



MD 2510 G2 2004.07.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat  
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) 2510<sup>(13)</sup> G2  
(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: H 01 B 1/00, 1/02,  
13/00, 13/012

(12) BREVET DE INVENȚIE

<p>(21) Nr. depozit: a 2003 0052 (22) Data depozit: 2003.02.18</p>	<p>(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2004.07.31, BOPI nr. 7/2004</p>
<p>(71) Solicitant: IOIȘER Anatolii Matusovici, MD (72) Inventator: IOIȘER Anatolii Matusovici, MD (73) Titular: IOIȘER Anatolii Matusovici, MD</p>	

(54) Nanostructură și procedeu de confecționare a acesteia

(57) Rezumat:

1  
Invenția se referă la electronică, în particular la tehnologia confecționării materialelor pentru electronică și construcția de aparate, și anume la nanostructurile compozite sistematizate.

Nanostructura conform invenției include nanofire conductoare de curent în izolație dielectrică comună. Nou este aceea că nanostructura este executată filiformă și conține nanofire strâns împachetate într-un microtoron; nanofirele sunt executate din material metalic, magnetic, semimetalic, semiconductor și/sau supraconductor în izolație dielectrică individuală, totodată dimensiunea secțiunii transversale a fiecărui nanofir este de 1...500 nm, iar grosimea izolației ei este de 1...2000 nm.

Nanofirele conductoare de curent pot fi executate din cateva grupe de diverse materiale.

Spațiul dintre nanofire în izolația dielectrică poate fi umplut cu material metalic, semimetalic, semiconductor, supraconductor sau dielectric, a cărui temperatură de topire sau înmuiere este mai

2  
mică decât temperatura maximă de topire a nanofirelor.

5  
10  
15  
Procedeu de confecționare a nanostructurii include formarea unui semifabricat, care conține un miez formator de fir amplasat într-un tub de sticlă, încălzirea semifabricatului până la topirea miezului formator de fir și înmuierea tubului de sticlă, întinderea microfirului și răcirea lui ulterioară. Noutatea procedurii constă în aceea că miezul formator de fir se formează ca un toron de microfibre conductoare de curent strâns împachetat în izolație dielectrică individuală, al cărui diametru comun este de 1...25 mm și este egal cu diametrul interior al tubului de sticlă, iar încălzirea se efectuează până la topirea sau înmuierea fiecărui dintre microfibre și înmuierea izolației dielectrice a lor.

Revendicări: 7  
Figuri: 3

MD 2510 G2 2004.07.31

## Descriere:

Invenția se referă la electronică, în particular la tehnologia materialelor pentru electronică și construcția de mașini, și anume la nanostructurile (NS) compozite sistematizate.

5 Se cunoaște nanostructura, numită uneori nanocompoziție, alcătuită din matrice prelucrată special sub formă de placă subțire sau peliculă pe bază de  $\text{SiO}_2$  sau  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cu structură microporoasă, în care microporiile sunt umpluți cu bismut (Bi), care formează nanofire conductoare, adică nanoconductoare, având diametrul de la 8 până la 100 nm [1,2]. Aceste nanoconductoare împreună cu matricea dielectrică, care le înconjoară, formează o nanostructură cu proprietăți termoelectrice mai înalte în raport cu materialele semiconductoare și semimetalice masive, în special coeficientul Seebeck (forței termoelectromotoare) și factorul termoelectric de calitate (coeficientul Z). Construcția descrisă în [2] servește ca cea mai apropiată soluție pentru nanostructura (NS) propusă.

10 Însă nanostructura cunoscută este improprie pentru multe aplicări practice, în special pentru confecționarea pe baza ei a microtermocuplurilor, generatoarelor termoelectrice, capetelor bolometrice, termoconvertoarelor de măsură și a altor dispozitive termoelectrice din cauza lungimii insuficiente a nanoconductoarelor, care nu depășește 0,1 mm. Nanostructura menționată a fost obținută în scopuri de cercetare, în special pentru studierea proprietăților termoelectrice ale acesteia.

15 Este cunoscut procedeul de confecționare a nanostructurilor menționate prin umplerea porilor în matricea dielectrică cu topitură de bismut (sau de alt material conductor) sub acțiunea unei presiuni înalte aplicate la topitura de bismut, care acoperă suprafața matricei poroase [1]. Acest procedeu dă posibilitatea să se obțină pe baza matricei dielectrice nanostructuri cu nanoconductoare, având diametrul de 20...100 nm și lungimea până la 100  $\mu\text{m}$ .

20 Totuși, la necesitatea reducerii diametrului sub 50 nm sau majorarea lungimii nanoconductoarelor, acest procedeu implică ridicarea considerabilă a presiunii (până la sute de mii de atmosfere). Toate acestea provoacă dificultăți tehnice mari la crearea de materiale pentru dispozitive termoelectrice, și pentru studierea proprietăților lor electrofizice. În afară de aceasta, ameliorarea calitativă a caracteristicilor electrofizice, în special celor termoelectrice, se revelează mai ales la nanostructuri, având diametrul firelor conductoare sub 30 nm, care la umplerea porilor cu topitură sub presiune este foarte dificil de obținut, iar pentru materiale cu tensiune superficială înaltă este în genere imposibil de realizat.

25 De asemenea este cunoscut procedeul de obținere a nanostructurilor descrise mai sus cu fire mai subțiri de **Bi** (circa 10 nm), care se reduce la umplerea porilor din matricea inițială cu o substanță aflată în faza gazoasă cu degajarea ulterioară sau condensarea ei în interiorul acestor pori și tratarea termică suplimentară pentru omogenizarea nanofirelor (nanoconductoarelor) obținute în matrice [2].

30 Neajunsul acestui procedeu este legat de temperaturi înalte de evaporare a unui șir de elemente și substanțe chimice, care în aceste condiții se descompun. Acest fapt complică tehnologia confecționării și limitează posibilitatea creării nanostructurilor cu nanofire din multe materiale, în special a combinațiilor semiconductoare și a unui șir de supraconductoare.

35 Mai este cunoscut conductorul subțire în izolație de sticlă cu firul dintr-un material conductor, mai ales din **Bi** și aliajele lui cu **Sb**, în care este creată o subțiere locală a firului, care formează un nanofir singular scurt, având diametrul de la 30 până la 100 nm și care poate să nu vină în atingere cu izolația de sticlă pe locul diametrului minim [3].

40 Procedeul de confecționare a acestui nanofir se reduce la încălzirea locală de scurtă durată, mai ales prin impulsuri, a segmentului de microconductor turnat cu întinderea lui concomitentă până la momentul solidificării [3].

45 Însă această construcție nu reprezintă o nanostructură, iar procedeul propus de obținere a acesteia este foarte complicat și cere un volum mare de muncă, nu asigură lungimea suficientă a sectorului conductor al nanofirului obținut, care în realitate nu depășește 1 mm, ceea ce limitează aplicarea lui practică. Construcția menționată se utilizează în scopuri pur științifice.

50 După tehnologia de confecționare a NS cel mai apropiat este procedeul de confecționare a microconductorului turnat în izolație de sticlă cu umplutură metalică dintr-o picătură de metal, amplasată într-un tub de sticlă și topită în câmpul de înaltă frecvență al inductorului, totodată tubul capilar se trage din partea înmuiață a tubului de sticlă cu topitura de metal, care reprezintă materialul de formare a firelor [4].

55 Totuși acest procedeu nu realizează NS și nu asigură obținerea nanoconductoarelor singulare, având diametrul firului sub 300 nm.

Un alt dezavantaj, comun pentru nanostructurile propuse, este faptul că toate nanoconductoarele din structura cunoscută sunt executate din același material, deoarece procedeele cunoscute nu permit să se realizeze nanoconductoare eterogene într-o singură NS. Acest fapt restrânge posibilitățile funcționale și intervalele temperaturilor de lucru ale acestora, în special ale dispozitivelor termoelectrice și galvanomagnetice.

# MD 2510 G2 2004.07.31

4

Problema pe care o soluționează prezenta invenție este înlăturarea dezavantajelor menționate mai sus și crearea unei nanostructuri de lungime sporită cu caracteristici geometrice și funcționale mai bune și posibilități de utilizare mai mari.

5 Nanostructura, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că este executată filiformă, mai ales cilindrică, sub formă de microtoron multifilar în înveliș comun de sticlă, alcătuit din nanoconductoare (nanofire) strâns împachetate în izolație dielectrică individuală, cu fire din materiale din randul celor: semiconductoare, semimetalice, supraconductoare, metalice, inclusiv cele magnetice în orice

10 combinație, având diametrele firelor de la 1 până la 500 nm și grosimile izolației dielectrice menționate de la 1 până la 2000 nm. În secțiunea unei NS filiforme pot fi incluse de la câteva mii până la câteva sute de mii de nanoconductoare în izolație dielectrică.

În afară de aceasta, pentru extinderea posibilităților funcționale ale NS (de exemplu, mărirea intervalului temperaturilor de lucru ale instalațiilor termoelectrice) și de creare a microtermocuplurilor

15 cuprinsibile firele conductoare de curent sunt executate din mai multe grupuri de materiale eterogene. De preferință se utilizează materiale semiconductoare și/sau semimetalice pe bază de aliaje din **Bi, Sb, Te, Se, Ge** cu valori optime ale factorului termoelectric de calitate  $Z$ , aflate în diferite intervale de temperaturi cuprinse între  $-100 \dots +120^\circ\text{C}$ . Asemenea materiale sunt, în special **Bi, Sb** și aliajele  **$Bi_{1-x}Sb_x$ ,  $Bi_2Te_3$ ,  $Sb_2Te_3$ ,  $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ ,  $AgSbTe_2$ ,  $(AgSbTe_2)_{0,90}(GeTe)_{0,10}$ ,  $CoSb_3$  ș.a.**

20 Pentru asigurarea compactității și atribuirii NS a unor proprietăți utile suplimentare, spațiul dintre izolațiile dielectrice ale nanofirelor în interiorul microtoronului este umplut cu unul din materialele: metal, semimetal, semiconductor, supraconductor, dielectric (mai ales sticla) cu temperaturi de înmuiere sau de topire care nu depășesc mai mult decât cu  $300^\circ\text{C}$  temperatura maximă de topire sau de înmuiere a nanofirelor izolate între ele.

În caz general, NS filiforme, conform acestei invenții, sunt executate sub formă de microtoroane vitrificate alcătuite din nanoconductoare în izolație dielectrică de exemplu de sticlă, având diametrul microtoronului până la  $200 \mu\text{m}$ , grosimea învelișului comun de sticlă de la  $5 \mu\text{m}$  până la  $400 \mu\text{m}$  și lungimea segmentelor conductoare de la  $0,005$  până la  $100 \text{ m}$  (în funcție de componența și construcția NS), fiind

25 posibile și alte dimensiuni geometrice. În caz de umplere a spațiului dintre nanofire în interiorul microtoronului cu material electroconductor sau dielectric sticlos (amorf), acesta este umplut cu un gaz sau cu un amestec de gaze.

30 Avantajul NS filiforme propuse constă în aceea că suprafața totală a secțiunii firelor conductoare de curent a NS poate atinge 25% din suprafața microtoronului acesteia, ceea ce permite de a reduce considerabil intensitatea curentului prin NS în raport cu nanoconductoarele solitare. Acest fapt este important în cazul utilizărilor energetice (inclusiv pentru microcoolere) și pentru sporirea sensibilității convertoarelor de măsură pe baza NS. În afară de aceasta, construcția propusă prezintă un grad de

35 tehnicitate mult mai înalt decât la soluțiile cunoscute, mai ales pentru aplicarea în construcția de aparate.

Pentru realizarea NS se propune un procedeu care include formarea semifabricatului, care conține un tub de sticlă și un miez formator de fir sub formă de un toron strâns împachetat cu diametrul comun de la 1 până la 25 mm apropiat de diametrul interior al tubului de sticlă, încălzirea semifabricatului în zona de

40 amplasare a toronului până la temperatura de topire și înmuiere a miezului formator de fir, adică a fiecărui microfir și a izolației dielectrice a acestuia, și înmuierea până la curgere viscoasă a tubului de sticlă. În continuare din semifabricatul descris, și anume din zona tubului încălzit și înmuiat cu toronul încălzit se trage (de exemplu, la înfășurarea pe o bobină cu diametrul admisibil) tubul capilar de sticlă, care se umple totodată cu microtoronul în formare, alcătuit din tuburi nanocapilare care, la rândul, lor sunt umplute cu material inițial de formare a firelor - metal, semimetal, semiconductor sau supraconductor. Ca urmare,

45 după răcirea naturală sau forțată a tubului microcapilar tras, solidificarea tuturor componentelor dielectrice și cristalizarea nanoconductoarelor în formare se formează o structură coerentă din nanoconductoare izolate între ele într-un înveliș comun de sticlă, care reprezintă NS propusă.

Trebuie de menționat că în cazul unei viteze mari de răcire (până la  $10^7 \text{ K/s}$ ), care poate fi realizată în acest proces, unele aliaje metalice (în special, cele magnetice) și semiconductoare pot prezenta o structură

50 amorfă, adică sticloasă și revela datorită acestui fapt proprietăți utile suplimentare.

Microfirele inițiale în izolație de sticlă pot fi obținute nu numai pe baza tehnologiei de turnare a microconductorului, dar și prin metoda de umplere a tuburilor capilare înfundate cave. În acest caz toronul de tuburi microcapilare de sticlă (diametrul lor interior este de la câteva unități până la câteva zeci de micrometri) se cufundă cu capătul deschis în topitura de material de formare a firelor (procesul are loc

55 în vid), de exemplu în material semiconductor sau semimetalic; se aplică presiunea pe suprafața topiturii, care datorită diferenței presiunilor din exterior și din interiorul tubului capilar se presează în acest tub capilar. Apoi se realizează cristalizarea direcționată a firelor în interiorul tuburilor microcapilare, reducând temperatura la gradientul ei de-a lungul toronului.

Încălzirea semifabricatului sub formă de toron de microfiri în tub se realizează în zona de înmuiere cu

60 ajutorul unui singur sau unui număr mare de surse de energie termică. Acestea pot fi, de exemplu, inductoare de înaltă frecvență, care funcționează concomitent la diferite frecvențe și care asigură în

## MD 2510 G2 2004.07.31

5

totalitate pătrunderea câmpurilor electromagnetice în toronul de microfibre la o adâncime de cel mult ? din diametrul acestui toron. După topirea și înmuierea semifabricatului pentru tragerea NS, puterea totală a câmpului electromagnetic al inductorilor se modifică în funcție de sensul modificării conductibilității electrice a acestora: se reduce – la creștere și se sporește la micșorare.

5 Totodată nu se exclude și o încălzire suplimentară a semifabricatului (tubului de sticlă cu toron de microconductoare) cu ajutorul radiației provenite de la un inel incandescent din grafit silicificat, care de asemenea se încălzește în câmpul inductorului de înaltă frecvență. De asemenea sunt posibile și alte surse suplimentare de încălzire a semifabricatului inițial, de exemplu, în flacăra unui arzător, după cum s-a menționat anterior, cu ajutorul unui jet de gaz incandescent sau cu ajutorul plasmotronului.

10 Pentru realizarea variantei de construcție a NS cu umplerea spațiului între izolația nanofirelor cu materiale conductoare de curent sau cu sticlă se propune o variantă a procedurii, la care după formarea în tubul de sticlă a toronului din microfibre inițiale în izolație dielectrică, mai ales din microconductoare turnate, spațiul între izolația acestor fire se umple cu material a cărui temperatură de topire sau de înmuiere nu depășește cu cel mult 300 °C temperatura de topire a microfivelor utilizate, de exemplu se umple cu sticlă sau cu un material conductor de curent. În acest caz este preferabilă utilizarea materialelor cu valori ale coeficientului de dilatație termică (CDT), aflate în intervalul, ale cărui limite nu diferă mai mult decât cu 50% de valorile CDT ale firelor și izolațiilor dielectrice ale microfivelor (de exemplu, ale microfivelor turnate în izolație de sticlă) din toronul inițial.

15 În scopul umplerii se cufundă capătul deschis al tubului de sticlă cu toron de microfibre în topitura materialului de umplere; se creează diferența pozitivă de presiuni între suprafața topiturii și cavitatea interioară a tubului, iar după umplerea spațiului menționat cu topitură aceasta se răcește până la solidificare, asigurând o structură compactă a semifabricatului inițial înainte de încălzirea combinată a acestuia și tragerea din el a tubului microcapilar pentru obținerea unei NS filiforme descrise mai sus.

20 Invenția se explică prin desenele din fig.1, fig.2 și fig.3, care reprezintă (fără respectarea dimensiunilor):

- fig.1, secțiunea nanostructurii filiforme, aspect general;
- fig. 2, fragment al secțiunii NS filiforme (mărită);
- fig. 3, schema de realizare a procedurii de confecționare a NS filiforme.

25 Nanostructura filiformă (fig. 1 și fig. 2) conține microtoronul strâns împachetat 1 alcătuit din nanofire 2 în izolație de dielectric 3, care este înconjurat de învelișul comun de sticlă 4. Spațiul 5 între izolația nanofirelor este umplut cu material conductor de curent sau cu sticlă.

30 Schema de realizare a procedurii de confecționare a nanostructurii filiforme conține un toron strâns împachetat de microfibre inițiale 6; și un tub de sticlă 7 care formează semifabricatul menționat anterior; un inductor de înaltă frecvență (ÎF) 8; o NS filiformă 9; un canal pentru răcire cu apă a inductorului de ÎF 10; un mecanism cu avans 11; un inel de grafit silicificat 12; un arzător de gaze 13; o bobină de recepție 14; un jet de lichid de cristalizare 15; o manta de protecție pentru suflarea cu argon a zonei de încălzire a tubului de sticlă al semifabricatului inițial 16; un tub subțire pentru suflarea toronului de microfibre inițiale cu gaz inert din interiorul tubului de sticlă.

35 Trebuie de menționat că valorile optime ale diametrelor nanofirelor în NS filiformă propusă diferă în funcție de destinație și de materialul firelor. În continuare sunt prezentate unele exemple de realizare a NS filiforme propuse cu compoziția și destinația diferite, care ilustrează variantele și posibilitățile principale ale acestora.

40 NS, destinate pentru dispozitive termoelectrice, sunt executate sub formă de microtoroane din nanofire în înveliș (izolație) comun de sticlă, având diametrul de la 12 până la 140 μm. Diametrul microtoronului în interiorul învelișului se află pentru majoritatea modelelor în limitele de la 1 până la 110 μm; raportul optim (din punct de vedere al gradului de tehnicitate) dintre diametrul microtoronului și diametrul comun al NS filiforme constituie, pornind de la experimentele efectuate, aproximativ 2/3. Lungimea segmentelor conductoare unor astfel de NS variază în limite largi de la 0,005 până la 100 m. În fiecare toron de acest fel pot fi amplasate de la 2000 până la 150000 de nanoconductoare, în funcție de semifabricatul inițial.

45 În exemplele realizate cu nanoconductoare de două tipuri (cu fire din **Bi** și din aliaj de **Bi<sub>0,88</sub>-Sb<sub>0,12</sub>**) într-o NS filiformă erau 2000 de microfibre (câte 1000 de fiecare tip), 18000 de microfibre (cate 9000 de fiecare tip), 52000 (30000 din **Bi** și 22000 din **Bi<sub>0,88</sub>-Sb<sub>0,12</sub>**) și 125000 de nanofire (numai din **Bi<sub>0,88</sub>-Sb<sub>0,12</sub>**). Aceste modele nu au umpluturi în spațiul dintre izolațiile nanoconductoarelor din microtoron.

50 Pentru modelele conductoare de curent lungi (L>0,1 m) ale NS filiforme cu un număr mare de nanoconductoare (N=52000 și 125000), pornind de la măsurări, se poate presupune că cel puțin 75% din toate nanoconductoarele din microtoron sunt conductoare de curent, însă din cauza dificultăților de contactare concomitent pentru toate nanoconductoarele NS, această valoare poate fi chiar și micșorată.

55 Efectul creșterii coeficientului forței termoelectromotoare pe modelele NS filiforme se observă la diametrul nanoconductoarelor din **Bi** și aliajelor lui, egal cu cel mult 12 nm. Totodată coeficientul forței termoelectromotoare la temperatura camerei depășește 200 μV/°C. Pe măsura reducerii diametrului firelor

60

## MD 2510 G2 2004.07.31

6

nanoconductoarelor (până la 5...8 nm) acest coeficient conform [2] se mărește până la 2000  $\mu\text{V/K}$ . Pentru NS pe bază de alte materiale aceste efecte se revelează la nanoconductoare cu diametrul mai mare, însă într-o măsură mai mică. Modelele lungi (peste 0,3 m) de NS sunt destinate pentru microtermocupluri, utilizate în medicină pentru diagnosticarea vaselor sanguine și altor organe. Pentru confecționarea microcoolerelor, capetelor de bolometre, termoconvertoarelor de măsură pentru curent de înaltă frecvență, traductoarelor de umiditate și a unei serii de alte aparate sunt suficiente segmente conductoare de NS filiforme, având lungimea de la 5 până la 15 mm.

Pentru aprecierea posibilităților tehnologice de obținere a unor NS complexe cu nanoconductoare de mai multe tipuri din materiale cu diferite temperaturi de topire (pentru utilizarea unor astfel de NS în generatoare termoelectrice și în microcoolere cu un interval extins al temperaturilor de lucru sau în microtermocupluri) a fost realizată o NS filiformă cu nanoconductoare din 6 tipuri de materiale semiconductoră și semimetalice, și anume: **Bi**, **Bi<sub>0,88</sub>Sb<sub>0,12</sub>**, **Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>**, **Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>**, **GeTe**, **(Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>0,90</sub>Ge<sub>0,10</sub>**. Diametrele nanoconductoarelor în această NS sunt de asemenea diferite (de la 8 până la 50 nm), chiar pentru nanoconductoare din materiale identice. Acest lucru se asigură prin utilizarea microconductoarelor turnate cu raporturi corespunzătoare ale diametrelor firelor în toronul de microfibre al semifabricatului inițial. Distribuția nanoconductoarelor eterogene prin secțiunea NS era arbitrară, însă pe cât e posibil uniformă. O astfel de construcție a NS filiforme demonstrează posibilități largi de variație a compoziției și parametrilor geometrici ai NS propuse în raport cu nanostructuri cunoscute și cu microconductoare obișnuite. Pentru astfel de modele este caracteristică distribuția relativ uniformă a valorilor coeficientului forței termoelectromotoare și factorului termoelectric de calitate într-un interval larg de temperaturi (de exemplu, în cazul dat 100...120°C). Totodată valoarea coeficientului forței termoelectromotoare a NS indicate este de cel puțin 300  $\mu\text{V/K}$  pentru întregul interval de temperaturi indicat.

Modelele de NS filiforme din nanoconductoare cu fire din materiale semiconductoră de tipul **InSb<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>**, **InSb<sub>1-x</sub>InBi<sub>x</sub>**, **InSb<sub>1-x-y</sub>Bi<sub>x</sub>Ge<sub>y</sub>** și ale unui șir de alte materiale sunt confecționate în scopul determinării proprietăților lor galvanomagnetice și aplicărilor posibile ale acestora. Totodată, pentru modelele dintr-o anumită compoziție (în special **InSb<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>**) cu diametrele firelor nanoconductoarelor 20...150 nm, în urma extinderii zonei de solubilitate reciprocă a componenților și efectelor dimensionale cuantice, care au loc în cazul unor astfel de diametre, se observă dependența liniară a magnetorezistenței de câmpul magnetic, pornind în mod practic de la valori nule ale inducției câmpului magnetic și până la 0,7 T, ceea ce în semiconductori masivi și în nanostructuri cunoscute nu se observă. Acest fapt extinde substanțial posibilitatea de utilizare a unor astfel de NS filiforme în construcția de aparate. Unul din modelele NS în acest context include cca 1200 de nanoconductoare cu diametrele firelor de aproximativ 500 nm, totodată cavitățile din interiorul microoronului sunt umplute cu bismut pur. Lungimea segmentelor conductoare de astfel de NS constituie de la 5 până la 1000 nm (totodată lungimea microoronului în izolație constituie peste 10 m). În afară de aceasta a fost confecționată o NS filiformă cu firele nanoconductoarelor din trei materiale, deosebite ca compoziție: **InSb<sub>0,90</sub>InBi<sub>0,10</sub>**, **InSb<sub>0,93</sub>Bi<sub>0,07</sub>**, **InSb<sub>0,83</sub>Bi<sub>0,12</sub>Ge<sub>0,5</sub>** în scopul aprecierii proprietății galvanomagnetice ale acestora. Elementele alcătuite pe baza lor au demonstrat o sensibilitate și liniaritate a caracteristicilor de lucru mai înaltă în raport cu soluțiile apropiate.

De asemenea au fost confecționate modele de NS pe bază de microconductoare turnate din Ge cu un nivel de aliere diferit, diametrele firelor nanoconductoarelor fiind de 25, 50, 230 și cca 500 nm. Pe două modele s-a realizat umplerea spațiului dintre izolațiile nanoconductoarelor cu sticlă plumb-silicică ușor fuzibilă. Pentru confecționarea a două modele au fost formate semifabricate inițiale cu microconductoare cu diametrul și nivelul de aliere diferite ale firelor, totodată microconductoarele de mică rezistență și cu diametrul firelor mare erau amplasate în partea centrală a semifabricatului pentru asigurarea unui grad de tehnicitate a topirii firelor și a procesului de tragere mai mare. În mod similar pot fi confecționate și NS filiforme din alte materiale.

Pentru perfectarea tehnologiei de obținere a NS filiforme, au fost de asemenea utilizate microconductoare turnate inițiale cu firul din aliaje amorfe magnetice dure și moi pe bază de **Fe** și **Co**, care includ de asemenea **Ni**, **Mn**, **C**, **Ge**. NS filiforme obținute cu un număr de nanoconductoare de 78000, 25000 și 2600 cu diametrul 50, 100 și 400 nm respectiv prezintă caracteristici magnetice ameliorate, în special, saltul mare al lui Barkhausen considerabil mai pronunțat pentru nanoconductoare cu firul magnetic dur și o lungime mai mare a domeniilor magnetice (până la 45  $\mu\text{m}$ ). Acest lucru va da posibilitatea să se elaboreze pe baza unor astfel de NS elemente magnetice de prag mai eficiente, cum ar fi broaște codificate, elemente Wigand pentru sisteme de aprindere electronică a motoarelor, traductoare ale mărimilor neelectrice etc. Totodată este preferabilă umplerea cavităților din interiorul microoronului în NS cu un aliaj magnetic moale pe bază de fier. NS filiforme din materiale amorfe magnetice moi cu numărul de nanoconductoare de la 5000 până la 60000 și diametrele firelor până la 200 nm au un coeficient de absorbție a radiațiilor în gama radiofrecvențelor mai înalt, inclusiv în gama 15...25 GHz, ceea ce își poate găsi aplicarea atât în tehnica militară, cât și în cea de uz casnic.

## MD 2510 G2 2004.07.31

7

La NS filiforme cu nanoconductoare din compoziții semiconductoare  $\text{In}_3\text{SbTe}_2$  și  $\text{In}_4\text{SbTe}_2$ , s-a constatat superconductibilitatea la temperaturi joase. Deja la diametrele firelor de 15...30 nm și ale izolației de sticlă 8...10 nm, care au fost obținute pe modelele de NS din 45000 și 98000 de nanoconductoare (fără umplerea interstițiilor din microtoron), valorile curentului critic și câmpului magnetic critic admisibil cresc de 1,5 ... 2 ori. Se presupune că în microtoronul de NS filiform, având o

5 astfel de construcție, are loc așa-numita colectivizare a electronilor, ceea ce contribuie la ridicarea parametrilor critici ai superconductibilității. La valori mai reduse ale diametrelor firelor este deja posibilă ridicarea temperaturii critice de trecere la superconductibilitate înainte de a atinge o temperatură, care depășește substanțial 30 K.

10 Construcția descrisă a NS filiforme în combinații cu proprietățile semiconductoare ale nanofirelor (la temperaturi mai înalte) oferă posibilitatea să se creeze receptoare extrem de sensibile de radiație infraroșie.

În cazul utilizării materialului conductor de curent pentru umplerea cavităților dintre nanofire, în microtoron se formează o matrice suplimentară nestrict reglată cu dimensiunea transversală comună egală

15 cu diametrul interior al învelișului de sticlă al NS și cu dimensiunile geometrice caracteristice transversale ale neomogenităților, comensurabile cu razele izolației nanoconductoarelor. La împachetarea destul de compactă a nanoconductoarelor cu diametrul de aproximativ 30 nm în microtoron, aceste dimensiuni caracteristice constituie 12...14 nm. Această structură suplimentară cu nanodimensiuni datorită efectelor dimensionare cuantice contribuie la ameliorarea caracteristicilor funcționale și cantitative ale NS filiforme

20 propuse.

Una din variantele acestei construcții poate fi umplerea spațiului dintre nanoconductoare cu ceramică supraconductoare pentru temperaturi înalte, de exemplu, pe bază de bismut. Regimurile termice de realizare a acestei variante de construcție trebuie să se determine în mod experimental.

Procedeele de confecționare include mai multe procese.

25 Primul proces include confecționarea microfiredelor inițiale, în special a microconductoarelor turnate în izolație de sticlă cu fire de semiconductor, semimetale și ale unui șir de aliaje metalice (inclusiv termoelectrice, amorf, magnetic dure și magnetic moi, precum și celor supraconductoare).

Tehnologia de obținere a unor astfel de microconductoare este cunoscută și se execută pe o instalație standard de turnare a microconductorului, de exemplu ALM5-1, care este modernizată pentru

30 posibilitatea turnării materialelor semiconductoare și semimetalice. În special, este asigurată posibilitatea de încălzire prealabilă a materialelor cu rezistență specifică înaltă cu ajutorul unei surse suplimentare de încălzire, protecția microbăii contra oxidării prin suflarea ei cu argon din exteriorul și din interiorul tubului de sticlă, din care se trage microconductorul. Turnarea microconductoarelor din metale se execută conform tehnologiei standard, și anume cu răcirea forțată a tubului capilar tras, folosind un jet de lichid de răcire, de exemplu de apă.

35

Suspensia se topește în interiorul tubului de sticlă în câmpul inductorului de înaltă frecvență. Capătul încălzit al tubului de sticlă înfășoară topitura de material formator de fire, care datorită forțelor ponderomotorie ale câmpului electromagnetic se menține în stare de suspensie sub formă de picătură deasupra inductorului de înaltă frecvență. Din tubul de sticlă încălzit se trage tubul capilar, care se umple

40 continuu cu materialul formator de fire, formând în felul acesta microconductorul turnat. Pentru acest proces se aplică de obicei frecvențe de 440 sau 880 MHz. Tuburile pentru turnarea microconductorului se utilizează de obicei din diferite sticle cu temperatura de înmuiere de la 600 până la 900°C, însă mai frecvent se utilizează sticle de borosilicați și alumoborosilicați (pirex, nonex, cuarțoidale, cu molibden). Viteza de tragere a microconductorului se află în intervale foarte largi, mai preferabil de la 3 până la 10

45 m/s; pentru un șir de materiale se aplică și viteze în interval mai larg. Tubul de sticlă se deplasează în zona inductorului cu viteza acordată cu viteza de tragere a tubului capilar.

Microfirele inițiale în izolație dielectrică se obțin conform tehnologiei de turnare a microconductorului a metodei lui Ulitovsky mai sus menționată și prin metoda de umplere a tuburilor capilare înfundate cave. Totodată toronul de tuburi microcapilare înfundate de sticlă (diametrul lor interior variază

50 de la câteva unități până la câteva zeci de micrometri) se cufundă (operația decurge în vid) cu capătul deschis în topitura de material formator de fire, de exemplu material semiconductor sau semimetalic, apoi se aplică presiunea pe suprafața topiturii, care datorită diferenței de presiuni din exteriorul și din interiorul tubului capilar se presează în acest tub capilar. Apoi se realizează cristalizarea direcționată a firelor în interiorul tuburilor microcapilare, reducând temperatura cu asigurarea gradientului de temperatură de-a

55 lungul toronului de aceste tuburi capilare și formând în felul acesta segmente de microfiredel în izolație de sticlă.

Al doilea proces include alegerea microfiredelor inițiale și separarea lor pe segmente de lungime prescrisă cu asamblarea lor ulterioară într-un toron strâns în interiorul tubului de sticlă.

60 Tăierea microconductoarelor turnate cu fire din materiale flexibile se execută într-un dispozitiv simplu de tipul ghilotinei, iar pentru materiale monocristaline fragile (în general cele semiconductoare și semimetalice) a fost elaborat un dispozitiv special, care asigură obținerea segmentelor de lungime

## MD 2510 G2 2004.07.31

8

prescrisă. În conformitate cu datele experimentale, lungimea optimă a toronului de microfibre în izolație de sticlă trebuie să fie de cel puțin 30 mm la diametrul de 8...15 mm. A fost verificată și posibilitatea de confecționare a toroanelor, având diametrul egal cu 1...25 mm, care sunt optime pentru un șir de materiale cu valoarea înaltă și, respectiv, joasă a constantei capilare.

5 Asamblarea segmentelor de microconductoare în toron de diametrul presupus se efectuează cu ajutorul unui dispozitiv semiautomat special cu utilizarea unor ventuze pneumatice sau șabloane dimensionale. După introducerea toronului în tubul de sticlă (în apropierea unuia din capete) pentru asigurarea amplasării compacte se utilizează tuburi capilare suplimentare de sticlă sau fibre cu rigiditate sporită, având diametrul de la 50 până la 200  $\mu\text{m}$ , care se introduc de asemenea în tub într-un număr  
10 necesar pentru reținerea toronului în tub datorită forțelor de frecare (de obicei 1...5 buc.). Pentru sporirea gradului de tehnicitate se utilizează tuburi de sticlă cu temperatura de înmuiere și viscozitatea nu mai mică decât a izolației microconductoarelor din toron. De obicei se utilizează sticla pirex sau alte sticle numite „lungi”, la care intervalul de temperaturi cu valori de lucru ale coeficientului de viscozitate (1000...7000 Pa\*s), necesare pentru tragerea tubului capilar de dimensiuni micrometrice, se găsește între  
15 600...1300°C. Pentru materiale cu temperatura înaltă de topire (*Ni*, *Co*, *Pt* etc.) se utilizează sticle mai „scurte”, de exemplu cele cuarțoidale.

În cazul obținerii microfivelor inițiale prin metoda umplerii tuburilor capilare înfundate de sticlă segmentele cu lungimea prescrisă se pot forma nemijlocit la confecționarea lor.

20 Al treilea proces include încălzirea combinată a semifabricatului inițial alcătuit din toronul 6 de microconductoare în tubul de sticlă 7, pregătit în modul descris mai sus, în câmpul inductorului de înaltă frecvență 8 și concomitent cu ajutorul unei surse de încălzire suplimentare până la topirea firelor microconductoarelor, înmuierea izolației lor dielectrice și tubului de sticlă 7 și întinderea acestui tub împreună cu toronul 6 de microconductoare până la formarea NS filiforme 9, constituite din mii de nanoconductoare (nanofire). Totodată temperatura de încălzire se menține de obicei cu 100...500°C mai  
25 înaltă decât temperatura de topire a firelor microconductoarelor, pentru unele materiale, de exemplu *Bi*, această supraîncălzire poate atinge 900...1000°C. În general, temperatura de încălzire a semifabricatului inițial este determinată de viscozitatea tubului de sticlă 7, umplut cu toronul 6 de microconductoare, și de viscozitatea izolației lor. Pentru sticla pirex temperatura preferabilă de încălzire este de 1100...1180°C, când viscozitatea ei se află în limitele de la 1500 până la 4000 Pa\*s, care este optimă pentru orice fel de  
30 sticle la tragerea tuburilor capilare de dimensiuni micrometrice. Pentru a preveni supraîncălzirea inductorului 8 de înaltă frecvență în acesta este executat un canal 10, prin care circulă lichidul de răcire, de exemplu apa.

Operația tehnologică indicată se efectuează la o instalație specială creată pe baza instalației standard pentru turnarea microconductoarelor în izolație de sticlă tip ALM5-1M, ale cărei subansambluri  
35 principale sunt prezentate în fig. 3. Tubul 7 cu toronul 6 compact împachetat din microfibre inițiale, de preferență microconductoare turnate, se fixează în mecanismul de avans 11. Încălzirea elementelor conductoare de curent, adică a firelor microconductoarelor inițiale și a materialului conductor de curent în interstițiile dintre microconductoare (în cazul existenței acestora), se efectuează în câmpul electromagnetic al inductorului 8 de înaltă frecvență și cu ajutorul surselor suplimentare de încălzire.

40 În special, se utilizează radiația inelului incandescent 12 din grafit silicificat, care se autoîncălzește în câmpul inductorului de înaltă frecvență. Mai este aplicată și varianta de încălzire suplimentară cu ajutorul mai multor jeturi de flăcări 13 de la un arzător inelar de gaze special, combinat cu inductorul 8. Încălzirea suplimentară asigură, în primul rând, încălzirea tubului exterior de sticlă 7 și contribuie la încălzirea altor materiale dielectrice din semifabricat, cu toate că la încălzirea firelor microconductoarelor din toron cu  
45 ajutorul câmpului electromagnetic izolațiile lor se încălzesc și datorită conductibilității termice de la aceste fire. În caz de putere insuficientă, degajată în materialele conductoare de curent ale semifabricatului inițial încălzirea exterioară suplimentară contribuie de asemenea la topirea microconductoarelor. Pentru semifabricate subțiri și materiale de înaltă rezistență se poate utiliza pentru încălzirea și topirea firelor numai o singură sursă, de exemplu flacăra unui arzător de gaz, jetul de gaz  
50 incandescent sau de plasmă.

Gama de frecvențe a inductorului de înaltă frecvență poate fi de la 60 kHz până la 3,5 MHz. Este preferabilă utilizarea inductorului cu două frecvențe sau două inductoare (de exemplu, amplasate unul  
55 deasupra altuia, totodată cel de-al doilea poate fi utilizat atât în prezența inelului 12 din grafit silicificat, cât și în locul lui) de la două generatoare separate. Este de dorit să se utilizeze generatoare cu frecvență variabilă, cu toate că realizarea procedurii este posibilă și la frecvențe fixe.

După cum se știe, adâncimea  $\Delta$  de pătrundere a câmpului electromagnetic în materialul conductor este funcție de rezistența specifică, permeabilitatea magnetică și frecvența acestuia. În afară de aceasta, se va lua în considerare că din cauza necompacității materialului încălzit conductor de curent, prezentat sub  
60 formă de microfibre izolate, de exemplu firele microconductoarelor turnate, în cazul dat pentru calcularea acestei adâncimi se acceptă valorile efective  $\rho$  și  $\epsilon$ , care sunt funcție de coeficientul de umplere a tubului

## MD 2510 G2 2004.07.31

9

de sticlă inițial. Conform calculelor adâncimea  $\Delta$  de pătrundere a câmpului electromagnetic la frecvența prescrisă în prima aproximație se estimează folosind relația:

$$\Delta = 375 \cdot (n^2 D^2 / d^2) \cdot [\rho / (\mu_0 \cdot \mu_r)]^{1/2},$$

în care  $\rho$  este rezistența specială la frecvența prescrisă a materialului,

5

$\mu$  - permeabilitatea magnetică relativă a materialului,

$\mu_0$  - permeabilitatea magnetică a vidului,

$\nu$  - frecvența câmpului electromagnetic,

$D$  - diametrul interior al tubului de sticlă,

10

$d$  - diametrul mediu al firelor microconductoarelor inițiale din toron în interiorul tubului,

$n$  - numărul de microfibre din toron.

În cazul dat, din cauza necesității de a încălzi pe cât e posibil în mod uniform, prin secțiune, toronul din tubul de sticlă (adică toronul de microfibre izolate), nu este rațional să ne limităm la o singură frecvență, deoarece microfibrele exterioare ale toronului vor ecrana cele interioare, dacă frecvența câmpului electromagnetic este destul de înaltă (440...880 kHz pentru metale sau 880...1760 kHz pentru semiconductori). În acest caz adâncimea de pătrundere  $\Delta$  este comensurabilă cu diametrele individuale ale firelor microconductoarelor izolate din toronul inițial. De aceea pentru încălzire se cere să se utilizeze suplimentar un câmp electromagnetic cu frecvența mai joasă (de exemplu, 220 kHz și valori mai joase), care pătrunde în adâncul toronului și contribuie la încălzirea firelor din microconductoare.

15

Totuși, luând în considerare faptul că numai unele frecvențe discrete sunt permise a fi folosite în instalații industriale, la realizarea procedurii pentru diferite materiale și diametre ale microconductoarelor sunt utilizate frecvențele 220, 440, 880 și 1760 kHz. Numai cu aceste frecvențe procedeul propus de confecționare a NS filiforme nu se epuizează, deoarece asigurând principiul ecranării totale a încăperii de lucru se poate realiza încălzirea semifabricatului inițial pentru obținerea NS filiforme la orice frecvență, totodată asigurând protecția mediului exterior contra perturbațiilor radiofonice industriale.

25

Trebuie de menționat că la confecționarea NS filiforme din materiale cu rezistență mare, în special semiconductoare, încălzirea suplimentară a semifabricatului inițial este necesară pentru reducerea rezistenței specifice a firelor microconductoarelor izolate, fără care ele vor rămâne transparente pentru câmpul electromagnetic al inductorului de înaltă frecvență și nu se vor putea încălzi și topi.

30

După cum s-a menționat mai sus, pentru încălzirea suplimentară a semifabricatului prin utilizarea unei flăcări este folosit un inductor combinat cu un arzător de gaze, care este executat cu găuri-ajutațe, repartizate uniform în jurul găurii centrale și orientate spre centru, adică în direcția capătului inferior al semifabricatului inițial (tubului de sticlă cu microconductoare), care se încălzește pentru tragerea tubului capilar din el. În cazul cel mai simplu, este posibilă utilizarea gazului obișnuit pentru uz casnic cu suflarea aerului de la un compresor. Pentru ridicarea temperaturii flăcării se utilizează suflarea oxigenului dintr-o butelie. Încă mai mult se poate ridica temperatura prin arderea acetilenei, care este rațional să fie utilizată numai pentru materiale cu temperatura înaltă de topire și sticle cuarțoidale. Încălzirea suplimentară la flăcără poate fi combinată cu alte procedee de încălzire a semifabricatului inițial, atât în cursul întregului proces de tragere a NS, cât și numai la o anumită etapă a acestuia. Acest lucru depinde de materialele din care se obțin NS și, respectiv, de temperatura necesară. Este posibilă tragerea NS filiforme la încălzirea semifabricatului numai cu o singură sursă termică fără inductor de înaltă frecvență, de exemplu, cu arzător de gaz, laser sau plasmotron.

35

Inductoarele utilizate sunt de obicei executate cu diametrul găurii centrale mai mare decât diametrul tubului de sticlă ceea ce permite să se topească semifabricatul, adică tubul cu microconductoare inițiale, și să se formeze o zonă topită și înmuiată de tragere și subțiere a acestui semifabricat inițial în NS filiformă 9. Totuși, formarea gâtuirii la capătul tubului de sticlă cu toron de microfibre poate fi îndeplinită din timp, de exemplu cu ajutorul numai al unui singur arzător de gaze.

45

Tragerea tubului capilar, în care se formează NS filiformă se efectuează prin orice procedeu cunoscut, de exemplu prin înfășurare pe bobina de recepție 14, după cum este arătat în exemplul de realizare a procedurii (vezi fig. 3), sau sub formă de segmente rectilinii cu ajutorul unui dispozitiv special pe baza a două benzi de strângere verticale de transportor. Viteza de tragere se reglează, după cum s-a menționat mai sus, în limite largi (0,1...60 m/s) în funcție de materiale, de diametrele necesare ale nanoconductoarelor și de proprietățile electrofizice ale NS. Pentru obținerea NS filiforme din materiale termoelectrice standard se aplică viteze de tragere de 5...10 m/s. Pentru NS din aliaje  $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,90} - \text{Ge}_{0,10}$  și din Ge au fost aplicate atât viteza minimă de tragere egală cu 0,1 m/s (pentru obținerea unei structuri perfecte a firelor), cât și viteza maximă (60 m/s) pentru obținerea fazei amorfe sau nanostructurale a germaniului. NS din toron de microconductoare feromagnetice amorfe se obțin la viteze medii de 10...15 m/s și la viteze reduse de tragere de 5 m/s, ceea ce asigură valori înalte ale magnetorezistenței gigante și impedanța magnetică gigantă.

55

Viteza de tragere și răcirea supraîncălzită a nanoconductoarelor (până la  $10^7$  K/s) extinde considerabil limitele solubilității reciproce a componentelor semiconductoare și supraconductoare, utilizate la

60



## MD 2510 G2 2004.07.31

10

formarea lor în raport cu cristalele obișnuite masive. Soluțiile metastabile solide noi sau amestecurile omogene din elemente inițiale nemiscibile, care s-au format, inclusiv cele în stare amorfă, prezintă proprietăți noi. În special acest fapt se relevă la NS din semiconductoare pentru element galvanomagnetice.

5 Viteza de avans a semifabricatului inițial în zona de încălzire se menține în limitele de la 10 până la 200  $\mu\text{m/s}$ , totuși este posibilă aplicarea oricărui alte viteze de avans, care asigură continuitate procesului de tragere. NS filiformă trasă se răcește în mod natural în aer, totuși pentru materiale cu temperaturi înalte este indicată răcirea forțată cu ajutorul jetului de lichid 15.

10 Pentru protecția zonei de întindere contra oxidării se aplică suflarea cu gaz inert, mai ales cu argon. În acest scop instalația este dotată cu o manta de protecție 16 din sticlă de cuarț (suflarea exterioară) și cu un tub subțire 17, care se introduce de sus în tubul de sticlă 7 al semifabricatului inițial (pentru suflarea din interior). Procesul cu argon demarează înainte de începerea încălzirii semifabricatului și se menține pe parcursul întregului proces de obținere a NS filiforme. La confecționarea NS pe bază de materiale metalice (cositor, plumb, aliaje de nichel ș.a.) suflarea zonei de încălzire cu gaz inert poate fi exclusă, dacă protecția microfiredorilor datorită izolației ei dielectrice la încălzire și la topire este suficientă pentru obținerea proprietăților necesare ale NS.

15 Trebuie de menționat că toate regimurile tehnologice enumerate concrete reprezintă numai ilustrarea procedurii de obținere propusă a NS filiforme, însă nu epuizează în întregime toate posibilitățile sale.

20 Tehnologia descrisă asigură subțierea fiecărui microfibr inițial, mai ales a microconductorului turnat, de 100...2000 ori. Raportul diametrelor microfiredorilor inițiale față de diametrele nanofiredorilor obținute în NS filiformă este funcție de viscozitatea sticlei în zona de întindere (și prin urmare și de temperatura în această zonă) și de viteza de tragere a tubului capilar. Controlul și menținerea temperaturii prescrise la tragerea NS se menține în mod automat prin reglarea tensiunii pe inductor la semnalul pirometrului electronic. Reglarea vitezei de tragere a NS se asigură prin schimbarea vitezei de rotație a bobinei de recepție 14.

25 Umplerea spațiului dintre segmente de microfibre în toron cu sticlă sau cu alte materiale, în special cu cele analogice din punct de vedere al compoziției, cu firele microconductorilor izolate în toron, datorită cărui fapt se asigură compacitatea semifabricatului inițial și în primul rând a toronului reprezintă precizarea procedurii principale propusă de obținere a NS și îndeplinirea ei nu este obligatorie pentru toate variantele de construcție a NS. Totuși pentru multe materiale ale firelor nanoconductorilor obținerea unei nanostructuri neregulate suplimentare, după cum s-a indicat anterior, sporește proprietățile electrofizice și caracteristicile de exploatare ale acestora, inclusiv rezistența mecanică. În afară de aceasta, în cazul utilizării materialelor conductoare, care asigură compacitatea toronului în semifabricatul inițial, se simplifică substanțial procedura de încălzire a tuturor componentelor toronului menționat în câmpul electromagnetic de înaltă frecvență al inductorului, de topire a acestora și de înmuiere a sticlei.

30 Umplerea spațiului dintre segmentele de microfibre, de exemplu de microconductoare turnate, în toron (semifabricat) se realizează în mod analogic cu metoda menționată mai sus de umplere a tuburilor capilare înfundate. Însă în cazul de față în topitura materialului de umplere se introduce capătul deschis al tubului de sticlă cu toronul strâns împachetat, iar al doilea capăt de sus al tubului se lipește în prealabil. Operația se efectuează în vid, în interiorul camerei de lucru tubulare (de obicei de cuarț), racordată la sistemul de vid și la sistemul de alimentare cu gaz inert în condiția presiunii controlate.

35 În primul rând din camera de lucru se îndepărtează aerul prin pompare până la un vid de cel puțin  $10^{-3}$  mm Hg, camera se spală cu argon pur și apoi se îndepărtează gazul din nou prin pompare până la același nivel sau un nivel mai înalt de vid, după care cuptorul tubular se încălzește până la o temperatură cu 10...20°C mai înaltă decât temperatura de topire (sau de înmuiere suficientă, în caz de sticlă) a materialului de umplere. În continuare tubul inițial cu toron de microfibre izolate se introduce cu capătul deschis în topitură (de obicei la o adâncime de 5...10 mm) și se pompează în camera de lucru argon pur.

40 În funcție de construcția dispozitivului utilizat valoarea absolută a presiunii argonului pompat se reglează de la 20 până la 200 kPa. Cu cât microconductorii inițiali sunt mai subțiri, cu atât mai mică este secțiunea fantelor dintre ele, și cu atât mai mare trebuie să fie valoarea acestei presiuni. O mare însemnătate o are de asemenea viscozitatea topiturii materialului de umplere și adeziunea lui la izolația de sticlă din toron. Lungimea părții de umplere a tubului se poate regla cu ajutorul presiunii argonului, însă pentru fiecare fel de material această valoare se determină în mod experimental.

50 Pentru umplerea interstițiilor dintre izolația microfiredorilor (microconductorilor turnate) din toronul inițial cu materialul din cuvetă, tubul cu toron se menține sub presiune la temperatură constantă timp de 20...30 min pentru topiturile materialelor conductoare și 40...60 min pentru sticle ușor fuzibile. În continuare deplasând în jos față de camera de lucru cuptorul tubular cu o viteză de 0,02...3 mm/min se provoacă solidificarea materialului de umplere. După răcirea deplină a tubului de sticlă inițial, camera se deschide, tubul de sticlă se extrage și se retează capătul lui închis (lipit) de sus.

# MD 2510 G2 2004.07.31

11

De exemplu, la umplerea cu bismut a tubului cu toronul inițial de microconductoare pe bază de aliaj  $\text{InSb}_{1-x-y} - \text{Bi}_x - \text{Ge}_y$  se menține presiunea argonului în camera de lucru la cca 80 kPa, temperatura de la 350 până la 450°C, viteza de cristalizare fiind de 0,05 mm/min.

## 5 (57) Revendicări:

1. Nanostructură, care include nanofire conductoare de curent în izolație dielectrică comună, **caracterizată prin aceea că** nanostructura este executată filiformă și conține nanofire strâns împachetate într-un microtoron, totodată nanofirele sunt executate din material metalic, magnetic, semimetalic, semiconductor și/sau supraconductor în izolație dielectrică individuală, totodată, dimensiunea secțiunii transversale a fiecărui nanofir este de 1...500 nm, iar grosimea izolației ei este de 1... 2000 nm.

2. Nanostructură **conform rev. 1, caracterizată prin aceea că** nanofirele conductoare de curent sunt executate din cateva grupe de diverse materiale.

3. Nanostructură **conform rev. 1, 2, caracterizată prin aceea că** spațiul dintre nanofire în izolația dielectrică este umplut cu material metalic, semimetalic, semiconductor, supraconductor sau dielectric, a cărui temperatură de topire sau înmuiere este mai mică decât temperatura maximă de topire a nanofirelor.

4. Procedeu de confecționare a nanostructurii caracterizată în rev. 1, care include formarea unui semifabricat, care conține un miez formator de fir amplasat într-un tub de sticlă, încălzirea semifabricatului până la topirea miezului formator de fir și înmuierea tubului de sticlă, întinderea microfirului și răcirea lui ulterioară, **caracterizat prin aceea că** miezul formator de fir se formează ca un toron de microfibre conductoare de curent strâns împachetat în izolație dielectrică individuală, al cărui diametru comun este de 1...25 mm și este egal cu diametrul interior al tubului de sticlă, iar încălzirea se efectuează până la topirea sau înmuierea fiecărui dintre microfibre și înmuierea izolației dielectrice a lor.

5. Procedeu de confecționare a nanostructurii, **conform rev. 4, caracterizat prin aceea că** încălzirea semifabricatului se efectuează cu câteva surse de energie termică concomitent.

6. Procedeu de confecționare a nanostructurii, **conform rev. 4, 5, caracterizat prin aceea că** spațiul dintre microfibre se umple cu material conductor de curent sau dielectric.

7. Procedeu de confecționare a nanostructurii, **conform rev. 6, caracterizat prin aceea că** umplerea se efectuează prin afundarea capătului deschis al semifabricatului în topitura materialului conductor de curent sau dielectric în condițiile formării unei diferențe pozitive de presiuni între suprafața topiturii și cavitatea interioară a tubului de sticlă.

35

## (56) Referințe bibliografice:

1. Y.-M. Lin, X.Sun, M.S. Dresselhaus. Phys.Rev. B, v. 62, № 7, 2000, p. 4610-4623
2. Joseph P.Heremans, Christopher M.Thrush, Donald T.Morelli, Ming-Cheng Wu. Thermo-electric Power of Bismuth Nanocomposites. Phys.Rev.Let., V. 88, № 21, 2002, p. 216801-1 – 216801-4
3. MD 1546 G2 2000.09.30
4. SU 765888 A1 1980.09.23

**Șef Secție:** NEKLIUDOVA Natalia

**Examinator:** COJOCARU Ala

**Redactor:** LOZOVANU Maria

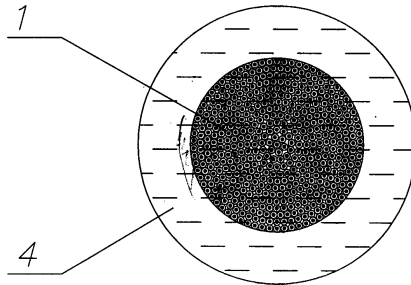


Fig. 1

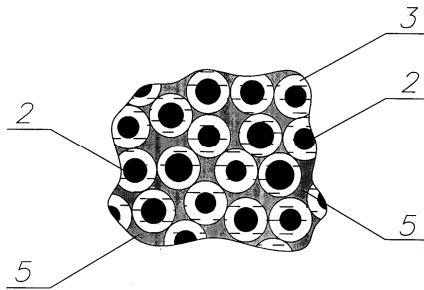


Fig. 2

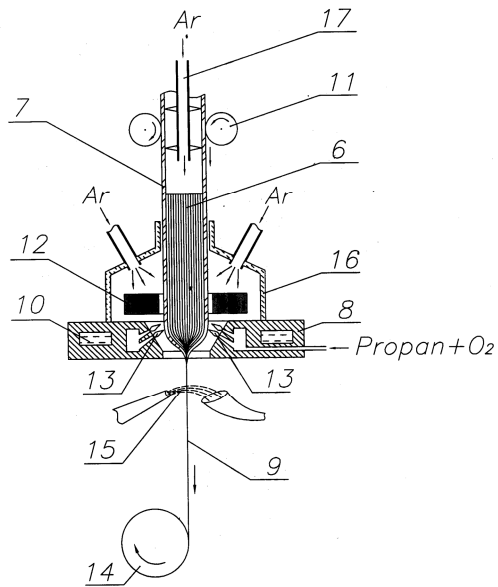


Fig. 3