

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00646

(22) Data de depozit: 07.09.2012

(41) Data publicării cererii:
30.04.2014 BOPI nr. 4/2014

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL PENTRU FIZICA
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI -
INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,
MĂGURELE, IF, RO

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

• GROZA ANDREEA-LILIANA,
STR. STÂNJENEILOR NR. 4, BL. 62, SC. 1,
ET. 8, AP. 52, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;
• GANCIU PETCU MIHAI, STR. BÎRNOVA
NR.6, BL. M111C, SC. 1, ET. 4, AP. 23,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor, depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) SISTEM DE STOCARE PENTRU MICROPARTICULE ȘI
NANOPARTICULE ÎN RECIPIENTE ȘI TUBURI CAPILARE
DIELECTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de menținere în stare de suspensie a unui ansamblu de particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor, într-o regiune limitată și bine precizată din spațiu, fără contact mecanic cu pereții unei incinte sau cu un alt element de susținere. Sistemul conform invenției cuprinde un recipient (8) de formă arbitrară, complet închis sau parțial deschis, confecționat dintr-un material dielectric, ce conține niște particule (10) care urmează a fi menținute în suspensie, și care este introdus între niște electrozi (1a, 1b, 1c și 1d) ai unei capcane electrodinamice liniare, particulele (10) putând fi electrizate ca urmare a contactului fizic dintre acestea, interacției dintre acestea și peretele dielectric al recipientului (8), prin includerea unor electrozi (2a și 2b) suplimentari, pe care se aplică pulsuri de înaltă tensiune, prin variația bruscă a valorii și tensiunilor electrice aplicate electrozilor (1a, 1b, 1c și 1d) capcanei, sau ca urmare a acțiunii unui fascicul de radiație ionizată, provenită de la o sursă externă, recipientul (8) fiind confecționat din material dielectric.

Revendicări: 11
Figuri: 7

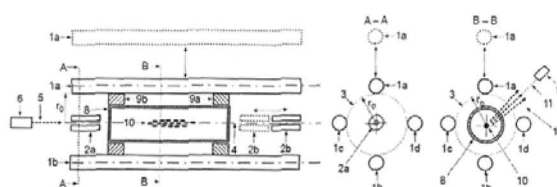


Fig. 1



DESCRIEREA INVENȚIEI:

SISTEM DE STOCARE PENTRU MICROPARTICULE ȘI NANOPARTICULE ÎN RECIPIENTE ȘI TUBURI CAPILARE DIELECTRICE

Invenția este realizată în cadrul contractului cu ANCS, CNCS-UEFISCDI, cu numărul de proiect PN-II-ID-PCE-2011-3-0958 și se referă la un sistem de menținere în stare de suspensie a unui ansamblu de particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor (denumite în continuare microparticule) sau nanometrilor (denumite în continuare nanoparticule), într-o regiune limitată și bine precizată din spațiu, fără contact mecanic cu pereții unei incinte sau cu un alt element de susținere. Se va utiliza în continuare pentru această operație termenul de stocare, iar particulele supuse acestei operații, indiferent de dimensiune, vor fi denumite în continuare particule stocate. Sistemul constă, conform invenției, dintr-un recipient de formă arbitrară care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete, confecționat dintr-un material dielectric, care poate fi transparent, semitransparent sau opac, care conține particulele ce urmează a fi menținute în suspensie și care este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare. Recipientul poate avea diverse forme și dimensiuni, poate fi inclusiv un tub capilar, și poate fi umplut cu un gaz, un amestec de gaze sau poate fi vidat.

Sistemul descris în prezenta invenție servește pentru stocarea, fără a se limita la acestea, de: pulberi conductoare, semiconductoare sau dielectrice, inclusiv radioactive, spori, bacterii, germeni, viruși, semințe, insecte, alte materiale biologice având dimensiuni corespunzătoare. Sistemul poate fi folosit, fără a se limita la aceasta, ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale microparticulelor și nanoparticulelor precum și studiului efectului unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe asupra acestora, îndeplinind funcția de susținere a probei.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în aceea că reprezintă un mijloc care permite plasarea unei particule solide sau a unui ansamblu de astfel de particule, având dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor într-o poziție fixă, bine definită din spațiu, într-o zonă mărginită de o suprafață dielectrică complet închisă sau parțial deschisă, precum și menținerea sa în această poziție pentru o anumită perioadă de timp, fără a fi nevoie de existența unei componente de susținere realizate dintr-un material solid.

Față de soluțiile anterioare, sistemul propus prezintă următoarele avantaje:

- Realizare simplă din punct de vedere mecanic;
- Dacă recipientul este confecționat dintr-un material dielectric transparent sau semitransparent, acesta oferă o vizibilitate optică foarte bună a particulelor stocate;
- Capacitatea de a stoca, și implicit de a examina, un număr mare de particule;
- Particulele stocate nu se află în contact fizic cu nici un fel de suport solid;
- Dimensiunile recipientului pot varia între anumite valori maxime determinate de condiția ca acesta să poată fi plasat între electrozii capcanei liniare electrodinamice și valori minime determinate de către diametrul particulelor stocate. În acest fel inclusiv tuburi capilare pot fi folosite ca recipiente.

Deoarece recipientul ce conține particulele făcând parte din sistemul descris în prezenta invenție poate fi închis la ambele capete, formând astfel o incintă etanșă, față de soluțiile anterioare, sistemul propus prezintă următoarele avantaje suplimentare:

- Particulele aflate în recipient sunt menținute într-un mediu gazos bine definit, a cărui natură, compoziție și presiune sunt bine stabilite și controlate;
- Particulele pot fi stocate inclusiv în vid;
- Sunt evitate pierderile sau scurgerile de material în mediul exterior;
- Sistemul permite stocarea și manipularea în vederea studiului a materialelor toxice,

radioactive sau biologice fără pericol de contaminare a personalului sau a mediului exterior;
-Recipientul conținând particulele solide care urmează a fi stocate poate fi pregătit în altă locație, închis etanș apoi transportat în siguranță și fără pericol de contaminare la locul în care se află instrumentul, instalația sau echipamentul de analiză sau măsură ce conține ca parte componentă sistemul descris în prezenta invenție.

Se dă în continuare un exemplu de realizare al invenției, în legătură și cu fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 și 7 care reprezintă:

-Figura 1, secțiune longitudinală și două secțiuni transversale corespunzătoare planurilor A-A și B-B, conform invenției, ale sistemului de stocare pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare dielectrice utilizând ca exemplu un recipient cilindric.

-Figura 2, exemple de recipiente în secțiune longitudinală și transversală având diverse forme care pot fi folosite ca parte componentă a sistemului de stocare pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare.

-Figura 3, schema alimentării electrice a capcanei electrodinamice ce face parte, conform invenției, din sistemul de stocare pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare dielectrice.

-Figura 4, electrizarea particulelor aflate în recipientul dielectric folosind un electrod suplimentar introdus în acesta.

-Figura 5, electrizarea particulelor aflate în recipientul dielectric prin aplicarea unei supratensiuni între doi din electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice.

-Figura 6, electrizarea particulelor aflate în recipientul dielectric prin inversarea bruscă a polarității tensiunii aplicate între electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare ale căror axe sunt plasate în plan vertical.

-Figura 7, electrizarea particulelor aflate în recipientul dielectric folosind o sursă de radiație ionizantă utilizând ca exemplu un recipient cilindric.

Este descris în continuare un exemplu de realizare a sistemului de stocare pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare dielectrice precum și principiul său de funcționare. Sistemul include în compunerea sa o capcană electrodinamică liniară. O capcana electrodinamică liniară este formată dintr-un șir de electrozi având forma unor bare cilindrice, în număr par, paralele și echidistante, punctele de intersecție dintre axele lor și un plan perpendicular acestora situându-se pe conturul unui cerc. Suplimentar, în plane perpendiculare electrozilor în formă de bară, la o anumită distanță unul față de celălalt și la distanța egală față de fiecare din electrozii în formă de bară, sunt amplasați alți doi electrozi denumiți în continuare electrozi capac. Capcana liniară electrodinamică la care face referire prezenta invenție poate avea un număr arbitrar de electrozi, cu condiția ca acest număr să fie par și mai mare sau egal cu 4. În figura 1 sunt prezentate secțiunea longitudinală respectiv două secțiuni transversale ale sistemului de stocare pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare dielectrice din compunerea căruia face parte o capcană electrodinamică liniară cu 4 electrozi, paraleli și echidistanți, fiecare având forma unei bare cilindrice, notați prin **1a**, **1b**, **1c** și **1d**. Geometric, electrozii în formă de bară sunt dispuși în spațiu astfel încât, în orice punct de-a lungul acestora, secțiunea lor transversală, care este de forma unei suprafețe circulare, este tangentă unui cerc **3** de rază r_0 . Conform cu figura 1, dreapta **4** paralelă cu electrozii în formă de bară și situată la distanță egală față din fiecare dintre aceștia va fi denumită în continuare axa capcanei electrodinamice liniare. Coaxial cu axa **4** sunt amplasați cei doi electrozi capac, **2a** și **2b**, de formă cilindrică. Unul sau ambii electrozi capac **2a** și **2b** sunt perforați de-a lungul axei lor longitudinale permițând trecerea unei raze laser **5** ceea ce face posibilă vizualizarea particulelor stocate **10** aflate în interiorul capcanei și amplasate în vecinătatea axei **4**. În acest scop o rază laser **5** generată de către o sursă externă de radiație laser **6** este direcționată de-a lungul axei **4**. Sursa externă de radiație laser **6** poate să lipsească dacă în cursul utilizării sistemului descris în prezenta invenție

particulele stocate fie sunt observate direct, fie sunt observate emisiile radioactive sau emisiile de radiații X datorate acestora.

Particulele solide care urmează a fi stocate sunt plasate, conform invenției, într-un recipient **8** confecționat dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac care la rândul său este fixat în spațiul delimitat de electrozii în formă de bară **1a**, **1b**, **1c** și **1d** precum și de cei doi electrozi capac, **2a** și **2b** ai capcanei electrodinamice liniare. Recipientul **8** poate avea diverse forme și dimensiuni, secțiunea sa transversală poate varia de-a lungul axei sale longitudinale, poate avea sau nu simetrie cilindrică, poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete. În figura 2 sunt prezentate în secțiune longitudinală și transversală câteva exemple de astfel de recipiente. În exemplul din figura 1, recipientul este cilindric și închis complet la ambele capete. Conform invenției, unul sau ambii electrozi capac pot culisa de-a lungul axei capcanei astfel încât poate fi modificat volumul spațiului interior delimitat de electrozii capcanei. În figura 1 este exemplificată posibilitatea deplasării electrozului **2b** de-a lungul axei capcanei **4**, noua sa poziție fiind reprezentată prin linie întreruptă. În acest mod pot fi introduse în spațiul dintre electrozii recipiente de diferite lungimi. Conform invenției unul sau mai mulți din electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare sunt detașabili permițând introducerea sau extragerea recipientului ce conține particulele ce urmează a fi stocate. În figura 1 este exemplificată posibilitatea detașării electrozului **1a** pentru a putea introduce recipientul dielectric **8** în spațiul dintre electrozi, noua sa poziție fiind reprezentată prin linie întreruptă. Dimensiunile maxime ale secțiunii transversale a recipientului confecționat din material dielectric **8** trebuie să fie astfel încât să permită amplasarea acestuia între electrozii **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2b**. Dimensiunile interioare minime ale recipientului **8** confecționat din material dielectric trebuie să fie mai mari decât diametrul particulelor stocate. În acest fel pot fi folosite recipiente având diverse forme și dimensiuni, inclusiv tuburi capilare. Din punct de vedere mecanic, recipientul **8** poate fi poziționat prin intermediul a două inele distanțoare **9a** și **9b** dispuse la capetele sale. Radiația **12** provenită de la particulele stocate **10**, observată într-un plan perpendicular pe axa **4** a capcanei electrodinamice liniare, poate fi radiație optică împrăștiată de către acestea, emisii radioactive sau radiații X generate de către acestea fie ca urmare a interacției cu câmpuri sau surse externe de radiație fie datorate emisiilor proprii. Această radiație ce traversează pereții recipientului **8** și care trece printre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare, este observată cu ajutorul instrumentului **13** care poate fi, fără a se limita la acestea, ochiul unui operator uman, obiectivul unui microscop sau al altui instrument optic, o cameră CCD, un fotomultiplicator sau o arie formată din una sau mai multe celule fotoelectrice, un contor Geiger sau orice alt fel de senzor care permite punerea în evidență a emisiilor radioactive sau de raze X.

În figura 3 este exemplificat circuitul de alimentare electrică a electrozilor capcanei electrodinamice liniare cu 4 electrozi în formă de bară. Doi din electrozii opuși, în formă de bară, ai capcanei electrodinamice liniare, anume **1c** și **1d** în exemplul din figura 3, sunt conectați la o tensiune electrică alternativă înaltă U_a având amplitudinea V_0 și frecvența f_0 , furnizată de către modulul electronic **14**. Între cei doi electrozi în formă de bară ale căror axe sunt plasate în plan vertical, anume **1a** și **1b** în exemplul din figura 3, se aplică o tensiune electrică continuă U_x a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului **18**. Acesta poate fi un comutator manual, ca în exemplul din figura 3, sau un comutator electronic **26** comandat de către un generator de pulsuri **27**, ca în exemplul din figura 6. Funcție de poziția comutatorului **18** tensiunea electrică U_x este furnizată fie de sursa reglabilă de tensiune **16** fie de sursa reglabilă de tensiune **17**. Electrozii capac **2a** și **2b** sunt conectați împreună la o altă tensiune electrică continuă U_z furnizată de sursa reglabilă de tensiune **15**. Tensiunile U_a , U_x și U_z se măsoară față de electrozului **1a** care este conectat la masă și al cărui potențial electric este

considerat potențial de referință. Sistemul de electrozi astfel alcătuit și polarizat electric generează în spațiul dintre aceștia un câmp electric cuadropolar. Numărul de electrozi în formă de bară determină ordinul câmpului multipolar obținut în spațiul dintre aceștia. Astfel, un câmp electric cuadropolar este generat de către 4 electrozi în formă de bară, un câmp electric hexapolar este generat de către 6 electrozi în formă de bară, un câmp electric octopolar este generat de către 8 electrozi în formă de bară, ș.a.m.d. Prin urmare capcană electrodinamică liniară din figura 1 generează un câmp electric cuadropolar. Se poate demonstra că, în anumite condiții, particule solide încărcate electric, aflate în interiorul spațiului delimitat de electrozii unei capcane electrodinamice liniare alcătuiesc un ansamblu de forma unui șir filiform ce poate fi menținut în suspensie într-o regiune îngustă de-a lungul axei 4, între electrozii săi capc 2a și 2b, pentru o perioadă lungă de timp. Această caracteristică particulară a câmpurilor electrice multipolare are ca rezultat realizarea operației de stocare așa cum a fost definită mai sus, particulele supuse acestei operații constituind particulele stocate. Tensiunea electrică alternativă U_a generează câmpul electric multipolar în spațiul dintre electrozii capcanei. Tensiunea electrică continuă U_x compensează efectul câmpului gravitațional și permite deplasarea în plan vertical a conglomeratului format din particulele stocate. Tensiunea electrică continuă U_z are rolul rolul de a stabili mișcarea particulelor stocate de-a lungul axei 4 a capcanei electrodinamice.

Condițiile fizice în care se poate realiza stocarea unor particulele solide electrizate având sarcina specifică Q/M depind de dimensiunile electrozilor capcanei electrodinamice, de valoarea tensiunilor electrice continue U_x și U_z aplicate acestora precum și de amplitudinea V_0 respectiv frecvența f_0 a tensiunii electrice alternative U_a aplicate acestora.

În cazul general al unei capcane electrodinamice liniare cu $2N$ electrozi în formă de bară, unde $N=2, 3, \dots$ este un număr natural, atunci când tensiunile continue U_x și U_z sunt nule iar coordonata polară r este mult mai mică decât distanța r_0 dintre axa capcanei 4 și suprafața electrozilor în formă de bară, câmpul electric multipolar generat în regiunea din apropierea axei capcanei, în punctul definit de coordonatele polare r și ϕ , este aproximat de relația (vezi: O. Asvany, S. Schlemmer, *International Journal of Mass Spectrometry*, 279, 147-155 (2009)):

$$\Phi(r, \phi, t) = V_0 (r / r_0)^N \cos(N\phi) \sin(2\pi f_0 t)$$

Prezenta invenție se referă la o capcană electrodinamică liniară caracterizată prin aceea că are un număr par de electrozi în formă de bară, număr mai mare sau cel puțin egal cu 4 iar particulele stocate se găsesc într-un spațiu mărginit de o suprafață dielectrică. Conform rezultatelor teoretice (vezi: R. E. March, *Journal of Mass Spectroscopy*, vol 32, 351-369 (1997)), în cazul în care $U_x=0$ și $U_z=0$, stocarea particulelor are loc în condiții optime dacă:

$$\frac{Q}{M} < \frac{1.816 \pi^2 r_0^2 f_0^2}{V_0}$$

Amplitudinea V_0 și frecvența f_0 tensiunii alternative U_a aplicate, precum și valoarea tensiunilor continue U_x și U_z aplicate electrozilor capcanei electrodinamice liniare pot fi modificate, conform invenției, în scopul găsirii unor valori optime din punctul de vedere al îndeplinirii condiției de stocare, al vizibilității și numărului de particule stocate. În acest scop modulul electronic 14 este prevăzut cu posibilitatea modificării amplitudinii și frecvenței tensiunii alternative U_a furnizate la ieșire în timp ce sursele reglabile de tensiune 15, 16 și 17, sunt prevăzute cu posibilitatea modificării tensiunii de ieșire.

Pentru electrizarea particulelor care urmează a fi stocate, conform invenției, poate fi folosită una din următoarele sisteme:

-Electrizarea ca urmare a contactului fizic dintre particulele aflate în recipientul dielectric 8 fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau alt sistem de ionizare.

-Interacția, conform invenției, dintre particulele din recipientul 8 și suprafața dielectrică a

acestuiia fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau alt sistem de ionizare.

-Conform invenției, se aplică un puls electric de înaltă tensiune U_p pe un electrod introdus în recipientul dielectric **8**. Conform cu exemplul din figura 4, fără a fi limitat la aceasta, electrodul respectiv poate consta dintr-un fir subțire conductor **22** care traversează recipientul **8** paralel cu axa **4** a capcanei electrodinamice liniare și amplasat în apropierea suprafeței interioare a recipientului **8** pentru a nu perturba semnificativ distribuția câmpului electric din regiunea axei **4**. Firul conductor **22** este conectat la modulul electronic **23** care furnizează la ieșirea sa pulsuri de înaltă tensiune de amplitudine U_p .

-Conform invenției peste tensiunea electrică continuă U_x existentă între electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe se afla în plan vertical se aplică o supratensiune electrică pentru o perioadă scurtă de timp. Conform exemplului din figura 5, în acest scop în circuitul electrodului în forma de bară **1b** este intercalată înfășurarea secundară a transformatorului ridicător de tensiune **24**. Înfășurarea sa primara este conectată la generatorul de pulsuri **25**.

-Conform invenției se schimbă brusc polaritatea tensiunii continue aplicate electrozilor în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe sunt plasate în plan vertical. Acest lucru se poate face fie acționând comutatorul manual **18** fie folosind un comutator electronic **26** acționat de către un semnal extern produs de către un generator de pulsuri **27** și care schimbă brusc polaritatea tensiunii U_x , ca în exemplul din figura 6.

-Conform invenției, particulele care urmează a fi stocate aflate în incinta **8** sunt supuse pentru o anumită perioadă de timp acțiunii unui fascicul de radiație ionizantă, care poate fi, fără a se limita la acestea, radiație ultravioletă, radiație X sau radiații emise de către o sursă radioactivă. Metodă este exemplificată, în figura 7. O sursă de radiație ionizantă **19**, este amplasată într-o poziție laterală capcanei electrodinamice liniare astfel încât dreapta **20** care unește axa capcanei **4** cu regiunea de emisivitate maximă a sursei **19** să treacă printre electrozii în forma de bară ai capcanei electrodinamice liniare. Radiația ionizantă **21** emisă de către sursa **19** interacționează cu particulele care urmează a fi stocate producând ionizarea suprafeței acestora și implicit electrizarea lor.

REVENDICĂRI

1. Sistem de menținere în stare de suspensie, a unui ansamblu de particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor, într-o regiune limitată și bine precizată din spațiu, fără contact mecanic cu pereții unei incinte sau cu un alt element de susținere **caracterizat prin aceea** ca este format dintr-un recipient (8) de formă arbitrară, confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete, introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4).
2. Capcană electrodinamică liniară **caracterizată prin aceea** că unul dintre electrozii săi în formă de bară (1a) este detașabil permițând introducerea sau extragerea unui recipient dielectric (8) în spațiul dintre electrozii săi.
3. Capcană electrodinamică liniară **caracterizată prin aceea** că unul sau ambii electrozi capac (2a) și (2b), pot culisa de-a lungul axei sale permițând introducerea în spațiul dintre electrozi recipienti dielectrice (8) de diferite lungimi.
4. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8), introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4), **caracterizat prin aceea** că este confecționat dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac și poate avea orice formă.
5. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8), confecționat dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac, putând avea orice formă, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și care este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4), **caracterizat prin aceea** că este parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule solide care pot fi, fără a fi limitate la acestea, pulberi conductoare, semiconductoare sau dielectrice, inclusiv radioactive, spori, bacterii, germeni, viruși, semințe, insecte, alte materiale biologice având dimensiuni corespunzătoare precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe.
6. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate avea orice formă, introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4), ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule

solide precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe, **caracterizat prin aceea** că recipientul poate avea diverse forme și dimensiuni, putând fi inclusiv tub capilar, poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și poate fi umplut cu un gaz, un amestec de gaze sau poate fi vidat.

7. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate avea orice formă, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și care este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4), ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule solide precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe, **caracterizat prin aceea** că particulele sunt electrizate prin interacție cu pereții dielectrici ai recipientului (8) fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau a altor surse de ionizare.

8. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient dielectric (8) plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că utilizează un electrod suplimentar introdus în recipientul dielectric (8) pe care se aplică un puls electric de înaltă tensiune generat de către un modul electronic (23) și care poate consta, fără a fi limitat la aceasta, dintr-un fir subțire conductor (22) care traversează recipientul (8) paralel cu axa sa longitudinală și care este amplasat în apropierea suprafeței sale interioare.

9. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient dielectric (8) plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că este compus dintr-un circuit format dintr-un transformator ridicător de tensiune (24) al cărui secundar este intercalat în circuitul electric al electrozilor în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe se afla în plan vertical, primarul său fiind conectat la un generator de pulsuri (25) și care produce o supratensiune electrică ce se suprapune peste tensiunea electrică continuă U_x existentă între electrozii respectivi.

10. Sistem de electrizare a particulelor cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient dielectric (8) plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că produce schimbarea bruscă a polarității tensiunii continue dintre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe sunt plasate în plan vertical, fie prin intermediul unui comutator manual (18) fie folosind un comutator electronic (26) acționat de către un semnal extern produs de un generator de pulsuri (27).

11. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient dielectric (8) plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că utilizează o sursă de radiație ionizantă (19) care poate fi, fără a se limita la acestea, radiație ultravioletă, radiație X sau radiații emise de către o sursă radioactivă, amplasată într-o poziție laterală capcanei electrodinamice liniare astfel încât dreapta (20) care unește axa capcanei (4) cu regiunea de emisivitate maximă a sursei (19) să treacă printre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare.

DESENE EXPLICATIVE

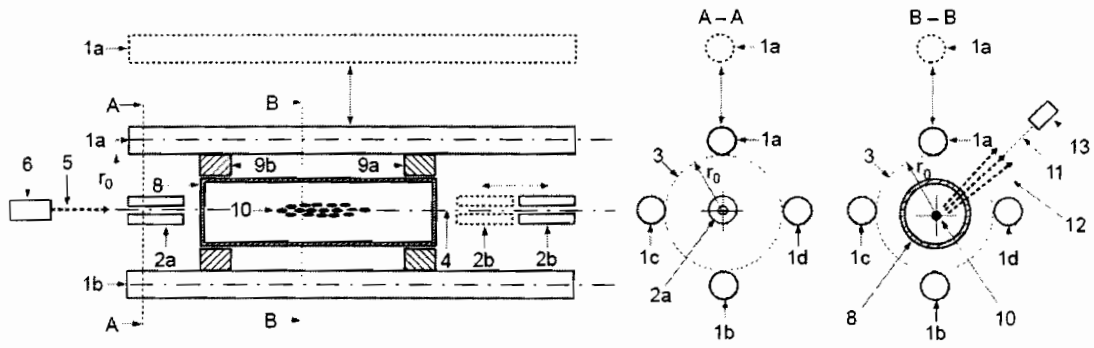


Figura 1

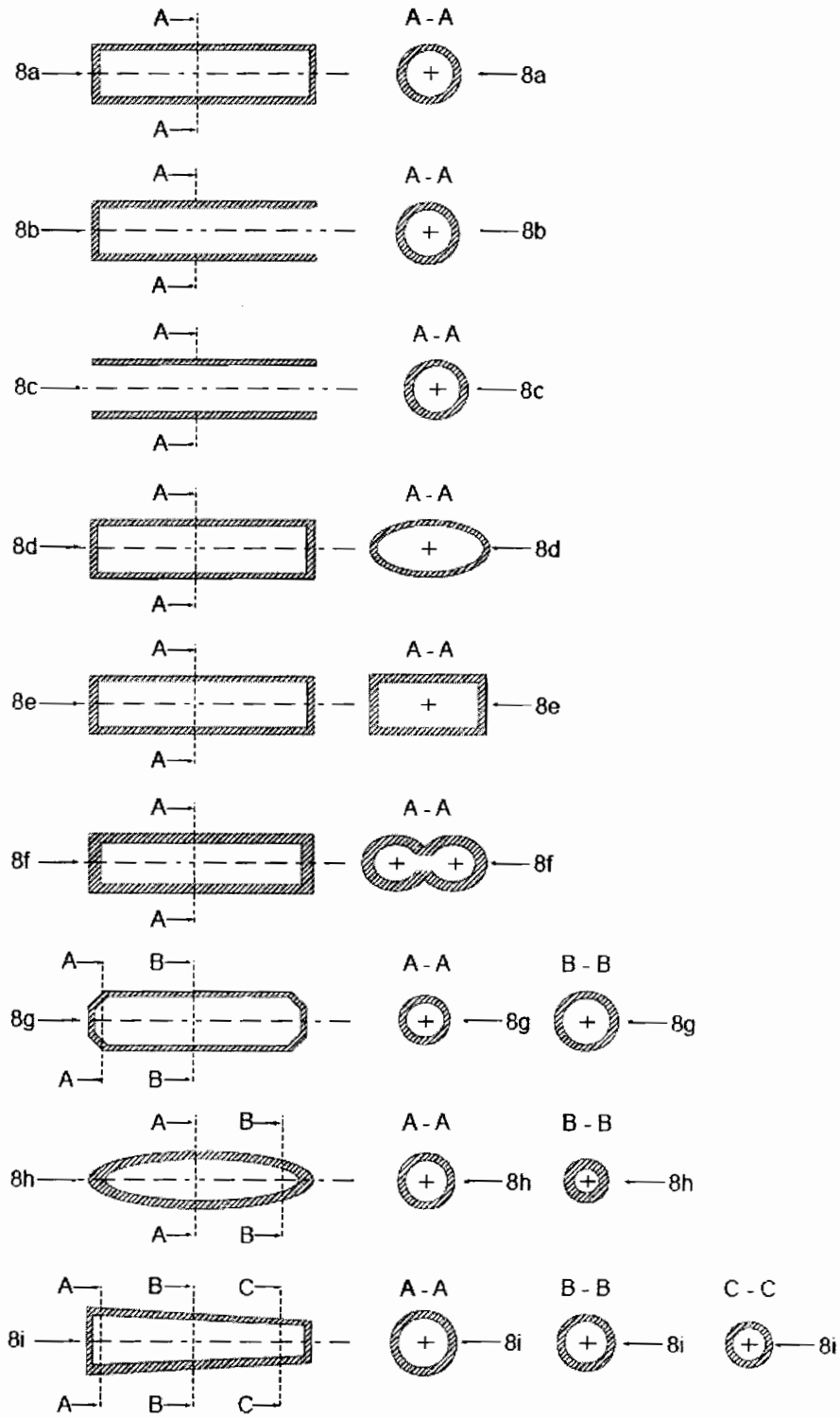


Figura 2

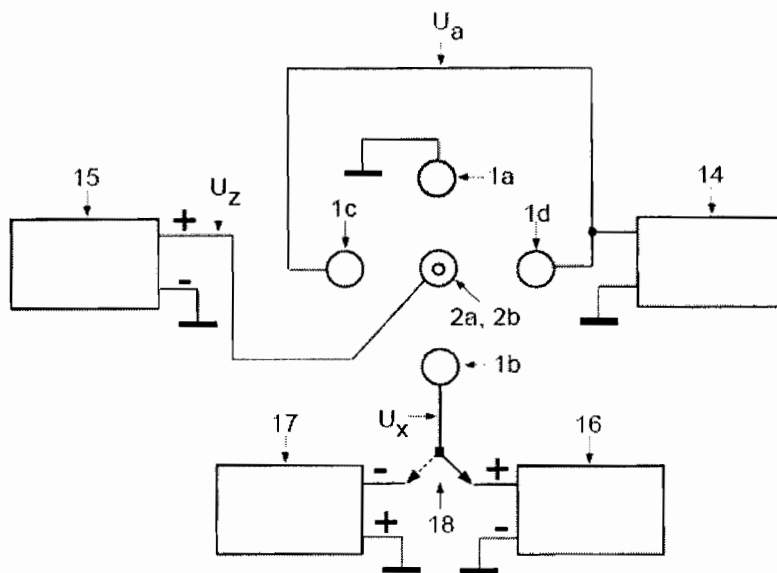


Figura 3

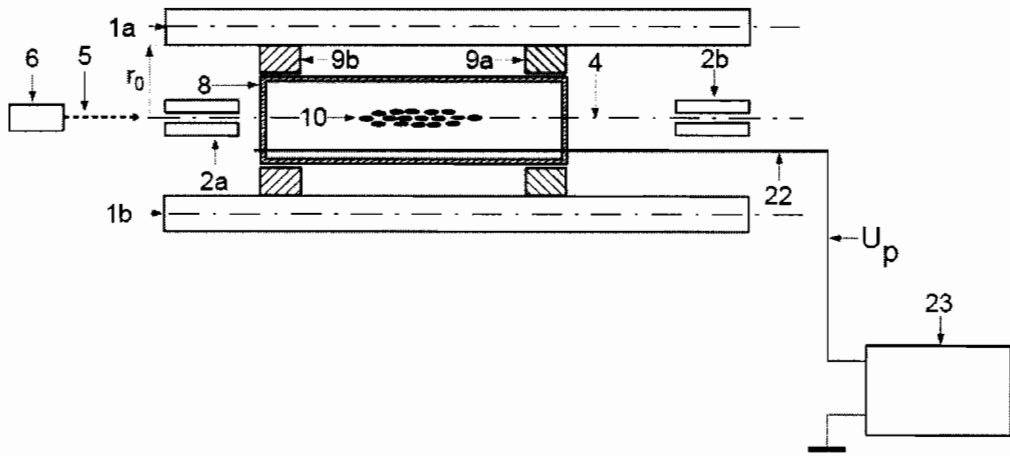


Figura 4

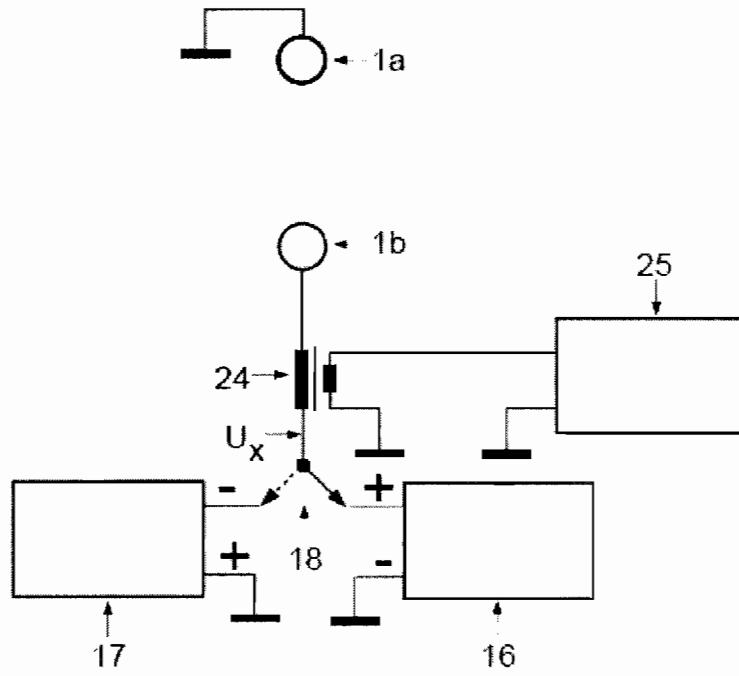


Figura 5

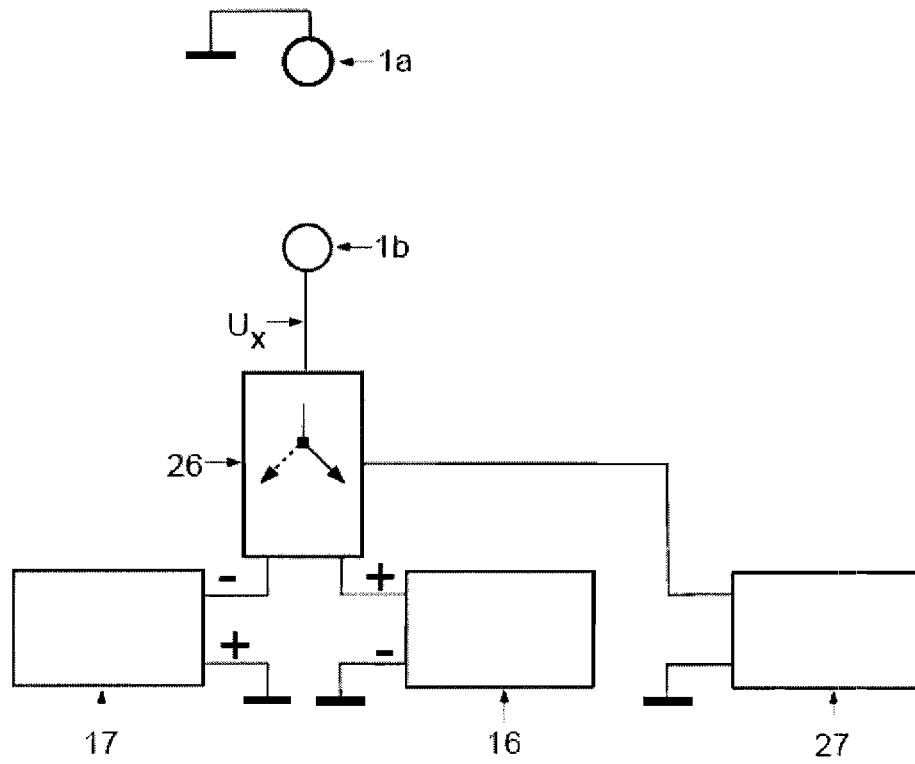


Figura 6

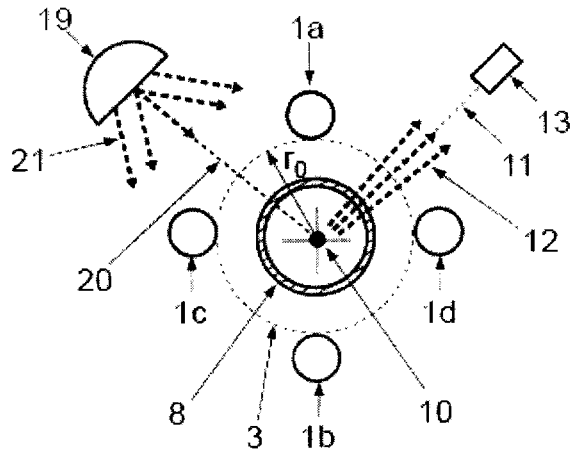


Figura 7

DESCRIEREA INVENȚIEI:
SISTEM DE MENȚINERE ÎN STARE DE LEVITAȚIE PENTRU
MICROPARTICULE ȘI NANOPARTICULE ÎN RECIPIENTE ȘI TUBURI
CAPILARE

Invenția se referă la un sistem de menținere în stare de suspensie a unui ansamblu de particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor (care sunt cunoscute sub denumirea de microparticule) sau nanometrilor (care sunt cunoscute sub denumirea de nanoparticule), aflate în interiorul unor recipiente și tuburi capilare, într-o regiune limitată și bine precizată din spațiu, fără contact mecanic cu pereții recipientului sau tubului capilar în care se află sau cu un alt element de susținere. Se va utiliza în continuare pentru această stare termenul de levitație. Microparticulele sau nanoparticulele, la care face referire prezenta invenție, vor fi denumite în continuare particule, indiferent de dimensiune. Particulele menținute în stare de levitație, pot fi fără a se limita la acestea, pulberi conductoare, semiconductoare sau dielectrice, inclusiv radioactive, spori, bacterii, germeni, viruși, semințe, insecte, alte materiale biologice având dimensiuni corespunzătoare. Sistemul poate fi folosit, fără a se limita la aceasta, ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale microparticulelor și nanoparticulelor precum și studiului efectului unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe asupra acestora, îndeplinind funcția de susținere a probei.

Menținerea unor particule solide în stare de levitație, în vederea analizei, observării, manipulării sau procesării, reprezintă o problemă de mare interes în știință și tehnică. Ca urmare, de-a lungul timpului, s-au dezvoltat mai multe metode în acest scop. Levitația acustică se obține într-un mediu gazos în care este prezentă o radiație acustică de mare intensitate rezultată ca urmare a acțiunii unei surse de unde sonore (soluție descrisă de exemplu în brevetul US 4284403) sau a mai multor surse de unde sonore (soluție descrisă de exemplu în brevetul US 5036944). Într-o incintă având forma și dimensiunile corespunzătoare, presiunea generată de către radiația acustică poate echilibra greutatea unei particule menținând-o în suspensie fără contact mecanic cu pereții incintei. Dezavantajul metodei este acela că necesită unde acustice de putere mare (de ordinul kilowaților) ceea ce este dificil de realizat din punct de vedere practic. De asemenea, performanțele acestei metode depind de presiunea gazului din incintă, neputându-se aplica în vid. Similar acesteia este levitația optică unde în locul radiației acustice se utilizează o radiație optică (vezi A. Ashkin, *Physical Review Letters*, 24, 156-159 (1970)). Particulele sunt menținute în echilibru ca urmare a presiunii radiației

produse de unul sau mai multe fascicule laser (soluții descrise de exemplu în US 4893886, US 5512745 și US 5308976). Metoda are dezavantajul că necesită echipamente complicate, mijloace adiționale de plasare a particulelor în regiunea în care se propagă radiația laser și se poate aplica numai unui număr mic de particule. Deoarece forța generată de presiunea radiației optice este de ordinul a 10^{-12} N, prin această metodă pot fi menținute în stare de levitație numai particule de dimensiuni foarte mici. O altă metodă de menținere în suspensie a unor particule solide sau lichide o constituie folosirea unui câmp electromagnetic de radiofrecvență generat de către un sistem de bobine având formă și dimensiuni corespunzătoare. În brevetele US 4578552 și US 2686864 sunt descrise sisteme de menținere în stare de levitație și de încălzire a unor corpuri conductoare bazate pe acest principiu. Pe lângă faptul că necesită existența unui generator de radiofrecvență de mare putere, echipament care este scump și care poate produce perturbații electromagnetice, metoda are dezavantajul că poate fi aplicată numai pentru particule conductoare electrice. O problemă suplimentară apare datorită faptului că particulele menținute în stare de suspensie cu ajutorul unui asemenea sistem absorb o parte din energia câmpului electric de radiofrecvență ceea ce duce la încălzirea acestora. Levitația magnetică, cum este aceea descrisă în brevetul US 7348691 se poate realiza cu ajutorul unui câmp magnetic variabil generat de către electromagneți al căror curent de alimentare este ajustat în permanență de către un sistem electronic care ține seama de poziția corpului suspendat astfel încă acesta să rămână localizat într-o anumită regiune. Metoda are dezavantajul că poate fi aplicată numai în cazul corpurilor magnetice și numai pentru un număr limitat de corpuri. Prin metoda levitației aerodinamice particulele sunt menținute în suspensie ca urmare a acțiunii unui jet de gaz (un astfel de exemplu este descris în brevetul US 4378209). Jetul de gaz se află în contact cu particulele care urmează a fi menținute în stare de levitație, ca urmare acestea nu pot fi păstrate în incinte închise ermetic, conducând la pierderi de material sau la pericolul infestării, dacă de exemplu particulele reprezintă material biologic. Incinta trebuie să aibă o geometrie specială pentru ca forțele de natură aerodinamică să asigure stabilitatea particulelor atât în plan vertical cât și în plan orizontal. De asemenea, metoda nu poate fi aplicată în vid. În brevetele RO109684 și RO111401 sunt descrise o instalație de stocare a microparticulelor în câmpul electric cuadropolar generat de către un sistem de electrozi format din trei inele metalice respectiv o capcana electrodinamică liniară funcționând în aer la presiune normală. În ambele cazuri, conform descrierii, particulele sunt menținute într-un spațiu deschis, nefiind izolate de mediul extern, existând pericolul infestării, pierderii sau scurgerii de material, iar presiunea și compoziția gazului în care se găsesc acestea nu pot fi controlate.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în aceea că reprezintă un mijloc care permite aducerea și menținerea unei particule solide sau a unui ansamblu de astfel de particule, având dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor, aflate în interiorul unui recipient sau tub capilar realizate dintr-un material dielectric, în stare de levitație.

Sistemul de menținere în stare de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare înlătură dezavantajele metodelor menționate mai sus, constând, conform invenției, dintr-un recipient de formă arbitrară care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete, este confecționat dintr-un material dielectric, conține particulele ce urmează a fi menținute în stare de levitație și este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare. Materialul dielectric din care este confecționat recipientul poate fi, conform invenției, transparent, semitransparent sau opac. Recipientul, conform invenției, poate avea diverse forme și dimensiuni, poate fi inclusiv un tub capilar, și poate fi umplut cu un gaz, un amestec de gaze sau poate fi vidat. Sistemul include în compunerea sa, conform invenției, o capcană electrodinamică liniară. O capcană electrodinamică liniară este formată dintr-un șir de electrozi având forma unor bare cilindrice, în număr par, paralele și echidistante, punctele de intersecție dintre axele lor și un plan perpendicular acestora situându-se pe conturul unui cerc. Suplimentar, în plane perpendiculare electrozilor în formă de bară, la o anumită distanță unul față de celălalt și la distanța egală față de fiecare din electrozii în formă de bară, sunt amplasați alți doi electrozi denumiți în continuare electrozi capac. Capcana electrodinamică liniară la care face referire prezenta invenție poate avea un număr arbitrar de electrozi, cu condiția ca acest număr să fie par și mai mare sau cel puțin egal cu 4. Numărul de electrozi în formă de bară determină ordinul câmpului multipolar obținut în spațiul dintre aceștia. Astfel, un câmp electric cuadrupolar este generat de către 4 electrozi în formă de bară, un câmp electric hexapolar este generat de către 6 electrozi în formă de bară, un câmp electric octopolar este generat de către 8 electrozi în formă de bară, ș.a.m.d. Polarizarea electrozilor capcanei electrodinamice liniare depinde de numărul acestora, unii dintre electrozi fiind conectați la surse de curent continuu în timp ce alții sunt conectați la o sursă de curent alternativ, astfel încât în spațiul dintre aceștia să ia naștere un câmp electric multipolar. În spațiul dintre electrozii capcanei electrodinamice liniare, de-a lungul drepte care unește cei doi electrozi capac, câmpul electric este nul, formându-se o groapă de potențial. Drept consecință se poate demonstra că, în anumite condiții (vezi R. F. Wuerker, H. Shelton, R. V. Langmuir, *Journal of Applied Physics*, 30, 342-349 (1959) și H. Winter, H. W. Ortjohann, *American Journal of Physics*, 59, 807- 813 (1991)) particule solide

electrizate aflate în interiorul spațiului delimitat de electrozii unei capcane electrodinamice pot fi menținute în suspensie într-o regiune situată la mijlocul distanței dintre electrozi, pentru un timp îndelungat și fără contact mecanic cu nici un alt element constructiv. Prezenta invenție se bazează pe această caracteristică particulară a câmpurilor electrice multipolare. Condițiile fizice în care realizează o astfel de stare, cunoscută sub numele de levitație, depind de sarcina specifică Q/M a particulelor electrizate, de dimensiunile electrozilor capcanei electrodinamice, de valoarea tensiunilor electrice continue aplicate acestora precum și de amplitudinea, respectiv frecvența tensiunii electrice alternative aplicate acestora. În cazul general al unei capcane electrodinamice liniare cu $2N$ electrozi în formă de bară, unde $N=2, 3, \dots$ este un număr natural, atunci când tensiunile continue aplicate electrozilor sunt nule iar coordonata polară r este mult mai mică decât distanța r_0 dintre axa capcanei și suprafața electrozilor în formă de bară, câmpul electric multipolar generat în regiunea din apropierea axei capcanei, în punctul definit de coordonatele polare r și ϕ , este aproximat de relația (vezi: O. Asvany, S. Schlemmer, *International Journal of Mass Spectrometry*, 279, 147-155 (2009)):

$$\Phi(r, \phi, t) = V_0 (r / r_0)^N \cos(N\phi) \sin(2\pi f_0 t)$$

unde V_0 reprezintă amplitudinea tensiunii alternative aplicate electrozilor, f_0 frecvența acesteia, iar t timpul. De exemplu, în cazul în care tensiunile continue aplicate electrozilor sunt nule, pentru o capcană cuadrupolară cu $N=2$, pe baza relațiilor teoretice (vezi: R. E. March, *Journal of Mass Spectroscopy*, vol 32, 351-369 (1997) și J. Pedregosa, C. Champenois, M. Houssin, M. Knoop, *International Journal of Mass Spectrometry*, 290, 100-105 (2010)) se poate deduce că menținerea în stare de suspensie a particulelor, în condiții optime, are loc dacă:

$$\frac{Q}{M} < \frac{1.816 \pi^2 r_0^2 f_0^2}{V_0}$$

Amplitudinea V_0 și frecvența f_0 tensiunii alternative, precum și valoarea tensiunilor continue aplicate electrozilor capcanei electrodinamice liniare pot fi modificate, conform invenției, în scopul găsirii unor valori optime din punctul de vedere al îndeplinirii condiției mai sus menționate, al vizibilității și numărului de particule aflate în stare de levitație. Unul dintre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare, este, conform invenției, detașabil permițând introducerea sau extragerea unui recipient dielectric în spațiul dintre electrozii săi. Unul sau ambii electrozi capaci ai capcanei electrodinamice liniare, conform invenției, pot culisa de-a lungul axei sale permițând introducerea în spațiul dintre electrozi

recipienți dielectrici de diferite lungimi. Particulele din recipientul sau tubul capilar pot fi electrizate, conform invenției, prin una din următoarele metode:

- electrizarea ca urmare a contactului fizic reciproc dintre particulele aflate în recipientul dielectric fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau a altor surse de ionizare;
- interacția cu pereții dielectrici ai recipientului fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau a altor surse de ionizare;
- aplicarea unui puls electric de înaltă tensiune asupra unui electrod de forma unui fir subțire care traversează recipientul paralel cu axa sa longitudinală și care este amplasat în apropierea suprafeței sale interioare;
- aplicarea unei supratensiuni electrice suprapusă peste tensiunea de alimentare a unuia dintre electrozii capcanei electrodinamice liniare;
- schimbarea bruscă a polarității tensiunii continue dintre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare ale căror axe sunt plasate în plan vertical, manual sau folosind un comutator electronic;
- utilizarea unei surse de radiație ionizantă, care poate fi, fără a se limita la acestea, radiație ultravioletă, radiație X sau radiații emise de către o sursă radioactivă.

Față de soluțiile anterioare, sistemul la care face referire invenția prezintă următoarele avantaje:

- Poate menține în stare de levitație particule din materiale neconductoare electric;
- Poate menține în stare de levitație particule din materiale nemagnetice;
- Efectul câmpului electric generat de către electrozii capcanei electrodinamice liniare asupra particulelor aflate în stare de levitație este neglijabil. Acesta nu produce încălzirea sau schimbarea structurii chimice a particulelor aflate în stare de levitație;
- Realizare simplă din punct de vedere mecanic folosind materiale, componente și tehnologii ieftine și bine cunoscute;
- Sunt folosite tensiuni electrice de frecvență joasă care nu produc perturbații electromagnetice;
- Nu poluează sonor mediul înconjurător;
- Dimensiunile și forma recipientului nu sunt restricționate de necesitatea de a forma o cavitate rezonantă pentru anumite frecvențe;
- Poate menține în stare de levitație un număr mare de particule;
- Particulele aflate în stare de levitație sunt menținute într-un mediu gazos bine definit, a cărui natură, compoziție și presiune sunt bine stabilite și controlate;
- Particulele pot fi menținute în stare de levitație inclusiv în vid;

-Deoarece recipientul sau tubul capilar poate fi închis etanș, sunt evitate pierderile sau scurgerile de material în mediul exterior;

-Deoarece recipientul sau tubul capilar poate fi închis etanș, devine posibilă menținerea în stare de levitație și manipularea în vederea studiului a materialelor toxice, radioactive sau biologice fără pericol de contaminare a personalului sau a mediului exterior;

-Recipientul conținând particulele solide care urmează a fi menținute în stare de levitație poate fi pregătit în altă locație, închis etanș apoi transportat în siguranță și fără pericol de contaminare la locul în care se află instrumentul, instalația sau echipamentul de analiză sau măsură ce conține ca parte componentă sistemul descris în prezenta invenție.

Se dă în continuare un exemplu de realizare al invenției, în legătură și cu fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 și 7 care reprezintă:

-Figura 1, secțiune longitudinală și două secțiuni transversale corespunzătoare planurilor A-A și B-B, conform invenției, ale sistemului de menținere în stare de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare utilizând ca exemplu o capcană electrodinamică liniară cuadrupolară, cu 4 electrozi în forma de bară, și un recipient cilindric.

-Figura 2, exemple de recipiente în secțiune longitudinală și transversală având diverse forme care pot fi folosite ca parte componentă a sistemului de menținere în stare de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare.

-Figura 3, schema alimentării electrice a capcanei electrodinamice liniare ce face parte, conform invenției, din sistemul de menținere în stare de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare, utilizând ca exemplu o capcană electrodinamică liniară cuadrupolară, cu 4 electrozi în forma de bară.

-Figura 4, exemplu de sistem pentru electrizarea particulelor aflate într-un recipient sau tub capilar dielectric folosind un electrod suplimentar introdus în acesta.

-Figura 5, exemplu de sistem pentru electrizarea particulelor aflate într-un recipient sau tub capilar dielectric prin aplicarea unei supratensiuni între doi din electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare.

-Figura 6, exemplu de sistem pentru electrizarea particulelor aflate într-un recipient sau tub capilar dielectric prin inversarea bruscă a polarității tensiunii aplicate între electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare ale căror axe sunt plasate în plan vertical.

-Figura 7, exemplu de sistem pentru electrizarea particulelor aflate într-un recipient sau tub capilar dielectric folosind o sursă de radiație ionizantă și utilizând ca exemplu un recipient cilindric.

Este descris în continuare un exemplu de realizare a sistemului de menținere în stare

de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare. În exemplul prezentat sistemul include în compunerea sa o capcană electrodinamică cuadrupolară liniară, cu 4 electrozi în formă de bară.

În figura 1 sunt prezentate secțiunea longitudinală respectiv două secțiuni transversale ale sistemului de menținere în stare de levitație pentru microparticule și nanoparticule în recipiente și tuburi capilare dielectrice din compunerea căruia face parte o capcană electrodinamică cuadrupolară liniară cu 4 electrozi, paraleli și echidistanți, fiecare având forma unei bare cilindrice, notați prin **1a**, **1b**, **1c** și **1d**. Geometric, electrozii **1a**, **1b**, **1c** și **1d** sunt dispuși în spațiu astfel încât, în orice punct de-a lungul acestora, secțiunea lor transversală, care este de forma unei suprafețe circulare, este tangentă unui cerc **3** de rază r_0 . Conform cu figura 1, axele electrozilor **1a** și **1b** se află în plan vertical, în timp ce axele electrozilor **1c** și **1d** se află în plan orizontal. Conform cu figura 1, dreapta **4** paralelă cu electrozii în formă de bară **1a**, **1b**, **1c** și **1d**, situată la distanță egală față din fiecare dintre aceștia va fi denumită în continuare axa capcanei electrodinamice liniare. Coaxial cu axa **4** sunt amplasați cei doi electrozi capac, **2a** și **2b**, de formă cilindrică. Electrozii **2a** și **2b** pot fi ambii perforați, unul perforat și celălalt neperforat sau ambii neperforați. În exemplu din figura 1, ambii electrozi **2a** și **2b** sunt perforați de-a lungul axei lor longitudinale permițând trecerea unei raze laser **5** ceea ce face posibilă vizualizarea particulelor **10** aflate în stare de levitație, localizate în vecinătatea axei **4**. În acest scop o rază laser **5** generată de către o sursă externă de radiație laser **6** este direcționată de-a lungul axei **4**. Sursa externă de radiație laser **6** poate să lipsească dacă în cursul utilizării sistemului descris în prezenta invenție particulele **10** aflate în stare de levitație fie sunt observate direct, fie sunt observate emisiile radioactive sau emisiile de radiații X datorate acestora. Particulele solide **10** care urmează a fi menținute în stare de levitație sunt introduse, conform invenției, într-un recipient **8** care la rândul său este fixat în spațiul delimitat de electrozii **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2b** ai capcanei electrodinamice liniare. Din punct de vedere mecanic, recipientul **8** poate fi poziționat prin intermediul a două inele distanțoare **9a** și **9b** dispuse la capetele sale. Ansamblul electrozilor **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2b**, alimentați electric conform cu exemplul din figura 3 alcătuiesc o capcană electrodinamică liniară cuadrupolară. Dacă sarcina specifică Q/M a particulelor **10** îndeplinește condiția menționată mai înainte, iar recipientul **8** este realizat dintr-un material dielectric, particulele **10**, electrizate prin una din metodele de mai sus, inițial așezate datorită gravitației în partea de jos a recipientului **8** și aflate inițial în contact cu pereții acestuia, se deplasează pe verticală în sus, se desprind de pereții recipientului **8**, rămânând în final localizate pentru un timp îndelungat în jurul și de-a lungul axei **4**, fără contact cu pereții recipientului **8**, conform cu

exemplu din figura 1. Radiația **12** provenită de la particulele **10** aflate în stare de levitație, observată într-un plan perpendicular pe axa **4**, poate fi radiație optică împrăștiată de către acestea, emisii radioactive sau radiații X generate de către acestea fie ca urmare a interacției cu câmpuri sau surse externe de radiație fie datorate emisiilor proprii. Această radiație ce traversează pereții recipientului **8** și care trece printre electrozii în formă de bară **1a** și **1d**, este observată cu ajutorul instrumentului **13** care poate fi, fără a se limita la acestea, ochiul unui operator uman, obiectivul unui microscop sau al altui instrument optic, o cameră CCD, un fotomultiplicator sau o arie formată din una sau mai multe celule fotoelectrice, un contor Geiger sau orice alt fel de senzor care permite punerea în evidență a emisiilor radioactive sau de raze X. Instrumentul **13** este orientat astfel încât direcția **11** pentru care sensibilitate sa este maximă să fie perpendiculară pe axa **4** și să treacă printre electrozii **1a** și **1d**. Conform invenției, unul sau ambii electrozi, **2a** și **2b**, pot culisa de-a lungul axei **4** astfel încât poate fi modificat volumul spațiului interior delimitat de către aceștia. În figura 1 este exemplificată posibilitatea deplasării electrodului **2b** de-a lungul axei **4**, noua sa poziție fiind reprezentată prin linie întreruptă. În acest mod pot fi introduse în spațiul dintre electrozii **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2d**, recipiente **8** de diferite lungimi. Conform invenției unul sau mai mulți din electrozii **1a**, **1b**, **1c** și **1d**, sunt detașabili permițând introducerea sau extragerea recipientului **8** ce conține particulele **10** și care urmează a fi menținute în stare de levitație. În figura 1 este exemplificată posibilitatea detașării electrodului **1a** pentru a putea introduce recipientul dielectric **8** în spațiul dintre electrozii **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2d**, noua sa poziție fiind reprezentată prin linie întreruptă. În exemplul din figura 1, după introducerea recipientului **8** în spațiul dintre electrozii **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2d**, electrodul **1a** se montează în poziția inițială reprezentată prin linie continuă. Recipientul **8** este realizat, conform invenției, dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac, cum este de exemplu polipropilena sau polistirenul. Recipientul **8** poate avea diverse forme și dimensiuni, secțiunea sa transversală poate varia de-a lungul axei sale longitudinale, poate avea sau nu simetrie cilindrică, poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete. Dimensiunile maxime ale secțiunii transversale a recipientului confecționat din material dielectric **8** trebuie să fie astfel încât să permită amplasarea acestuia între electrozii **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2b**. Dimensiunile interioare minime ale recipientului **8** confecționat din material dielectric trebuie să fie mai mari decât diametrul particulelor care urmează a fi menținute în stare de levitație. În acest fel pot fi folosite recipiente având diverse forme și dimensiuni, inclusiv tuburi capilare. În exemplul din figura 1, recipientul **8** este cilindric și închis complet la ambele capete.

În figura 2 sunt prezentate în secțiune longitudinală și secțiune transversală exemple pentru diverse variante constructive ale recipientului **8**. În figura 2, recipientul **8a** este închis la ambele capete, este de formă cilindrică cu secțiune transversală circulară, constantă de-a lungul axei sale, recipientul **8b** este închis la un capăt și deschis la altul, este de formă cilindrică cu secțiune transversală circulară, constantă de-a lungul axei sale, recipientul **8c** este deschis la ambele capete, este de formă cilindrică cu secțiune transversală circulară, constantă de-a lungul axei sale, recipientul **8d** este închis la ambele capete, este de formă cilindrică cu secțiune transversală eliptică, constantă de-a lungul axei sale, recipientul **8e** este închis la ambele capete, este de forma unui paralelipiped, cu secțiune dreptunghiulară, cu secțiune constantă de-a lungul axei sale, recipientul **8f** este închis la ambele capete, este de forma a doi cilindri cu axele paralele, cu secțiune transversală circulară, secțiune constantă de-a lungul axelor lor, așezați unul lângă altul și aflați în contact, comunicând unul cu celălalt în zona de contact prin fante executate de-a lungul generatoarei comune, recipientul **8g** este închis la ambele capete, este de forma unui cilindru cu secțiune transversală circulară, constantă de-a lungul axei sale, închis la fiecare din cele două capete prin două suprafețe fiecare având forma unui trunchi de con, recipientul **8h** este închis la ambele capete și are forma unui elipsoid de rotație, recipientul **8i** este închis la ambele capete și are forma unui trunchi de con cu secțiune transversală circulară. Varianta adoptată pentru recipientul **8** depinde de instrumentul, instalația sau echipamentul în care este încorporat sistemul, de natura, forma și dimensiunile particulelor **10** și de scopul pentru care acestea sunt menținute în stare de levitație.

În figura 3 este exemplificat circuitul de alimentare electrică a electrozilor capcanei electrodinamice liniare cu 4 electrozi în formă de bară. Doi din electrozii opuși, în formă de bară, anume **1c** și **1d** în exemplul din figura 3, sunt conectați la o tensiune electrică alternativă înaltă U_a având amplitudinea V_0 și frecvența f_0 , furnizată de către modulul electronic **14**. Între cei doi electrozi în formă de bară ale căror axe sunt plasate în plan vertical, anume **1a** și **1b** în exemplul din figura 3, se aplică o tensiune electrică continuă U_x a cărei polaritate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului **18**. Acesta poate fi un comutator manual, ca în exemplul din figura 3, sau un comutator electronic **26** comandat de către un generator de pulsuri **27**, ca în exemplul din figura 6. Funcție de poziția comutatorului **18** tensiunea electrică U_x este furnizată fie de sursa reglabilă de tensiune **16** fie de sursa reglabilă de tensiune **17**. Electrozii capac **2a** și **2b** sunt conectați împreună la o altă tensiune electrică continuă U_z furnizată de sursa reglabilă de tensiune **15**. Tensiunile U_a , U_x și U_z se măsoară față de electrodul **1a** care este conectat la masă și al cărui potențial electric este considerat potențial de referință.

Sistemul de electrozi astfel alcătuit și polarizat electric generează în spațiul dintre aceștia un câmp electric cuadripolar. Tensiunea electrică alternativă U_a generează câmpul electric cuadripolar în spațiul dintre electrozii capcanei. Tensiunea electrică continuă U_x compensează efectul câmpului gravitațional și permite deplasarea în plan vertical a ansamblului format din particulele **10** aflate în stare de levitație. Tensiunea electrică continuă U_z are rolul de a stabiliza mișcarea particulelor aflate în stare de levitație de-a lungul axei **4**. Pentru a atinge condițiile optime din punctul de vedere al stabilității în timp și spațiu, al vizibilității și numărului de particule aflate în stare de levitație, conform invenției, amplitudinea V_0 și frecvența f_0 tensiunii alternative U_a aplicate, precum și valoarea tensiunilor continue U_x și U_z pot fi modificate. În acest scop modulul electronic **14** este prevăzut cu posibilitatea modificării amplitudinii V_0 și frecvenței f_0 a tensiunii alternative U_a furnizate la ieșire în timp ce sursele reglabile de tensiune continuă **15**, **16** și **17**, sunt prevăzute cu posibilitatea modificării tensiunii de ieșire.

În figura 4 este prezentat exemplul unui sistem de electrizare a particulelor **10**, care, conform invenției, consta în aplicarea unui puls electric de înaltă tensiune U_p pe un electrod introdus în recipientul dielectric **8**. Conform cu exemplul din figura 4, fără a fi limitat la aceasta, electrodul respectiv poate consta dintr-un fir subțire conductor **22** care traversează recipientul **8** paralel cu axa **4** și amplasat în apropierea suprafeței interioare a recipientului **8** pentru a nu perturba semnificativ distribuția câmpului electric din regiunea axei **4**. Firul conductor **22** este conectat la modulul electronic **23** care furnizează la ieșirea sa pulsuri de înaltă tensiune de amplitudine U_p .

În figura 5 este prezentat exemplul unui sistem de electrizare a particulelor **10**, care, conform invenției, constă în aplicarea unei supratensiuni electrice peste tensiunea electrică continuă U_x existentă între electrozii **1a** și **1b**, pentru o scurtă perioadă de timp. În acest scop în circuitul electrodului în formă de bară **1b** este intercalată înfășurarea secundară a transformatorului ridicător de tensiune **24**. Înfășurarea sa primară este conectată la generatorul de pulsuri **25**.

În figura 6 este prezentat exemplul unui sistem de electrizare a particulelor **10**, care, conform invenției, constă în schimbarea bruscă a polarității tensiunii continue aplicate electrozilor în formă de bară, **1a** și **1b**, ale căror axe sunt plasate în plan vertical. Acest lucru se poate face fie acționând comutatorul manual **18** fie folosind un comutator electronic **26** acționat de către un semnal extern produs de către un generator de pulsuri **27** și care schimbă brusc polaritatea tensiunii U_x , ca în exemplul din figura 6.

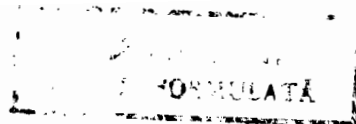
În figura 7 este prezentat exemplul unui sistem de electrizare a particulelor **10**, prin

care, conform invenției, particulele care urmează a fi aduse și menținute în stare de levitație, aflate în incinta **8** sunt supuse pentru o anumită perioadă de timp acțiunii unui fascicul de radiație ionizantă, care poate fi, fără a se limita la acestea, radiație ultravioletă, radiație X sau radiații emise de către o sursă radioactivă. Conform cu figura 7, o sursă de radiație ionizantă **19**, este amplasată într-o poziție laterală capcanei electrodinamice liniare astfel încât dreapta **20** care unește axa **4** cu regiunea de emisivitate maximă a sursei **19** să treacă printre electrozii **1a** și **1c**. Radiația ionizantă **21** emisă de către sursa **19** interacționează cu particulele **10** producând ionizarea suprafeței acestora și implicit electrizarea lor.

Ca exemplu, într-o capcană electrodinamică având geometria asemănătoare celei prezentate în figura 1, cu $r_0=5\text{mm}$, pot fi menținute în stare de levitație, pentru un interval de timp mai mare de 1 oră, particule de alumină (Al_2O_3) (notate cu **10** în figura 1) cu diametrul cuprins între $60\text{-}200\mu\text{m}$ aflate într-un recipient de formă cilindrică, închis la ambele capete, transparent, realizat din polipropilenă (notat cu **8** în figura 1). Caracteristicile tensiunilor electrice aplicate electrozilor **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** și **2b** în cazul acestui exemplu sunt: $V_0=3.24\text{kV}$, $f_0=65\text{ Hz}$, $U_x=1010\text{V}$, $U_z=520\text{V}$. Electrizarea particulelor de alumină din exemplul menționat mai sus s-a făcut prin schimbarea bruscă a polarității tensiunii electrice aplicate între electrozii **1a** și **1b**.

REVENDICĂRI

1. Sistem de menținere în stare de suspensie, a unui ansamblu de particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor, într-o regiune limitată și bine precizată din spațiu, fără contact mecanic cu pereții unei incinte sau cu un alt element de susținere, stare cunoscută sub numele de levitație, **caracterizat prin aceea** ca este format dintr-un recipient **(8)** de formă arbitrară, confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete, introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, **(1a)**, **(1b)**, **(1c)** și **(1d)**, fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc **(3)** și din alți 2 electrozi cilindrici **(2a)** și **(2b)**, coaxiali cu axa **(4)** a capcanei electrodinamice liniare .
2. Capcană electrodinamică liniară **caracterizată prin aceea** că unul dintre electrozii săi în formă de bară **(1a)** este detașabil permițând introducerea sau extragerea unui recipient **(8)** în spațiul dintre electrozii săi.
3. Capcană electrodinamică liniară **caracterizată prin aceea** că unul sau ambii electrozi capac **(2a)** și **(2b)**, pot culisa de-a lungul axei sale permițând introducerea în spațiul dintre electrozi recipienti **(8)** de diferite lungimi.
4. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient **(8)**, introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, **(1a)**, **(1b)**, **(1c)** și **(1d)**, fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc **(3)** și din alți 2 electrozi cilindrici **(2a)** și **(2b)**, coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare **(4)**, **caracterizat prin aceea** că este confecționat dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac și poate avea orice formă.
5. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient **(8)**, confecționat dintr-un material dielectric transparent, semitransparent sau opac, putând avea orice formă, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și care este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, **(1a)**, **(1b)**, **(1c)** și **(1d)**, fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc **(3)** și din alți 2 electrozi cilindrici **(2a)** și



(2b), coaxiali cu axa capcanei electrodinamice liniare (4), **caracterizat prin aceea** că este parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule solide care pot fi, fără a fi limitate la acestea, pulberi conductoare, semiconductoare sau dielectrice, inclusiv radioactive, spori, bacterii, germeni, viruși, semințe, insecte, alte materiale biologice având dimensiuni corespunzătoare precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe.

6. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate avea orice formă, introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa (4) a capcanei electrodinamice liniare, ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule solide precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe, **caracterizat prin aceea** că recipientul poate avea diverse forme și dimensiuni, putând fi inclusiv tub capilar, poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și poate fi umplut cu un gaz, un amestec de gaze sau poate fi vidat.

7. Sistem de susținere a probelor alcătuite din particule solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor compus dintr-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric, transparent, semitransparent sau opac, care poate avea orice formă, care poate fi deschis la ambele capete, închis la un capăt și deschis la celălalt capăt, închis complet la ambele capete sau închis parțial la ambele capete și care este introdus între electrozii unei capcane electrodinamice liniare, care poate fi realizată, fără a se limita la aceasta, din 4 electrozi paraleli și echidistanți, în formă de bară, (1a), (1b), (1c) și (1d), fiecare din aceștia având secțiunea sa transversală tangentă unui cerc (3) și din alți 2 electrozi cilindrici (2a) și (2b), coaxiali cu axa (4) a capcanei electrodinamice liniare, ca parte componentă a instrumentelor, instalațiilor și echipamentelor destinate examinării, manipulării, măsurării sau determinării caracteristicilor și proprietăților fizico-chimice ale unor particule solide precum și studiului efectului asupra respectivelor particule a unor câmpuri de forță sau surse de radiație externe, **caracterizat prin aceea** că particulele sunt electrizate prin interacție cu

pereții dielectrici ai recipientului (8) fără a fi necesară existența unor electrozi suplimentari sau a altor surse de ionizare.

8. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că utilizează un electrod suplimentar introdus în recipientul dielectric (8) pe care se aplică un puls electric de înaltă tensiune generat de către un modul electronic (23) și care poate consta, fără a fi limitat la aceasta, dintr-un fir subțire conductor (22) care traversează recipientul (8) paralel cu axa sa longitudinală și care este amplasat în apropierea suprafeței sale interioare.

9. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că este compus dintr-un circuit format dintr-un transformator ridicător de tensiune (24) al cărui secundar este intercalat în circuitul electric al electrozilor (1a) și (1b) în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe se afla în plan vertical, primarul său fiind conectat la un generator de pulsuri (25) și care produce o supratensiune electrică ce se suprapune peste tensiunea electrică continuă U_x existentă între electrozii respectivi.

10. Sistem de electrizare a particulelor cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că produce schimbarea bruscă a polarității tensiunii continue dintre electrozii (1a) și (1b) în formă de bară ai capcanei electrodinamice ale căror axe sunt plasate în plan vertical, fie prin intermediul unui comutator manual (18) fie folosind un comutator electronic (26) acționat de către un semnal extern produs de un generator de pulsuri (27).

11. Sistem de electrizare a particulelor solide cu dimensiuni de ordinul micrometrilor sau nanometrilor aflate într-un recipient (8) confecționat dintr-un material dielectric plasat între electrozii unei capcane electrodinamice liniare **caracterizat prin aceea** că utilizează o sursă de radiație ionizantă (19) care poate fi, fără a se limita la acestea, radiație ultravioletă, radiație X sau radiații emise de către o sursă radioactivă, amplasată într-o poziție laterală capcanei electrodinamice liniare astfel încât dreapta (20) care unește axa (4) a capcanei electrodinamice liniare cu regiunea de emisivitate maximă a sursei (19) să treacă printre electrozii în formă de bară ai capcanei electrodinamice liniare.

DESENE EXPLICATIVE

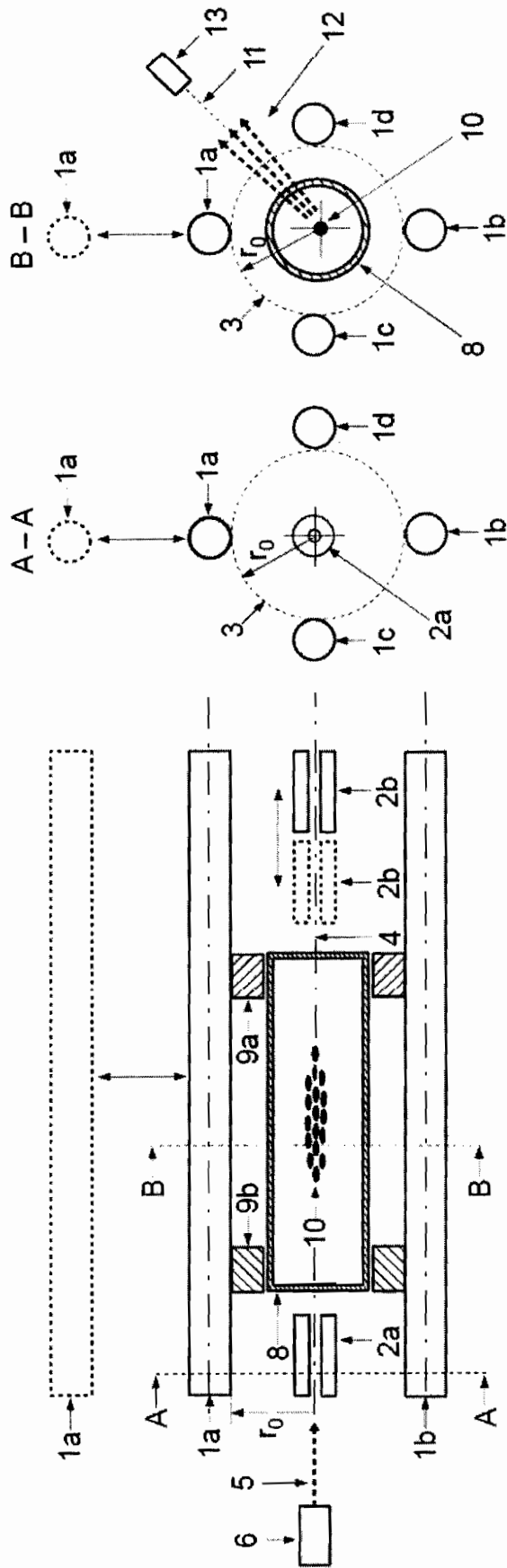


Figura 1

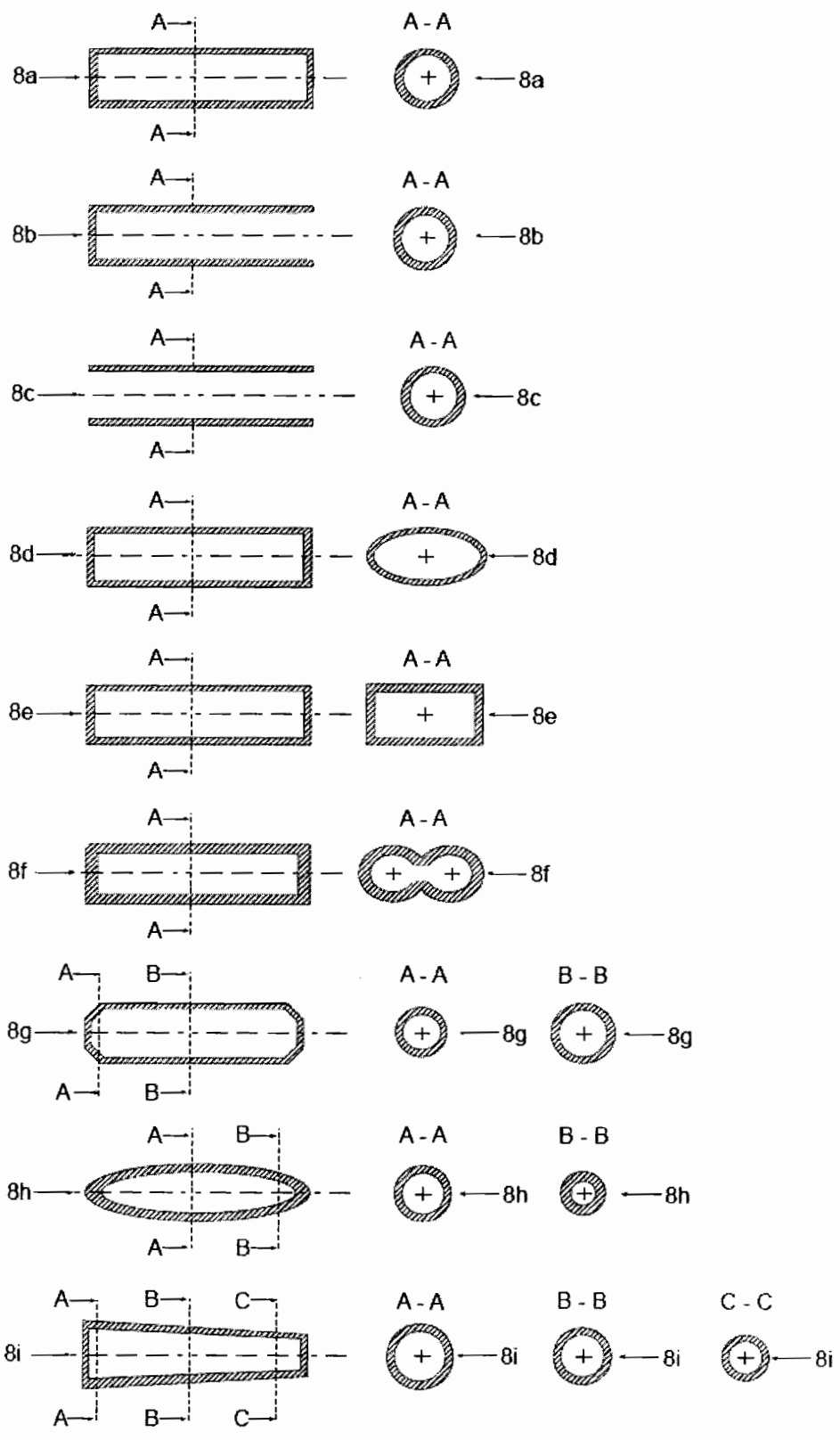


Figura 2

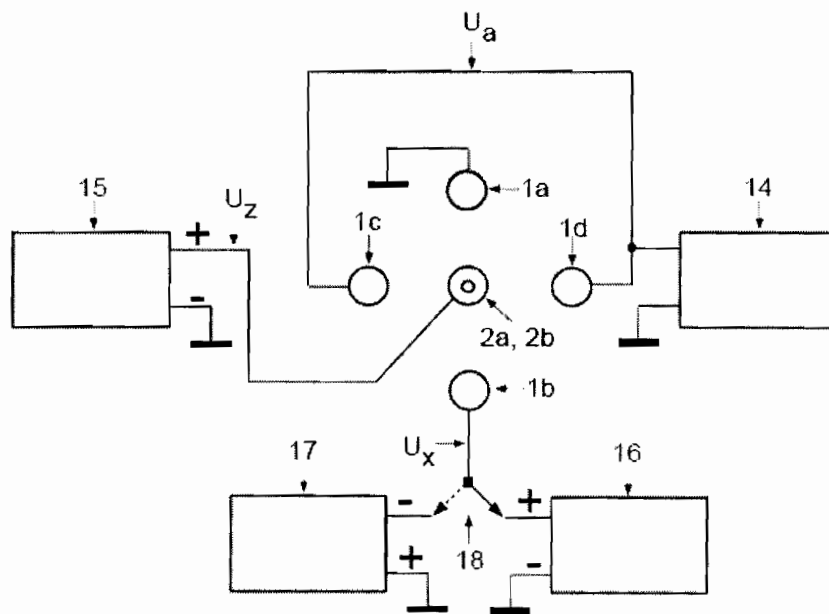


Figura 3

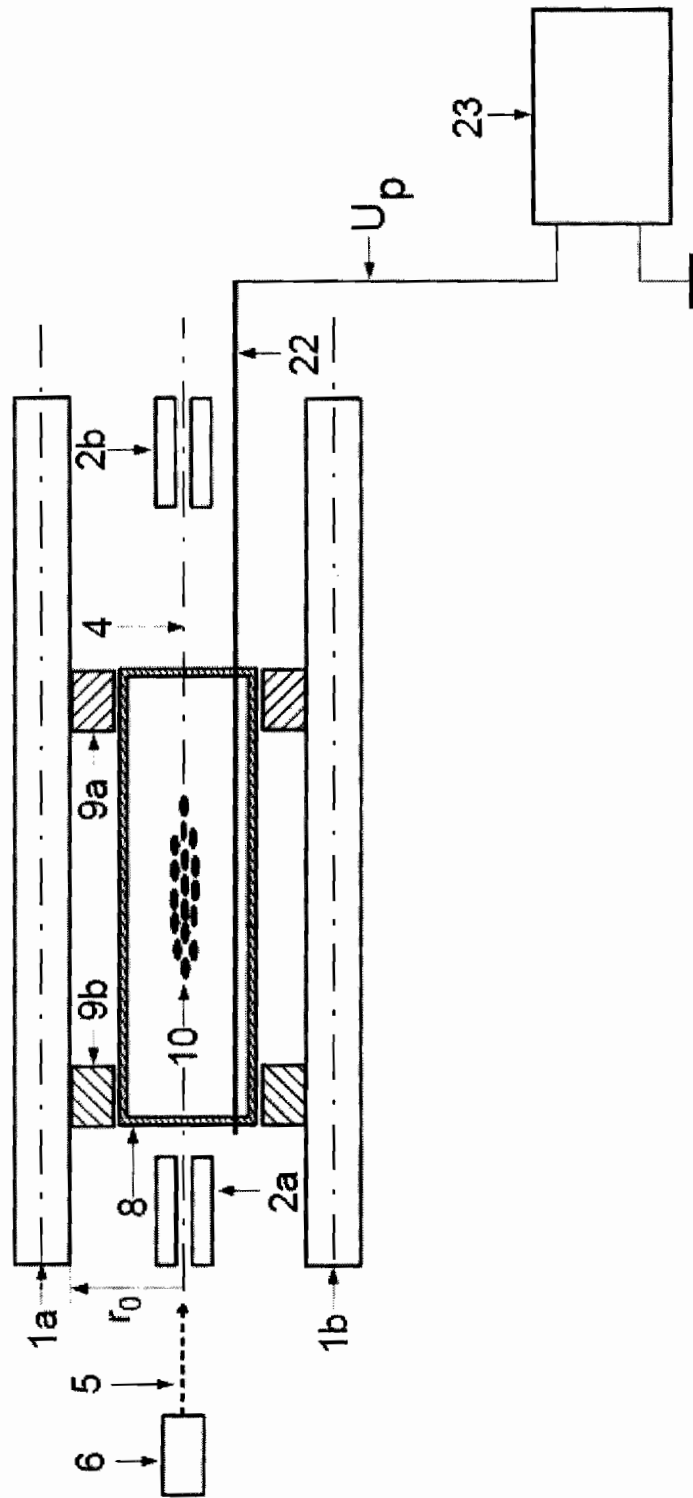


Figura 4

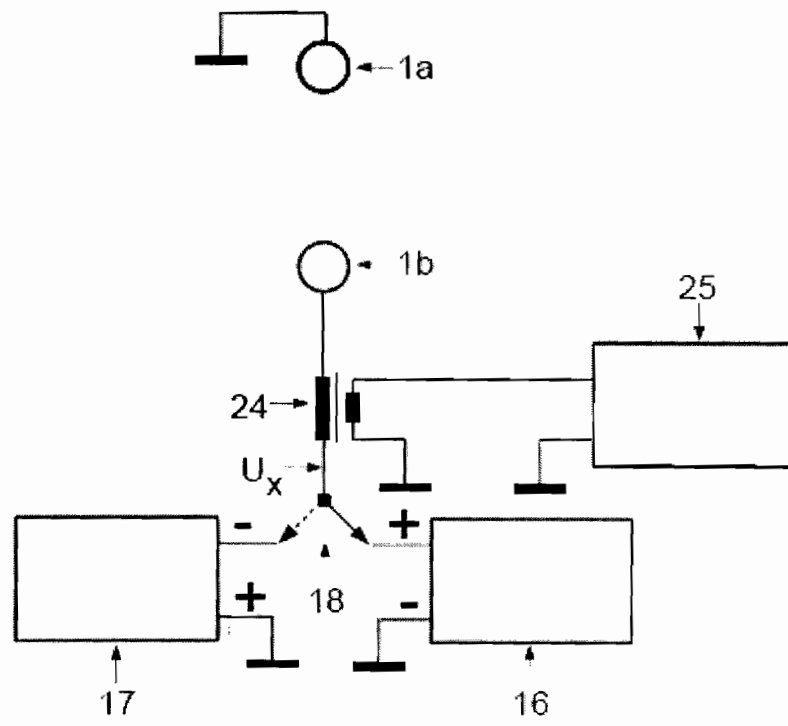


Figura 5

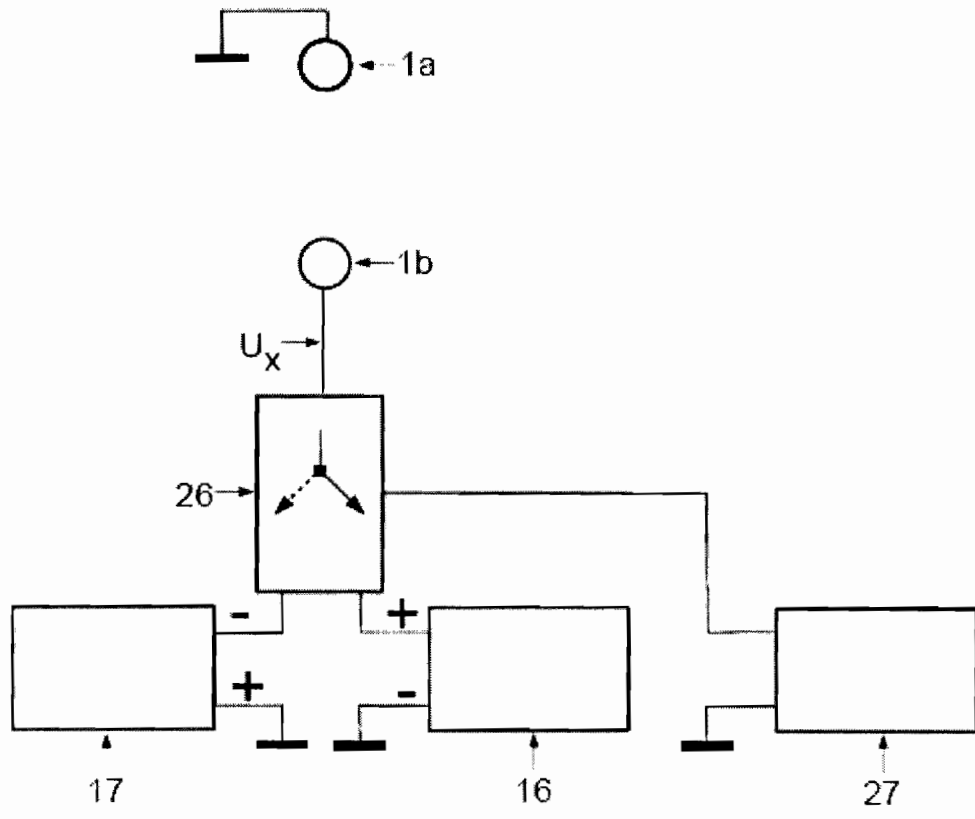


Figura 6

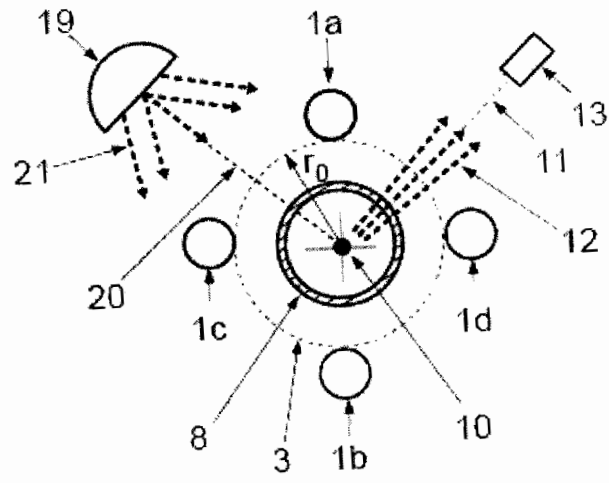


Figura 7