



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2008 00757

(22) Data de depozit: 25.09.2008

(41) Data publicării cererii:
30.07.2010 BOPI nr. 7/2010

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

(72) Inventatori:
• MIHALCEA VASILE BOGDAN,
ALEEA COSTINEȘTI, NR. 8, BL. 6, SC. B,
AP. 26, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;

• STOICAN OVIDIU SORIN,
STR. FIZICIENILOR, NR. 6, BL. 4, SC. 2,
ET. 2, AP. 26, MĂGURELE, IF, RO;
• VIȘAN GHERGHINIȚA GINA,
STR. LT. AUREL BOTEA, NR. 6, BL. B6A,
AP. 23, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• DINCĂ LAURENȚIU CHRISTIAN,
STR. VISTIERNICUL STAVRINOS, NR. 25,
BL. 155, AP. 119, SECTOR 6, BUCUREȘTI,
B, RO

(54) CAPCANĂ PAUL LINIARĂ DODECAPOLARĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o capcană liniară dodecapolară, cu aplicații în fizica plasmei, pentru stocarea de micro-particule încărcate electric. Capcana liniară, conform invenției, este alcătuită din douăsprezece bare (1, 2, ..., 12) metalice, paralele și echidistante, conectate electric astfel: șase dintre bare (2, 4, 6, 8, 10 și 12) la o sursă de curent alternativ, care furnizează o tensiune U_{ac} cuprinsă în intervalul 0 - 3,5 kV, cinci dintre bare (1, 3, 5, 9 și 11) la masă, iar o bară (7) la o sursă de curent continuu U_z cu amplitudine variabilă, între 0-700 V, a cărei polaritate poate fi inversată, la extremitățile barelor (1, 2, ..., 12) fiind montate două capace laterale izolante, care includ niște electrozi (13 și 14) conectați electric la o tensiune continuă U_x variabilă în intervalul 0-700 V.

Revendicări: 3

Figuri: 3

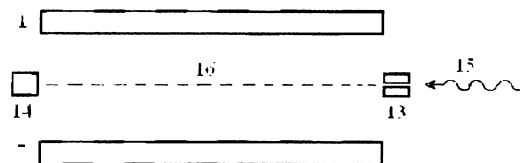
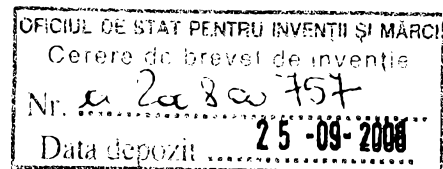


Fig. 2

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





DESCRIEREA INVENȚIEI:

CAPCANĂ PAUL LINIARĂ DODECAPOLARĂ

Invenția prezentată se referă la o capcană liniară care funcționează în aer, pentru generarea și studiul microplasmelor ordonate, formate din microparticule încărcate electric, stocate în câmp electric alternativ puternic neomogen, la o frecvență de 40-800 Hz. Capcana realizată conform invenției, permite observarea microplasmelor și diagnoza microparticulelor componente. Capcana poate fi folosită în fizica plasmei pentru generarea de microplazme stabile un timp foarte îndelungat și pentru diferite aplicații, cum ar fi: spectrometrie atomică, pentru determinarea proprietăților specifice ale diverselor microparticule; în metrologie pentru evaluarea sarcinii specifice; în protecția mediului pentru identificarea agenților poluanți din aer; în chimie atunci când se impune menținerea particulelor ionizate din camera de reacție un timp îndelungat, fără interacție cu pereții acesteia; în implementarea logicii cuantice sau realizarea de etaloane atomice timp-frecvență bazate pe astfel de geometrii de capcană, care prezintă performanțe superioare celor actuale datorită creșterii raportului semnal-zgomot, cu implicații directe în spectroscopie și optica cuantică. Capcana poate fi folosită și în scop didactic sau demonstrative, pentru studiul dinamicii particulelor încărcate electric în câmpuri electromagnetice și a fenomenului deordonare a microplasmelor prin răcire în aer, care joacă rolul unui gaz buffer ce amortizează oscilațiile microparticulelor în jurul poziției de echilibru.

Există mai multe tipuri de instalații de ultravid pentru stocarea particulelor atomice și subatomice. Instalațiile de stocare care lucrează în ultravid sunt instalații de gabarit mare, complexe și scumpe care nu permit vizualizarea cu ochiul liber a formațiunilor ordonate create, ci numai cu aparate performante (D. Leibfried, R. Blatt, C. Monroe, D. Wineland, Rev. Mod. Phys. 75, p. 281 (2003), *Charged Particle Traps* - Fouad G. Major, Viorica N. Gheorghe, Günter Werth, Springer (2005), J. Steinbach, J. Blum and M. Krause, Eur. Phys. J. E 15, 287-291 (2004)).

A fost de asemenea realizată stocarea optica a microparticulelor și nanoparticulelor, utilizând un fascicul laser Gaussian (F. Hiromitsu and H. Shingo, J-EAST vol. 1, nr. 12, 609-613 (2006), P. Jordan *et al.*, Optics Letters 29, p. 2488 (2004), P. Zemánek *et al.* Optics Letters 24 (21), p. 1448 (2004)).

Sunt cunoscute de asemenea geometrii de capcane care funcționează în aer și care folosesc electrizarea particulelor prin triboefect sau prin descărcare electrică, având însă dezavantajul unui control redus asupra numărului și dimensiunilor particulelor stocate. Capcanele hiperbolice de tip Paul care funcționează în aer, cu geometrie biemisferică, cilindrică sau inelară, nu permit stocarea unui număr mare de microparticule, limitând astfel raportul semnal-zgomot datorită creșterii efectului Doppler de ordin doi, pătratic în viteze. Pe măsură ce numărul de particule confinate crește, apar fenomene de instabilitate accentuate datorate transferului de energie dinspre câmpul de stocare către particulele confinate, prin intermediul interacției coulombiene. Astfel, mișcarea particulelor devine haotică și, în timp, unele dintre acestea capătă suficientă energie pentru a părăsi capcana. Există efecte parazite responsabile pentru acest rezultat, dintre care pot fi enumerate imperfecțiunile geometrice ale realizării suprafețelor electrozilor care duc la apariția unor termeni de ordin superior în dezvoltarea în serie a potențialului electric al capcanei, micromișcarea particulelor și prin urmare nu permit o evidențiere netă a fenomenului de apariție a unor formațiuni ordonate în microplasma, stabile un timp foarte îndelungat (A. F. Izmailov, S. Arnold and A. S. Myerson, Phys. Rev. E **50**, 702-708 (1994); H. Winter and H.W. Ortjohann, Am. J. of Phys, vol. 59, No.9, p. 807 1991; V. Gheorghe, L. Giurgiu, O. Stoican, B. Mihalcea, D. Cacicovschi, Brevet RO nr. 109684 Bl, 1995; J.D. Prestage, G.J Dick and L. Maleki, J. Appl. Phys, Vol. 66, No.3, p.1013 1989; O. Stoican, B. Mihalcea, L. Giurgiu and I. Mihăilescu, Satellite Meeting of the ICAP 2006, Conf. Innsbruck / Austria, Book of abstracts, p.43 (2006)). Este de asemenea cunoscută și capcana liniară cu patru electrozi cilindrici și doi electrozi capac (V. Gheorghe, L. Giurgiu, O. Stoican, B. Mihalcea, D. Cacicovschi, E. Comănescu, Brevet RO nr. 101041, 1996).

Experimente de lungă durată cu nori de microparticule sunt prevăzute a avea loc pe instalația experimentală ICAPS (Interaction in Cosmic and Atmospheric Particle Systems) care va fi instalată la bordul stației spațiale internaționale (International Space Station – ISS). Obiectivele științifice ale acestor experimente acoperă o varietate mare de subiecte, începând de la simularea comportării aerosolilor în atmosfera Pământului până la formarea planetelor la începuturile sistemului solar. Totuși, în condiții de micro-gravitație, este imposibil să se stocheze un nor de particule microscopice libere, în condiții de levitație, datorită difuziei termice și a accelerațiilor externe care nu pot fi

evitate. În consecință, este necesară o capcană pentru nori de praf care împiedică difuzia particulelor, oferind în același timp o sursă de viteze relative între particulele de praf și care permite atingerea unor concentrații mari ale particulelor de praf care nu pot fi atinse prin alte metode.

Capcana liniară, conform invenției, este alcătuită din douăsprezece bare metalice cilindrice, paralele, echidistante și, la extremități, din două capace izolante prevăzute cu un mic electrod central. Barele sunt conectate la surse de c.a. și c.c. care crează un câmp electric radial de stocare a particulelor, respectiv un câmp ce compensează forța gravitațională ce ar îndepărta microparticulele de linia nodală a câmpului de stocare spre regiuni în care intensitatea acestuia crește sensibil. Electrozii centrali sunt conectați la o tensiune continuă reglabilă care creează un câmp electric pentru realizarea confinării axiale.

Capcana liniară prezintă următoarele avantaje: este simplă și ieftină; geometria liniară a capcanei înlocuiește nodul unic al câmpului electric dintr-o capcană de tip Paul cu o linie nodală a câmpului electric; poate stoca un număr mare de particule; permite evaluarea sarcinii specifice a unei microparticule stocate; face posibilă apariția și observarea unor formațiuni ordonate (atât planare cât și liniare) în microplasma generată prin stocarea unui număr redus de particule până la câteva mii de microparticule; dinamica particulelor este mai stabilă în cazul capcanei liniare datorită frecării cu aerul; permite studierea și verificarea legilor ce descriu mișcarea ionilor stocați în vid ultraînalt, întrucât mișcarea microparticulelor este similară cu a acestora; reduce efectele perturbatoare cum ar fi micromișcarea particulelor, decoerența, potențialele de stocare parazite și efectul Doppler de ordinul doi; îmbunătățește raportul semnal-zgomot; reduce efectele de decoerență a ansamblului de particule confinate; prezintă domeniu de stabilitate a traiectoriilor particulelor stocate mai extins decât în cazul unei capcane Paul clasice.

Invenția reprezintă o capcană Paul liniară cu geometrie dodecapolară, care funcționează în aer, în condiții standard de temperatură și presiune, destinată stocării microparticulelor. Potrivit invenției, capcana este constituită din doisprezece electrozi de alamă echidistanți, notați cu 1 - 12 conform schiței din figura 1. La capetele capcanei se află două capace laterale din teflon, care includ doi electrozi-capac din alamă situați pe

axa longitudinală 16 a capcanei (electrozi centrali), notați cu 13, respectiv 14, conform cu figura 2. Capcana conform invenției are o geometrie variabilă, deoarece flanșa care conține electrodul capac 14 poate culisa de-a lungul axei capcanei (16) printr-o mișcare de translație, lungimea capcanei variind în limite destul de largi. Electroductul capac 13 este găurit central și permite introducerea unui fascicul laser 15 de-a lungul axei capcanei (16) pentru iluminarea particulelor (figura 2). Electrozii capac au diametrul mic în comparație cu diametrul capcanei astfel încât câmpul alternativ de stocare din interiorul capcanei să nu fie perturbat.

Electrozii capcanei multipolare sunt alimentați de către un sistem electronic care furnizează următoarele tensiuni:

Tensiunea alternativă de stocare U_{ac} : amplitudinea și frecvența acestei tensiuni pot fi variate în intervalul 0-3,5 kV, respectiv 40-800 Hz. S-a prevăzut posibilitatea ca tensiunea de stocare U_{ac} să poată fi modulată în amplitudine. Gradul de modulare este variabil până la 50 % cu ajutorul unui semnal suplimentar U_{ext} a cărui frecvență poate fi variată în intervalul 10-30 Hz. Tensiunea U_{ac} aplicată electrozilor capcanei generează câmpul electric necesar stocării particulelor încărcate. Această tensiune este aplicată pe electrozii 2, 4, 6, 8, 10 și 12 conform figurii 3.

Tensiunea continuă U_z : aceasta este aplicată pe electrodul 7 al capcanei, conform figurii 3. Câmpul electric datorat tensiunii U_z asigură compensarea forței gravitaționale și poziționarea norului de particule stocate acolo unde intensitatea câmpului de stocare este minimă. Valoarea tensiunii U_z poate fi variată în intervalul 0-700V, polaritatea sa putând fi inversată.

Tensiunea U_x : aceasta este aplicată pe cei doi electrozi 13 și 14 plasați la capetele capcanei, conform figurii 3. Câmpul electric generat de către aceștia asigură stabilitatea axială a particulelor stocate, împiedicând pierderea acestora la cele două capete ale capcanei. Valoarea tensiunii U_x poate fi de asemenea variată în intervalul 0-700V.

Electrozii 1, 3, 5, 9 și 11 sunt legați la masă conform figurii 3.

Capcana poate stoca diferite specii de microparticule ca: polietilenă, alumină, carbură de siliciu, etc. cu diametre cunoscute, cuprinse între 50-1000 μ m. Microparticulele sunt iluminate fie cu ajutorul unei lămpi cu halogen, fie cu ajutorul unei diode laser de mică putere, montată axial.

Microparticulele sunt introduse în capcană după aplicarea tensiunilor de stocare U_{ac} , U_z , U_x . Formațiunile ordonate care pot fi observate cu instalația conform invenției, rezultă din alăturarea de șiruri de microparticule electrizate, așezate echidistant unul față de celălalt. Două șiruri de microparticule vecine au sarcinile plasate în zig-zag unul față de celălalt, astfel încât energia coulombiană de interacție să fie minimă. Pentru un număr dat de particule, lungimea și forma norului de particule depinde de valoarea tensiunii continue U_x .

Tensiunea continuă reglabilă U_z are rolul de a deplasa microparticula pe verticală și de a-i compensa greutatea, în caz contrar rezultând un efect de antrenare a particulei spre regiuni caracterizate printr-o intensitate crescătoare a câmpului. Sarcina specifică a microparticulei Q/M , rezultă din ecuația de echilibru pe verticală

$$Mg = QE,$$

unde M , respectiv Q , reprezintă masa, respectiv sarcina microparticulei stocate, g reprezintă accelerația gravitațională, iar E este câmpul electric produs de tensiunea continuă U_z . Câmpul electric este dat de expresia:

$$E = \frac{U_z}{2r}$$

unde $2r$ reprezintă distanța între două bare opuse ale capcanei. La o tensiune $U_z = 642V$ am stocat în capcana dodecapolară microparticule cu diametrul de $300\mu m$ și am calculat o sarcină specifică de cca $6,1 \times 10^{-4} C/kg$.

Capcana liniară conform invenției poate stoca atât particule încărcate pozitiv cât și negativ. Nu pot fi stocate simultan sarcini de ambele semne. Particulele încărcate se dispun în apropierea axei capcanei. Microparticulele se încarcă cu sarcini aproximativ egale în decursul procesului de electrizare, iar distribuția lor de masă este relativ uniformă.

REVENDICĂRI

1. Capcană liniară în aer destinată stocării microparticulelor încărcate în câmp electric putemic neomogen. Particulele sunt confinate cu scopul observării și diagnozei microparticulelor componente ale microplasmei. Capcana este caracterizată prin aceea că este alcătuită din douăsprezece bare metalice cilindrice 1- 12, paralele și echidistante, conectate electric astfel: 2, 4, 6, 8, 10 și 12 la o sursă de c.a. U_{ac} variată în intervalul $0 \div 3,5$ kV cu o frecvență cuprinsă în intervalul $40 \div 800$ Hz; electrodul 7 la o sursă de c.c. U_z variată în intervalul $-700 \div 700$ V; electrozii 1, 3, 5, 9 și 11 la masă. La cele două extremități ale barelor 1- 12 se află câte un capac izolant, fiecare cu un mic electrod central 13, respectiv 14 conectați electric la o tensiune continuă U_x variată în intervalul $0 \div 700$ V.

2. Capcană conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că există posibilitatea de a culisa capacul care conține electrodul central 14 de-a lungul axei longitudinale, modificându-se astfel dimensiunile geometrice ale capcanei.

3. Capcană conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că folosește un electrod central 13 de formă inelară, care permite introducerea unui fascicul laser 15 pentru observarea norului de particule stocate.

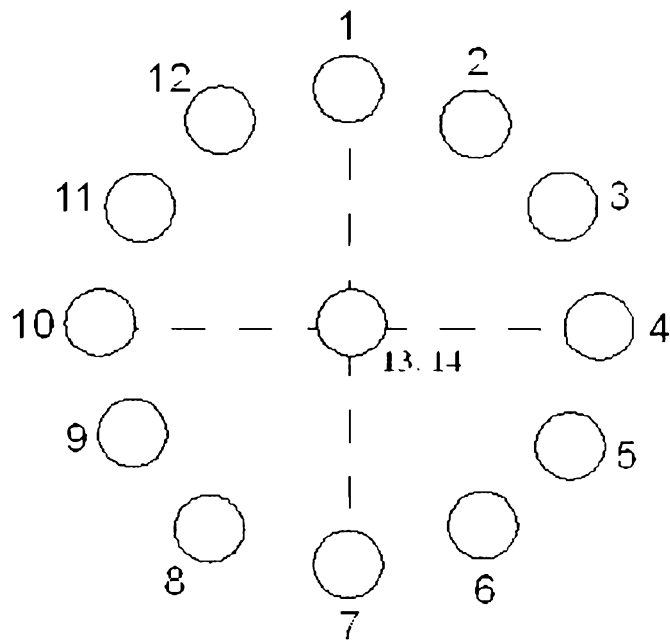


Figura 1

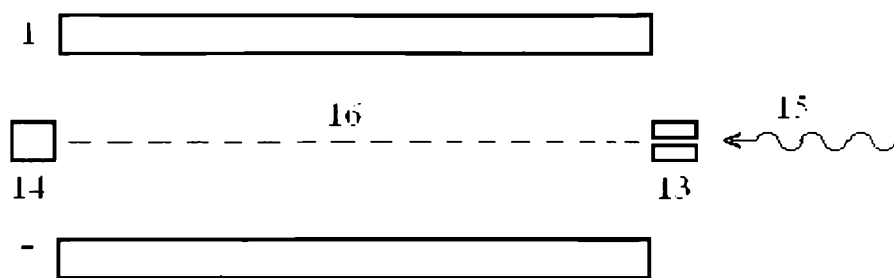


Figura 2

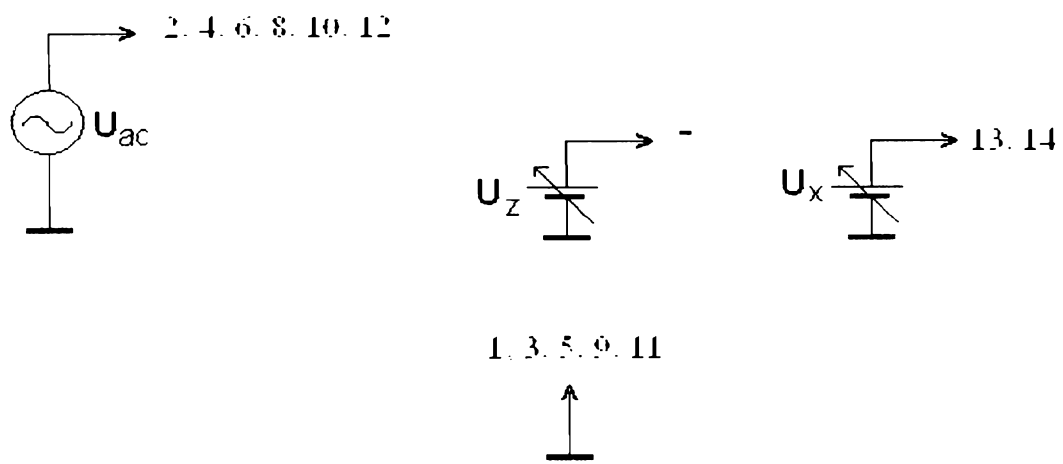


Figura 3