



(11) **RO 131388 B1**

(51) **Int.Cl.**  
**B82Y 30/00** (2011.01);  
**B01J 19/12** (2006.01);  
**B01J 19/08** (2006.01)

(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00205**

(22) Data de depozit: **23/03/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2019** BOPI nr. **10/2019**

(41) Data publicării cererii:  
**30/09/2016** BOPI nr. **9/2016**

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

(72) Inventatori:  
• **BĂDOI ANCA DANIELA, STR.NOVACI  
NR.4, BL.S9, SC.2, AP.54, ET.4, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **GAVRILĂ-FLORESCU CARMEN LAVINIA,  
STR. FOCȘANI NR. 4, BL. M183, SC. 1,  
AP. 200, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA D  
NR.7, BL.A 5, SC.B, ET.3, AP.26,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 7981396 (B2); US 2003161782 (A1);  
US 2007160522 (A1)**

(54) **METODĂ DE SINTEZĂ DE NANOTUBURI  
ȘI/SAU NANOPARTICULE/ NANOSTRUCTURI  
ÎN FLUX DIRECT PRIN PIROLIZĂ**



# RO 131388 B1

1           Invenția face parte din domeniul tehnic al nanotehnologiilor și tehnologiilor laser cu referire la sinteza de nanotuburi și nanomateriale fotocatalitice.

3           Nanotuburile de carbon (NTC) sunt forme alotropice ale carbonului, cu o nanostructură cilindrică, și pot fi cu un singur perete sau cu pereți multipli, toroidale, combinație cu fulerenă etc. Dimensiunile caracteristice sunt diametrul (d) și lungimea (l). Raportul specific l/d a NTC poate să aibă ordinea de mărime de  $10^8$ . Proprietățile deosebite semnificative a NTC: rezistență mecanică, duritate; proprietățile electrice: comportament de conductor sau semiconductor etc.; proprietăți cinetice: culisare/rotație fără frecare între ele în cazul cu pereți multipli; proprietăți optice; proprietăți termice: stabilitate în vid/aer 2800/750°C; defectele și efectul lor asupra proprietăților; bio-toxicitatea etc. Metode de obținere a NTC: descărcare în arc electric, ablație cu laser, cu flacăra de plasmă, precum și depunere chimică cu vapori (CVD) cu diferite variante, etc.

13           Este cunoscută, din brevetul **US 7981396 (B2)-2011.07.19**, o metodă de sinteză a nanostructurilor de carbon, preparându-se catalizatori metalici cu diametru mic și distribuție îngustă a dimensiunilor particulelor care se injectează continuu sub formă de aerosoli într-un reactor, catalizatorii metalici fiind susținuți pe suporturi care sunt în mod substanțial fără carbon, iar reactorul este configurat pentru a controla debitul gazelor.

19           De asemenea, este cunoscut, din cererea de brevet **US 2003161782 (A1)**, un procedeu de preparare a nanotuburilor sau a nanofibrelor de carbon, care constă în introducerea într-o fază gazoasă a unei soluții coloidale de nanoparticule metalice conținând opțional un surfactant împreună cu o sursă de carbon într-un reactor încălzit, forma și structura nanotuburilor putând fi ușor controlate.

23           Este cunoscut, din cererea de brevet **US 2007160522 (A1)** un procedeu de obținere a nanotuburilor de carbon la o temperatură și presiune relativ scăzută decât metodele convenționale utilizând un material pe bază de hidrocarburi lichide.

27           Domeniile de aplicații sunt în domeniul structural, biomedical, circuite/cabluri electrice, nanomecanisme, baterii, materiale de acoperire, textile, optică, acustică, decontaminarea apei, etc. Descoperirea NTC a devenit posibilă după apariția microscopului electronic prin transmisie (TEM). Din punct de vedere practic și determinant pentru definirea stadiului tehnicii, au importanță metodele de obținere prin:

31           - ablație cu laser;

33           Instalațiile de ablație cu laser sunt caracterizate printr-un tub de reacție prin care circulă un flux de gaz neutru, ținta din carbon cu conținut de catalizator, un fascicul laser, o sursă de căldură pentru mediul de creștere a NTC și sistemul de colectare [**C. D. Scott, S. Arepalli, P. Nikolaev, R. E. Smalley, "Growth mechanisms for single-wall carbon nanotubes in a laser-ablation process", Appl. Phys. A 72, 573-580 (2001)**]. Utilizează o radiație laser intensă la vaporizarea unei ținte de carbon care conține, o mică cantitate de metale, cum ar fi nichel, fier, yttrium, sulf, nichel, molibden, cobalt, pentru catalizare și este amplasat în cuptorul tubular [**Tanguy Amodeo, Christophe Dutouquet, Francois Tenegal, Benoît Guizard, Hicham Maskrot, Olivier Le Bihan, Emeric Frejafon, "On-line monitoring of composite nanoparticles synthesized in a pre-industrial laser pyrolysis reactor using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)", Spectrochimica Acta Part B -Atomic Spectroscopy, 2008, 63 (10), pp. 1183-1190**]. Temperatura în tubul reactor, din quartz, este de 900...1200°C, la o presiune de circa 500 Torr și debit de Ar de 1000 SCCM [**B. Zhao, D. B. Geohegan, A. A. Puretzky, H. Hu, D. Styers-Bamett, I. Ivanov, P. Britt and C. M. Rouleau, "Purification of Single-Walled Carbon Nanotubes and the Production of SWNT Thin films and SWNT/Elastin composites", Carbon International Conference 2007**].

# RO 131388 B1

Ordinea de mărime a radiației laser și a modului de procesare este distanța focală de 2000 mm/diametru de 6...7 mm/750 mm [T. Guo, P. Nikolaev, A. Thess, D. T. Colbert, R. E. Smalley, "Catalytic growth of single-walled nanotubes by laser vaporization", <b>Chemical Physics Letters 243 (1995) pp. 49-54</b> ].	1
- descărcare în arc electric caracterizat prin calitate înaltă, cu puritate scăzută și productivitate mică;	3
- depunerea chimică cu vapori (CVD). Instalațiile cu depunerea chimică cu vapori (CVD) sunt caracterizate printr-un amestec de gaz/vapori de transport compus din sursa de hidrocarbură și gaz inert, controlate printr-un amestecător și sistem de debitmetre, sistem de control al presiunii, tub de reacție, sursă de energie termică sau plasmă, sistem de control a temperaturii, catalizator și sistem de recuperare și de vehiculare a gazului de transport;	5
- metoda derivată este sinteza pirolitică prin injecție directă (DIPS - Direct Injection Pyrolytic Synthesis). Camera de reacție este un tub de 50 mm în poziție verticală, lung de 600 mm, și este încălzit la 1200°C. Este o metodă productivă și de bună calitate;	7
- metoda derivată este prin descompunerea termică a precursorilor;	9
- metoda pentru mărirea productivității prin utilizarea precursorilor lichizi.	11
Invenția rezolvă următoarele probleme:	13
- posibilitatea utilizării unor tipuri de lasere cu $\lambda = 1...10,6 \mu\text{m}$ , dezvoltate în ultima perioadă, care sunt motivate din punct de vedere economic, cum ar fi laserele: a) cu mediu activ solid cu fibră, cu disc; b) cu semiconductori, diode. În tabelul 1 sunt prezentate comparativ diferite tipuri de lasere. Rezolvă cuplajul energetic între radiația laser și precursori prin particule solide;	15
- transportul și prelucrarea radiației laser devine flexibilă prin transportul cu fibră optică și eliminând calea cu oglinzi reflective exclusiv;	17
- realizarea cu sisteme industriale de secțiuni de fascicul diferite și, implicit, secțiunea camerei de reacție, circulară, liniară, dreptunghiulară, pătrată, cu dimensiuni de ordinul dia. 80 mm cu secțiunea de $50 \text{ cm}^2$ , până la $64 \text{ cm}^2$ ;	19
- utilizarea de precursori solizi cu mare eficiență de transfer energetic radiație laser-material solid din prima treaptă de sinteză, în cazul instalațiilor cu mai multe trepte de procesare; vezi mai sus stadiul tehnicii;	21
- sinteza de nanotuburi în flux direct, prin această metodă nouă, care diferă de cele consacrate și prezentate în stadiul tehnicii, deschide calea pentru aplicații într-adevăr industriale;	23
- utilizarea combinațiilor de precursori este posibilă și se are în vedere combinația de donori de carbon gazoși și lichizi;	25
- alimentarea precursorilor solizi se poate face prin mediu de transport lichid sau gazos;	27
- precursorul solid poate fi de dimensiune micro- sau nanometrică, nanoparticule sintetizate în prealabil;	29
- se pot exclude orice surse de energie adiționale în afară de cea a radiației laser;	31
- metoda de sinteză de nanotuburi (NT) în flux direct prin piroliza laser elimină dezavantajele metodelor: ablație cu laser, descărcare în arc electric, depunerea chimică cu vapori (CVD), sinteza pirolitică prin injecție direct (DIPS - Direct Injection Pyrolytic Synthesis), prin descompunerea termică a precursorilor, metoda pentru mărirea productivității prin utilizarea injectării directe a precursorilor lichizi;	33
- invenția contribuie la reducerea consumului de energie sub formă electrică, și la micșorarea costurilor investiționale;	35
- temperaturile de sinteză de 900...1200°C sunt realizate strict în zonele de reacție eliminând cuptoarele de încălzire;	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

# RO 131388 B1

1 - pe baza rezultatelor experimentale se pot realiza temperaturi de până la 3000°C la  
care și carbonul există în stare de vapori cu noi posibilități de interacțiune între particule.

3 Invenția sintetizează realizările experimentale obținute în domeniul obținerii de  
nanoparticule/nanostructuri (NP/NS) cu laser. Valorifică rezultatele și experiența în domeniul  
5 interacțiunii radiației laser cu materia. S-au avut în vedere realizările în domeniul surselor de  
radiație laser. Au apărut noi sisteme de generare și de transport al fasciculului, cum ar fi  
7 laserii cu fibră, cu diodă, cu disc, cu pompaj în radiofrecvență etc. Există posibilitatea de  
transport prin fibră. În domeniul sintezelor cu laser de NP/NS a apărut o nouă abordare în  
9 privința precursorilor în sensul ca s-a extins utilizarea precursorilor din starea de agregare  
în exclusivitate în stare gazoasă în cele lichide și solide. Cele lichide sunt procesate în  
11 camera de reacție cu multe dezavantaje, și în amonte de camera de reacție prin procesarea  
lor clasică cu barbotare, dispersie ultrasonică (DUS) și prin vaporizare termică. Noutatea  
13 este că, față de precursorii în stare de vapori, se pot aduce precursorii în stare de gaz  
depășind temperatura de fierbere a precursorului lichid. În urma combinării rezultatelor în  
15 domeniul tehnic al laserilor sub două aspecte: cea a generatorului de radiație și cea a  
interacțiunii radiație laser-materie, a devenit posibilă utilizarea directă a precursorilor solizi.  
17 Principala problemă în calea utilizării a noilor tipuri de generatoare de radiație laser (GRL)  
a fost specificul generării printr-o anumită lungime de undă, care însă prezintă o problemă  
19 de cuplare cu precursorii, considerați a fi numai sub formă fizică de stare de agregare  
gazoasă. Radiația laser general utilizată a fost cea obținută de la laserii cu CO<sub>2</sub> în domeniul  
21 infraroșu, cu lungimea de undă de  $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ . Lungimea de undă a laserilor a devenit chiar  
submironic, în care caz majoritatea solidelor cuplează energetic cu radiația. Au fost introduse  
23 ca precursori și materiale solide, atât macro, cât și micro/nanometrice. În baza rezultatelor  
experimentale, s-a ajuns la utilizarea în prima etapă a precursorilor macro/nanoparticule  
25 (M/NP). Sursa de fascicul laser, ținând cont de rezultatele spectaculoase în domeniu, poate  
fi cu mediu activ solid cu fibră, cu disc; cu semiconductor, diode.

27 În tabelul 1 sunt prezentate comparativ diferite tipuri de lasere. Posibilitatea utilizării  
unor astfel de tipuri de lasere din punct de vedere economic sunt fezabile. Procesarea  
29 radiației laser devine flexibilă prin transportul cu fibră optică și elimină calea cu oglinzi  
reflective. Transferul energetic radiație laser-material solid are loc în prima treaptă de  
31 sinteză, în cazul instalațiilor de sinteză cu mai multe trepte de procesare, vezi mai sus stadiul  
tehnicii. Sinteza de nanotuburi și de NP/NS se realizează în flux direct, fiind o cale pentru  
33 aplicații industriale prin piroliza laser. Alimentarea precursorilor solizi, de dimensiune micro-  
sau nanometrică, nanoparticule sintetizate în prealabil, se realizează prin mediu de transport  
35 lichid sau gazos, utilizarea combinațiilor de precursori este posibilă și se are în vedere  
combinația de donori de carbon gazoși și/sau lichizi. Se exclud orice surse de energie  
37 adiționale în afară de cea a radiației laser, eliminând cuptoarele pentru furnizare de energie.  
Temperaturile de sinteză tradiționale de 900...1200°C sunt realizate strict în zonele de  
39 reacție, eliminând cuptoarele de încălzire. Pe baza rezultatelor experimentale se pot realiza  
temperaturi de până la 3000°C, la care și carbonul există în stare de vapori cu noi posibilități  
41 de interacțiune între particule. Metoda de sinteză de nanotuburi (NT) în flux direct prin  
piroliza laser, conform invenției, elimină dezavantajele metodelor, cum ar fi ablația cu laser,  
43 descărcarea în arc electric, depunerea chimică cu vapori (CVD), depunerea chimică cu  
vapori modificată (MCVD), sinteza pirolitică prin injecție directă (DIPS- Direct Injection  
45 Pyrolytic Synthesis), prin descompunerea termică a precursorilor, metoda pentru mărirea  
productivității prin utilizarea injectării directe a precursorilor lichizi. Invenția reduce consumul  
47 de energie sub formă electric, și micșorează costurile investiționale și de întreținere.

# RO 131388 B1

În fig. 1 sunt reprezentate schematic principalele compartimente componente în sensul proceselor tehnologice. Laserul industrial, în conformitate cu tabelul 1, poate fi cu gaz cu CO<sub>2</sub> sau cu mediu activ solid cu Nd:YAG, cu fibră, disc, diodă etc., neavând importanță la interacțiunea radiației cu materia solidă sub formă de particule MP/NP lungimea de undă a radiației. Transportul fasciculului laser **TFL** poate fi prin fibră sau clasic cu oglinzi. Fasciculul laser este prelucrat prin colimarea lui **CFL**, la un diametru convenabil și/sau focalizat dacă este necesar, realizarea cu sisteme industriale de secțiuni de fascicul diferite care determină implicit secțiunea camerei de reacție, circulară, liniară, dreptunghiulară, pătrată, cu dimensiuni de ordinul dia. 80 mm cu secțiunea de 50 cm<sup>2</sup>, până la 64 cm<sup>2</sup>. În două compartimente se procesează precursorul solid **PPS** și, respectiv, precursorul gazos **PPG** cu aport de C, în cazul sintezei de nanotuburi **NT**. Precursorii sunt injectați în camera de reacție, unde are loc sinteza de **NT** sau de alte **NP/NS**. Prin ansamble separate sunt injectate gaze de răcire **GR** și gaz de protecție **GP** pe captatorul fasciculului rezidual **BS**. Ultima operație este recuperarea colectarea de **NT/NP**. Fasciculul este transportat prin fibra optică **FO**, de diametru **DF**, în colimatorul poziția 1, vezi fig. 2, unde, printr-o lentilă de colimare **LC**, cu distanța focală **DFC**, fasciculul este colimat la un diametru DFN, nefocalizat. Focalizat, se pot obține secțiuni de diferite forme, fig. 3, și de diferite dimensiuni, conform tabelului 2, secțiune fascicul după procesare, implicit camera de reacție. Colimatorul are o fereastră optică de protecție **FP**. Prin fereastra optică 2, fasciculul accede în capul de injectare 3, unde, prin injectorul de precursori IP 4, sunt introduși precursorii în camera de reacție, care este răcit printr-o manta cu apă 6, zona de reacție este protejată printr-un material ceramic sau grafit 5, în caz de compatibilitate. În zona de reacție 7 are loc transferul energetic fascicul laser-materia solidă, iar temperatura poate să ajungă la temperaturi până la 3000°C. Prin injector 8, se introduc gaze de răcire **GR** și, respectiv, de protecție împotriva depunerilor. Fasciculul rezidual este captat prin poziția 9. Canalul de gaz face un unghi  $\alpha$  cu axa camerei de reacție. Temperatura în camera de reacție este funcție de parametri constructivi, cinetici, fizici/presiune, temperatura inițială etc: lungimea camerei de sinteza (l) conform fig. 3, puterea fasciculului, densitatea de putere/puterea fasciculului raportat la secțiune, densitatea și caracteristicile precursorului solid, viteza de curgere a precursorilor etc.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Este rezolvată sinteza de nanotuburi și/sau nanoparticule/nanostructuri în flux direct prin piroliza laser, care nu era posibilă fără transferul energetic între radiație și material solid;
- Temperaturile de sinteză de 900...1200°C sunt realizate strict în zonele de reacție eliminând cuptoarele de încălzire;
- Se pot realiza temperaturi de până la 3000°C la care și carbonul există în stare de vapori cu noi posibilități de interacțiune între particule;
- Folosește experiența în procesarea materialelor solide în alte aplicații industriale, cum ar fi depunerea cu laser de pulberi;
- Utilizarea unor tipuri de lasere care nu erau posibil de utilizat decât parțial în ablații, dar care, din punct de vedere economic, sunt justificate, și care au atins un nivel calitativ industrial: cu mediu activ solid cu fibra, cu disc; cu semiconductori, diode;
- Transportul și prelucrarea radiației laser devine flexibilă prin transportul cu fibră optică și eliminând calea cu oglinzi reflective;
- Utilizarea de precursori solizi, cu mare eficiență de transfer energetic radiație laser-material solid, în prima treaptă de sinteză în cazul instalațiilor cu mai multe trepte de procesare, dar la care prima treaptă întotdeauna este cu radiație în infraroșu (IR), vezi mai sus stadiul tehnicii;

# RO 131388 B1

- 1 - Precursorul solid este de dimensiuni micro sau nanometrice, nanoparticule sintetizate în prealabil;
- 3 - Utilizarea combinațiilor de precursori, mixtura de combinație de donori de carbon gazosi și lichizi;
- 5 - Alimentarea precursorilor solizi se face prin mediu de transport lichid sau gazos;
- 7 - Sinteza de nanotuburi și NP/NS în flux direct, prin această metodă nouă, care diferă de cele consacrate și prezentate în stadiul tehnicii, cu aplicații industriale;
- 9 - Se exclude folosirea oricărei surse adiționale de energie, în afară de cea a radiației laser;
- 11 - Se reduce consumul de energie sub formă electrică, și la micșorarea costurilor investiționale.

Invenția este prezentată pe larg în continuare, în legătură și cu fig. 1...3.

13 Fig. 1 reprezintă schema bloc a metodei de sinteză de nanotuburi și/sau nanoparticule/nanostructuri în flux direct prin piroliza laser. Principalele compartimente componente în sensul proceselor tehnologice sunt: laserul industrial, cu gaz cu CO<sub>2</sub>, cu mediu activ solid cu Nd:YAG, cu fibră, disc, diodă etc. Transportul fasciculului laser **TFL**, prin fibră optică. Fasciculul laser este expandat în colimatorul fasciculului laser **CFL**. În două compartimente **PPS** și **PPG** se procesează precursorii solizi și respectiv precursorii gazoși cu rol de donator de C, în cazul sintezei de nanotuburi **NT**. Precursorii sunt injectați prin capul de injecție în camera de reacție, unde are loc sinteza de **NT** sau de alte **NP/NS**. Prin ansamble separate sunt injectați gaz de răcire **GR** și gaz de protecție **GP** pe captatorul fasciculului rezidual **BS**. Ultima operație este recuperarea, colectarea produselor de sinteză prin **RNT/NP**.

25 Fig. 2 schițează în detaliu asamblarea componentelor: fasciculul este transportat prin fibra optică **FO**, de diametru **DF**, în colimatorul poziția **1**, unde este expandat printr-o lentilă de colimare **LC**, cu distanța focală **DFC**, la un diametru **DFN**, nefocalizat. **FP** este fereastra optică de protecție a colimatorului. Fasciculul prin fereastra optică **2**, transparent la lungimea de undă a fasciculului, accede în capul de injecție **3**, unde, prin poziția **4**, sunt injectați precursorii **IP** în camera de reacție, răcită printr-o manta cu apă **6**. Zona de reacție **5** este protejată printr-un material ceramic sau grafit. Poziția **7** reprezintă zona de reacție unde datorită transferului energetic fascicul laser-materia solidă temperatura poate să ajungă la 3000°C. Prin injectorul **8** se introduc gaze de răcire **GR** și, respectiv, de protecție împotriva depunerilor. Fasciculul rezidual este captat prin **9**. Canalul de gaz face un unghi de a cu axa camerei de reacție.

35 În fig. 3, sunt încadrate în schema bloc anumite date constructive privind interdependența secțiunii fasciculului și a secțiunii active a camerei de reacție, precum și dependența temperaturii în zona de sinteză de precursori, fascicul, dinamică și cinetica gazelor, etc.

39 Cu respectarea reprezentării schemei bloc a metodei de sinteză de nanotuburi și/sau **NP/NS**, în flux direct prin piroliza laser fig. 1, în care în ordinea temporală a proceselor sunt reprezentate blocurile/compartimentele funcționale, se poate realiza instalația. Sursa de fascicul este un laser industrial destul de puternic încât să asigure o densitate de putere suficientă pentru obținerea temperaturilor necesare procesării. Ansamblul colimator **1** din fig. 2 îndeplinește funcția de cuplare la fibra de transport și de colimare a fasciculului. Se poate adapta o variantă industrială de catalog întrucât asigură o fiabilitate suficientă. Componentele optice lentila de colimare **LC**, și ferestrele de protecție **FP** și poziția **2** sunt de producție industrială. Capul de injecție **3** se realizează cu tehnologii uzuale din oțel inoxidabil.

# RO 131388 B1

Camera de reacție este compusă din componentele poziția 4-8 și este cuplat la un sistem de răcire cu apă, componentele sunt realizate din oțel inox, exceptând poziția **5** care în cazul sintezei de **NT** se execută din material ceramic sau din grafit. Tubulatura de gaze și de răcire se execută din țevi de oțel inox, sudat, cu elemente de îmbinare tip **SW**. Captatoarele de radiație reziduală se execută din grafit cu sistem de răcire eficient prin apă. **NT** și **NP/NS** sunt colectate și separate cu filtru electrostatic.

Aplicarea industrială este asigurată, întrucât numai metoda sintezei pirolitice prin injecție directă (DIPS - Direct Injection Pyrolytic Synthesis) asigură o producție în flux direct de **NT**, la care camera de reacție este un tub de 50 mm în poziție verticală, lung de 600 mm și cu încălzire la 1200°C. Este o metodă productivă și de bună calitate și în comparație cu prețurile actuale de **NT** prezintă un cost cu mult mai mic. Costurile mici sunt asigurate datorită faptului că este posibilă procesarea cu laserii de ultimă generație cu aplicații industriale, cu mare flexibilitate în transportul și prelucrarea fasciculului, evidențiat prin comparații. Instalația de sinteză, aplicând această metodă, este atașabil la orice sursă de radiație laser industrial. Invenția prin metoda de sinteză de nanotuburi și/sau nanoparticule/nanostructuri în flux direct prin piroliza laser asigură necesitățile industriale și comerciale pentru **NT**, atât calitativ și cantitativ, cât și din punct de vedere al costurilor de investiție și de producție. Având în vedere că sunt cercetate aplicațiile ale **NT** în domenii cum sunt cel biomedical, de mecanică, electricitate, vopsele absorbante de microunde, tratarea apelor, industria textilă etc., cu cerințe crescânde, aplicația industrială este asigurată.

# RO 131388 B1

1

## Revendicare

3

Metodă de sinteză de nanotuburi și/sau nanoparticule/nanostructuri în flux direct prin piroliza laser, **caracterizată prin aceea că** un fascicul laser este transportat prin fibră optică (FO) către un colimator (1), unde este expandat printr-o lentilă de colimare (LC) și apoi trece printr-o fereastră optică (FO) transparentă la lungimea de undă a fasciculului într-un cap de injectare (3) și apoi într-o cameră de reacție (7) unde sunt injectați precursorii solizi și are loc sinteza de nanotuburi (NT) sau de nanoparticule/nanostructuri (NP/NS), iar prin ansambluri separate sunt injectate gaze de răcire (GR) și gaze de protecție (GP) împotriva depunerilor, gazele reziduale fiind captate cu ajutorul captatoarelor din grafit (9), iar produsele de sinteză fiind colectate și separate cu ajutorul unui filtru electrostatic.

5

7

9

11



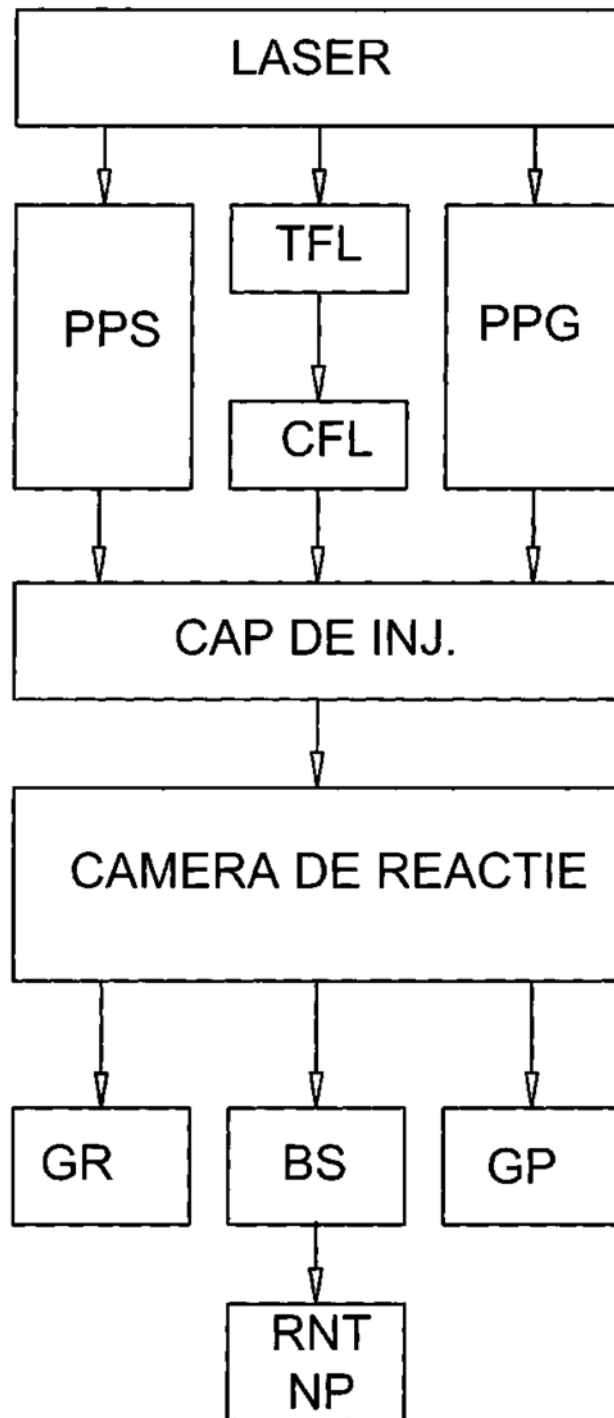


Fig. 1

(51) Int.Cl.  
**B82Y 30/00** (2011.01);  
**B01J 19/12** (2006.01);  
**B01J 19/08** (2006.01)

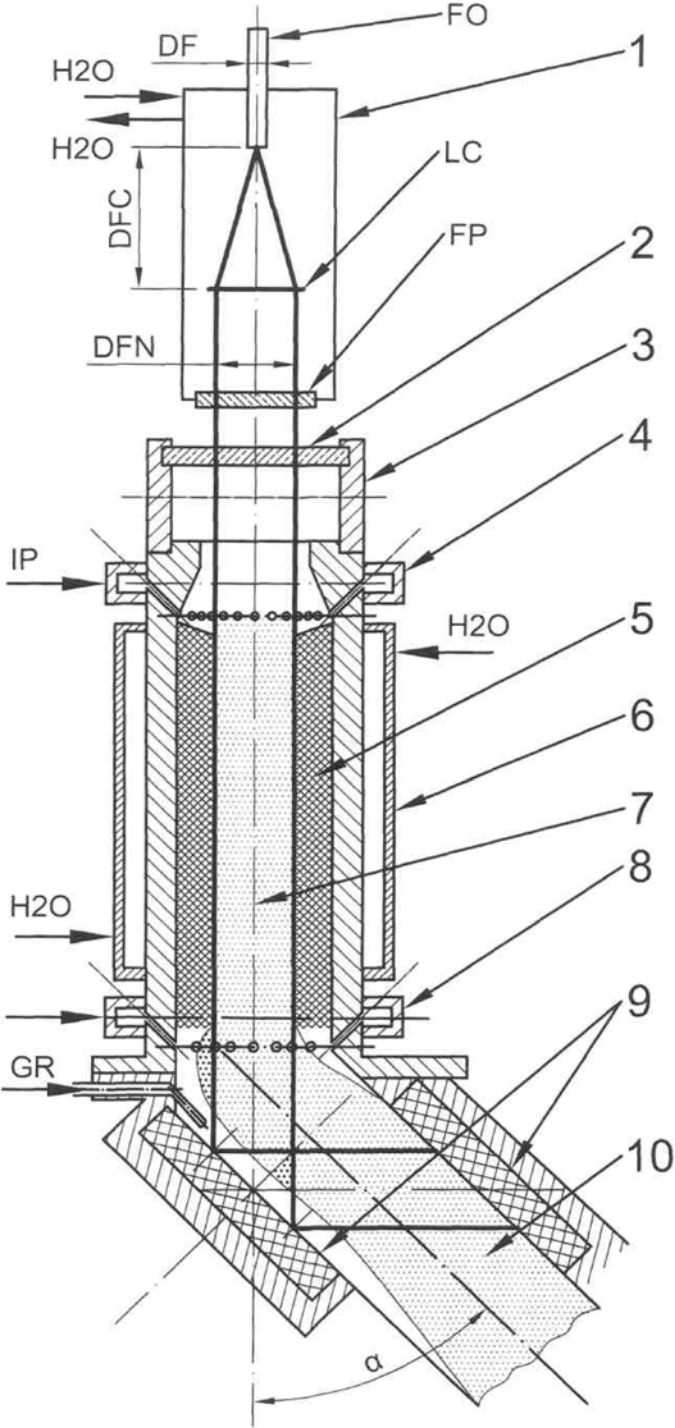


Fig. 2

(51) Int.Cl.  
*B82Y 30/00* (2011.01);  
*B01J 19/12* (2006.01);  
*B01J 19/08* (2006.01)

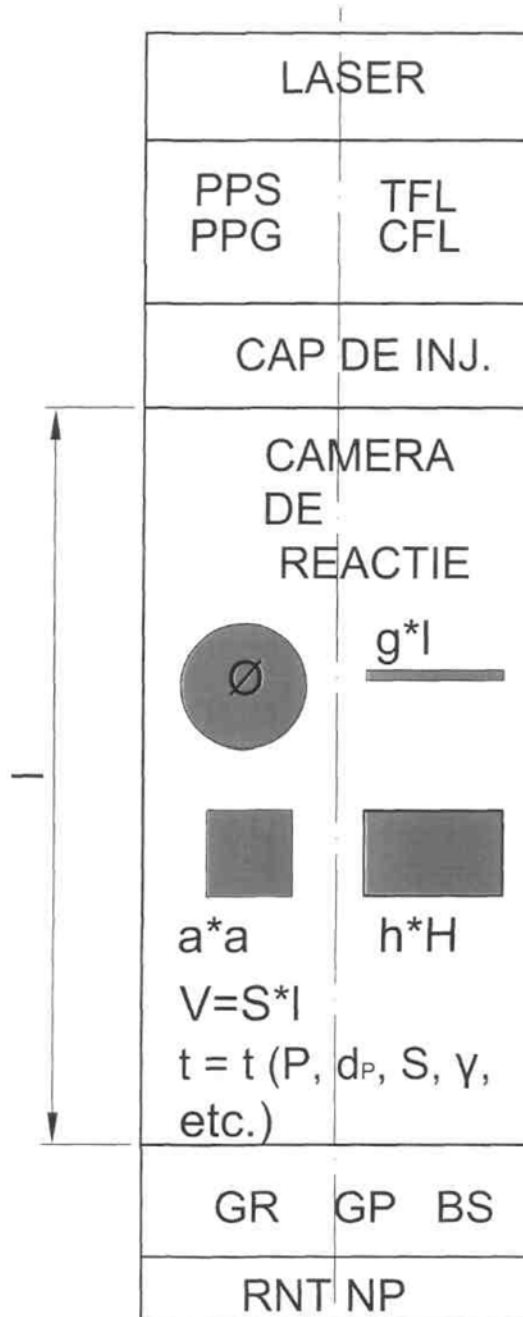


Fig. 3

(51) Int.Cl.  
**B82Y 30/00** (2011.01);  
**B01J 19/12** (2006.01);  
**B01J 19/08** (2006.01)

Tabelul 1

Comparatie caracteristicilor diferitelor laseri.

TIP LASER	CO <sub>2</sub>	Nd:YAG POMPAJ OPTIC	Nd:YAG POMPAJ CU DIODA	Yb:FIBRA multi-mod	Yb:YAG DISC
MEDIU ACTIV	GAZ	SOLID			
LUNG. UNDA, $\lambda$ $\mu$ m	10,6	1,06	1,06	1,07	1,03
TRANSPORT FASC.	OGLINDA, LENTILA	FIBRA, LENTILA			
DIA. FIBRA, $\mu$ m	-	600	400	100-200	150-200
PUTERE, kW	<15	< 4	< 6	< 30	< 16
DIVERGENTA, mm.mrad	3,7	25	12	12	7
INTERV. INTR., 10 <sup>3</sup> h	2	1	3,5	100	3,5
RANDOM., %	5-8	3-5	10-20	20-30	10-20
COST/kW, 10 <sup>3</sup> €	50	110	130	110	110
GABARIT	MARE	MEDIU		MIC	MEDIU
POZITIE	FIX			MOBIL	FIX

Tabelul 2

Sectiune fascicul dupa procesare, implicit camera de reactie

SECTUNE FASCICUL DUPA PROCESARE			
SECTIUNE	DIAMETRU	LATIME	LUNGIME
	mm		
CIRCULAR	5-80	-	-
LINIAR	-	1,3-30,0	6,0-180,0
PATRAT	-	80,0-80,0	
DREPTUNGHI	-	4,0	80,0



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 447/2019