



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00350**

(22) Data de depozit: **17/05/2018**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **26/02/2021** BOPI nr. **2/2021**

(41) Data publicării cererii:  
**29/11/2018** BOPI nr. **11/2018**

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

(72) Inventatori:  
• **MIHALCEA BOGDAN-VASILE,  
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 14,  
BRAGADIRU, IF, RO;**  
• **STOICAN OVIDIU-SORIN,  
STR. FIZICIENILOR NR. 6, BL. 4, SC. 2,  
ET. 2, AP. 26, MĂGURELE, IF, RO;**

• **GANCIU-PETCU MIHAI, STR. BÎRNOVA  
NR. 6, BL. M111C, SC.1, ET.4, AP. 23,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **SURMEIAN AGAVNI, STR.BRUTUS NR.7,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RO 129406 A2; P. HILZ ET AL, "ISOLATED  
PROTON BUNCH ACCELERATION BY A  
PETAWATT LASER PULSE", NATURE  
COMMUNICATIONS, VOL. 9, P. 423, 2018**  
**RO 129406 A6; P. HILZ ET AL, "ISOLATED  
PROTON BUNCH ACCELERATION BY A  
PETAWATT LASER PULSE", NATURE  
COMMUNICATIONS, VOL. 9, P. 423, 2018**

(54) **CAPCANĂ LINIARĂ CUADROPOLARĂ SEGMENTATĂ**



# RO 132951 B1

1           Invenția se referă la o capcană liniară cuadrupolară segmentată, destinată levitării,  
manipulării sau extracției selective de particule încărcate electric, cu dimensiuni micrometrice  
3 sau nanometrice. De asemenea, capcana liniară cuadrupolară segmentată ce face obiectul  
invenției poate fi folosită pentru manipularea sau extracția selectivă a particulelor stocate.  
5 Prin extracție selectivă denumim operația de transport în afara spațiului delimitat de electrozi  
a particulelor stocate a căror sarcină specifică  $q/m$  aparține unui anumit domeniu de valori,  
7 unde  $q$  și  $m$  reprezintă sarcina, respectiv masa particulei. Capcana liniară cuadrupolară seg-  
mentată ce face obiectul invenției poate fi folosită, fără a se limita la aceasta, ca parte com-  
9 ponentă a echipamentelor sau sistemelor utilizate atât în aplicații practice cât și în laborator,  
pentru:

11           - detecția, manipularea, extracția selectivă, studiul proprietăților fizice, chimice și  
optice a poluanților aflați în stare solidă sau sub forma de micropicături, existenți în atmo-  
13 sferă;

15           - experimente biologice implicând investigații asupra celulelor, bacteriilor, diferitelor  
specii de polen, biomolecule și fragmente ADN;

17           - experimente biologice în condiții de microgravitație care necesită confinarea  
probelor într-o zonă bine definită din spațiu, în condiții de minimă perturbație;

19           - investigații chimice asupra materialelor aflate sub formă de pulbere;

19           - realizarea de ținte pentru laserii de mare și foarte mare putere;

19           - stocarea de particule în zone multiple ale capcanei și transportul lor între acestea.

21 Această operație este extrem de importantă pentru realizarea de calculatoare cuantice.

23           Datorită configurației particulare a sistemului de electrozi și alimentării lor electrice,  
în spațiul interior delimitat de aceștia se generează un potențial electric efectiv care  
confinază armonic particulele stocate într-o regiune de minim a câmpului, în condiții de sta-  
25 bilitate dinamică. Ca urmare, particulele stocate a căror sarcină specifică  $q/m$  aparține unui  
anumit domeniu de valori determinat de dimensiunile electrozilor și de tensiunile aplicate,  
27 sunt confinate în spațiul interior delimitat de electrozi. Pentru detecția, studiul și caracte-  
rizarea particulelor stocate, se aplică un fascicul laser orientat de-a lungul axei capcanei.  
29 Radiația laser împrăștiată de către particulele stocate este apoi analizată de către detectori  
sau senzori optici, orientați perpendicular pe axa capcanei sau la un anumit unghi față de  
31 aceasta.

33           De-a lungul timpului au fost descrise și/sau realizate mai multe tipuri de balanțe elec-  
tromagnetice (capcane cuadrupolare), inclusiv capcane realizate în geometrie liniară,  
cuadrupolară sau multipolară. Astfel în brevetul **109684C1/1994**, Instalație miniaturizată,  
35 pentru stocarea de microparticule ionizate, este descrisă o instalație miniaturizată destinată  
confinării de microparticule formată din trei electrozi inelari. Deși permite aplicarea unui  
37 fascicul laser în orice punct al regiunii ocupate de particulele stocate, dezavantajul acestui  
tip de geometrie de capcană constă în faptul că raportul semnal-zgomot este redus datorită  
39 stocării unui număr relativ limitat de particule, exclusiv în regiunea localizată în apropierea  
electrodului central. Capcanele liniare au avantajul că permit creșterea raportului semnal/  
41 zgomot, implicit al numărului de nanoparticule confinate. În cazul acestora particulele sunt  
menținute în stare de levitație în spațiul interior delimitat de electrozii bară și electrozii capac.  
43 Pentru compensarea forței gravitaționale, între două din barele opuse, dispuse în plan ver-  
tical, se aplică o tensiune electrică continuă. O particulă este menținută în stare de levitație,  
45 în condiții de stabilitate, atunci când câmpul electric echilibrează (compensează) forța gravi-  
tațională pe care aceasta o resimte, conform relației  $qE = mg$ , unde  $q$  reprezintă sarcina  
47 electrică a particulei,  $m$  este masa sa,  $E$  reprezintă valoarea intensității câmpului electric în  
punctul respectiv, iar  $g$  este accelerația gravitațională. Deoarece sarcina specifică a

# RO 132951 B1

particulelor  $q/m$  prezintă o dispersie iar câmpul electric  $E$  este neomogen, teoretic, particulele pot fi confinate în orice punct din spațiul delimitat de electrozii bară ai capcanei. Prin urmare, pentru a efectua o diagnoza completă a particulelor stocate, este necesar ca fasciculul laser să poată fi aplicat pe direcție axială în raport cu axa longitudinală a capcanei, perpendicular pe orice punct al secțiunii transversale a acesteia. În brevetul **RO 111401 B1/1996**, Capcană liniară în aer pentru microplazme ordonate, este descrisă o capcană liniară cuadrupolară formată din 4 electrozi în formă de bară cilindrică și 2 electrozi capac în formă de disc dispuși central, orientați perpendicular pe axa capcanei. Aceștia obțin un eventual fascicul laser aplicat de-a lungul axei capcanei. În articolul O. S. Stoican, B. Mihalcea, V. Gheorghe, "Miniaturized microparticle trapping setup with variable frequency", Romanian Reports in Physics, 53, 3-8, pp. 275-280 (2001) este descrisă o capcană liniară cuadrupolară având lungime variabilă, în care unul din electrozii capac este perforat pentru a permite aplicarea radiației laser exclusiv într-o regiune îngustă cu raza de circa 1 mm, localizată de-a lungul axei capcanei. Particulele stocate în afara acestei regiuni nu pot interacționa cu radiația laser. O soluție asemănătoare este descrisă în P. Hilz et al, "Isolated proton bunch acceleration by a petawatt laser pulse", Nature Communications, (2018)9:423 unde o capcană electrodinamică liniară cu 4 bare este utilizată în scopul poziționării unei ținte solide pentru un laser de mare putere ce furnizează pulsuri cu durată de 500 fs și energia de 150 J. Dezavantajul acestei soluții este ca fasciculul laser poate fi aplicat numai din direcție radială, printre barele capcanei.

Modelul de utilitate **RO 2011 00045 U1** Capcana Paul liniară dodecapolară descrie o capcană (balanță) electrodinamică formată din 12 electrozi în formă de bară cilindrică și 2 electrozi capac în formă de disc, din care unul este perforat. Ca și în cazul precedent, radiația laser nu poate fi aplicată decât particulelor stocate localizate în regiunea axei longitudinale a capcanei.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în aplicarea radiației laser în orice regiune a spațiului în care sunt confinate particule stocate, fără a fi necesare modificări ale geometriei capcanei.

Capcana liniară cuadrupolară segmentată ce conține patru electrozi realizați din bare metalice, paralele și echidistante, două dintre acestea fiind dispuse în plan vertical, în timp ce celelalte două sunt dispuse în plan orizontal și doi electrozi capac situați la capetele acestor patru electrozi, conform invenției, este caracterizată prin aceea că, cei doi electrozi capac sunt alcătuiți fiecare din patru bare metalice, paralele între ele, paralele cu axa longitudinală a capcanei, paralele cu electrozii bară, având diametrul egal cu al acestora, dispuse de-a lungul axelor acestora, la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară, ceea ce permite aplicarea fasciculului laser pe direcția axială a capcanei în orice punct din spațiul dintre electrozii bară ai capcanei, conexiunile electrice ale electrozilor fiind realizate astfel încât între electrozi se aplică o tensiune electrică continuă  $U_x$ , a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului, electrozii fiind conectați împreună la o tensiune electrică alternativă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$ , electrozii capac fiind conectați la tensiunea continuă  $U_{z1}$ , în timp ce electrozii capac sunt conectați la tensiunea continuă  $U_{z2}$ .

Conform unei alte variante de realizare, capcana liniară cuadrupolară segmentată este caracterizată prin aceea că cei doi electrozi capac sunt alcătuiți fiecare dintr-un tub cilindric metalic gol, respectiv, coaxial cu axa longitudinală a capcanei, electrozii capac, fiind situați la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară, ceea ce permite aplicarea fasciculului laser pe direcția axială a capcanei în orice punct din spațiul dintre electrozii bară ai capcanei, conexiunile electrice ale electrozilor fiind realizate

# RO 132951 B1

1 astfel încât între electrozii se aplică o tensiune electrică  $U_x$ , a cărei polaritate poate fi  
schimbată cu ajutorul comutatorului, electrozii fiind conectați împreună la o tensiune electrică  
3 alternativă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$ , electrodul capac fiind conectat la tensiunea  
continuă  $U_{z1}$ , în timp ce electrodul capac (6) este conectat la tensiunea continuă  $U_{z2}$ .

5 Față de soluțiile anterioare, configurația de electrozi la care face referire invenția  
prezintă avantajul că expune întreaga secțiune transversală a capcanei permițând astfel  
7 aplicarea unui fascicul laser pe direcția axială a capcanei, la oricare din extremitățile cap-  
canei, în oricare punct în raport cu axa longitudinală a capcanei.

9 Se dau în continuare două variante de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, fig. 2,  
fig. 3, fig. 4, fig. 5 și fig. 6 care reprezintă:

11 - fig. 1, secțiune longitudinală și trei secțiuni transversale corespunzătoare planurilor  
A-A, B-B și C-C ale capcanei liniare cudrupolare segmentate realizate conform invenției, în  
13 varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă din patru bare metalice paralele cu  
electrozii bară ai capcanei;

15 - fig. 2, secțiune longitudinală și trei secțiuni transversale corespunzătoare planurilor  
A-A, B-B și C-C ale capcanei liniare cudrupolare segmentate realizate conform invenției, în  
17 varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă dintr-un tub metalic cilindric gol,  
coaxial cu axa longitudinală a capcanei;

19 - fig. 3, schema alimentării electrice a electrozilor capcanei liniare cudrupolare seg-  
mentate, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă din patru bare metalice  
21 paralele cu electrozii bară ai capcanei liniare;

- fig. 4, schema alimentării electrice a electrozilor capcanei liniare cudrupolare seg-  
23 mentate, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă dintr-un tub metalic  
cilindric gol, coaxial cu axa longitudinală a capcanei;

25 - fig. 5, amplasarea sistemului de detectori pentru analiza radiației laser împrăștiate  
de către particulele stocate;

27 - fig. 6, aplicarea unui fascicul laser, paralel cu axa longitudinală a capcanei și la o  
anumită distanță față de aceasta;

29 - fig. 7, aplicarea radiației laser asupra particulelor stocate folosind un expandor de  
fascicul.

31 Invenția se referă la un sistem de electrozi, alcătuit din 4 bare metalice, paralele și  
echidistante, două din acestea fiind dispuse în plan vertical în timp ce celelalte două sunt  
33 dispuse în plan orizontal, precum și din doi electrozi capac amplasați la capetele acestor  
electrozi, fiecare din aceștia constând din patru bare metalice paralele într-una din variante,  
35 respectiv dintr-un tub metalic cilindric gol, coaxial cu axa longitudinală a capcanei, într-o altă  
variantă. Sistemul de electrozi realizați, localizați în spațiu și alimentați electric conform  
37 invenției, constituie o capcană liniară cudrupolară segmentată. Aceasta permite menținerea  
în stare de levitație, în spațiul interior delimitat de cei patru electrozi bară, a unui ansamblu  
39 de particule solide, aerosoli sau micropicături cu dimensiuni micrometrice (având dimensiuni  
cuprinse în intervalul 0.1-100  $\mu\text{m}$ ) sau nanometrice (având dimensiuni cuprinse în intervalul  
41 1-100 nm), care vor fi denumite în continuare, indiferent de dimensiunile, starea de agregare  
sau natura lor, particule, fără contact mecanic cu electrozii capcanei sau cu un alt element  
43 de susținere. Particulele aflate în stare de levitație, confinate în acest mod, vor fi denumite  
în continuare particule stocate. Mediul în care sunt stocate particulele poate fi lichid sau  
45 gazos. În cazul mediului gazos, presiunea gazului poate varia de la presiuni în domeniul  
ultravidului (mai mici de  $10^{-7}$  Pa), până la presiuni mai mari decât presiunea atmosferică.

47 Particulele pot fi confinate indiferent de valoarea accelerației gravitaționale din spațiul  
dintre electrozi.

# RO 132951 B1

În fig. 1 este reprezentată o secțiune longitudinală și trei secțiuni transversale corespunzătoare planurilor A-A, B-B și C-C ale capcanei liniare cudrupolare segmentate realizate conform invenției, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă din patru bare metalice paralele cu electrozii bară ai capcanei liniare. Aceasta este formată, conform invenției, din 4 electrozi **1a**, **1b**, **1c** și **1d** realizați din bare metalice, paralele și echidistante, două din acestea, **1a** și **1b** fiind dispuse în plan vertical în timp ce celelalte două **1c** și **1d**, sunt dispuse în plan orizontal, precum și din doi electrozi capac situați la capetele acestor electrozi, fiecare din electrozii capac constând din patru bare metalice, anume **2a**, **2b**, **2c** și **2d**, respectiv **3a**, **3b**, **3c** și **3d**, paralele între ele, paralele cu axa longitudinală a capcanei, paralele cu electrozii bară ai capcanei **1a**, **1b**, **1c** și **1d**, cu diametrul egal cu al acestora, dispuse de-a lungul axelor acestora.

Pentru asigurarea izolației electrice, electrozii capac formați din barele **2a**, **2b**, **2c** și **2d**, respectiv barele **3a**, **3b**, **3c** și **3d**, sunt situați la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară **1a**, **1b**, **1c** și **1d**.

În fig. 2 este reprezentată o secțiune longitudinală și trei secțiuni transversale corespunzătoare planurilor A-A, B-B și C-C ale capcanei liniare cudrupolare segmentate realizate conform invenției, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac constă dintr-un tub metalic cilindric gol cu diametrul interior egal cu distanța dintre barele capcanei. Aceasta este formată, conform invenției, din 4 electrozi **1a**, **1b**, **1c** și **1d** realizați din bare metalice, paralele și echidistante, două din acestea, **1a** și **1b** fiind dispuse în plan vertical, în timp ce celelalte două **1c** și **1d**, sunt dispuse în plan orizontal, precum și din doi electrozi capac amplasați la capetele acestor electrozi, fiecare din electrozii capac constând dintr-un tub cilindric metalic gol, anume **5**, respectiv **6**, coaxial cu axa longitudinală a capcanei **4**. Pentru asigurarea izolației electrice, electrozii capac **5**, respectiv **6**, sunt situați la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară **1a**, **1b**, **1c** și **1d**.

În fig. 3 este prezentată schema alimentării electrice a electrozilor capcanei liniare cudrupolare segmentate, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac sunt realizați conform cu fig. 1. Astfel, electrozii bară **1c** și **1d** situați în plan orizontal, sunt conectați împreună la o tensiune electrică alternativă înaltă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$  furnizată de către sursa de tensiune alternativă **7**. Între electrozii bară **1a** și **1b**, situați în plan vertical se aplică o tensiune electrică continuă  $U_x$ , furnizată de sursa reglabilă de tensiune **8**, a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului **9**. Tensiunea  $U_x$  generează câmpul electric  $E$  cu ajutorul căruia se compensează câmpul gravitațional. Barele **2a**, **2b**, **2c** și **2d**, care formează unul din electrozii capac sunt conectate la tensiunea continuă  $U_{z1}$  furnizată de sursa reglabilă de tensiune **10**.

Barele **3a**, **3b**, **3c** și **3d** care formează celalalt electrod capac, sunt conectate la tensiunea continuă  $U_{z2}$  furnizată de sursa reglabilă de tensiune **11**. Tensiunile  $U_{z1}$  și  $U_{z2}$  pot fi egale, atunci când se urmărește confinarea particulelor în spațiul interior delimitat de electrozii capcanei, sau pot fi diferite atunci când se urmărește deplasarea sau extractia selectivă a particulelor existente în spațiul interior delimitat de electrozii capcanei. Tensiunile  $U_a$ ,  $U_x$ ,  $U_{z1}$  și  $U_{z2}$ , se masoară față de electrodul la care este conectat la masă, și al cărui potențial electric este considerat egal cu zero.

În fig. 4 este prezentată schema alimentării electrice a electrozilor capcanei liniare cudrupolare segmentate, în varianta în care fiecare dintre electrozii săi capac sunt realizați conform cu fig. 2. Astfel, electrozii bară **1c** și **1d** amplasați în plan orizontal, sunt conectați împreună la o tensiune electrică alternativă înaltă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$ , furnizată de către sursa de tensiune alternativă **7**. Între electrozii bară **1a** și **1b** situați în plan vertical, se aplică o tensiune electrică continuă  $U_x$ , furnizată de sursa reglabilă de tensiune **8** a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului **9**.

# RO 132951 B1

1 Tensiunea  $U_x$  generează câmpul electric E cu ajutorul căruia se compensează  
câmpul gravitațional. Tubul cilindric metalic gol **5**, care formează unul dintre electrozii capac  
3 este conectat la tensiunea continuă  $U_{z1}$  furnizată de sursa reglabilă de tensiune **10**. Tubul  
cilindric metalic gol **6** care formează celalalt electrod capac este conectat la tensiunea  
5 continuă  $U_{z2}$  furnizată de sursa reglabilă de tensiune **11**. Tensiunile  $U_{z1}$  și  $U_{z2}$  pot fi egale,  
atunci când se urmărește confinarea particulelor în spațiul interior delimitat de electrozii  
7 capcanei, sau pot fi diferite atunci când se urmărește deplasarea sau extracția selectivă a  
particulelor confinate în spațiul interior delimitat de electrozii capcanei. Tensiunile  $U_a$ ,  $U_x$ ,  $U_{z1}$   
9 și  $U_{z2}$ , se măsoară față de electrodul la care este conectat la masă și al cărui potențial  
electric este considerat egal cu zero.

11 În fig. 5 este ilustrată amplasarea sistemului de detectori **12**, perpendicular pe axa  
capcanei **4**, folosit pentru analiza radiației laser împrăștiate **13** de către particulele stocate  
13 **14**, menținute în stare de levitație în spațiul interior definit de electrozii bară **1a**, **1b**, **1c** și **1d**.

În fig. 6 este prezentat modul de aplicare a fasciculului laser **15**, generat de către  
15 laserul **16**, paralel cu axa longitudinală **4**, la o anumită distanță D față de aceasta, pentru o  
capcana liniară cuadrupolară segmentată, realizată conform cu fig. 1. Distanța D poate fi  
17 variată prin deplasarea laserului **16** în plan vertical, fără a fi necesară modificarea geometriei  
sau dispunerii în spațiu a electrozilor capcanei.

19 În fig. 7 este prezentat modul de aplicare al radiației laser **15**, generată de laserul **16**,  
folosind expandorul **17**. În acest fel întreg volumul de particule stocate **14** este supus acțiunii  
21 radiației laser. Capcana liniară cuadrupolară segmentată este realizată conform cu fig. 1.

Ca exemplu de aplicare este prezentată capcana liniară cuadrupolară segmentată,  
23 realizată conform geometriei din fig. 1. Lungimea barelor capcanei **1a**, **1b**, **1c** și **1d**, con-  
fecționate din alamă, este de 50 mm, fiecare dintre acestea având diametrul de 3 mm. Dis-  
25 tanța dintre barele **1a** și **1b**, respectiv **1c** și **1d**, este de 9 mm. Fiecare din electrozii capac  
**2a**, **2b**, **2c** și **2d**, respectiv **3a**, **3b**, **3c** și **3d**, este format din 4 bare din alamă de 20 mm,  
27 având diametrul de 3 mm. Distanța d dintre electrozii capac și electrozii bară este de 2 mm.  
De asemenea s-a realizat o capcană liniară segmentată conform geometriei prezentate în  
29 fig. 2. În acest caz fiecare din electrozii capac constă dintr-un cilindru gol, confecționat din  
tablă subțire de cupru, cu lungimea de 10 mm și diametrul interior de 9 mm. Restul siste-  
31 mului de electrozi a rămas neschimbat. Cu ajutorul capcanelor descrise mai sus s-au menți-  
nut în stare de levitație, pentru un interval de timp mai mare de 1 oră, microparticule de alu-  
33 mină ( $Al_2O_3$ ) (notate cu **14** în fig. 5, 6 și 7) cu diametrul cuprins între 60 - 100 $\mu$ m. Caracteristi-  
cile tensiunilor electrice aplicate electrozilor sunt:  $V_0 = 3.5$  kV,  $f_0 = 50$  Hz,  $U_x = 0 - 1000$ V,  
35  $U_{z1} = 0 - 1000$ V,  $U_{z2} = 0 - 1000$ V.

# RO 132951 B1

## Revendicări

1. Capcană liniară cuadripolară segmentată ce conține patru electrozi (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**) realizați din bare metalice, paralele și echidistante, două dintre acestea, (**1a** și **1b**) fiind dispuse în plan vertical, în timp ce celelalte două, (**1c** și **1d**) sunt dispuse în plan orizontal și doi electrozi capac situați la capetele acestor patru electrozi, **caracterizată prin aceea că**, cei doi electrozi capac sunt alcătuiți fiecare din patru bare metalice, anume (**2a**, **2b**, **2c** și **2d**), respectiv (**3a**, **3b**, **3c** și **3d**) paralele între ele, paralele cu axa longitudinală a capcanei, paralele cu electrozii bară (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**), având diametrul egal cu al acestora, dispuse de-a lungul axelor acestora, la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**), ceea ce permite aplicarea fasciculului laser pe direcția axială a capcanei în orice punct din spațiul dintre electrozii bară ai capcanei (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**), conexiunile electrice ale electrozilor fiind realizate astfel încât între electrozii (**1a**) și (**1b**) se aplică o tensiune electrică continuă  $U_x$ , a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul unui comutator (**9**), electrozii (**1c**) și (**1d**) fiind conectați împreună la o tensiune electrică alternativă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$ , electrozii capac (**2a**, **2b**, **2c** și **2d**) fiind conectați la tensiunea continuă  $U_{z1}$ , în timp ce electrozii capac (**3a**, **3b**, **3c** și **3d**) sunt conectați la tensiunea continuă  $U_{z2}$ .
2. Capcană liniară cuadripolară segmentată ce conține patru electrozi (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**) realizați din bare metalice, paralele și echidistante, două dintre acestea, (**1a** și **1b**) fiind dispuse în plan vertical, în timp ce celelalte două, (**1c** și **1d**) sunt dispuse în plan orizontal și doi electrozi capac situați la capetele acestor patru electrozi, **caracterizată prin aceea că**, cei doi electrozi capac sunt alcătuiți fiecare dintr-un tub cilindric metalic gol (**5**), respectiv (**6**), coaxial cu axa longitudinală a capcanei (**4**), electrozii capac (**5**, **6**), fiind situați la distanțele  $d_1$  și respectiv  $d_2$ , care pot fi egale sau diferite, față de electrozii bară (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**), ceea ce permite aplicarea fasciculului laser pe direcția axială a capcanei în orice punct din spațiul dintre electrozii bară ai capcanei (**1a**, **1b**, **1c** și **1d**), conexiunile electrice ale electrozilor fiind realizate astfel încât între electrozii (**1a**) și (**1b**) se aplică o tensiune electrică  $U_x$ , a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul unui comutator (**9**), electrozii (**1c**) și (**1d**) fiind conectați împreună la o tensiune electrică alternativă  $U_a$  de amplitudine  $V_0$  și frecvența  $f_0$ , electrozii capac (**5**) fiind conectat la tensiunea continuă  $U_{z1}$ , în timp ce electrozii capac (**6**) este conectat la tensiunea continuă  $U_{z2}$ .

(51) Int.Cl.  
*H01J 3/40* (2006.01);  
*B82Y 99/00* (2011.01)

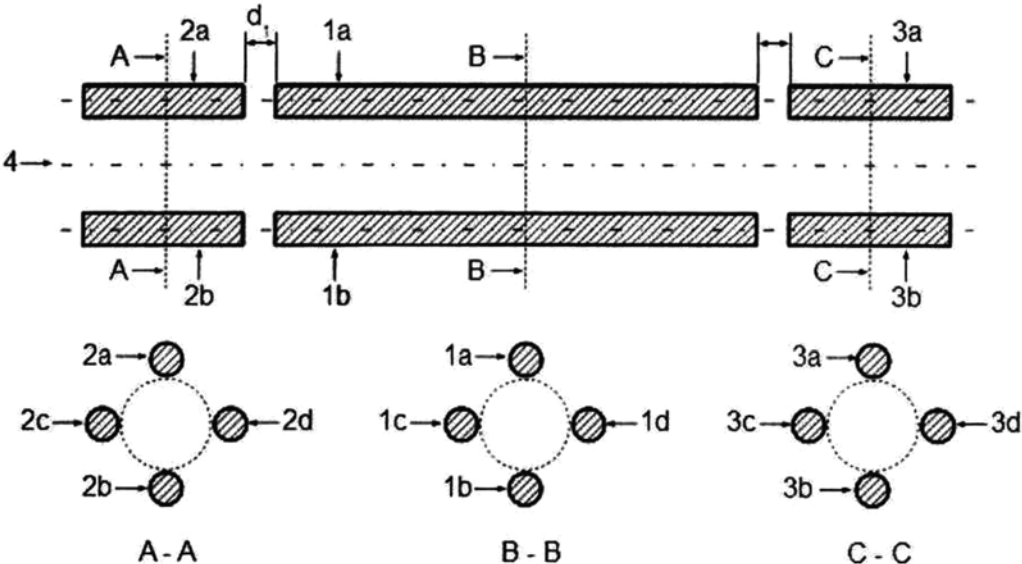


Fig. 1



(51) Int.Cl.

H01J 3/40 (2006.01);

B82Y 99/00 (2011.01)

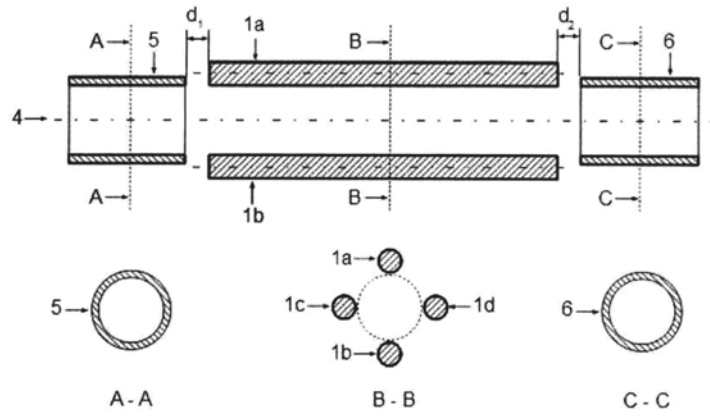


Fig. 2

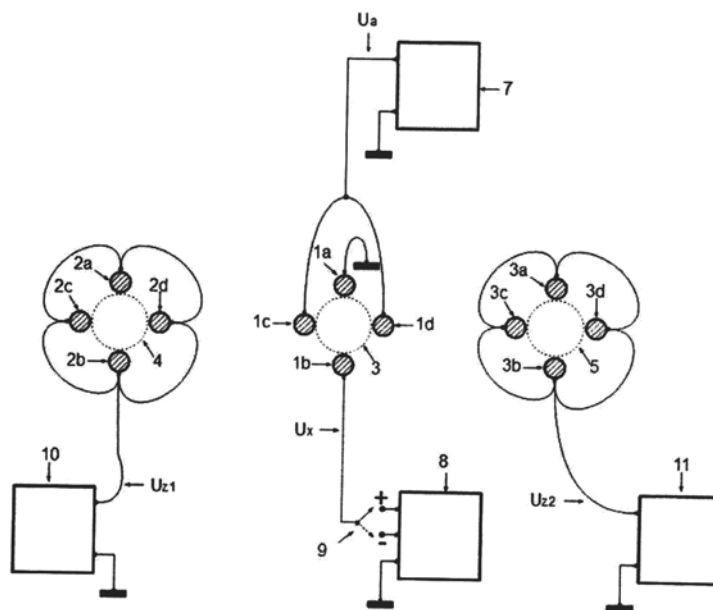


Fig. 3

(51) Int.Cl.  
*H01J 3/40* (2006.01);  
*B82Y 99/00* (2011.01)

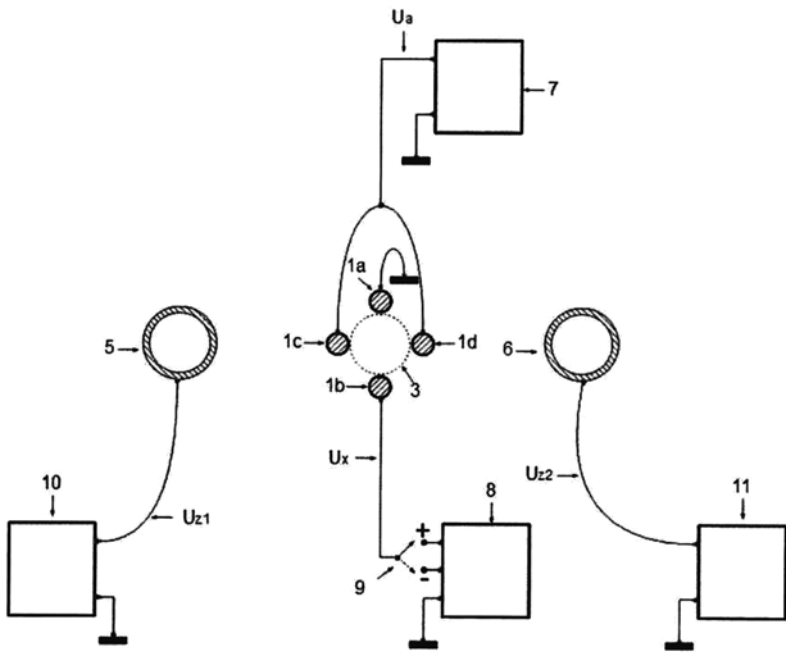


Fig. 4

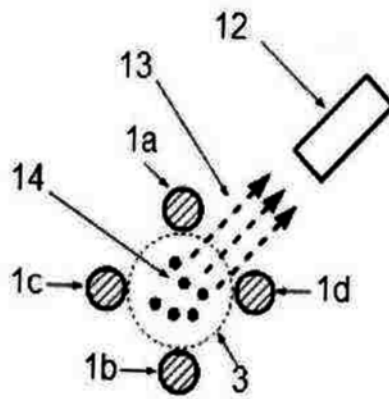


Fig. 5

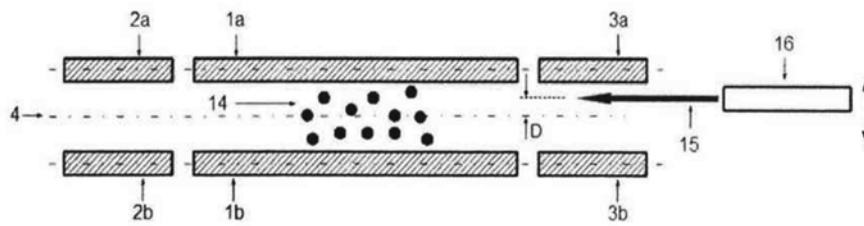


Fig. 6

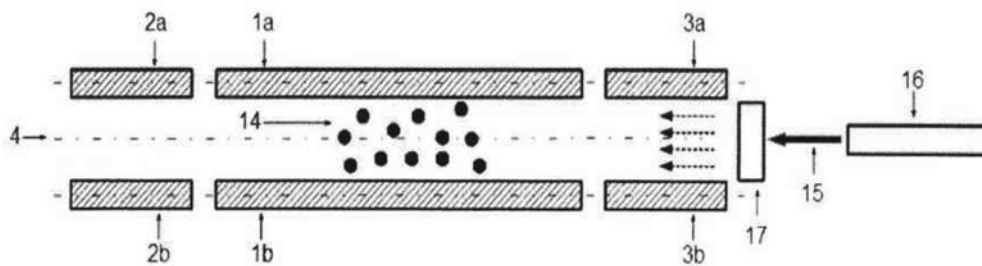


Fig. 7

