



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00592

(22) Data de depozit: 23/08/2016

(41) Data publicării cererii:
28/02/2018 BOPI nr. 2/2018

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICA
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI
(INFLPR), 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;
• MARCU AURELIAN,
STR. SOLDAT NICOLAE SEBE NR. 16,
BL. 40, SC. A, ET. 5, AP. 27, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;

• BUTOI GABRIEL BOGDAN,
STR. MIHĂILESCU VINTILĂ NR. 21, BL. 63,
SC. B, AP. 91, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• ȘERBĂNESCU MIHAI, STR. POLONĂ
NR. 38, AP. 1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;
• MIHALCEA BOGDAN-VASILE,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 14,
BRAGADIRU, IF, RO;
• GROZA ANDREEA-LILIANA,
STR. STÂNJENEILOR NR. 4, BL. 62, SC. 1,
ET. 8, AP. 52, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;
• DIPLAȘU CONSTANTIN,
STR. NERVA TRAIAN NR. 1, BL. K6, SC. 1,
AP. 22, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• DINCĂ PAUL PAVEL, STR. ȚIOARA
NR. 9, BL. A13, SC. A, ET. 2, AP. 8,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• SURMEIAN AGAVNI, STR. PRIBEAGULUI
NR. 1, BL. 25, SC. B, AP. 37, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) GENERATOR DE IMPULSURI ELECTROMAGNETICE
ULTRARAPIDE, PENTRU SIMULAREA PULSURILOR
ELECTROMAGNETICE ASOCIATE INTERACȚIEI RADIAȚIEI
LASER DE MARE PUTERE CU MATERIA

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de generare a unor pulsuri electromagnetice ultrascurte, cu timp de creștere mai mic de 1 ns, durata de ordinul nano secundelor și frecvența de repetiție de ordinul zecilor de kHz. Sistemul conform invenției constă dintr-un tub (1) de descărcare realizat din material ceramic, prevăzut cu doi electrozi (2, 3) metalici punctiformi, prin care circulă un curent de gaz cu viteză optimizată, cei doi electrozi (2, 3) fiind conectați la ieșirea unui transformator (6) de impulsuri de înaltă tensiune printr-un circuit capacitiv (9) de adaptare și între care iau naștere descărcări electrice cu frecvență mare de repetiție, de ordinul zecilor de kHz, sistemul putând fi folosit pentru dezvoltarea, testarea și calibrarea echipamentelor de diagnosticare și ecranare, respectiv atenuare a pulsurilor electromagnetice intense, asociate interacției pulsurilor laser de mare intensitate, cu puteri de ordinul PW, cu diferite tipuri de ținte, prin generarea de pulsuri având aceeași formă de undă și aceleași caracteristici temporale.

Revendicări: 2
Figuri: 3

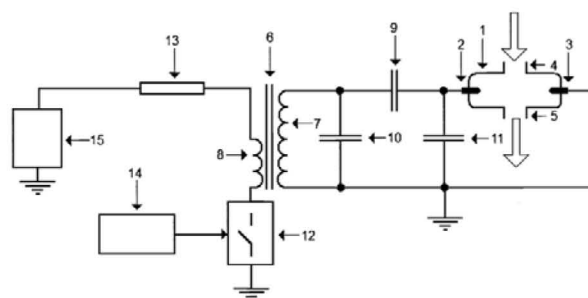


Fig. 1

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



DESCRIEREA INVENȚIEI:

**GENERATOR DE IMPULSURI ELECTROMAGNETICE ULTRARAPIDE PENTRU
SIMULAREA PULSURILOR ELECTROMAGNETICE ASOCIATE INTERACȚIEI
RADIAȚIEI LASER DE MARE PUTERE CU MATERIA**

Invenția se referă la un sistem pentru generarea de pulsuri electromagnetice ultrascurte, cu timp de creștere mai mic de 1 nanosecundă, durata de ordinul nanosecundelor și frecvența de repetiție de ordinul zecilor de kHz. Forma de undă a acestor pulsuri este similară cu aceea a pulsurilor electromagnetice de foarte mare amplitudine care iau naștere în urma interacției radiației optice produse de laserii cu puteri de ordinul zeci TW – zeci PW și ținte solide, lichide sau gazoase. Sistemul la care face referire invenția constă dintr-un tub de descărcare realizat din material ceramic prevăzut cu doi electrozi metalici punctiformi prin care circulă un curent de gaz. Debitul gazului precum și distanța dintre electrozi pot fi modificate în vederea asigurării unui punct de funcționare optim pentru sistem. Optimizarea debitului de gaz se face în mod similar cu metoda descrisă în brevetul de invenție US7229589(B2)/2007-06-12 iar parametrii optimi ai pulsului electromagnetic generat corespunde situației în care filamentul de descărcare are la fiecare descărcare lungimea aproximativ egală cu distanța dintre vârfurile electrozilor, ceea ce corespunde în brevetul menționat unei eficiențe maxime de disociere parțială a azotului molecular care constituie gazul de descărcare. Electrozii sunt conectați prin intermediul unui condensator la capetele înfășurării secundare a unui transformator de impulsuri ridicător de tensiune. La bornele înfășurării primare se aplică un șir de pulsuri cu amplitudinea de ordinul volților sau al zecilor de volți. Tubul de descărcare acționează ca o sursă de pulsuri electromagnetice asemănătoare ca formă de undă și caracteristici temporale cu cele generate în urma interacției unui fascicul laser de mare intensitate și o țintă solidă, lichidă sau gazoasă. De asemenea sistemul este prevăzut cu un sistem de detecție și vizualizare a formei de undă a pulsurilor electromagnetice generate, rezultate în urma propagării acestora într-un anumit mediu, la diferite distanțe și având diverse orientări față de sursa de pulsuri electromagnetice. Sistemul de detecție și vizualizare a formei de undă a pulsurilor electromagnetice generate constă, conform invenției, dintr-o antenă de emisie și una de recepție. Antena de emisie este formată, conform invenției, dintr-un elipsoid metalic, de preferință sferă metalică, amplasată în fața unui disc metalic, fiecare din acestea fiind conectate la câte unul din electrozii tubului de descărcare. Antena de recepție, conform invenției, are o structură similară antenei de emisie, fiind alcătuită dintr-un elipsoid metalic, de preferință sferă metalică, amplasată de asemenea în fața unui disc metalic fiind conectată la un osciloscop digital prin intermediul unui cablu coaxial de înaltă frecvență.

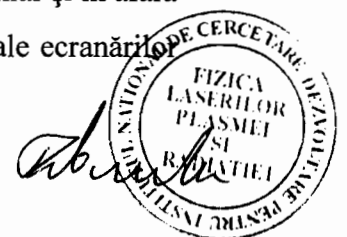
Orientarea și poziția antenei de recepție față de antena de emisie pot fi modificate, permițând astfel determinarea componentelor pulsului electromagnetic în diverse puncte ale unei incinte sau în afara acesteia. Sistemul poate fi folosit fără a se limita la aceasta, pentru dezvoltarea, testarea și calibrarea echipamentelor de diagnosticare, ecranare și/sau atenuare a pulsurilor electromagnetice intense asociate interacției pulsurilor laser de mare intensitate cu diferite tipuri de ținte, prin generarea de pulsuri având formă de undă și caracteristici temporale similare. Interacția dintre un fascicul laser și o țintă solidă, lichidă sau gazoasă, este însoțită de generarea de pulsuri electromagnetice de foarte mare amplitudine, denumite pulsuri electromagnetice gigant, într-o gamă de frecvență foarte largă, de la zeci de MHz până la zeci de GHz precum și de radiație electromagnetică în domeniul THz până la radiații X funcție de parametrii de lucru ai fasciculelor laser și de natura țintelor (A. Poye et al, "*Physics of Giant ElectroMagnetic Pulse generation in short pulse laser experiments*", Phys. Rev. E 91, 043106, 2015). Pulsurile cu frecvențe de ordinul GHz, datorită posibilității de a se propaga prin sistemul de transport al pulsurilor laser, prin ferestrele de diagnostică, sistemele de ventilație, etc, constituie o mare problemă pentru facilitățile laser cu puteri de ordinul PW. Aceste pulsuri necesită metode speciale de ecranare sau atenuare ca de exemplu utilizarea de materiale absorbante de radiație electromagnetică dispuse pe suprafețele conductoare. (F. Negoită et al. *Laser driven nuclear physics at ELI-NP*, Romanian Reports in Physics, Vol. 68, Supplement, P. S37–S144, 2016). Aceste pulsuri electromagnetice pot fi distructive pentru electronica aferentă sistemelor de detecție, control și comandă (Massimo de Marco et al, "*Electromagnetic pulses produced by expanding laser-produced Au plasma*", NUKLEONIKA 2015;60(2):239-243) și, în anumite situații, pot afecta sănătatea personalului care deservește infrastructura laser (în particular cea cu implanturi electronice). Deși există numeroase studii referitoare la generarea, detecția și controlul pulsurilor electromagnetice ultrascurte având diverse amplitudini (J. R. Andrews, "*UWB Signal Sources, Antennas & Propagation*", Picosecond Pulse Lab, Application Note An-14a, August, 2003, Y. Chao, M. Cui, C. Rongmei, L. Xin, *Development of High Power Transient Electromagnetic Field Sensors*, APMEC2015), nu sunt încă realizate generatoare de impuls care să simuleze la scară redusă generarea pulsurilor electromagnetice gigant, și care să permită dezvoltarea și calibrarea sistemelor de detecție și de ecranare respectiv atenuare corespunzătoare, precum și caracterizarea ansamblului experimental (aproximat cu o linie de transmisie cu caracteristici variabile) prin generarea unor impulsuri electromagnetice controlabile, chiar în zona unde are loc interacția puls laser–țintă. În prezent există mai multe soluții privind generarea pulsurilor de ordinul nanosecundelor sau mai mici. Una dintre soluții constă în utilizarea unor



dispozitive cu corp solid cum sunt de exemplu diodele SRD (*step recovery diode*), tranzistoare funcționând în regim de avalanșă sau generatoare multicanal cu comutatoare controlate optic (F. J. Agee, D. W. F.J., Scholfield, W. Prather, J. W. Burger, Proc. SPIE, 1995, vol. 2557, p. 98) însă puterea per puls obținută cu ajutorul acestora este relativ mică. Cele mai bune performanțe, atât din punctul de vedere al duratei pulsului cât și din cel al puterii acestora, se obțin folosind dispozitive a căror funcționare se bazează pe proprietățile speciale ale descărcărilor electrice în gaze (comutatoare ultrarapide cu eclatori -*spark gap*) care iau naștere în anumite condiții (F. Santamaria, F.Roman, *Design and Performance Analysis of a Subnanosecond Pulse Generator*, IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 42, no. 3, p.839, 2014). În brevetul de invenție EP 0714030A1/ 29.05.1996 este descris un simulator de impuls electromagnetic însă acesta necesită utilizarea unor antene de dimensiuni mari, de ordinul metrilor, incompatibile cu condițiile existente în laborator. În brevetul de invenție US6870498B1/22.03.2005 este descris un generator de pulsuri electromagnetice de mare intensitate. Dezavantajele utilizării unei asemenea soluții pentru scopul în care va fi folosită invenția propusă aici sunt următoarele: pulsul electromagnetic este focalizat într-o singură direcție, necesită tensiuni de funcționare de ordinul a 100-300kV, frecvență de repetiție mică, amplitudinea pulsului electromagnetic generat este foarte mare și nu poate fi ajustată cu ușurință putând conduce la distrugerea echipamentelor electronice aflate în apropiere. În brevetul de invenție US9391596 B2/12.07.2016, este descrisă o sursă de pulsuri electromagnetice, scalabilă. Spre deosebire de soluția propusă în acest brevet unde sunt generate monopulsuri de ordinul nanosecundelor dispozitivul descris în acest brevet generează un tren de pulsuri de radiofrecvență fiecare puls constând dintr-o semnal sinusoidal cu frecvența cuprinsă între 500MHz și 5GHz.

Sistemul la care face referire invenția înlătură dezavantajele soluțiilor existente menționate prezentând în plus următoarele avantaje:

- Sistemul este compact, transportabil și poate fi cu ușurință montat în camera de interacție dintr-o țintă și radiația laser, cu puteri de ordinul PW;
- Sistemul funcționează la tensiune de alimentare scăzută de ordinul zecilor de volți;
- Datorită tensiunii de alimentare scăzute, poate fi realizat într-o versiune portabilă, alimentat la o baterie de acumulatori. În afară de portabilitate, alimentarea de la o baterie de acumulatori, înlătură posibilitatea cuplajelor și interferențelor cu alte sisteme electronice prin intermediul rețelei electrice.
- Frecvența mare de repetiție, de ordinul a 30 kHz, permite măsurători precise, chiar și în afara camerei de reacție unde semnalul poate fi mult atenuat, permițând optimizări ale ecranării



sistemelor de diagnostică, comandă și control în prezența pulsurilor electromagnetice intense asociate interacției radiației laser de foarte mare putere cu materia;

-Optimizările se pot efectua la nivele scăzute ale pulsurilor de test în acest fel nu este afectată funcționarea la parametrii normali a sistemelor testate.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu Figura 1, Figura 2 și Figura 3 care reprezintă:

-Figura 1, schema bloc a sistemului de generare de pulsuri electromagnetice ultrascurte

-Figura 2, sistemul de detecție și vizualizare a formei de undă a pulsurilor electromagnetice

-Figura 3, forma de undă a unui puls electromagnetic generat de către sistemul realizat conform invenției

Este descris în continuare un exemplu de realizare a sistemului de generare de pulsuri electromagnetice ultrascurte conform invenției. În Figura 1 este prezentată schema bloc a sistemului de generare a pulsurilor electromagnetice la care face referire invenția. Sistemul constă, conform invenției, dintr-un tub de descărcare **1** cilindric, cu diametru optimizat, realizat din material ceramic, prevăzut cu doi electrozi punctiformi **2** și **3**. Distanța dintre electrozii **2** și **3** poate fi modificată în vederea asigurării unui punct de funcționare optim. Tubul de descărcare **1** este prevăzut cu o intrare **4** și o ieșire **5** care permit circulația unui curent de gaz. Cei doi electrozi **2** și **3**, sunt conectați la capetele înfășurării secundare **7** a transformatorului de impulsuri ridicător de tensiune **6** prin intermediul condensatorului **9** realizat dintr-un tronson de cablu coaxial care intra în componenta unui circuit capacitiv de adaptare format din condensatoarele **9**, **10** și **11**. Tensiunea înaltă care ia naștere la capetele înfășurării secundare **7** a transformatorului ridicător de tensiune **6**, prin intermediul circuitului capacitiv de adaptare, generează un șir de descărcări electrice între electrozii **2** și **3** cu frecvență mare de repetiție, de ordinul zecilor de kHz. Condensatoarele **10** și **11** sunt realizate prin capacitatea distribuită a cablului coaxial care leagă înfășurarea secundară **7** a transformatorului de impulsuri ridicător de tensiune **6** de electrozii **2** și **3**. Pentru obținerea impulsurilor în înfășurarea primară **8** a transformatorului de impulsuri ridicător de tensiune **6**, se aplică la unul din capetele acestuia o tensiune continuă joasă furnizată de sursa **15**. Celălalt capăt este conectat prin intermediul comutatorului electronic **12** la masă, care întrerupe periodic circuitul. Comutatorul electronic **12** este comandat de generatorul de pulsuri **14**. Pentru limitarea curentului electric prin înfășurarea primară **8** este înseriat în circuit rezistorul **13**. Pentru detecția și vizualizarea formei de undă a pulsurilor electromagnetice se utilizează, conform invenției, un sistem a cărui schemă bloc este prezentată în Figura 2. Acesta constă dintr-o antenă de emisie formată din sfera metalică **16** amplasată în fața unui disc metalic



și conectată prin intermediul unui conductor **18** la electrodul **3** al tubului de descărcare **1**. Conductorul metalic **18** traversează discul metalic **17**, fiind izolat electric de acesta prin intermediul unui tub izolator din ceramică **19**. Discul metalic **17** este conectat prin intermediul unui conductor metalic **20** la electrodul **2** al tubului de descărcare **1**. Sistemul de detecție și vizualizare a formei de undă a pulsurilor electromagnetice mai conține o antenă de recepție formată din sfera metalică **21** amplasată în fața unui disc metalic **22** și conectată prin intermediul conductorului **23** și a cablului coaxial de înaltă frecvență **24** la osciloscopul digital **25**. Conductorul **23** traversează discul metalic **22** fiind izolat electric de acesta prin intermediul tubului izolator **26**. Ansamblul format din sfera metalică **21**, discul metalic **22**, conductorul **23** și tubul izolator **26**, poate fi rotit și deplasat față de ansamblul format din sfera metalică **16** și discul metalic **17**. Cablul coaxial **24** fiind flexibil, permite deplasarea ansamblului format din sfera metalică **21**, discul metalic **22**, conductorul **23** și tubul izolator **26**, atât față de osciloscopul digital **25** cât și față de ansamblul format din sfera metalică **16**, discul metalic **17** și tubul izolator **19**, ce constituie antena de emisie. Ca exemplu de aplicare s-a realizat sistemul la care face referire invenția utilizându-se un tub de descărcare **1** din macor prin care circulă un curent de azot. Viteza optimă a fluxului de azot molecular este de ~ 50 m/s. Electrozii **2** și **3** sunt realizați din inox distanța dintre aceștia putând fi variată în intervalul 1-3 mm. Capacitatea condensatorului **10** este de ordinul a 10 pF. Transformatorul **6** are raportul de transformare 500. Comutatorul electronic **12** este comandat de un generator de pulsuri comercial **14** care furnizează pulsuri cu durata de 10 μ s și frecvența de repetiție de 30kHz. La capetele înfășurării 7 secundare a transformatorului **6** apar pulsuri de înaltă tensiune cu amplitudinea de ~ 10 kV. Tensiunea de alimentare furnizată de sursa de tensiune continuă **15** este de 24V. Forma de undă a pulsurilor electromagnetice ultracurte generate, la o distanță de 20 cm de antena de emisie cuplata pe tubul de descărcare, vizualizată cu ajutorul unui osciloscop digital este prezentată în Figura 3. Pentru detecția pulsurilor electromagnetice s-a utilizat un sistem a cărui schemă bloc este prezentată în Figura 2 având următoarele caracteristici: sfera metalică **16** cu diametrul de 5 mm, discul metalic **17** realizat din cupru și având diametrul de 50 mm, sfera metalică **21** cu diametrul de 10 mm, discul metalic **22** realizat din cupru și având diametrul de 100 mm conectat prin intermediul cablului coaxial **24** cu lungimea de 2 m și impedența de 50 Ω la osciloscopul digital **25** de tip Tektronix DPO7354 (banda de 3,5 GHz, 40 GS/s, impedența de intrare de 50 ohmi). Pentru calibrarea sistemului s-a utilizat un generator clasic cu diodă SRD (*step recovery diode*) ce furnizează un puls cu amplitudinea de 2V pe o impedanță de 50 ohmi și timp de creștere de ~ 300 ps.



REVENDICĂRI

1. Sistem de generare a unor pulsuri electromagnetice ultracurte, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un tub de descărcare **1**, realizat dintr-un material ceramic, prin care circulă un curent de gaz cu viteza optimizată funcție de frecvență, fiind în acest scop prevăzut cu intrarea **4** și ieșirea **5**, și conținând doi electrozi punctiformi **2** și **3**, între care au loc descărcări electrice la o frecvență mare de repetiție, de ordinul zecilor de kHz, în acest scop electrozii **2** și **3** fiind conectați la capetele înfășurării secundare **7** a unui transformator de impulsuri ridicător de tensiune **6**, prin intermediul unor condensatoare de adaptare **9** și **11**, și care este folosit pentru testarea și calibrarea echipamentelor de diagnosticare, precum și de ecranare, respective atenuare a pulsurilor electromagnetice intense asociate interacției pulsurilor laser de mare intensitate cu diferite tipuri de ținte, prin generarea de pulsuri electromagnetice cu caracteristici temporale similare.

2. Sistem de detecție și vizualizare a formei de undă a pulsurilor electromagnetice ultracurte, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o antenă de emisie ce constă dintr-un elipsoid metalic, de preferință sferă metalică, **16** conectată la electrodul **3** al tubului de descărcare **1**, amplasată în fața unui disc metalic **17** conectat la electrodul **2** al tubului de descărcare, precum și o antenă de recepție, a cărei poziție și orientare față de antena de emisie pot fi modificate, ce constă dintr-un elipsoid metalic, de preferință sferă metalică **21** amplasată în fața unui disc metalic **22**, sfera metalică **21** fiind conectată la osciloscopul digital **25** prin intermediul cablului coaxial **24**.



DESENE EXPLICATIVE

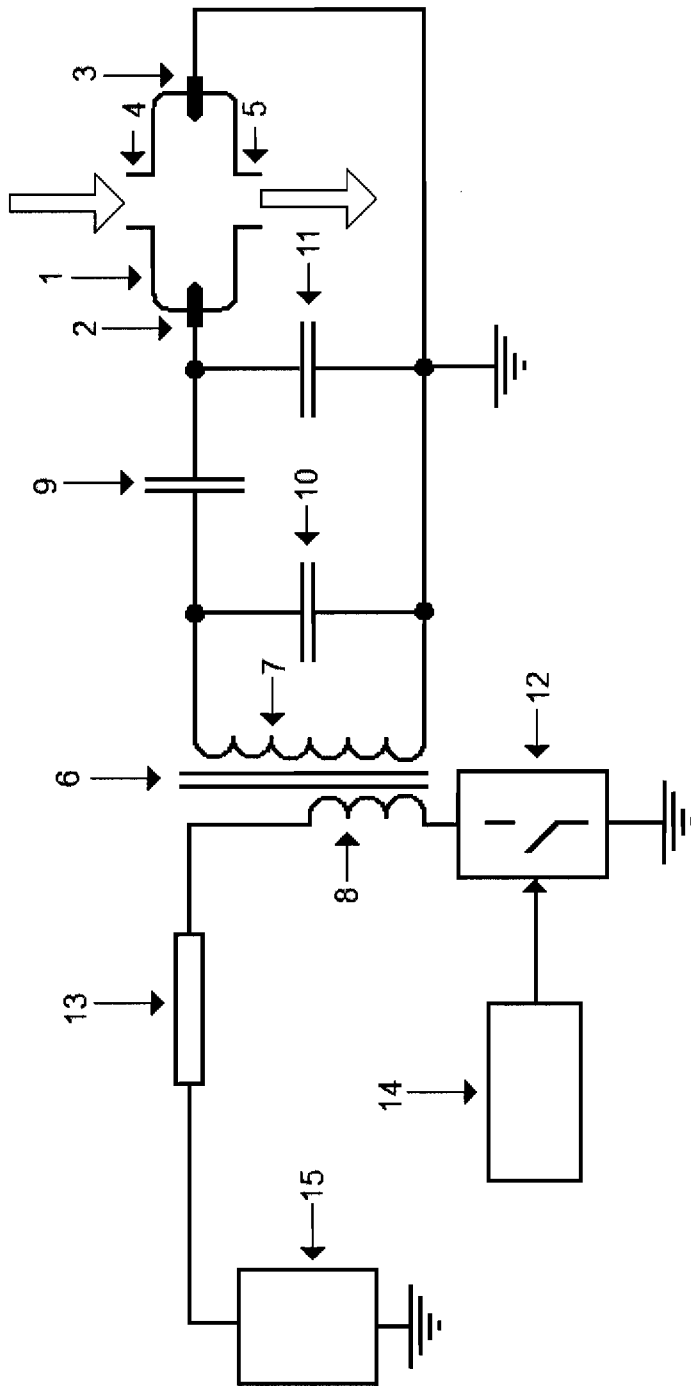


Figura 1



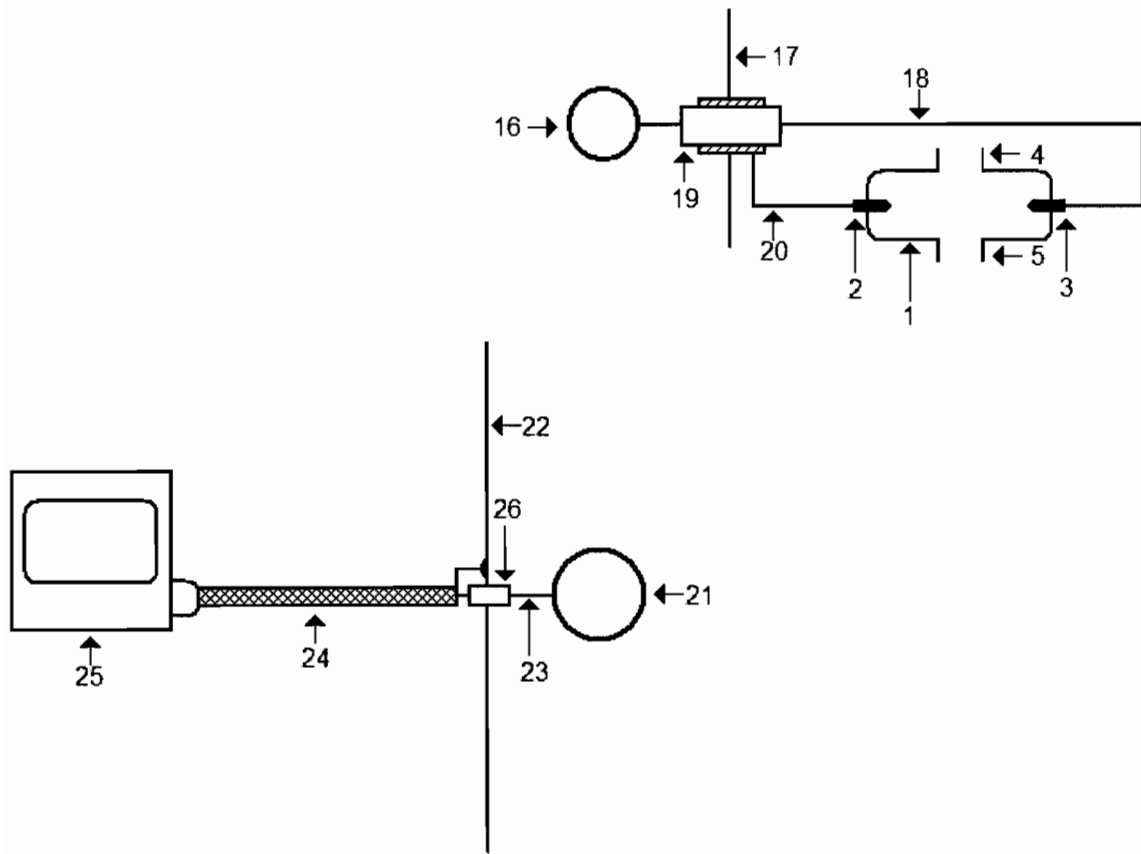


Figura 2



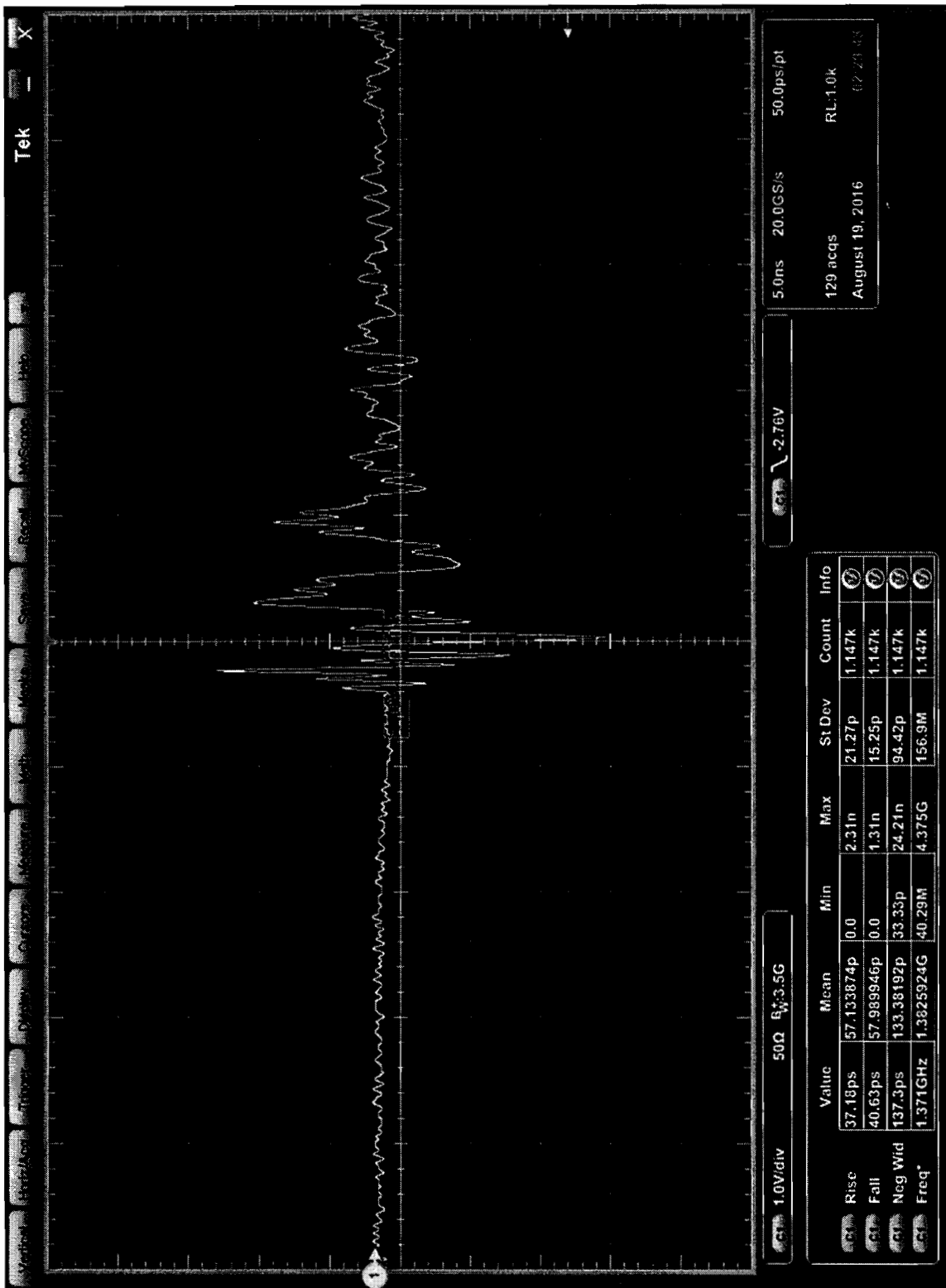


Figura 3

