int.Cl.

H01T 1/20 (2006.01);
H01T 13/40 (2006.01);
F02P 23/04 (2006.01)



a)



b)

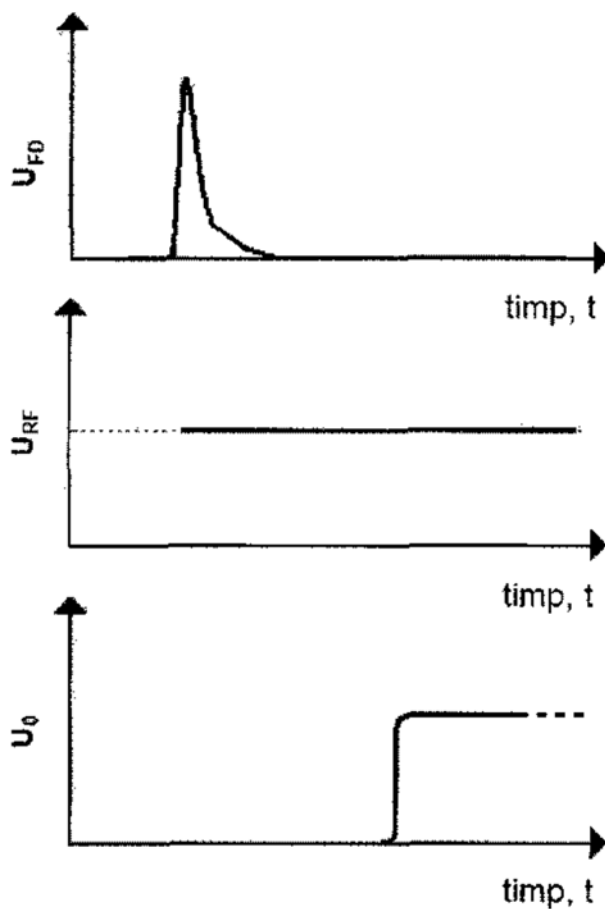
Fig. 5

(51) Int.Cl.

H01T 1/20 (2006.01);

H01T 13/40 (2006.01);

F02P 23/04 (2006.01)



c)

Fig. 5

