

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

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

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

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

(71) Solicitant:
• **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.SECUIILOR,
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**

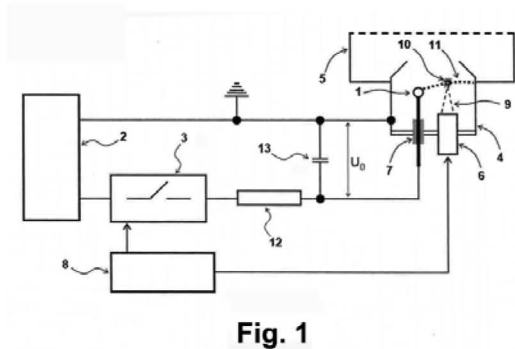
(54) SISTEM COMBINAT ELECTRIC - LASER PENTRU CONTROLUL DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem combinat electric-laser pentru controlul descărcărilor electrice, care poate fi folosit ca parte componentă a sistemelor de aprindere ale motoarelor termice, pentru controlul temporal și spațial al descărcărilor electrice în atmosferă, ca parte componentă a generatoarelor de înaltă tensiune, ca sursă de pulsuri electromagnetice de mare intensitate, sau ca sistem de aprindere pentru aplicații aerospațiale, sau în sisteme de detectare și securitate. Sistemul conform invenției cuprinde: un prim electrod (1) conectat la o sursă (2) de înaltă tensiune, prin intermediul unui circuit (3) de comutație ce are rolul de a forma pulsurile de tensiune, în cazul în care tensiunea aplicată primului electrod (1) este pulsată, un al doilea electrod, conectat la masă, care constă dintr-un suport (4) mecanic confecționat dintr-un material conductor, introdus într-o cameră (5) de ardere care conține și primul electrod (1), precum și o sursă (6) de radiație laser și un manșon (7) ceramic izolator, ce are rolul de a izola electric primul electrod (1) de un suport (4), un circuit (8) electronic de control, cu rolul de a corela declanșarea pulsurilor laser generate de sursa (6) de radiație laser cu pulsurile de înaltă tensiune aplicate între primul electrod (1) și suportul (4) mecanic, în care fasciculul (9) laser pulsant, generat de sursa (6) de radiație laser,

este focalizat într-un punct (10) care determină traiectoria descărcării electrice care apare între primul electrod (1) și suportul (4) mecanic, iar un rezistor (12) inseriat în circuitul electric al primului electrod (1) limitează curentul de descărcare, iar un condensator (13) are rolul de a stoca energia electrică înainte de amorsarea descărcării.

Revendicări: 11
Figuri: 8



DESCRIEREA INVENȚIEI
SISTEM COMBINAT ELECTRIC - LASER PENTRU CONTROLUL
DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE

Invenția se referă la un sistem alcătuit dintr-un laser funcționând în regim pulsant și doi electrozi alimentați electric de la o sursă de înaltă tensiune, continuă sau pulsantă, cei doi electrozi putând avea diverse geometrii. Fasciculul laser este focalizat într-un punct prestabilit aflat în spațiul dintre cei doi electrozi sau în apropierea electrozilor. Sistemul realizat conform invenției asigură amorsarea unei descărcări electrice între cei doi electrozi, pentru fiecare puls laser incident, în condițiile în care tensiunea electrică aplicată electrozilor, continuă sau în pulsuri, este mai mică decât cea necesară amorsării descărcării electrice în absența pulsurilor laser, pentru aceeași presiune, temperatură și compoziție a gazului în care sunt imersați electrozii. În cazul pulsurilor de tensiune, acestea pot fi mai mari decât pragul de străpungere fără puls laser dar momentul străpungerii este dependent de prezența sau absența pulsului laser. În cazul pulsurilor de tensiune, acestea pot fi aplicate sincron sau cu o anumită întârziere față de momentul de formare al plasmelor laser, permițând astfel un control exact al momentului de inițiere a descărcării electrice. Sistemul realizat conform invenției permite declanșarea precisă a fiecărei descărcări electrice, aceasta fiind corelată cu aplicarea pulsurilor laser precum și determinarea traiectoriei descărcării electrice prin selecția punctului din spațiu în care este focalizat fasciculul laser.

Sistemul ce face obiectul invenției poate fi folosit, fără a se limita la aceasta:

- Ca parte componentă a sistemelor de aprindere pentru motoarele termice cu ardere internă;
- Pentru controlul temporal și spațial al descărcărilor electrice, pentru stabilirea poziției de început, a poziției intermediare și a poziției finale între care are loc descărcarea;
- Ca parte componentă a generatoarelor de înaltă tensiune, cum sunt de exemplu sistemele Marx, înlocuind "spark-gap"-urile (eclatoarele) clasice;
- Sistem de aprindere (principal sau de rezervă), descărcarea electrică asigurând necesarul de energie suplimentară pentru aprinderea sigură a amestecurilor de combustie pentru aplicații spațiale, spre exemplu în aprinderea propulsoarelor de rachete;
- Ca sistem de control al descărcărilor electrice cu aplicații în meteorologie, detecție și securitate sau aplicații militare;

- Ca sistem pentru simularea și studiul pulsurilor electromagnetice emise în timpul funcționării facilităților care utilizează plasmă pulsate, fascicule de particule accelerate pulsate sau în cazul exploziilor nucleare.

Descărcarea electrică indusă între doi electrozi polarizați electric este un fenomen cunoscut de mult timp și în consecință a fost pe larg folosit în diferite aplicații, atât civile cât și cu caracter militar. Pentru generarea plasmelor pulsate cu aplicații în studii de fuziune nucleară se pot folosi comutatori de tip spark-gap dispuși în paralel și/sau în serie, declanșați cu ajutorul unor pulsuri de înaltă tensiune (10-30 kV) aplicați pe electrozii de trigger [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, doi: 10.1109/PPS.2001.961230]. Tot în acest articol se menționează posibilitatea declanșării "spark-gap"-urilor (eclatoarelor) prin focalizarea unui puls laser pe unul dintre electrozi. Această tehnică de declanșare a descărcărilor electrice, prin focalizarea radiației laser pe unul din electrozi, are avantajul preciziei temporale, creșterii siguranței în declanșare precum și izolarea galvanică față de sistemele de comutație pentru tensiuni înalte. Una dintre aplicațiile din domeniul fuziunii nucleare, folosește o configurație specială de plasmă focalizată, declanșarea cu ajutorul laserului asigurând funcționarea simultană a mai multor canale de descărcare [Tatsuya Sodekoda et al, *Demonstration of Rapid Electrical Recovery in Repetitive Operation of a Counter-Facing Plasma-Focus Device*, Plasma and Fusion Research: Rapid Communications, Volume 12, 1206021 (2017)]. O altă binecunoscută aplicație a descărcărilor electrice este bujia electrică care a fost pe larg studiată [C.Oliveira et al, *Optical and electrical diagnostics of a spark-plug discharge in air*, J. Phys. D: Appl. Phys. 45 (2012) 255201] și care se utilizează pentru aprinderea amestecurilor de combustie. Conversia energiei chimice stocate de către diverse amestecuri de combustie, în energie termică (realizată de exemplu în arzătoare sau boilere) sau în lucru mecanic (realizată de exemplu de către motoarele termice) reprezintă unul dintre cele mai utilizate procese întâlnite curent în practică. S-a demonstrat că atât randamentul conversiei cât și nivelul emisiilor poluante rezultate în urma acestei conversii depind, în mare măsură, de modul în care se face aprinderea amestecului de combustie.

De-a lungul timpului, au fost propuse și puse în practică mai multe soluții tehnice, pentru aprinderea amestecului de combustie, utilizate, în special, în cazul motoarelor cu ardere

internă cu care sunt echipate unele autovehicule sau mijloace de transport. Datorită simplității sale, cea mai veche și răspândită soluție este cea a bujiei clasice, unde aprinderea se produce ca urmare a declanșării unei descărcări electrice între doi electrozi. Principalul său dezavantaj se datorează faptului că inițierea aprinderii are loc într-o regiune limitată, sub forma unui filament, de obicei pe distanța cea mai scurtă dintre electrozi. Acest filament este apropiat de pereții camerei de aprindere, iar reacția chimică de aprindere a amestecului se propagă ulterior în restul volumului. Din acest motiv aprinderea poate fi întârziată sau poate chiar să nu aibă loc. Metoda bujiei clasice a fost îmbunătățită prin utilizarea aprinderii în mai multe puncte (multi-punct). În brevetul de invenție US 6608430 (2003) este descrisă o bujie care poate genera scânteii multiple în spațiu. În brevetul de invenție US 4805570 (1989), este descrisă o soluție de aprindere multi-punct constând în instalarea a mai multor bujii pentru fiecare cilindru. Deși sistemele de aprindere multi-punct previn prezența aprinderilor ratate, randamentul și nivelul emisiilor poluante nu sunt îmbunătățite semnificativ. O altă soluție, descrisă de J.D. Dale et al [în *Laser Ignited Internal Combustion Engine: an Experimental Study*, SAE International (1978), lucrarea 780329], constă în obținerea aprinderii folosind pulsuri laser de mare intensitate focalizate într-un anumit punct aflat în volumul ocupat de amestecul de combustie. Sistemul realizat astfel este denumit sistem de aprindere cu *bujie laser*. Bujia laser prezintă câteva avantaje în raport cu bujia clasică în ceea ce privește atât controlul spațial al punctului de inițiere a aprinderii cât și controlul temporal al momentului declanșării acesteia. Cu toate acestea, în prezent utilizarea unei bujii laser este greu de implementat din cauza complexității și costului ridicat al componentelor necesare realizării unui astfel de echipament.

În [G. Bachmaier, R. Baumgartner, D. Evers, R. Freitag, T. Hammer and G. Lins, *Radio frequency ignition system for gasoline direct injection engines*, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, 6(2), pp. 140-148 (2012)] este descris un sistem de aprindere folosind un câmp electric de radio-frecvență. Această soluție are avantaje în ceea ce privește dimensiunea volumului în care este inițiată aprinderea, însă aplicarea sa în practică este extrem de dificilă din cauza problemelor ridicate de adaptarea dinamică a impedanței sarcinii cu cea a generatorului de radio-frecvență. Alte soluții de inițiere a aprinderii în volum a amestecului de combustie, bazate pe utilizarea unui câmp electromagnetic de microunde, sunt descrise în brevetele de invenție US 8226901 (2012), DE10356916 B3 (2005) și US7770551 B2 (2010). Testele preliminare au evidențiat o serie de

avantaje față de soluțiile menționate mai sus, însă, din nou, nivelul actual al tehnologiei nu permite încă implementarea lor pe scară largă.

Un sistem hibrid (LBALDI) care utilizează unul sau doua puncte de focalizare ale unor pulsuri laser de ~40 mJ fiecare și sincronizate pentru a se lungi parcursul descărcării dintre doi electrozi sferici este descris în [Yuya Fukumi et al, *Study on Laser Breakdown Assisted Long-distance Discharge Ignition*, Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan, 47, 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 procesului de formare al plasmei laser și de inițiere a descărcării între electrozi. Într-un articol mai recent [Shun 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'18), Yokohama, Japan, April 25-27, 2018] se reia același principiu de descărcare asistată laser (LBALDI) dar cu impulsul de tensiune aplicat înainte de pulsul laser. În această raport, un puls laser (cu durata de 7 ns și lungimea de undă 532 nm) a fost focalizat între doi electrozi polarizați electric folosind o lentilă cu distanța focală de 100 mm pentru a iniția plasma laser. Electrozii au fost ascuțiți astfel încât să nu atingă fasciculul laser. S-a estimat energia laser absorbită la 17 mJ iar energia de la descărcare la 44 mJ pentru o întârziere între frontul pulsului de tensiune și pulsul laser de 11 μs. Distanța dintre electrozi a fost variată între 8 mm și 15 mm iar gazul de combustie a fost un amestec de metan și aer în proporție de ~0.50 cu o presiune totală inițială de 0.1 MPa. Nu este menționată sau studiată nici în această situație prezența pulsurilor electromagnetice care pot afecta buna funcționare a sistemelor electronice.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în aceea că permite corelarea cu un semnal extern a descărcărilor electrice folosind o sursă de radiație laser de putere mai mică decât cea utilizată în cazul bujiei laser. În acest fel este redusă tensiunea electrică necesară descărcării electrice și se asigură formarea descărcării electrice pe un traseu prestabilit, care poate fi mai lung decât distanța cea mai scurtă dintre electrozi. Pentru evitarea pulsurilor de radiofrecvență apărute în cazul în care tensiunea există deja între cei doi electrozi, tensiunea poate fi aplicată sub forma unui puls, după ce a fost generată plasma laser, cu diferite întârzieri față de pulsul laser.

Sistemul combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice constă, conform invenției, din doi electrozi conectați la o sursă de tensiune continuă sau în pulsuri, amplasați

în incinta în care se realizează aprinderea amestecului combustibil și un dispozitiv laser care generează pulsuri laser de intensitate ridicată, fasciculul laser fiind focalizat într-un punct din vecinătatea celor doi electrozi. Descărcarea electrică dintre cei doi electrozi declanșată de fiecare puls laser urmează o traiectorie ce conține punctul în care este focalizată radiația laser. În cazul în care tensiunea de alimentare aplicată electrozilor este în pulsuri, aceasta se face prin intermediul unui circuit de comutație electronic 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 descărcărilor electrice este prevăzut cu un circuit electronic de control.

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, menționate mai sus, prin aceea că:

- Intensitatea radiației laser necesare este mai mică decât în cazul bujiei laser, iar prin aceasta sistemul realizat conform invenției constituie un dispozitiv de inițiere a descărcărilor electrice (trigger) de dimensiuni reduse, ușor de transportat și de instalat;
- Sistemul asigură aprinderea unor amestecuri cu conținut mai scăzut de combustibil față de raportul stoichiometric folosit în motoarele cu ardere internă de la automobile, ceea ce conduce la diminuarea consumului de combustibil și la reducerea emisiilor, cu implicații asupra mediului înconjurător;
- Sistemul permite controlul temporal al aprinderii mult mai exact decât cel obținut în cazul aprinderii efectuate cu bujile clasice, caracteristică foarte importantă în aplicațiile aerospațiale;
- Sistemul permite poziționarea zonei punctuale de inițiere a plasmei laser prin care trece ulterior 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;
- Sistemul permite inițierea descărcării electrice printr-un punct aflat între electrozi, cu evitarea stabilirii descărcării electrice în puncte fixe aflate pe suprafața electrozilor;
- Sistemul asigură inițierea descărcărilor electrice și la presiuni mai ridicate sau mai scăzute decât cele întâlnite în cazurile obișnuite, folosind tensiuni electrice mai mici decât în condiții clasice;
- Sistemul permite generarea unor pulsuri electromagnetice având diferite compoziții spectrale, în funcție de durata pulsului laser, acestea fiind corelate cu pulsul laser și având

amplitudini care depind de tensiunea de polarizare (în curent continuu sau în pulsuri) precum și de dimensiunile plasmelor laser, fiind utile în experimente efectuate cu echipamente laser de mare putere sau în alte aplicații care implică pulsuri electromagnetice de mare intensitate. Mecanismul de generare este similar celui de generare a pulsurilor în domeniul de THz, de mare intensitate, prin plasmă laser generate în intervale de timp foarte scurte, de ordinul picosecundelor sau femtosecundelor între electrozi polarizați cu geometrii variabile [T. Löffler et al, *Generation of terahertz pulses by photoionization of electrically biased air*, Appl. Phys. Lett. 77, 453 (2000); doi: 10.1063/1.127007].

Generatorul de pulsuri electromagnetice, astfel realizat, poate simula pulsurile electromagnetice emise în timpul funcționării facilităților care utilizează plasmă pulsate, fascicule de particule accelerate pulsate sau în cazul exploziilor nucleare. Acesta poate fi utilizat pentru testarea efectului pulsurilor electromagnetice intense asupra componentelor și sistemelor electronice, asupra materialelor și compușilor, chimici și biologici, precum și eficacitatea sistemelor de ecranare la radiația electromagnetică. Electrozii descărcării pot fi cuplați cu o antenă de bandă largă pentru a optimiza caracteristicile pulsului electromagnetic emis.

Sistemul care face obiectul invenției poate fi utilizat pentru declanșarea sincronă a "spark-gap"-urilor (eclatoarelor) în diferite configurații, cu gaze de lucru la diferite presiuni și diferite fluxuri, în particular în configurație de generator Marx de înaltă și foarte înaltă tensiune.

Se dau, în continuare, exemple de realizare a invenției în legătură cu Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 și Figura 8, care reprezintă:

- Figura 1: Schema bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice realizat conform invenției, utilizat pentru aprinderea unui amestec de combustie;
- Figura 2: Schema bloc a sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției, în varianta sa demonstrativă;
- Figura 3: Detaliu schemă bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice realizat conform invenției, în varianta sa demonstrativă, unde poziția punctului de focalizare a fasciculului laser este modificată în raport cu poziția electrozilor și a sursei laser;
- Figura 4: Corelația temporală dintre intensitatea radiației pulsului laser și intensitatea pulsului electromagnetic în timpul funcționării sistemului combinat electric -

laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când se aplică pe electrozi o tensiune continuă de polarizare;

- Figura 5: Transformata Fourier a intensității pulsului electromagnetic generat în timpul funcționării sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când se aplică pe electrozi o tensiune continuă de polarizare;
- Figura 6: Corelația temporală dintre intensitatea radiației pulsului laser și intensitatea pulsului electromagnetic în timpul funcționării sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când nu se aplică o tensiune de polarizare pe electrozi;
- Figura 7: Corelația temporală dintre pulsul laser, pulsul electromagnetic și pulsul de tensiune aplicat electrozilor, atunci când pulsul de tensiune este aplicat sincron cu pulsul laser;
- Figura 8: Corelația temporală dintre pulsul laser, pulsul electromagnetic și pulsul de tensiune aplicat electrozilor, atunci când pulsul de tensiune este întârziat față de pulsul laser;

În Figura 1 este reprezentată schema bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice realizat conform invenției și utilizat pentru aprinderea amestecului combustibil în camera de ardere a unui motor termic. Aceasta constă din electrodul (1) conectat la sursa de înaltă tensiune (2) prin intermediul circuitului de comutație electronic (3). Circuitul de comutație electronic (3) are rolul de a forma pulsurile de tensiune în cazul în care tensiunea U_0 aplicată electrozilor (1) este pulsată. Cel de al doilea electrod, conectat la masă, constă din suportul mecanic confecționat dintr-un material conductor (4), introdus în camera de ardere (5), care conține electrodul (1), sursa de radiație laser (6) și manșonul ceramic izolator (7). Manșonul izolator (7) are rolul de a izola electric electrodul (1) față de suportul (4). Circuitul electronic de control (8) are rolul de a corela declanșarea pulsurilor laser generate de sursa de radiație laser (6) cu pulsurile de înaltă tensiune aplicate între electrodul (1) și suportul (4), prin intermediul circuitului de comutație electronic (3). În cazul în care se aplică o tensiune continuă U_0 între electrodul (1) și suportul (4), circuitul de comutație electronic (3) este menținut permanent în stare de conducție pe întreaga perioadă a funcționării sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice. Fasciculul laser pulsat (9) generat de către sursa de radiație laser (6) este focalizat într-un

punct (10) care determină traiectoria descărcării electrice (11) ce apare între electrodul (1) și suportul (4). Rezistorul (12) inseriat în circuitul electric al electrozului (1) limitează curentul de descărcare, iar condensatorul (13) are rolul de a stoca energia electrică înainte de amorsarea descărcării.

În Figura 2 este reprezentată schema bloc a sistemului combinat electric - laser pentru controlul descărcărilor electrice realizat conform invenției, într-o variantă demonstrativă, în care electrozii sunt două sfere (14) și (15), fiecare având diametrul de 10 mm, între care se aplică o tensiune electrică generată de sursa de înaltă tensiune (2) ce poate furniza maxim 20 kV la un curent de 1 mA. Ca o variantă propusă (dar nu limitată) tensiunea U_0 aplicată între cei doi electrozi (14) și (15), furnizată de sursa de înaltă tensiune (2), este de 7 kV (dar nu limitată la aceasta valoare), rezistorul (12) are rezistența electrică de 50 Ω , iar condensatorul (13) are capacitatea de 500 pF. Sursa de radiație laser constă într-un laser (16), care poate fi introdus într-o carcasă similară bujiilor clasice și care produce fasciculul laser pulsant (9), focalizat în punctul (10), energia pulsului fiind de aproximativ 4 mJ iar durata de ~ 1.0 ns la lungimea de undă $\lambda = 1064$ nm. Punctul de focalizare (10) determină traiectoria descărcării electrice (11) ce apare între electrozii (14) și (15). Dispozitivul laser (16) este de tip Nd:YAG comutat pasiv cu cristal Cr^{4+} :YAG cu absorbție saturabilă, fiind pompat prin fibra optică (17) de la o diodă laser (18) care furnizează radiația laser de pompaj sub formă de pulsuri cu durata de 250 μs la lungimea de undă de 807 nm, aceasta fiind alimentată de circuitul electronic de control (19). Rata de repetiție a pulsurilor laser poate fi ajustată în intervalul 1 Hz la 100 Hz, acest domeniu fiind suficient pentru aplicații care presupun aprinderea controlată în motoarele cu ardere internă ale automobilelor. Focalizarea fasciculului laser (9) cu lungimea de undă de 1064 nm se face cu o lentilă (20) având focala în domeniul 6 mm la 18 mm, fapt ce permite controlul poziției în care este concentrat fasciculul laser. Sistemul laser este similar cu cel descris în [N.Pavel et al., *Ignition of an automobile engine by high-peak power Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG laser-spark devices*, Optics Express, Vol. 23, No. 26, 33028 (2015)]. Radiația optică generată de plasmă a fost monitorizată cu ajutorul unor fotodiode rapide cu polarizare (21) DET 10 A/M ($t_r = 1$ ns) sau într-o altă variantă DET 025 A/M ($t_r = 150$ ps), unde t_r reprezintă timpul de răspuns. Absorbția radiației laser împrăștiată s-a făcut cu un filtru trece banda (22). Pentru monitorizarea pulsurilor electromagnetice s-au utilizat o antenă horn de tipul WBH1-18 fabricată din Al/material compozit, produsă de Q-par Angus pentru calibrare (23), respectiv o antenă sferă-disc pentru măsurare. Semnalele provenite de la

dispozitivele de monitorizare s-au înregistrat cu ajutorul unui osciloscop rapid (24) de tip Keysight DSOX6004A având lărgimea de banda 6 GHz și impedanța de intrare de 50 Ω .

În Figura 3, este prezentat un detaliu al schemei bloc a sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției, în varianta sa demonstrativă, unde poziția punctului de focalizare (10) a fasciculului laser (9) este modificată în raport cu poziția electrozilor (14) și (15) și a sursei laser (16). Modificarea punctului de focalizare (10) a fasciculului laser (9) se poate face mecanic și/sau optic, prin schimbarea poziției sursei laser (16), a lentilei de focalizare (20) sau prin înlocuirea lentilei (20) cu o alta având caracteristici optice diferite. În acest mod, se poate determina ca traiectoria descărcării electrice (11) care apare între electrozii (14) și (15) să treacă prin punctul (10) stabilit în prealabil.

Figura 4 reprezintă corelația temporală dintre intensitatea radiației pulsului laser și intensitatea pulsului electromagnetic rezultat, în timpul funcționării sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când se aplică între electrozi o tensiune continuă de polarizare de 7 kV. În figura 4 s-a notat prin U_{FD} tensiunea electrică furnizată de către fotodiada (21) folosită pentru monitorizarea radiației laser, iar prin U_{RF} tensiunea de înaltă frecvență colectată de antena (23) folosită pentru monitorizarea pulsurilor electromagnetice.

În Figura 5 este reprezentat spectrul semnalului electromagnetic a cărei variație în timp este descrisă de tensiunea U_{RF} reprezentată în Figura 4. Conform graficelor din Figura 4 și Figura 5, în condițiile experimentale date, fiecare puls laser generează un puls electromagnetic cu frecvența în jurul valorii de 500 MHz.

Figura 6 reprezintă corelația temporală dintre intensitatea radiației pulsului laser și intensitatea zgomotului electromagnetic rezultat, în timpul funcționării sistemului combinat electric - laser de control al descărcărilor electrice realizat conform invenției în varianta sa demonstrativă, atunci când electrozii nu sunt polarizați electric. În acest caz câmpul electromagnetic generat este neglijabil.

În Figura 7 este reprezentată corelația temporală dintre pulsul laser U_{FD} , zgomotul electromagnetic U_{RF} și pulsul de tensiune U_0 , aplicat electrozilor, atunci când pulsul de tensiune este aplicat sincron cu pulsul laser. În acest caz după aplicarea pulsului laser, este generat un puls electromagnetic.

În Figura 8 este reprezentată corelația temporală dintre pulsul laser U_{FD} , zgomotul electromagnetic U_{RF} și pulsul de tensiune U_0 , aplicat electrozilor, atunci când pulsul de tensiune este întârziat față de pulsul laser. În acest caz nu este generat un puls electromagnetic.

REVENDICĂRI

1. Ansamblu **caracterizat prin aceea** că este compus din doi electrozi, care pot avea forme și dimensiuni diferite, și o sursă de radiație laser (6) care generează un fascicul laser pulsat (9), fasciculul laser (9) fiind focalizat într-un punct (10) din vecinătatea celor doi electrozi, cei doi electrozi fiind conectați la o sursă de înaltă tensiune (2) continuă sau pulsată prin intermediul unui circuit de comutație electronic (3), sincron sau cu întârziere reglabilă în raport cu pulsurile laser în cazul în care tensiunea aplicată între electrozi este pulsată, și care determină ca traiectoria descărcării electrice (11) apărută între cei doi electrozi pentru fiecare puls laser aplicat, să treacă prin punctul (10) în care este focalizat fasciculul laser (9), cu aplicații în meteorologie, detecție și securitate sau pentru aprinderea amestecurilor de combustie
2. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că** este realizat astfel încât descărcarea electrică (11) apărută între cei doi electrozi pentru fiecare puls laser aplicat, trece prin punctul (10) în care este focalizat fasciculul laser (9) chiar dacă traiectoria descărcării electrice (11) nu urmează traseul cel mai scurt dintre electrozi.
3. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea** că este prevăzut cu un circuit electronic (8) care controlează în timp declanșarea pulsurilor laser și un circuit de comutație electronic (3) care generează pulsurile de tensiune U_0 aplicate electrozilor, sincron sau cu o întârziere reglabilă față de pulsurile laser în cazul în care tensiunea aplicată electrozilor este pulsată, și care asigură precizia temporală a momentului în care are loc inițierea descărcării electrice precum și necesarul de energie suplimentară pentru aprinderea amestecurilor de combustie pentru diferite aplicații, inclusiv pentru aplicații în industria aerospațială.
4. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea** că dispunerea sursei laser (6) sau (16) este astfel încât fasciculul laser (9) generat de aceasta, este focalizat într-un punct (10) stabilit în prealabil, iar traiectoria descărcării electrice (11) dintre electrozi trece prin punctul (10) de focalizare a fasciculului laser (9) și care asigură precizia spațială a regiunii în care are loc inițierea descărcării electrice și necesarul de energie suplimentară pentru aprinderea sigură a amestecurilor de combustie pentru diferite aplicații, inclusiv pentru aplicații în industria aerospațială.
5. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea** că este prevăzut cu un circuit electronic (8) care controlează în timp declanșarea pulsurilor laser și un circuit de comutație electronic (3) care generează pulsurile de tensiune U_0 aplicate electrozilor, cu o întârziere

reglabilă față de pulsurile laser, astfel încât prin ajustarea întârzierii pulsului de tensiune față de pulsul laser să se asigure reducerea zgomotului electromagnetic rezultat ca efect al descărcării electrice.

6. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea** că este prevăzut cu un circuit electronic **(8)** care controlează în timp declanșarea și durata pulsurilor laser astfel încât să se genereze un puls electromagnetic cu frecvența caracteristică dată, determinată de durata pulsului laser, amplitudinea pulsului electromagnetic fiind determinată de tensiunea aplicată pe electrozi.

7. Ansamblu **conform revendicării 6, caracterizat prin aceea** că electrozii descărcării sunt cuplați cu o antena de bandă largă pentru a optimiza caracteristicile pulsului electromagnetic emis.

8. Ansamblu **conform revendicării 7, caracterizat prin aceea** că generatorul de pulsuri electromagnetice, astfel realizat, simulează pulsurile electromagnetice emise la interacția radiației laser de mare putere cu materia.

9. Ansamblu **conform revendicării 7, caracterizat prin aceea** că generatorul de pulsuri electromagnetice, astfel realizat, simulează pulsurile electromagnetice emise în timpul funcționării facilităților care utilizează plasmă pulsate, fascicule de particule accelerate pulsate sau în cazul exploziilor nucleare.

10. Ansamblu **conform revendicării 7, caracterizat prin aceea** că este utilizat pentru testarea efectului pulsurilor electromagnetice intense asupra componentelor și sistemelor electronice, asupra materialelor și compușilor, chimici și biologici, precum și eficacitatea sistemelor de ecranare la radiația electromagnetică.

11. Ansamblu **conform revendicării 1, caracterizat prin aceea** că este utilizat pentru declanșarea sincronă a "spark-gap"-urilor (eclatoarelor) în diferite configurații, cu gaze de lucru la diferite presiuni și diferite fluxuri, în particular în configurație de generator Marx de înaltă și foarte înaltă tensiune.

DESENE EXPLICATIVE

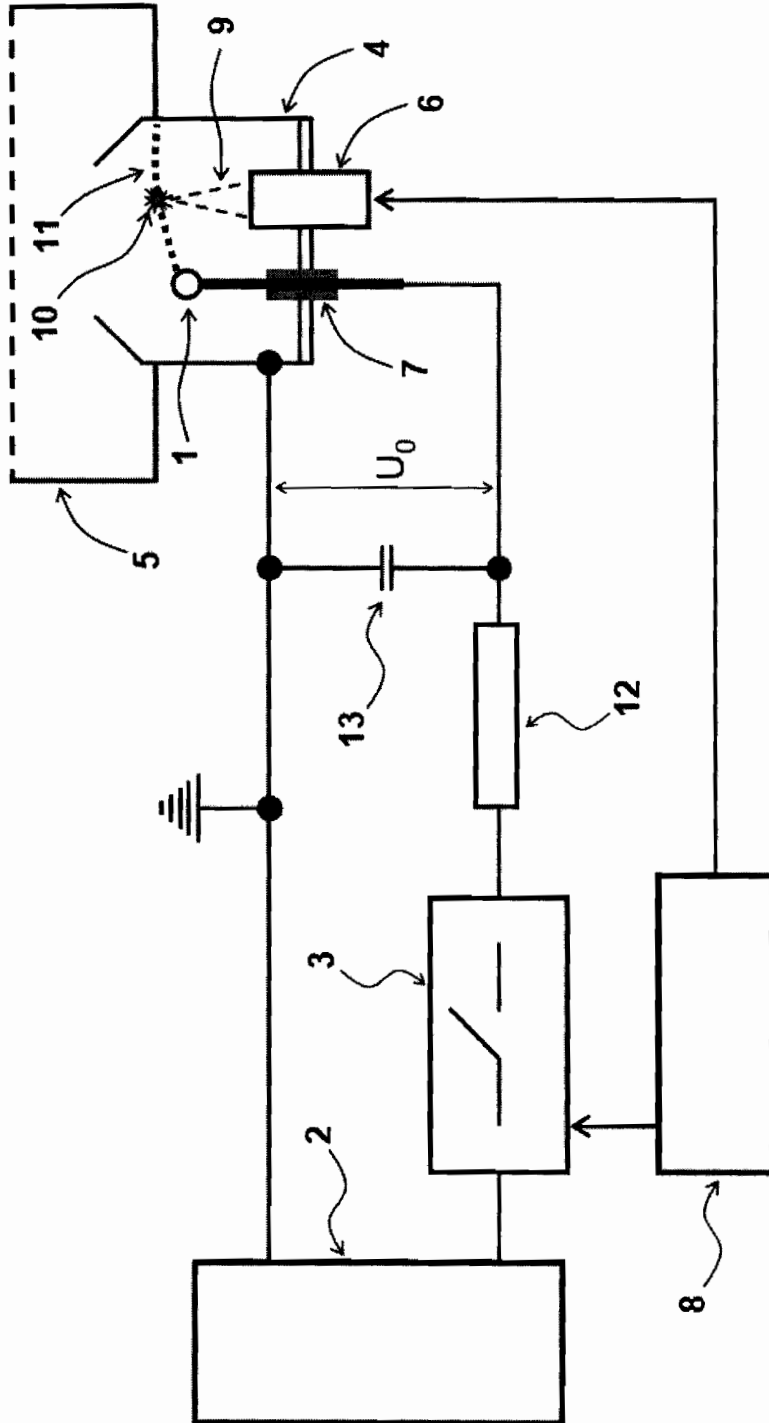


Figura 1

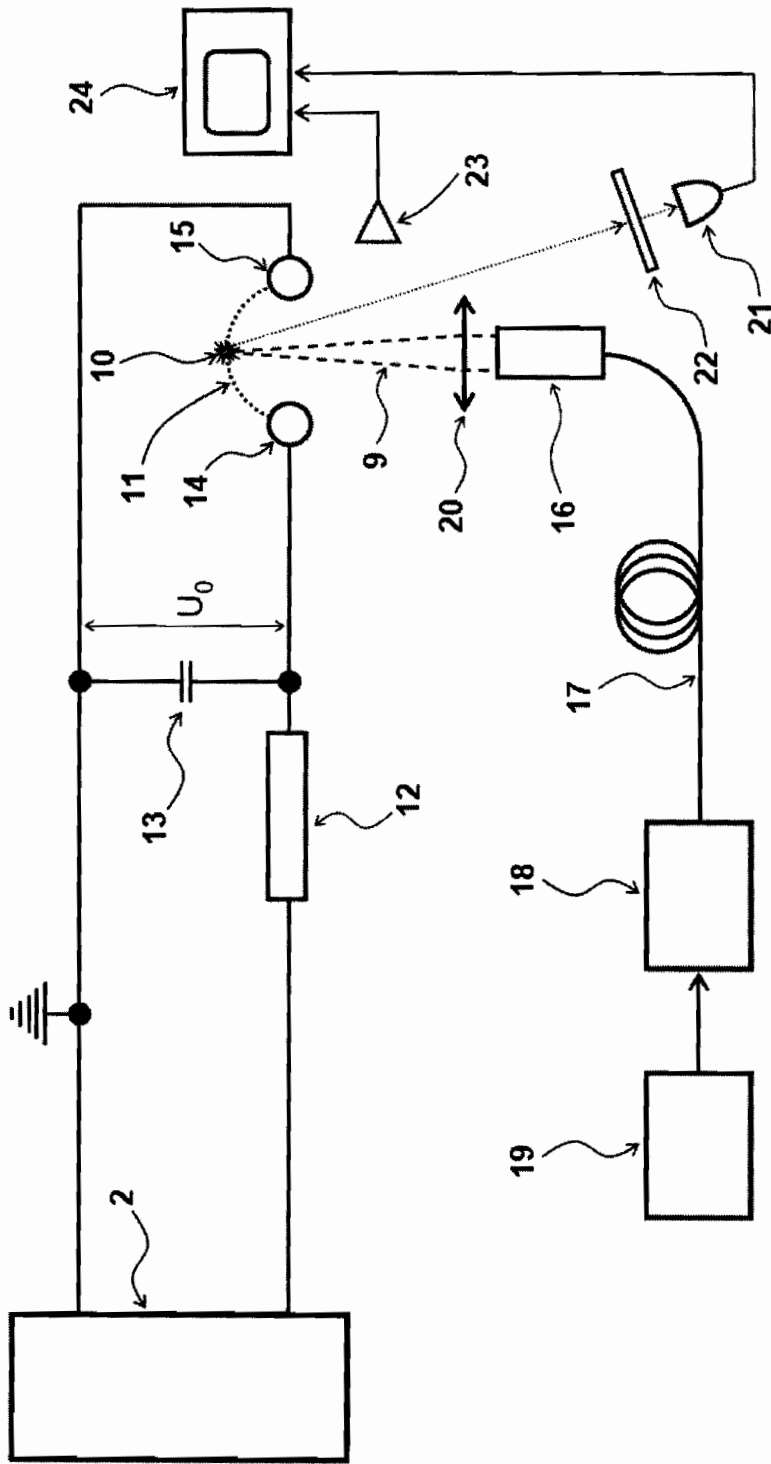


Figura 2

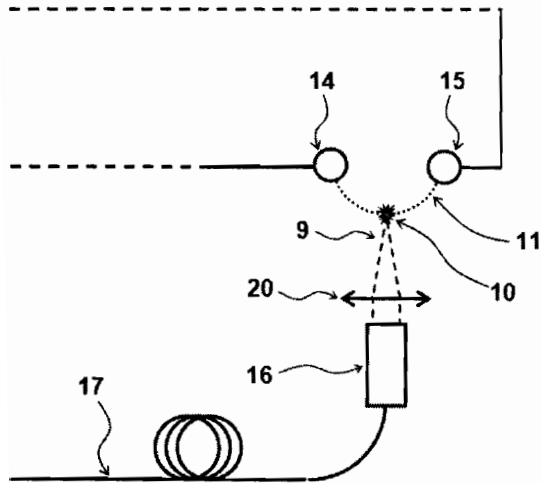


Figura 3

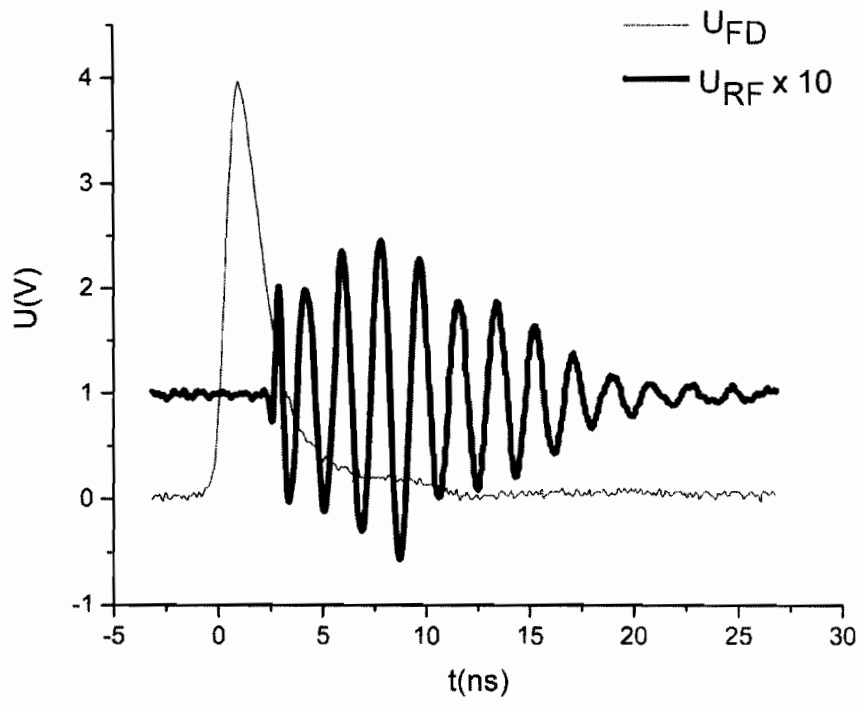


Figura 4

42

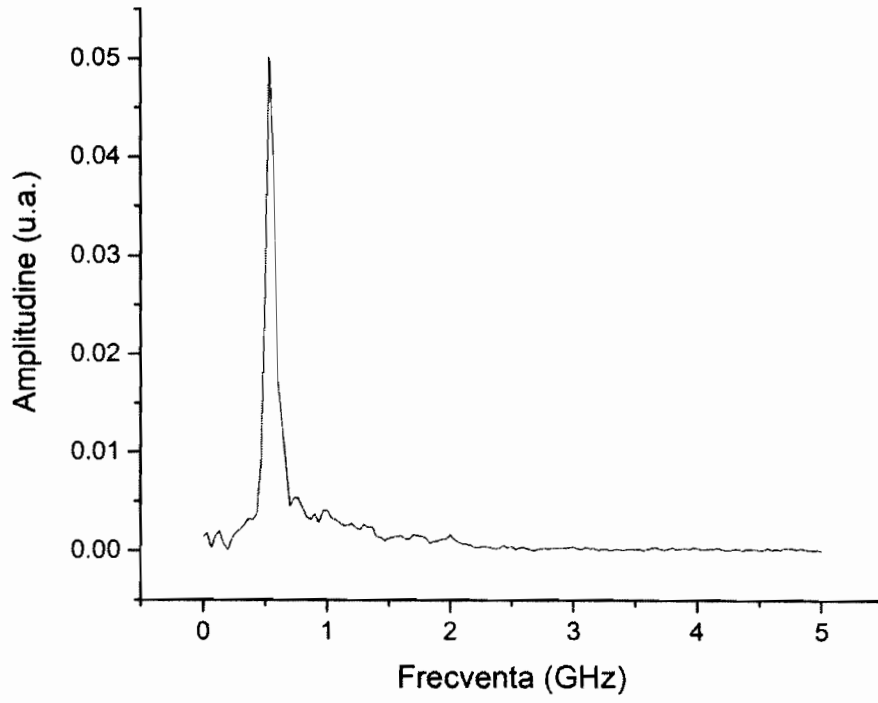


Figura 5

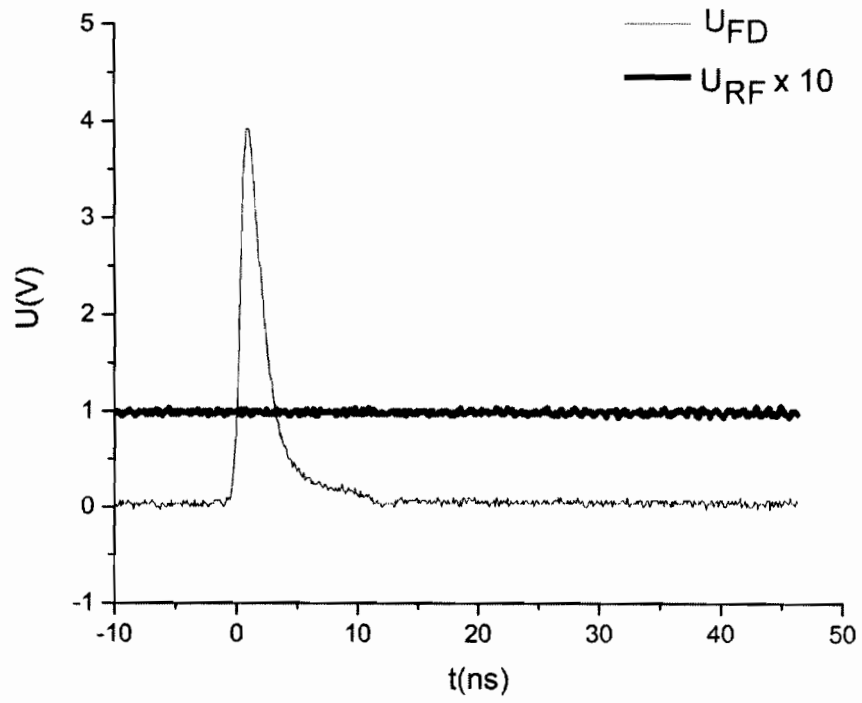


Figura 6

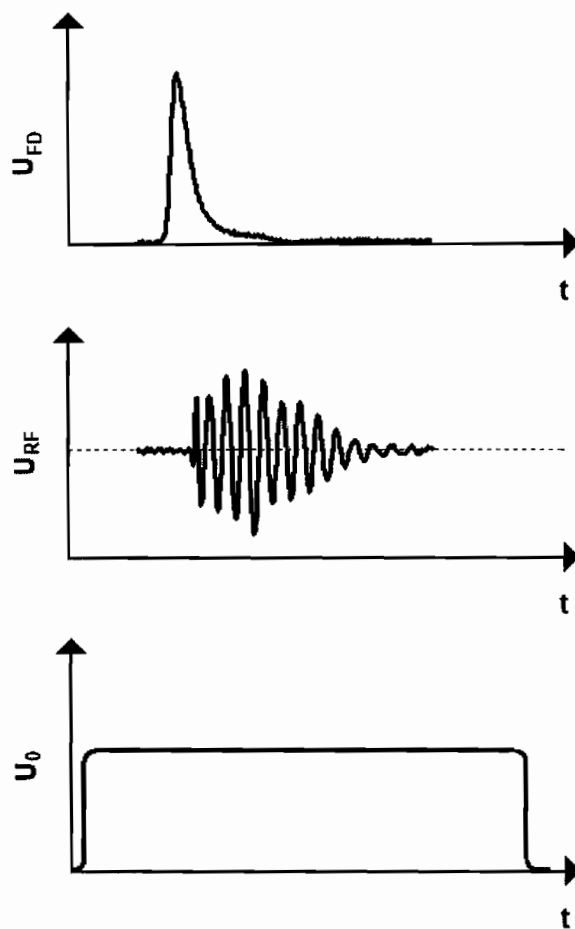


Figura 7

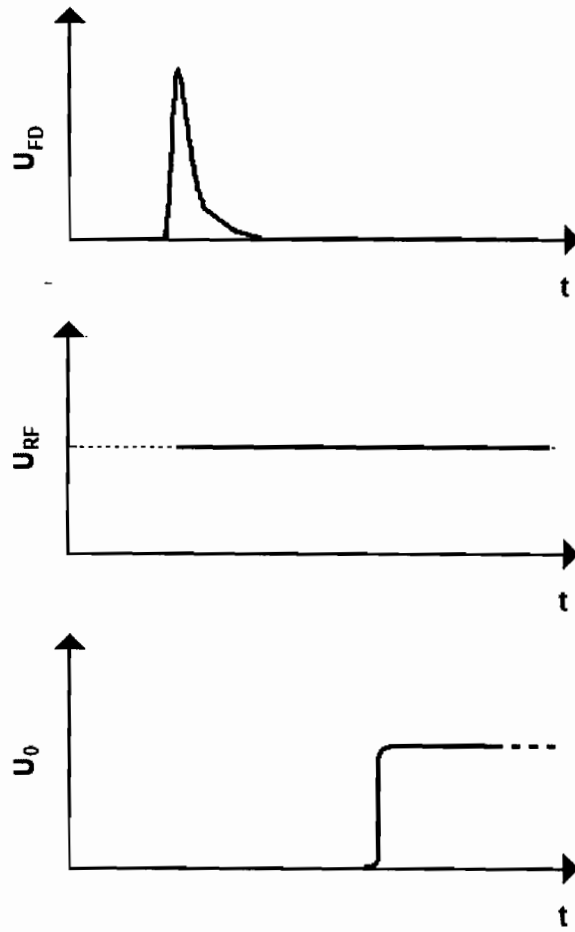


Figura 8