



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 01033**

(22) Data de depozit: **18.12.2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.11.2014** BOPI nr. **11/2014**

(41) Data publicării cererii:

30.05.2013

BOPI nr. **5/2013**

(73) Titular:

• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIAȚIEI, STR.ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:

• **POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA-d
NR.7, BL.A 5, SC.B, ET.3, AP.26,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MORJAN ION, STR.CĂRĂMIDARII DE
JOS NR.1, BL.76, SC.B, ET.8, AP.79,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

FR 2843611 A1; JPS 607949 (A)

(54)

FILTRU ELECTROSTATIC RECUPERATOR DE PULBERI NANOSTRUCTURATE



1 Invenția face parte din domeniul tehnic al filtrelor electrostatice, al nanotehnologiilor și
al tehnologiei laser.

3 Nanotehnologie înseamnă prelucrarea și manipularea materiei la scară moleculară.

5 Filtrul electrostatic participă la ultima fază a sintezei de pulberi nanostructurate. Sub
aspect dimensional, se pot defini nanomaterialele, ca fiind materialele care au cel puțin una
dintre dimensiuni în limitele de 0,1... 100 nm. Invenția are în vedere recuperarea diferitelor tipuri
de nanopulberi după procesul de sinteză și separarea acestora de substanța gazoasă de
transport.

9 Stadiul tehnicii exprimă nivelul la care s-a ajuns în aceste domenii și în care realizările
atinse impun cerințe deosebite față de recuperarea și de colectarea pulberilor nanostructurate
[1]. Sinteza pulberilor nanostructurate prin piroliză laser a realizat progrese importante sub
aspect cantitativ și calitativ. Instalațiile de piroliză cu laser folosesc din plin ultimile realizări
tehnice, în ceea ce privește instrumentația și tehnologia de execuție, utilizează materiale cu
caracteristici deosebite, cum ar fi materiale refractare (oțeluri, compozite ceramice), compo-
nente de tehnica vidului, optică reflexivă și transmisivă etc, însă unul dintre procesele care sunt
realizate nu a fost studiat și perfecționat îndeajuns și acum este recunoscută necesitatea
studierii și dezvoltării acestui proces, care acum joacă un rol limitator în întregul proces de
sinteză. Acesta este procesul de recuperare a pulberii, care la nivelul actual de progres a
devenit complex și în același timp și complicat. Unii autori atrag atenția asupra acestei stări de
fapt și arată că este necesar să se ia în considerare o abordare globală a ansamblului
reactorului de sinteză, a debitelor de fluide, deci a productivității, pentru o mai bună cunoaștere
a proceselor de sinteză și a proceselor de colectare [1]. Procesul de colectare, datorită
condițiilor, nu numai tehnice și fizico-chimice, dar și de proces, a devenit o problemă deosebită,
având multe cerințe, de multe ori contradictorii, de rezolvat. Productivitatea instalațiilor de
sinteză prin piroliză laser au ajuns de la ordinul de mărime de mg/h la kg/h [2], [3]. Aceasta
înseamnă că aplicația a ajuns la scară industrială. Referindu-ne la durata sintezelor, aceasta
înseamnă în mod implicit și productivitate mare, dar s-a ajuns la o limitare drastică, datorită
sistemelor de recuperare a pulberii nanostructurate.

29 Principiul separării diferitelor materiale solide din fluide, prin aplicarea câmpului electric prin
diferitele sale forme, a fost aplicată cu scopul de curățare a fluidelor și nu în mod expres pentru
recuperarea pulberilor conținute, generic numite impurități. Aplicarea, în acest domeniu al
tehnicii și al tehnologiei, a separării electrostatice, cu scopul de a recupera materialul solid,
rezultat în urma unei sinteze prin piroliză laser și nu de-a curăța fluidul purtător, reprezintă o
noutate. Trecem pe scurt în revistă ceea ce s-a realizat până acum în acest domeniu. Există
un lung șir de brevete americane și nu numai în domeniu, care au fost studiate și putem să ne
referim la acestea ca fiind invenții care în domeniu sunt importante și definesc starea actuală
a tehnicii, în acest domeniu. Majoritatea au ca scop curățarea aerului respirat de diferite
particule solide, submicronice [4] și care utilizează și diferite materiale filtrante, fibroase. După
destinație, sunt filtre electrostatice, care au atât rolul de separare a particulelor solide, cât și a
micropicăturilor dintr-un fluid cu utilizare casnică sau industrială [5]. Pot avea mai multe trepte
de filtrare: grosieră mecanică și fină electrostatică [5], utilizate în camere curate în industria
microelectronică. Utilizarea elementelor poroase și a principiului separării prin câmp electro-
static, dar și rezolvarea problemei de montare-demontare ușoară și rapidă cu elemente, care
să asigure un cost de exploatare redus [6]. Una dintre soluții este interesantă [7], cu intro-
ducerea circuitului de fluid în sistemul de filtrare electrostatică cu rezistență aerodinamică mică,
destinată pentru camere curate de înaltă performanță, în industria semiconductoarelor. Pentru
separarea particulelor solide din gaze, electrodul colector este proiectat să aibă și funcția de
captare a particulelor solide, și să asigure și arderea/oxidarea simultană a acestora, dacă gazul

procesat conține și oxigen [8]. Electrozii pot fi în lungul curentului de gaz în planuri paralele, cu tensiuni diferite, aplicate pe electrozi, curentul aplicat este atât curent continuu, cât și în radiofrecvență, efectul urmărit fiind obținerea îmbunătățită a aglomerărilor de particule captate [9]. Destinația ținută a acestor filtre poate fi industria textilă [10], ținând cont de specificul materialelor solide de îndepărtat din aer. O soluție de filtru electrostatic complex este cel destinat purificării unui gaz care conține atât picături, cât și materiale solide [11], și rezolvă problema drenării lichidului separat și a reținerii materialelor solide, fiind o combinație de filtru mecanic și electrostatic, într-o manieră omogenă. Un filtru cu o durată mare de exploatare și cu eficiență îmbunătățită [12] este conceput pentru filtrarea aerului și aplicabil sistemelor de aer condiționat. O invenție care oferă gabarite reduse și o capacitate de colectare de praf cu mare eficiență față de soluțiile asemănătoare, destinate spațiilor publice (condițiile față de calitatea filtrării fiind mai mari în acest caz), necesită o abordare globală a reactorului în întregime și a debitelor de fluide, pentru o mai bună realizare a procesului de captare electrostatică și de colectare [13]. Sistemele destinate filtrării aerului sunt multiple și fiecare are câte o soluție care le adaptează condițiilor pentru care au fost elaborate [14], [15], [16], [17]. Ansambluri de filtrare, compuse din trei trepte, sunt concepute pentru îmbunătățirea performanțelor și destinate gazelor și lichidelor de curățat [18], [19]. O soluție compactă conține și un compartiment de vehiculare a fluidului, cu captare în două trepte cu preionizare [20], fiind destinată producției industriale pentru curățarea aerului. Una dintre invenții prezintă o soluție de separare a materialelor solide sub formă de praf sau lichide, cu destinația pentru sisteme de aer condiționat și aplicabil și în industria cimentului [21]. Aplicarea de electrozi multipli este o variantă constructivă care aduce îmbunătățiri caracteristicilor filtrului electrostatic [22]. Pentru mărirea duratei de funcționare, există soluții elaborate pentru curățarea electrozilor de captare [23], [24] cu un sistem cu cablu. Rezolvarea actuală, pentru mărirea productivității, este cuplarea alternativă de sisteme de filtrare, proces care însă este laborios, costisitor și dăunător pentru procesul de sinteză și perturbă continuitatea sintezei, într-o măsură mai mare sau mai mică. Acest sistem este aplicat în laboratoare. Există și alte metode de recuperare, cum ar fi epurarea în mediu lichid, proces care însă are dezavantajul că este complicat și modifică structura pulberii uscate, este costisitor și foarte complicat [25]. Această metodă nu este aplicabilă în toate cazurile de sinteză.

Este cunoscut, din documentul **FR 2843611 B1**, un electrofiltru de filtrare a unui gaz precum cel evacuat de un motor cu combustie, care este format dintr-o carcasă cilindrică, cuprinzând, în interior, un electrod periferic cilindric și un electrod central, tubular, coaxial cu acesta, la capătul căruia, gazele circulante în zona dintre electrozi sunt deviate, electrodul periferic având proeminențe de eficientizare a ionizării, particulele atrase electrostatic fiind colectate la baza electrofiltrului într-o zonă colectoare, electrodul central având, în interior, o rezistență electrică de încălzire a acestuia, alimentarea electrică fiind realizată de la o sursă de tensiune specifică.

De asemenea, documentul **JPS 607949 A** prezintă un electrofiltru, având un sac de filtrare central, cu deschidere la partea inferioară, plasat în interiorul unei camere de filtrare, având electrozi de ionizare și de reținere a particulelor de praf, care formează o cameră de descărcare poziționată în interiorul cavității cilindrice a carcasei electrofiltrului, prevăzută cu o intrare laterală și cu o ieșire superioară ce comunică cu camera de filtrare, pentru ieșirea gazului purificat mecanic, gravitațional și electrostatic prin trecerea forțată prin sacul de filtrare și prin camera de filtrare.

Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în realizarea unui filtru de recuperare a unor pulberi nanostructurate, sintetizate prin piroliză laser, relativ simplu și ieftin, dar care să asigure o rată ridicată a recuperării pulberii, cu păstrarea purității acesteia, să nu perturbe continuitatea sintezei și să permită o montare-demontare facilă.

Filtrul electrostatic, recuperator de pulberi nanostructurate, sintetizate prin piroliză cu laser, din precursori lichizi sau gazoși, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică, prin aceea că este compus din trei trepte de filtrare: una electrostatică, una gravitațională și una mecanică și/sau lichidă, formate într-o incintă închisă în care presiunea este în domeniul vidului preliminar, având un corp cilindric transparent sau cu vizor, delimitat de două capace metalice din oțel inoxidabil, cu flanșe de legătură demontabile, fixate etanș pe corpul cilindric, prin materiale elastice, compatibile, prin asamblare cu tiranți tubulari, ce cuprinde în interior un electrod cilindric și un electrod central, tubular, dispus coaxial, la capătul căruia, gazele circulante în zona dintre electrozi sunt deviate, cu electrozi secundari de preionizare pe unul dintre electrozi, și cu o zonă de colectare a particulelor atrase electrostatic, la baza electrofiltrului conectat electric la o sursă de curent adecvată. Electrocul cilindric este fixat în interiorul unui cilindru din material electroizolant, între capacul superior și o membrană transversală, electroizolantă, ce formează o cameră de colectare cu o altă membrană electroizolantă de la baza cilindrului electroizolant, electrozii secundari de preionizare fiind prevăzuți la partea superioară a electrodului central, iar în partea inferioară, fiind amplasat un filtru mecanic sau cu lichid.

Invenția reprezintă o aplicație a principiului captării de materiale și de substanțe în câmp electrostatic, într-un domeniu în care nu există referințe privind o asemenea aplicație. Este rezultatul observațiilor și al efectuării a numeroase sinteze de pulberi nanostructurate, prin piroliza laser, din diferiți precursori și cu diferite feluri de procesare a precursorilor.

Față de toate celelalte variante de filtre electrostatice, filtrul electrostatic cu mare debit recuperator de pulberi nanostructurate, sintetizate prin piroliză cu laser, din precursori lichizi sau gazoși, nu este un filtru de curățare a unui anumit mediu fie gazos sau lichid, ci un filtru tehnologic al cărui scop este recuperarea unui produs rezultat în urma unui proces tehnologic. Dacă majoritatea filtrelor din acest domeniu de filtre electrostatice prin funcționalitatea lor sunt destinate de a curăța un mediu de impurități și nu au în vedere protejarea și recuperarea impurităților reținute, invenția rezolvă și asigură condiții de protejare a acestora de contaminare prin orice căi, invenția are ca scop recuperarea unui produs de înaltă puritate la nivel molecular și în acest proces de recuperare să păstreze puritatea chimică a materialelor nanostructurate, pentru care este destinat acest sistem de filtru. Condițiile de mediu sunt aspre, având în vedere, în primul rând, tot procesul care are loc la diferite niveluri de vid, inclusiv la limita vidului preliminar, la o presiune absolută de minimum 10^{-2} mbari. Sunt aplicate trei moduri de filtrare-captare, cu scopul de mărirea duratei procesului de sinteză și a cantității produsului. Există câteva tendințe antagoniste: procesul de colmatare a filtrelor, nivelul granulației de filtrare și volumul materialului recuperat. Dimensionarea filtrului este scalată pentru fiecare caz de aplicație, în mod specific.

Recuperarea pulberilor nanostructurate este ușoară și completă, datorită suprafețelor de depunere lise. Este îndeplinită condiția de curățare riguroasă înainte de schimbarea sintezei, pentru a nu deveni pulberea contaminată cu pulberi de altă natură și structură din cele procesate anterior.

Pentru mărirea eficacității de captare prin fenomenul electrostatic, sunt prevăzute electrozi de preionizare la intrarea fluxului de gaze procesate în camera de reacție în câmpul electrostatic.

Adaptabilitatea sistemului față de sistemele și condițiile concrete este foarte bună și trebuie subliniată în mod special.

Filtrul electrostatic, recuperator de pulberi nanostructurate, este compatibil cu diferite genuri de sinteze, prin piroliza cu laser, din precursori lichizi sau gazoși, toxici sau periculoși.

Este compatibil cu procesele de postprocesare, cum ar fi oxidarea controlată. Este posibilă dotarea cu sisteme de izolare, pentru a asigura și păstra o atmosferă de postprocesare controlată. Este asigurată sterilitatea biologică a sistemului, pentru a procesa pulberi care urmează să aibă utilizare în domeniul biomedical.	1 3
Creșterea duratei sintezelor de nanostructuri prin piroliza laser îmbunătățește omogenitatea pulberilor obținute, datorită reducerii timpului relativ de amorsare și de oprire a sintezelor (timpul de amorsare și de oprire a sintezei, raportate la durata totală a sintezei).	5 7
Filtrul electrostatic, conform invenției, mai prezintă următoarele avantaje:	
- elimină una dintre cauzele de modificare graduală a parametrilor sintezei, având în vedere că fenomenul de colmatare nu există, și în felul acesta instabilitatea parametrilor procesului de sinteză, produsă de funcționarea sistemelor de control și de stabilizare automată a presiunii, este eliminată;	9 11
- față de sistemele care utilizează schimbarea alternativă de sisteme paralele de filtrare-recuperare prin metode mecanice, prezintă avantajul că nu perturbă continuitatea sintezei și nu produce efecte de oscilații ale parametrilor sintezei, este mai ieftin de realizat, simplu în exploatare și scalabil în stații pilot sau industrial;	13 15
- față de sistemele de recuperare cu lichide, care sunt aplicabile unor cazuri speciale și implică procesări chimice speciale, ulterioare, costisitoare și complicate, invenția prezintă avantajul că este realizată cu costuri semnificativ mai mici;	17 19
- universalitatea și adaptabilitatea față de diferite tipuri de instalații de piroliză cu laser care utilizează și precursori toxici și periculoși, cum ar fi SiH_4 , $\text{Fe}(\text{CO})_5$, TTIP, TEOS etc.;	21
- montare-demontare ușoară, cu asigurarea condițiilor de puritate și de sterilitate a pulberilor nanostructurate, sintetizate;	23
- poate fi testată și parametrii adaptați față de cazurile particulare de instalații de sinteză cu piroliză laser;	25
- costurile de realizare sunt reduse față de alte sisteme de filtrare și recuperare, mai ales, față de sistemele de recuperare cu lichide;	27
- rezistența gazodinamică are valori reduse față de sistemele utilizate în mod curent cu filtrare mecanică.	29
Invenția este prezentată pe larg, în continuare, în legătură și cu figura, care reprezintă schema principală a filtrului electrostatic cu mare debit, recuperator de pulberi nanostructurate, sintetizate prin piroliză cu laser, din precursori lichizi sau gazoși.	31
Conform invenției, filtrul electrostatic este compus din trei trepte de filtrare:	33
- prima treaptă, principală, de recuperare, este recuperatorul electrostatic care captează cantitatea principală de nanopulberi;	35
- treapta a doua este o treaptă gravitațională, care produce o detentă și o scădere a vitezei gazelor de transport, în care direcția fluxului descendent al gazelor este schimbată și această schimbare de direcție și de viteză, combinată cu efectul câmpului electric și cu reducerea vitezelor de scurgere, produce o depunere gravitațională a pulberilor;	37 39
- treapta a treia este o treaptă de filtrare cu un material microporos, o treaptă de filtrare mecanică uzuală în sistemele de recuperare prin filtrare mecanică a pulberilor sau o treaptă de filtrare lichidă prin barbotare, în funcție de argumentul economic. Prima treaptă, electrostatică, este dimensionată pentru preluarea, prin depunere, a 80...90% din cantitatea de pulbere și asigură o secțiune de trecere a fluidului în așa fel, încât viteza de curgere a gazelor să rămână în limite în care depunerea este optimă.	41 43 45
Invenția creează condițiile de reținere și de stocare ale particulelor în cantități care să facă ca funcționalitatea filtrului electrostatic să fie menținută atâta timp cât sinteza de nanoparticule cu laser nu este încheiată din alte motive decât posibilitatea de recuperare.	47

1 Sursa de curent continuu de înaltă tensiune produce câmpul electrostatic printr-un
electrod central și o suprafață colectoare cilindrică lisă. Există posibilitatea de schimbare a
3 polarității electrozilor, precum și de modificare a tensiunii aplicate în funcție de pulberea de
recuperat. Pentru curățarea periodică a electrozilor și mutarea pulberii colectate în camera de
5 stocare gravitațională, se aplică o serie de schimbări ale polarității, cu o anumită frecvență, care
ține cont de inerția aglomerărilor de pulbere.

7 În figura atașată, pozițiile 1 și 7 sunt capace din material izolator electric, combinat cu
elemente metalice, fixate etanș pe corpul 2, cilindric, prin materiale elastice, compatibile, prin
9 asamblare cu tiranții 3, tubulari, ce cuprinde, în interior, un electrod cilindric 6 și un electrod
central 13, tubular, dispus coaxial, la capătul căruia gazele circulate în zona dintre electrozi sunt
11 deviate, și care are la partea superioară niște electrozi secundari 14, de preionizare. Electrocul
cilindric 6 este fixat în interiorul unui cilindru 4, din material electroizolant, între capacul 1,
13 superior și o membrană 9, transversală, electroizolantă, ce formează o cameră de colectare
cu o altă membrană 11, electroizolantă, de la baza cilindrului 4, electroizolant. O zonă de colec-
15 tare a particulelor atrase electrostatic este formată la baza electrofiltrului. Poziția 15 arată sen-
sul și, proporțional cu numărul săgeților, viteza fluxului purtător de nanostructuri, care traver-
17 sează spațiul inelar dintre electrozi. Nanoparticulele se depun datorită unor foite electrostatice
5, care acționează asupra acestora și datorită forței gravitaționale realizând depuneri 10, în
19 urma acțiunii combinate a forțelor electrostatice și gravitaționale. Un filtru 8, mecanic, micro-
poros sau textil, sau cu lichid, amplasat în partea inferioară a electrofiltrului, protejează circuitul
21 de vid împotriva acțiunii nanoparticulelor care erodează și, în final, deteriorează pompa de vid
și alte elemente din circuit, în final, putând produce poluare. Pozițiile 16 reprezintă instalația de
23 sinteză cu piroliză laser, iar poziția 17 reprezintă sistemul de evacuare a gazelor de transport.
O sursă 12, de curent, reprezintă sistemul de alimentare cu curent continuu de înaltă tensiune,
25 care creează câmpul electric sub acțiunea căruia se depun pulberile nanostructurate pe
electrozi.

27 Realizarea filtrului electrostatic cu mare debit, recuperator de pulberi nanostructurate,
sintetizate prin piroliză cu laser, din precursori lichizi sau gazoși, se face prin calcularea și
29 proiectarea pe baza datelor furnizate privind instalația de sinteză de piroliză cu laser. Aceste
elemente sunt determinante în ceea ce privește dimensiunile principale ale filtrului electrostatic.
31 Realizarea se face din elemente metalice din oțel inoxidabil și din materiale dielectrice suficient
de dure și cu posibilitate de curățare cu solvenți uzuali. Etanșările se realizează din cauciuc
33 rezistent la solvenți. Instalația electrică este capabilă să genereze o tensiune înaltă, suficientă
pentru a crea câmpul electrostatic care să producă efectul de aglomerare a nanoparticulelor.
35 Controlul sistemului electric trebuie să asigure stabilitatea sistemului de recuperare. Elementele
de securitate sunt cele uzuale.

37 Aplicația industrială este cerută de nivelul la care s-a ajuns în domeniul sintezei de
nanostructuri, față de care cerințele în diferite domenii au o tendință crescătoare. Productivitatea
39 de nanostructuri a ajuns la nivel de instalații pilot, la un ordin de mărime de kg/h, în cazul
nanopulberilor de SiC, TiO₂ etc. Atașarea la asemenea instalații de sinteză reprezintă modul
41 de aplicare industrială. Invenția este recomandabilă prin caracteristicile pe care le are și datorită
problemelor tehnice pe care le rezolvă.

Filtru electrostatic, recuperator de pulberi nanostructurate, sintetizate prin piroliză cu laser, din precursori lichizi sau gazoși, compus din trei trepte de filtrare: una electrostatică, una gravitațională și una mecanică și/sau lichidă, formate într-o incintă închisă în care presiunea este în domeniul vidului preliminar, având un corp (2) cilindric transparent sau cu vizor, delimitat de două capace (1 și 7) metalice din oțel inoxidabil, cu flanșe de legătură demontabile, fixate etanș pe corpul (2) cilindric, prin materiale elastice compatibile, prin asamblare cu tiranți (3) tubulari, ce cuprinde, în interior, un electrod cilindric (6) și un electrod central (13), tubular, dispus coaxial, la capătul căruia gazele circulate în zona dintre electrozi sunt deviate, cu electrozi secundari (14) de preionizare, pe unul dintre electrozi, și cu o zonă de colectare a particulelor atrase electrostatic, la baza electrofiltrului conectat electric la o sursă (12) de curent adecvată, **caracterizat prin aceea că** electrodul cilindric (6) este fixat în interiorul unui cilindru (4) din material electroizolant, între capacul (1) superior și o membrană (9) transversală, electroizolantă, ce formează o cameră de colectare cu o altă membrană (11) electroizolantă de la baza cilindrului (4) electroizolant, electrozii secundari (14) de preionizare fiind prevăzuți la partea superioară a electrodului central (13), iar în partea inferioară, fiind amplasat un filtru (8) mecanic sau cu lichid.

Referințe bibliografice

- [1]. M. Amara, M. El Ganaoui and D. Hourlier, "A preliminary study on the nanopowders synthesis: the role of the flow inside the reactor", *Mecanique & Industries*, March 2006 7 Issue 02: pp 131-137.
- [2]. Adrien Reau, Benoit Guizard, Cyrille Mengeot, Loic Boulanger, Francois Tenegal, "Large scale production of nanoparticles by laser pyrolysis", *Materials Science Forum* (Volumes 534-536) 85-88, *Progress in Powder Metallurgy*, DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.534-536.85.
- [3]. Adrien Reau, Benoit Guizard, Jerome Canel, Jean Galy, and Francois Tenegal, "Silicon carbide nanopowders: the parametric study of synthesis by laser pyrolysis", *J. Am. Ceram. Soc.*, 95 [1] 153-158(2012), DOI: 10.1111/Ij. 1551-2916.2011.04860.x.
- [4]. Kazushi Kimura, "Electrostatic filter", Patent 5,935,303/1999.
- [5]. Peter R. Bossard, "Electrostatic filter", Patent 4,744,910/1988.
- [6]. Donald E. Thompson, "Electrostatic filter", Patent 5,332,485/1994.
- [7]. Peter R. Bossard, "Electrostatic filter", Patent 4,737,169/1988.
- [8]. Ernst-Michael Reichle, Matthias Seel, "Electrostatic filter", Patent 4,871,515/1989.
- [9]. Louis Schwab, "Electrostatic gas filters", Patent 3,816,980/1974.
- [10]. Gaylord W. Penney, "Electrostatic dust filter", Patent 3,910,779/1975.
- [11]. Magnus Alskog, "Electrostatic filter", Patent 3,979,189/ 1976.
- [12]. Senichi Masuda, Naoki Sugita, "High efficiency electrostatic air filter device", Patent: 4,357,150/1982.
- [13]. Naoki Sugita, Yutaka Hatta, "Electrostatic filter dust collector", Patent 4,750,921/ 1988.
- [14]. Gilbert W. Burnett, Paul D. Jackson, "Dual-dipole electrostatic air filter", Patent 4902306/1990.
- [15]. Vance Bergeron, Laurent Adrien Fullana, "Electrostatic filter", Patent US 7,279,028 B2.

RO 128367 B1

- 1 [16]. Vance Bergeron, Laurent Adrien Fullana, "Electrostatic filter having insulated
electrodes", Patent US 7,452,410/2008.
- 3 [17]. Johan Marra: 'Electrostatic particle filter', Patent No.: US 8,123,840 B2/2012
[18]. Donald E. Thompson, 'Electrostatic filter', Patent: 5,630,926/1997
- 5 [19]. Donald E. Thompson, 'Electrostatic filter', Patent: 5,785,834/1998
[20]. Andrzej Loreth, Vilmos Torok, "Two-stage electrostatic filter", Patent US 5,993,521
7 A/1999.
- [21]. Rodney John Truce, "Electrostatic filter", Patent US 6,926,758 B2/2005.
- 9 [22]. Tlpo Kulmala, Tampere, Kimmo Heinonen, "Electrostatic filter construction", Patent
US 7160363 B2/2007.
- 11 [23]. Jiirg Meister, "Electrostatic filter", Patent US 8257469 B2/2012.
[24]. Jorg Meister, "Electrostatic filter", Patent US 20100236412 A1/2010.
- 13 [25]. B. Guizard and F. Tenegal, "Liquid recovery of TiO nanoparticles synthesized by
laser pyrolysis", NanoSate 2008 conference November 4-71 h 2008, Grenoble France.
- 15 [25] [http:// www. docstoc. com/docs/101279389/Liquid - recovery - of - TiO -
nanoparticles - synthesized-by-laser-pyrolysis.](http://www.docstoc.com/docs/101279389/Liquid-recovery-of-TiO-nanoparticles-synthesized-by-laser-pyrolysis)

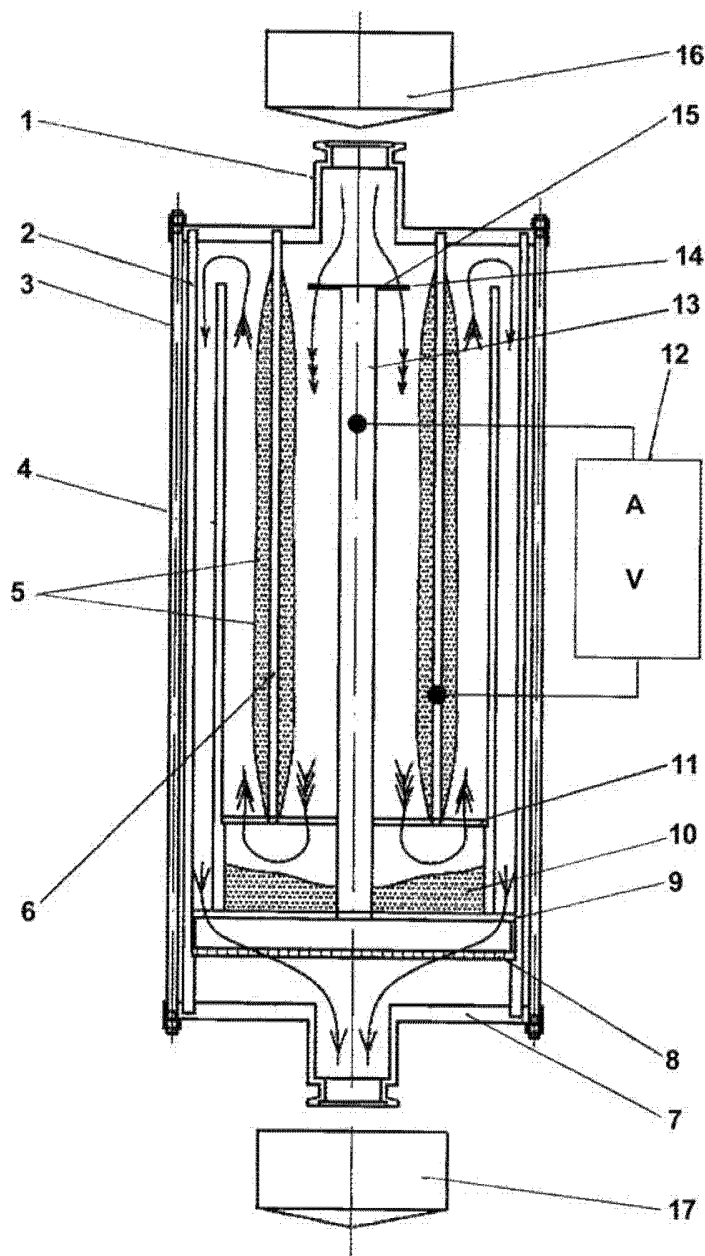
(51) Int.Cl.

B03C 3/14 (2006.01),

B03C 3/155 (2006.01),

B03C 3/017 (2006.01),

F01N 3/01 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 775/2014