

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00682**

(22) Data de depozit: **25/10/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/04/2024** BOPI nr. **4/2024**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI - INFLPR, STR. ATOMIȘTIILOR NR. 409, MĂGURELE, IF, RO;**  
• **CENTRUL IT PENTRU ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE S.R.L., STR. AV. RADU BELLER NR. 25, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC. DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO**

(72) Inventatori:  
• **ȘERBĂNESCU MIHAI, STR. POLONĂ NR. 38, AP. 1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **STOICAN OVIDIU-SORIN, STR.CIOCĂRLIEI, NR.1BIS, BL.1, ET.2, AP.17, BRAGADIRU, IF, RO;**

• **GROZA ANDREEA LILIANA, STR.STÂNJENEILOR, NR.4, BL.62, SC.1, ET.8, AP.52, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **CRAMARIUC OANA-TEODORA, STR.PAUL GRECEANU, NR.39, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **NĂSTAC DANIELA-CRISTINA, STR.PARTIZANILOR NR.2, BL.M 3 A, SC.1, ET.7, AP.46, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **GANCIU-PETCU MIHAI, STR. BÎRNOVA NR. 6, BL. M111C, SC.1, ET.4, AP. 23, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **LUPU IULIANA GABRIELA, ȘOSEAUA REDIU NR. 6A, BL. 482E, SC. D, AP. 25, IAȘI, IS, RO;**  
• **ZVONARU MARIUS- RĂZVAN, ALEEA GRIGORE GHICA VODĂ, NR.72, IAȘI, IS, RO**

## (54) INSTALAȚIE AUTOMATĂ DE ELECTROFILARE CU DIODE LASER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație destinată producerii nanofibrelor din polimeri prin metoda electrofilării. Instalația conform invenției este alcătuită dintr-un sistem de formare a unui jet lichid și cuprinde, în principal, niște recipiente (3 și 4) care conțin o soluție (1) de polimer lichid și, respectiv, un colorant (2) care sunt amestecate într-un mixer (5), amestecul lichid rezultat fiind introdus într-un sistem (10) de pompaj și apoi într-un injector (12) de unde este expulzat în exterior sub forma unui jet (14), dintr-un ansamblu de diode (15, 16, 17) laser pentru încălzirea jetului (14), dintr-un sistem de generare a unui câmp electrostatic alcătuit dintr-un cap metalic al injectorului (12), o sursă (19) de înaltă tensiune și un panou (20) metalic pe suprafața căruia se depun nanofibrele (21) rezultate din accelerația în câmp electrostatic a particulelor care formează jetul (14) și dintr-un circuit (22) de comandă a instalației astfel formate.

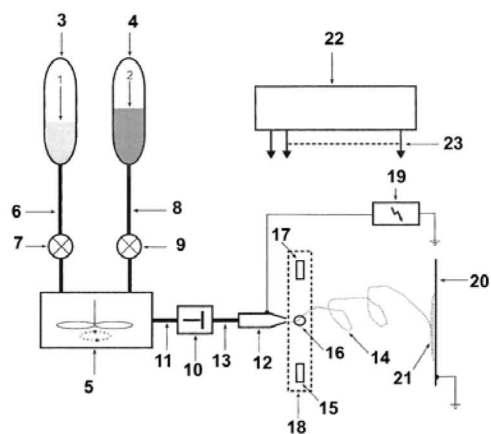


Fig. 1

Revendicări: 5  
Figuri: 7

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).



|  |             |
|--|-------------|
| OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI |             |
| Cerere de brevet de invenție             |             |
| Nr. ....                                 | a 2022 0682 |
| Data depozit .....                       | 25-10-2022  |

51

**DESCRIEREA INVENȚIEI:****INSTALAȚIE AUTOMATĂ DE ELECTROFILARE CU DIODE LASER**

Invenția se referă la un sistem destinat producerii de fibre din polimeri cu dimensiuni de ordinul zecilor de nanometri, denumite în continuare *nanofibre*. Funcționarea sa se bazează pe proprietatea particulelor de polimer aflate sub formă de jet lichid, de a forma nanofibre, atunci când sunt accelerate în câmp electrostatic și sunt îndeplinite anumite condiții. Procesul de electrofilare este inițiat atunci când picătura de polimer lichid aflată la ieșirea unui tub capilar (denumit în limbaj tehnic *spinaret*), înainte de a fi expulzată, este supusă unei tensiuni electrice înalte. Sub influența câmpului electric picătura este alungită (con Taylor), jetul de polimer astfel format fiind apoi colectat pe un electrod plan (colector) aflat la o distanță de ordinul zecilor de centimetri de vârful tubului capilar (vârful spinaret-ului), sub formă de nanofibre. Suplimentar, jetul de polimer poate fi încălzit folosind radiația optică generată de dispozitive de tip laser. Metoda prin care se obțin nanofibre folosind procedeul descris se numește *electrofilare cu laser*.

Din punct de vedere practic, în prezent, electrofilarea cu laser se realizează încălzind jetul de polimer folosind un fascicul laser de mare putere.

Această metodă este descrisă amănunțit fiind însoțită de exemple de utilizare practică în: Ogata, N.; Yamaguchi, S.; Shimada, N.; Lu, G.; Iwata, T.; Nakane, K.; Ogihara, T. *Poly(lactide) nanofibers produced by a melt-electrospinning system with a laser melting device*. J. Appl. Polym. Sci. 2007, 104, 1640–1645, unde este folosită o bara polimerică, H. Xu, T. Bronner, M. Yamamoto, H. Yamane, *Regeneration of cellulose dissolved in ionic liquid using laser-heated melt electrospinning*, Carbohydrate Polymers 201 (2018) 182–188, unde este folosit un gel polimeric și în M. Takasaki, K. Morie, Y. Ohkoshi, T. Hirai, *Effect of laser beam width on the diameter and molecular weight of laser electrospun polylactide fiber*, SEN'I GAKKAISHI, 71, 7, 2015 unde sunt folosite fibrele polimerice eliberate de către spinaret, sursa termică fiind un laser CO<sub>2</sub> (lungime de undă 10.6 μm) cu putere mare de ordinul zecilor de W.

Așa cum este aplicată această metodă în prezent, pentru încălzirea polimerilor sunt folosiți lasere cu CO<sub>2</sub> de mare putere, care sunt dispozitive scumpe, dificil de întreținut și caracterizate de un randament energetic scăzut. Un alt dezavantaj al acestei metode de încălzire, așa cum este aplicată în prezent, este acela că unele tipuri de polimer prezintă coeficient de absorbție scăzut al radiației cu lungimea de undă de 10.6 μm, astfel că randamentul procesului de conversie al energiei radiației optice generate de laser în energie termică devine foarte slab.

Sistemul la care face referire invenția, denumit în continuare *Instalație automată de electrofilare cu diode laser*, poate fi folosit, fără a fi limitat la aceasta, industrial, pentru producția la scară mică de nanofibre, de anumite dimensiuni și pentru anumite destinații, sau ca instrument de laborator destinat determinării condițiilor în care pot fi create nanofibre având dimensiuni date, pentru o aplicație specifică.

Problema tehnică rezolvată de către invenție constă în realizarea unei instalații compacte, cu randament energetic ridicat, care poate folosi orice tip de polimer drept materie primă, pentru producerea de nanofibre ale căror caracteristici, anume diametrul și densitatea nanofibrelor, prezintă un grad înalt de reproductibilitate.

Instalația automată de electrofilare cu diode laser, realizată conform invenției înlătură dezavantajele soluțiilor existente, producând nanofibre prin accelerarea în câmp electrostatic a unui jet lichid compus dintr-un amestec soluție de polimer-soluție de colorant, încălzit de către radiația laser generată de un ansamblu de diode laser de putere mica, de ordinul mW, întreg procesul fiind controlat de un circuit de comandă, în mod automat sau dirijat manual.

Instalația automată de electrofilare cu diode laser, realizată conform invenției, este compusă dintr-un sistem de formare a jetului lichid alcătuit din două componente, ansamblu de diode laser pentru încălzirea jetului, sistem de generare a câmpului electrostatic și un circuit de comandă.

Conform invenției, jetul lichid este format dintr-o soluție de polimer și o soluție de colorant caracterizat printr-un coeficient ridicat de absorbție a radiației optice din domeniul infraroșu, artificiu tehnic prin care se mărește randamentul procesului de conversie a radiației laser în energie termică. Prin folosirea soluției de colorant, cu caracteristicile menționate mai sus, se rezolvă problema tehnică a obținerii de nanofibre folosind tipuri de polimeri care prezintă un coeficient scăzut de absorbție a radiației laser. Jetul lichid este încălzit prin utilizarea unui ansamblu format din 3 sau mai multe diode laser amplasate concentric, la distanță egală una față de alta, într-un plan perpendicular pe direcția de ieșire a jetului, fasciculele laser generate de acestea fiind orientate radial și focalizate în fața orificiului de ieșire a jetului. Diodele laser pot funcționa în regim continuu sau pulsant, regimul lor de lucru putând fi modificat simplu, controlând tensiunea de alimentare a acestora. Prin utilizarea diodelor laser în locul unui laser de mare putere cu CO<sub>2</sub> se rezolvă problema tehnică a îmbunătățirii randamentului energetic global al producției de nanofibre prin metoda electrofilării. Instalația automată de electrofilare cu diode laser realizată conform invenției poate funcționa în două moduri de lucru, automat și respectiv manual.

49

În modul de lucru automat, părțile componente ale instalației execută toate operațiile necesare producerii de nanofibre, conform unei proceduri anterior stabilite, fără a fi necesară intervenția unui operator uman. Acest mod de lucru este potrivit pentru aplicațiile industriale, permițând producția de nanofibre, în condiții bine determinate, cu caracteristici bine stabilite, constante în timp, rezolvând astfel problema tehnică a reproductibilității caracteristicilor produsului finit.

În modul de lucru manual, părțile componente ale instalației execută un șir de operații a căror natură, succesiune și durată, poate fi arbitrară, acestea fiind selectate de către un operator uman. Acest mod de lucru este potrivit pentru aplicațiile de laborator, permițând identificarea condițiilor în care pot fi produse nanofibre cu caracteristici bine determinate cerute de o anumită aplicație specifică. După identificarea condițiilor respective, care se referă la tipul de polimer, natura, succesiunea și durata operațiilor necesare, acestea se codifică sub forma unui șir de instrucțiuni alcătuind o procedură de lucru care poate fi folosită ulterior în modul de lucru automat pentru producerea de nanofibre având caracteristicile cerute.

În scopul derulării operațiilor în modul de lucru automat sau în modul de lucru manual, instalația automată de electrofilare cu diode laser este prevăzută, conform invenției, cu un circuit de comandă care conține o unitate logică, o arie de memorie nevolatilă și circuite de tip driver care furnizează tensiunile de alimentare necesare elementelor de execuție, conform semnalelor de comandă furnizate de către unitatea logică. Circuitul de comandă mai conține un set de elemente constând din tastatură și/sau diverse comutatoare care permit intervenția operatorului asupra funcționării instalației precum și un set de diverse elemente de afișare optică care permit monitorizarea funcționării instalației.

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

- Utilizarea unei soluții de colorant caracterizat printr-un grad înalt de absorbție a radiației laser în amestec cu soluția de polimer, asigură, practic, posibilitatea utilizării oricărui tip de polimer lichid, indiferent de coeficientul sau de absorbție al radiației optice în domeniul infraroșu, pentru producerea de nanofibre;

- Utilizarea unei soluții de colorant caracterizat printr-un grad înalt de absorbție a radiației laser în domeniul infraroșu în amestec cu soluția de polimer asigură, practic, posibilitatea folosirii unui singur tip de radiație laser pentru încălzirea jetului lichid, eliminând astfel necesitatea modificării lungimii de undă a radiației laser, implicit schimbarea dispozitivelor laser, funcție de tipul de polimer folosit;

- Înlocuirea laserelor de mare putere prin diode laser de mică putere cu lungimea de undă bine stabilită, crește randamentul energetic al procesului de producție a nanofibrelor prin metoda electrofilării și simplifică realizarea practică a instalației;
- Înlocuirea laserelor de mare putere prin diode laser de mică putere, care pot funcționa în regim pulsant, permite varierea în mod simplu a puterii medii a radiației optice aplicate jetului de polimer, implicit a temperaturii acestuia, prin modificarea duratei pulsului laser;
- Automatizarea funcționării instalației asigură reproductibilitatea caracteristicilor prestabilite pentru produsul final.

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

- fig. 1, schema bloc a instalației automate de electrofilare cu diode laser, realizată conform invenției;
- fig. 2, dispunerea ansamblului de diode laser folosit pentru încălzirea amestecului care formează jetul lichid;
- fig. 3, schema bloc a circuitului de comandă;
- fig. 4, imagine microscopică a nanofibrelor produse din soluție polimerică- soluție colorant (în proporție 90%:10%) în prezența radiației laser;
- fig. 5, imagine microscopică a nanofibrelor produse din soluție polimerică- soluție colorant în absența radiației laser
- fig.6, imagine microscopica a nanofibrelor produse din soluție polimerică- soluție colorant (în proporție 70%: 30%) în prezența radiației laser.
- fig.7 imagine microscopica a nanofibrelor produse din soluție polimerică- soluție colorant (în proporție 50%: 50%) în prezența radiației laser.

Este descris în continuare un exemplu de realizare a instalației automate de electrofilare cu diode laser, conform invenției. În fig. 1 este prezentată schema bloc a sistemului la care face referire invenția.

Soluția de polimer lichid **1** este conținută în recipientul **3** iar soluția de colorant **2** este conținută în recipientul **4**. Cele două soluții sunt amestecate, formând o soluție omogenă în mixerul **5**. Soluția de polimer lichid **1** este introdusă în mixerul **5** prin tubul **6**. Curgerea soluției de polimer lichid **1** în mixerul **5** este controlată de către electrovalva **7**. Soluția de colorant **2** este introdusă în mixerul **5** prin tubul **8**. Curgerea soluției de colorant **2** în mixerul **5** este controlată de către electrovalva **9**.

Amestecul lichid al celor două soluții, realizat de către mixerul **5** este introdus în sistemul de pompaj **10** prin tubul **11**, fiind apoi introdus în injectorul **12** terminat cu un tub capilar, prin

47

tubul **13** . Amestecul lichid introdus sub presiune de către sistemul de pompaj **10** în injectorul **12** este expulzat apoi în spațiul exterior, sub forma unui jet **14**.

Recipientele **3** și **4**, tuburile **6**, **8**, **11** și **13**, electrovalvele **7** și **9**, mixerul **5**, sistemul de pompaj **10**, și injectorul **12** alcătuiesc sistemul de formare a jetului lichid.

Jetul **14** este încălzit de către un ansamblu **18** format din diodele laser **15**, **16**, **17**. Fasciculele laser generate de către diodele laser **15**, **16**, **17**, sunt orientate perpendicular pe direcția de ieșire a jetului **14** și sunt focalizate în fața orificiului de ieșire al injectorului **12**.

Capul metalic al injectorului **12** este conectat la sursa de înaltă tensiune **19**. Perpendicular pe direcția de ieșire a jetului **14**, la o anumită distanță, în fața orificiului de ieșire al injectorului **12** este plasat un panou metalic **20** conectat la masă. Capul metalic al injectorului **12**, sursa de înaltă tensiune **19** și panoul metalic **20** alcătuiesc sistemul de generare a câmpului electrostatic. Particulele care formează jetul **14** sunt accelerate în câmpul electrostatic creat între capul metalic al injectorului **12** și panoul metalic **20**, prin conectarea acestora la bornele sursei de înaltă tensiune **19**. Acestea execută o mișcare elicoidală și formează o depunere de nanofibre **21**, pe suprafața panoului metalic **20**. Nanofibrele **21** astfel formate reprezintă produsul final al instalației automate de electrofilare cu diode laser, realizată conform invenției.

Instalația automată de electrofilare cu diode laser funcționează în cicluri.

În cursul unui ciclu complet de producere a nanofibrelor sistemul de pompaj **10** se încarcă cu o anumită cantitate de amestec soluție de polimer-soluție colorant, format în mixerul **5**, care este apoi expulzat în spațiul exterior sub forma unui jet **14** prin intermediul injectorului **12**. După epuizarea amestecului încărcat în sistemul de pompaj **10**, operația de încărcare-expulzare a amestecului este reluată, executându-se astfel un nou ciclu de producere a nanofibrelor. Funcționarea instalației automate de electrofilare cu diode laser se poate desfășura fără intervenția unui operator uman, caz în care operațiile se realizează într-o succesiune prestabilită sau în mod manual, caz în care operațiile se realizează conform unei succesiuni impuse de către operator. În ambele cazuri funcționarea este controlată prin intermediul circuitului de comandă **22**, care constituie parte integrantă a instalației, realizat astfel încât furnizează tensiunile de alimentare și semnalele de comandă prin setul de porturi de intrare/ieșire **23**, necesare fiecărei operații în parte.

În fig. 2 este prezentată dispunerea ansamblului **18** conținând diodele laser **15**, **16** și **17**, folosite pentru încălzirea amestecului care formează jetul lichid **14**. Din punct de vedere geometric, diodele laser **15**, **16** și **17**, sunt plasate echidistant, pe circumferința unui cerc, într-un plan vertical perpendicular pe direcția de ieșire a jetului **14**, unghiurile adiacente formate

4/6

de direcțiile de propagare ale fasciculelor laser generate de către fiecare dintre cele trei diode fiind egale cu  $120^{\circ}$ .

Fasciculele laser generate de către acestea, **25, 26, 27** sunt focalizate în fața orificiului de ieșire al injectorului **12**, fiind folosite pentru încălzirea jetului **14** format din amestecul soluție de polimer-soluție de colorant.

Sistemul de montaj al diodelor laser **15, 16 și 17**, pe suportul **24**, permite reglajul orientării acestora în scopul obținerii punctului de focalizare optim.

În fig. 3 este prezentată schema bloc a circuitului de comandă **22**.

Acesta conține următoarele elemente: unitatea logică **28**, driver **29** pentru electrovalva **7**, driver **30** pentru electrovalva **9**, driver **31** pentru mixer **5**, driver **32** pentru sistem pompaj **10**, driver **33** pentru diodă laser **15**, driver **34** pentru diodă laser **16**, driver **35** pentru diodă laser **17**, arie de memorie nevolatilă **36**, sistem de monitorizare optică **37** ce poate consta dintr-un ecran de afișare pentru text și simboluri grafice și/sau set led-uri, set elemente comandă pentru operator **38**, ce poate consta dintr-o tastatură și/sau comutatoare. Circuitele driver **29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** furnizează tensiunile de alimentare necesare elementelor de execuție **7, 9, 5, 10, 15, 16, 17**, conform semnalelor de comandă furnizate de către unitatea logică **28**.

Unitatea logică **28** furnizează semnalele de comandă necesare pentru circuitele driver, conform instrucțiunilor stocate în aria de memorie, atunci când instalația funcționează în modul de lucru automat sau conform operației cerute de către operator, prin intermediul elementelor de comandă **38**, atunci când instalația funcționează în modul de lucru manual.

Circuitul de comandă **22** furnizează tensiunile electrice și semnalele de comandă corespunzătoare, necesare îndeplinirii următoarelor operații:

- închidere/deschidere electrovalve **7 și 9**;
- start/stop și ajustare turație mixer **5**;
- controlul tensiunilor de alimentare pentru diodele laser **15, 16, 17**, astfel încât acestea să genereze fasciculele laser simultan sau conform unei secvențe prestabilite, în regim continuu sau în pulsuri, prin aceasta ajustându-se puterea medie a radiației optice aplicate jetului de polimer **14** și implicit temperatura jetului de polimer **14**;
- controlează tensiunea electrică aplicată capului metalic al injectorului **12**, aceasta putând fi aplicată continuu sau pentru anumite intervale de timp, conform unei proceduri prestabilite;
- execuția unui ciclu complet de producere a nanofibrelor, furnizând semnalele de comandă și tensiunile de alimentare pentru sistemul de pompaj **10**, astfel încât să încarce amestecul soluție de polimer-soluție de colorant, apoi să-l expulzeze, simultan cu aplicarea tensiunii electrice între capul metalic al injectorului **12** și panoul metalic **20**, precum și fasciculele

45

laser **25, 26, 27** asupra jetului **14**, până când amestecul soluție de polimer-soluție de colorant încărcat în sistemul de pompaj **10** este expulzat complet;

-execuția unui număr arbitrar, prestabilit, de cicluri de producere a nanofibrelor;

-asigură execuția oricăreia din operațiile descrise anterior, separat, sau într-o ordine anume, atunci când este cerută de către operator prin intermediul elementelor de comandă **38**.

-furnizează informații asupra stării diferitelor elemente ale instalației sau ale stadiului în care se află operațiile aflate în curs de desfășurare prin intermediul sistemului de monitorizare optică **37**.

Setul de elemente de comandă **38** constând din tastatură și/sau diverse comutatoare permit operatorului să încarce în memoria nevolatilă **36** instrucțiunile specifice unei anumite proceduri de lucru, să selecteze o anumită procedură, încărcată anterior, atunci când instalația urmează să funcționeze în mod de lucru automat sau să selecteze anumite operații de efectuat, atunci când instalația funcționează în mod de lucru manual.

Ca exemplu de aplicare s-a realizat un model demonstrativ al instalației la care face referire invenția având următoarele caracteristici: ansamblul **18** este format din 3 diode laser a căror putere poate fi variată de la câțiva mW la câteva sute de mW; lungimea de undă radiație laser: 808 nm; tensiunea de accelerare generată de sursa de înaltă tensiune **19** poate fi variată în intervalul 10-20 kV; distanța orificiu de ieșire jet **14** -panou metalic **20**: 15-20 cm; debit jet lichid **14** la ieșirea injectorului **12**: 0.5 ml/h.

Testele experimentale au demonstrat că diametrul nanofibrelor descrește simultan cu creșterea densității în prezența radiației laser (fig.4) în comparație cu absența acesteia (fig.5) precum și în funcție de puterea radiației laser și concentrația soluției de colorant. În funcție de concentrația soluției de colorant adăugată soluției polimerice și în prezența celor 3 fascicule laser focalizate (900 mW fiecare) pe conul Taylor al jetului de lichid, diametrul nanofibrelor descrește (fig.4: soluție polimerică - soluție colorant în proporție 90%:10%) iar densitatea nanofibrelor crește. Pe măsură ce concentrația soluției de colorant este crescută structurile de nanofibre devin poroase și împachetate (fig.6: soluție polimerică - soluție colorant în proporție 70:30; fig 7: - soluție polimerică - soluție colorant în proporție 50%:50%) datorită creșterii absorbției radiației laser și încălzirii suplimentare a jetului lichid.



**REVENDICĂRI**

1. Instalație de electrofilare automată cu diode laser folosită pentru obținerea fibrelor de polimer cu diametrul de ordinul zecilor de nanometri prin accelerarea unui jet lichid (14), produs de un sistem de pompaj (10) și un injector (12) în câmpul electrostatic creat prin conectarea unei surse de înaltă tensiune (19) între capul metalic al injectorului (12) și un panou metalic (20) aflat în față acestuia **caracterizată prin aceea că** jetul lichid (14) accelerat în câmp electric, din care rezultă fibrele cu dimensiuni de ordinul zecilor de nanometri este format prin amestecul dintre o soluție de polimeri (1) și un colorant lichid (2) ce prezintă un coeficient absorbție ridicat al radiației optice din domeniul infraroșu și având în compunerea sa mixerul (5) care realizează acest amestec.

2. Instalație conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** pentru încălzirea jetului lichid (14) se utilizează un ansamblu (18) format din mai multe diode laser cu lungimea de undă în domeniul infraroșu apropiat al radiației optice, funcționând în regim continuu sau în pulsuri, amplasate concentric, la distanță egală una față de alta, într-un plan perpendicular pe direcția de ieșire a jetului lichid (14), fasciculele laser generate de acestea fiind orientate radial, focalizate în fața orificiului de ieșire a jetului (14), direcțiile de propagare a fasciculelor laser formând unghiuri adiacente egale.

3. Instalație conform revendicărilor 1 și 2 **caracterizată prin aceea că** are în compunerea sa un circuit de comandă (22) compus dintr-o unitate logică (28), circuite de tip driver (29), (30), (31) și (32) pentru alimentare electrovalve, mixer și sistem pompaj, circuite de tip driver (33), (34) și (35) pentru diodele laser, arie de memorie nevolatilă (36), sistem de monitorizare optică a funcționării (37) și elemente de comandă pentru operator (38), care asigură îndeplinirea de către elementele de execuție ale instalației, anume electrovalvele (7) și (9), mixerul (5), diodele laser (15), (16) și (17), sistemul de pompaj (10) și sursa de înaltă tensiune (19), a oricărei din operațiile specifice fiecărui element de execuție în parte, impuse de către un operator prin intermediul elementelor de comandă (38).

4. Instalație conform revendicărilor 1 și 2 **caracterizată prin aceea că** are în compunerea sa un circuit de comandă (22) compus dintr-o unitate logică (28), circuite de tip driver (29), (30), (31) și (32) pentru alimentare electrovalve, mixer și sistem pompaj, circuite de tip driver (33), (34) și (35) pentru diodele laser, arie de memorie nevolatilă (36), sistem monitorizare optică

43

(37) și elemente de comandă pentru operator (38), care asigură îndeplinirea de către elementele de execuție ale instalației, anume electrovalvele (7) și (9), mixerul (5), diodele laser (15), (16) și (17), sistemul de pompaj (10) și sursa de înaltă tensiune (19), a unui șir de operații prestabilite, fără ca în cursul desfășurării acestor operații să fie necesară intervenția directă a unui operator uman.

5. Instalație conform revendicărilor 1, 2 și 4 **caracterizată prin aceea că** poate îndeplini totalitatea operațiilor necesare realizării unui ciclu sau a mai multor cicluri complete de producere a nanofibrelor, fără intervenția unui operator uman.

42

DESENE EXPLICATIVE

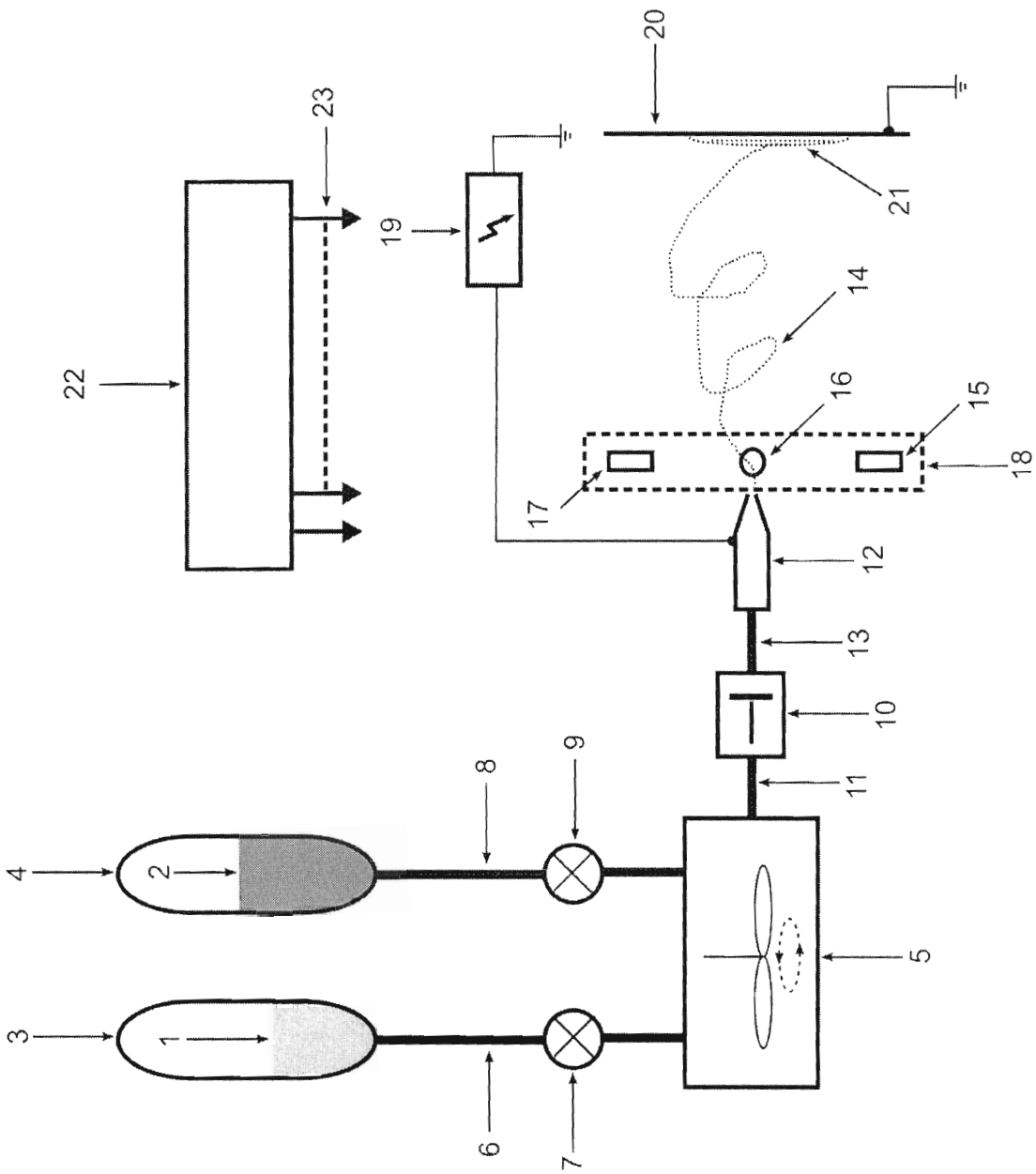


Fig. 1

41

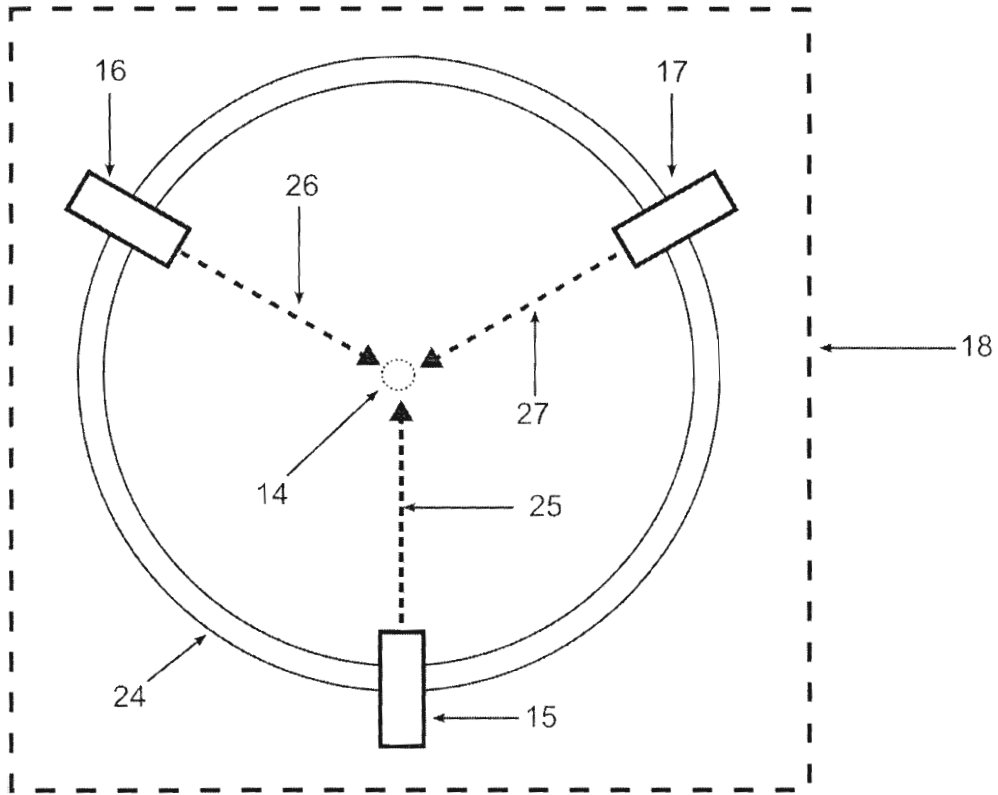


Fig. 2

40

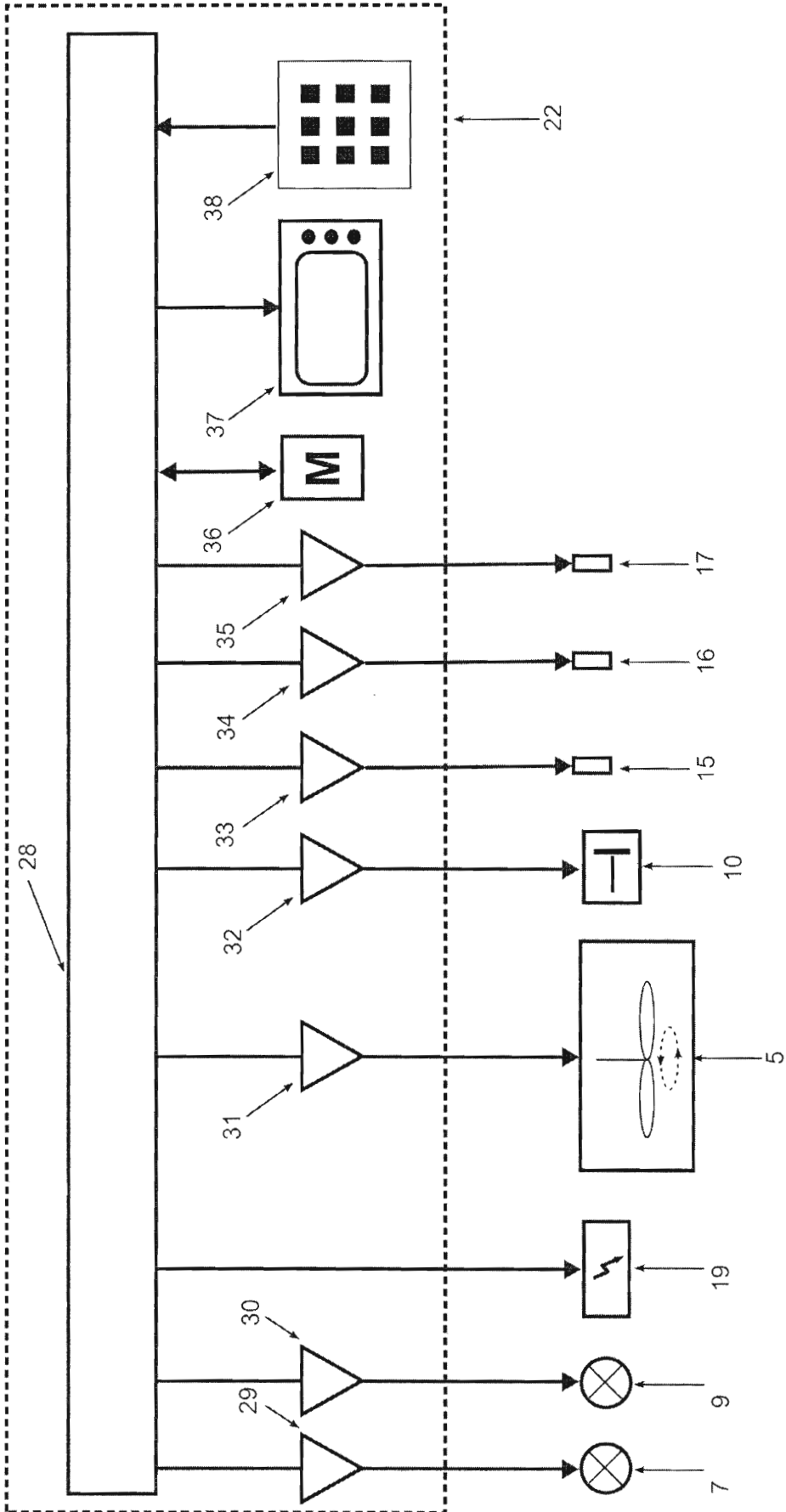


Fig. 3

39

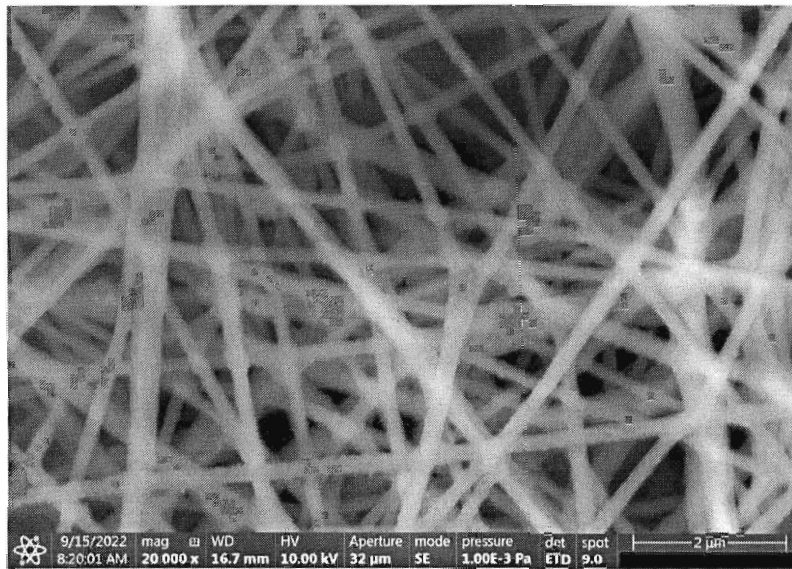


Fig.4

38

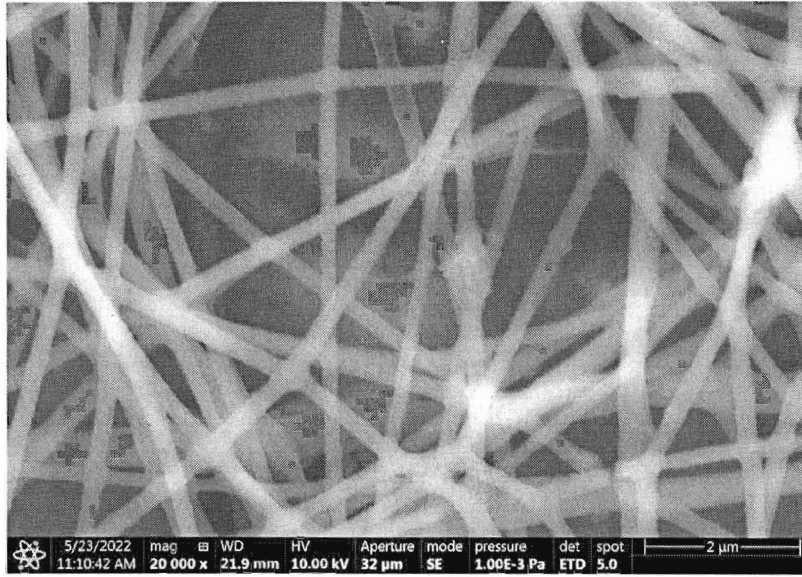


Fig. 5

34

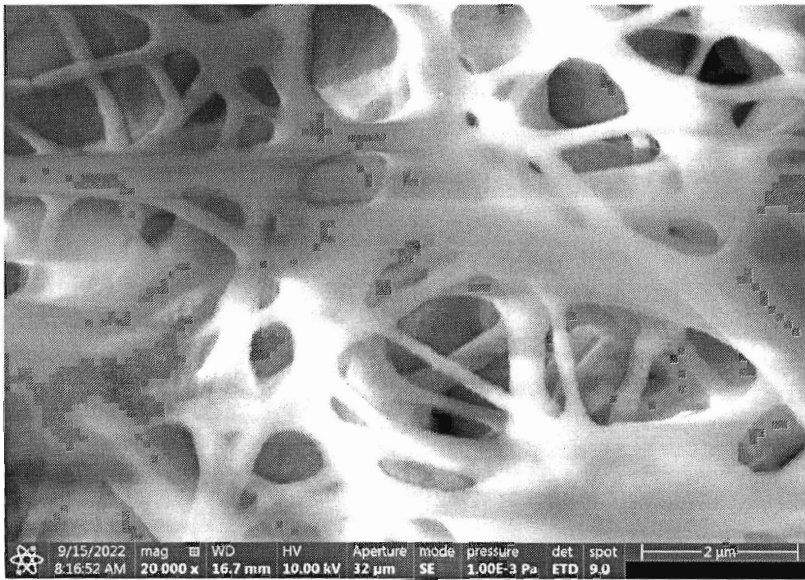


Fig.6



367

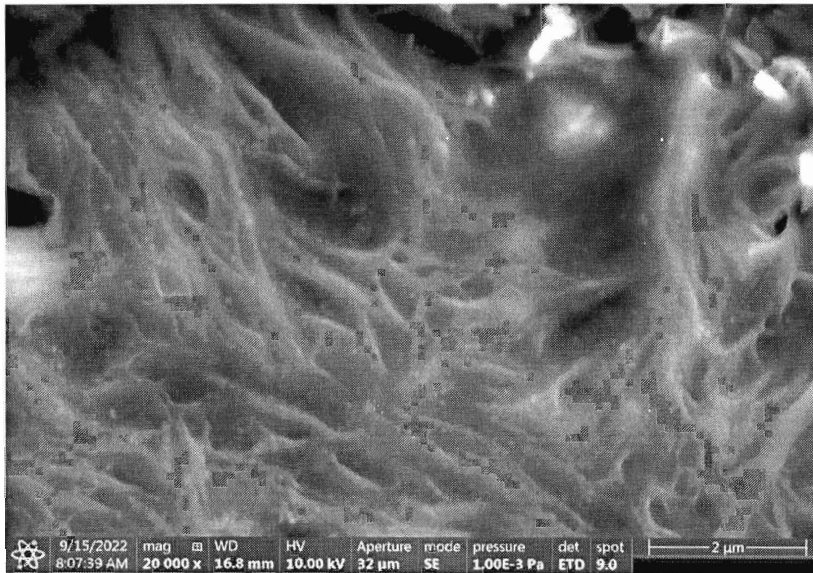


Fig. 7