



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2015 00748**

(22) Data de depozit: **21/10/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2021** BOPI nr. **11/2021**

(41) Data publicării cererii:
28/04/2017 BOPI nr. **4/2017**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR (INCDFM),
STR. ATOMIȘTILOR NR. 105 BIS,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **ALDICA GHEORGHE VIRGIL,
ALEEA RÂMNICEL NR. 2, BL. M6, SC. B,
AP. 66, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **BURDUȘEL MIHAIL, BD. UNIRII NR. 64,
BL. K4, SC. 2, AP. 39, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **BĂDICĂ PETRE, BD. DINICU GOLESCU
NR. 37, SC. B, ET. 3, AP. 48, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 130252 A2; X. XU, W. LI, X. WANG, S.
X. DOU, "SUPERCONDUCTING
PROPERTIES OF GRAPHENE DOPED
MAGNESIUM DIDORIDE",
PP.201-218, 2011,
<https://ro.ouwu.edu.au/engpapers/1134>**

(54) **PROCEDEU DE OBȚINERE A UNUI MATERIAL
SUPRACONDUCȚOR PRELUCRABIL MECANIC**



RO 131791 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de producere a unui material pe bază de MgB_2
prelucrabil prin mijloace mecanice de aşchiere. Materialul poate fi utilizat la fabricarea unor
3 piese componente supraconductoare, cu forme geometrice complexe, din concentra-
toarele/stocatoarele magnetice, scuturile magnetice, tomografe cu rezonanță nucleară, limita-
5 toare de curent, transformatoare, refrigeratoare de demagnetizare adiabatică, separatoare
magnetice, sisteme de camuflare magnetică, sisteme de levitație magnetică pentru trans-
7 portul feroviar, echipamente de stocare a energiei magnetice, în lagărele fără frecare folosite
în mașini și motoare mecanice, sau în aplicații medicale, spațiale și în construcția de instru-
9 mente științifice (**M. Tomsic și colab., Intern. J. Appl. Ceram. Technol. 4(3), (2007), 250**).

11 De asemenea, materialul poate fi utilizat ca material cu conducție metalică
(la $T > 39$ K) sau material ușor pentru aplicații structurale.

13 Comportarea supraconductorilor ca subansamble în aplicațiile implicând levitația
magnetică a fost studiată intens în domeniul de temperatură mai mic de 77 K în cazul
15 materialului supraconductor de temperatură critică înaltă (high temperature superconduc-
tor-HTS) pe bază de $Y(PR)Ba_2Cu_3O_{7-y}$ texturat, obținându-se o valoare a câmpului reținut
extrem de mare. Dar în practică s-au observat limitări în proprietățile mecanice ale supracon-
17 ductorului și în producerea de obiecte mari și complexe ca formă. Una din problemele funda-
mentale este faptul că aceste materiale au rezistență mecanică/duritate scăzută comparativ
19 cu nevoile aplicațiilor și sunt fragile.

21 Dezavantajul principal al supraconductorilor de temperatură critică scăzută (low
temperature superconductor-LTS) este faptul că peste 15-18 K aceștia trec în stare normală
și prin urmare aplicația supraconductoare trebuie să funcționeze la temperaturi scăzute, ceea
23 ce impune costuri ridicate de funcționare și mentenanță. Din punct de vedere mecanic LTS
au rezistență mecanică/duritate mai ridicată decât HTS, dar sunt fragili.

25 Proprietățile mecanice indicate împiedică prelucrarea mecanică a HTS și LTS pentru
obținerea unor forme complexe necesare diferitelor componente din aplicațiile enumerate.
27 Un alt neajuns al HTS și LTS este densitatea masică ridicată, mai mare de $6,5 \text{ g/cm}^3$.

29 MgB_2 sub formă masivă are densitatea masică scăzută ($2,63 \text{ g/cm}^3$) și temperatura
critica intermediară (39 K) celor două clase de supraconductori menționați. Din punct de
vedere mecanic este asemănător unui material ceramic, respectiv are rezistență mecanică/
31 duritate ridicată, este fragil și nu poate fi prelucrat mecanic prin aşchiere în forme complexe
dorite.

33 În documentul **RO130252 A2 /29.05.2015**, se prezintă un material prelucrabil meca-
nic caracterizat prin faptul că este un compozit format dintr-un compus supraconductor inter-
35 metallic majoritar de borură de magneziu și un adaos de nitrură de bor hexagonală, consoli-
dat prin metoda sinterizării asistată de câmp electric intens (SPS sau FAST) la 1150°C , în
37 vid și un concentrator/stocator de câmp magnetic caracterizat prin faptul că este alcătuit din:
-materialul activ magnetic (supraconductor) prelucrabil mecanic, conform invenției, decupat
39 prin aşchiere mecanică în forme dorite și cunoscute, și din o altă parte ranforsată cu rășină
epoxidică.

41 De asemenea, documentul: **Xun Xu, Wenxian Li, Xiaolin Wang, S. X. Dou,**
“Superconducting Properties of Graphene Doped Magnesium Diboride”, 2011, 201-
43 **218, <https://ro.uow.edu.au/engpapers/1134>**, prezintă un procedeu de realizare a unui
material supraconductor prin dopare chimică a diborurii de magneziu cu compuși conținând
45 carbon, în particular-, grafene, nanotuburi de C sau altfel de compuși cu carbon, (pag. 201-
203, pct. 1, 2) realizată prin sinterizare la temperatură înaltă.

47 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui material supra-
conductor din borură de magneziu și un adaos de dopare care să crească cât mai mult
49 proprietatea de supraconductivitate a acestuia.

RO 131791 B1

Prezenta invenție propune un material compozit pe baza de MgB_2 cu adaos de grafenă (G) ($(MgB_2)(G)_x$, $x = 0,425$) prelucrabil prin așchiere. Materialul este obținut prin aplicarea sinterizării în câmp electric (metoda cunoscută internațional sub denumirea de spark plasma sintering (SPS) sau field assisted sintering) în condiții specifice de procesare (viteza de încălzire $150^\circ C/min$, temperatura maximă de $1170^\circ C$, timp pe palier 3 min, presiune 90 MPa și atmosferă protectoare - vid sau Ar- aplicate asupra unui amestec de pulberi de MgB_2 și G cu compoziția indicată.

Acest material are proprietăți supraconductoare ($T < 38 K$), care pot fi folosite la obținerea unor piese/componente supraconductoare (de exemplu concentratoare/stocătoare de câmp magnetic în forme diferite, de dimensiuni variabile).

Un avantaj este acela că materialul formabil prin așchiere poate fi folosit și ca material structural ușor sau ca material conductor electric ($T > 38 K$).

Alte avantaje ale invenției în raport cu stadiul tehnicii sunt:

Materialul compozit pe bază de MgB_2 propus în această invenție este uniform, dens și prelucrabilitatea sa prin așchiere oferă o flexibilitate sporită în realizarea unor forme complexe scalabile și stabile termomagnetic.

MgB_2 este mult mai ușor decât majoritatea supraconductorilor ($2,63 g/cm^3$), fiind de interes maxim în special pentru aplicațiile supraconductoare/conductoare/structurale portabile. Utilizarea unor adaosuri ușoare precum G este favorabilă în acest sens.

Procesul propus de preparare a corpurilor supraconductoare/conductoare cu diferite forme, folosind metoda SPS în combinație cu prelucrarea ulterioară prin așchiere, din această invenție înlătură dezavantajele claselor de materiale supraconductoare de tip LTS (Low Temperature Superconductor) sau HTS (High Temperature Superconductor) legate de proprietățile mecanice, care nu permit prelucrarea acestora prin așchiere și obținerea de forme complexe.

Corpurile masive de MgB_2 pot fi ușor lipite, permițând obținerea de obiecte cu suprafața mare (**G. Giunchi și colab., IEEE Trans. Appl. Supercond. 20, (2010), 1524**). Compozitul de MgB_2 -G din acest brevet se pretează la procesul de lipire.

Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de realizare a invenției pe baza fig. 1...3 în care:

- fig. 1, reprezintă fotografia unui concentrator/stocator de câmp magnetic: model sub formă de inele concentrice (fixate în rășina epoxidică);

- fig. 2, reprezintă diagrama de difracție a radiației X pe structura concentrică menționată la fig. 1; notațiile sunt următoarele : 1- MgB_2 , 1*- $Mg(B_{0,9}C_{0,1})_2$, 2-grafenă, 3- MgO și 4- MgB_4 ;

- fig. 3, reprezintă graficul de răspuns magnetic (magnetizare reziduală, $M_{rezidual}$) a materialului compozit MgB_2 -G sub formă de concentrator/stocator cu inele concentrice la diferite intensități ale câmpului magnetic și pentru două temperaturi de măsură (5 și 20 K).

Invenția rezolvă problema limitărilor în obținerea formei dorite a materialului de MgB_2 pur, oferind noi avantaje în construcția componentelor supraconductoare sau nesupraconductoare în funcție de cerințele specifice ale diferitelor aplicații ce folosesc dispozitive fabricate din MgB_2 . Testarea materialului s-a realizat prin obținerea prin prelucrare prin așchiere sub forma unui concentrator/stocator magnetic, care prezintă proprietăți supraconductoare.

Prelucrabilitatea mecanică a MgB_2 este asigurată de prezența grafenei în compozit: adaosul permite așchiera mecanică datorită efectului de exfoliere/clivare. Pentru a se păstra integritatea grafenei și proprietatea acesteia de exfoliere/clivare, cât și pentru conservarea

RO 131791 B1

1 proprietăților electrice (supraconductoare sau normale - conducție de tip metalic), adaosul
de grafenă nu trebuie să reacționeze cu MgB_2 . Formarea fazelor izolatoare sau semiconduc-
3 toare din sistemul Mg-B-C (de exemplu Mg_2C_3 , MgC_2 , MgB_2C_2) în MgB_2 cu adaos de grafenă
pot modifica:

5 - proprietățile percolative de conducție electrică (supraconductoare sau normale) a
 MgB_2 și

7 - proprietățile mecanice ale MgB_2 .

Efectele indicate, induse de adaos, nu sunt de dorit și este necesară obținerea unor
9 proprietăți supraconductoare/normale cât mai apropiate de cele ale MgB_2 pur. În caz contrar,
chiar dacă este așchiabil, materialul își pierde funcționalitatea, și predictibilitatea proprie-
11 tăților este scăzută. Fazele nedorite din sistemul Mg-B-C nu permit prelucrarea prin așchiere
a MgB_2 .

13 Pe de altă parte, o parte din adaosul de grafenă poate fi sursa de carbon care substi-
tue borul în structura cristalină a MgB_2 . În acest caz conform referinței: **X. Xu, W. Li, X.**
15 **Wang, S.X. Dou, Superconducting properties of graphene doped magnesium diboride,**
(2011), 201-218, doi: 10.5772/17117; **W. X. Li și colab., Acta Mater. 59, (2011),**
17 **7268-7276, doi:10.1016/j.actamat.2011.08.024; K. S. B. De Silva și colab., IEEE Trans.**
Appl. Supercond. 21, (2011), 2686-2689, doi: 10.1109/TASC.2010.2091938; K. S. B. De
19 **Silva și colab., IEEE Trans. Appl. Supercond. 23, (2013), 7100604, doi:**
10.1109/TASC.2013.2239331; X. Xu și colab. Supercond. Sci. Technol. 23, (2010),
21 **085003, doi: 10.1088/0953-2048/23/8/085003**, densitatea critică de curent (J_c) poate crește,
ceea ce este un efect de îmbunătățire a caracteristicilor supraconductoare necesare pentru
23 aplicații, în timp ce temperatura critică T_c scade. Odată ce limita de solubilitate este depășită,
carbonul în exces poate forma faze secundare nedorite din sistemul Mg-B-C: peste o
25 anumită concentrație de adaos apar problemele indicate mai sus și J_c scade. În referința: **X.**
Xu și colab., Superconducting properties of graphene doped magnesium diboride,
27 **(2011), 201-218, doi: 10.5772/17117**, s-a stabilit o compoziție optimă ($Mg(B_{1-x}C_x)_2$) pentru
maximizarea J_c la $x=0.037$ ($MgB_{1.926}C_{0.074}$ sau $Mg_{1.038}B_2C_{0.076}$). Materiile prime sunt pulberi de
29 Mg, B și G. Alegerea acestor materii prime favorizează formarea unui MgB_2 în care B este
substituit cu C provenit din G și, astfel, J_c crește. Temperaturile de procesare sunt între 750
31 și 950°C. O cantitate scăzută de adaos, cum este cea necesară maximizării J_c , nu produce
însă un material prelucrabil prin așchiere. Acest procedeu tehnologic are și neajunsul faptului
33 că materialul obținut are densitate scăzută, în general de aproximativ 60-80% din densitatea
teoretică a MgB_2 pur.

35 Adaosurile în MgB_2 pot modifica stabilitatea termomagnetică a materialului. Salturile
de flux magnetic în stare supraconductoare (variația bruscă a J_c la o anumită temperatură
37 și camp magnetic) trebuiesc eliminate sau limitate. Adaosurile pot avea efecte pozitive sau
negative din punct de vedere al salturilor de flux magnetic. Alături de aspectele tipice de
39 integrare a diferitelor piese într-un sistem/dispozitiv pentru funcționarea acestuia, controlul
forme este necesar în cazul pieselor supraconductoare ce rețin câmpul magnetic pentru a
41 evita salturile nedorite de flux magnetic datorate efectelor termomagnetice. Pentru dimen-
siuni și forme caracteristice, depinzând de adaos și microstructura materialului, efectele ter-
43 momagnetice pot fi stabilizate.

Stabilirea unei compoziții de MgB_2 cu grafenă și a tehnologiei de producere a
45 compozitului care să îndeplinească criteriile arătate, respectiv asigurarea unor proprietăți de
așchiere mecanică, care, însă, să mențină proprietățile supraconductoare/ conductoare și
47 mecanice cât mai apropiate de cele ale MgB_2 pur, nu este trivială.

RO 131791 B1

În prezenta invenție materialul compozit de MgB_2 cu grafenă cu compoziția MgB_2G_x , $x = 0,425$, fabricat prin SPS, rezolvă problema tehnică expusă: materialul este prelucrabil mecanic prin așchiere, supraconductor/conductor și are caracteristici apropiate celor pentru MgB_2 pur (J_c scade cu 8-10%, stabilitatea termomagnetică pentru stocator/concentrator magnetic este îmbunătățită, T_c scade cu 1 K de la 39 K pentru MgB_2 pur la aproximativ 38 K în compozitul propus). Pentru a obține acest compozit sinterizat cu densitate ridicată (densitatea > 98%) și cu cantitatea de faze secundare nesupraconductoare de Mg-B-C cât mai scăzută, păstrându-se integritatea adaosului de G în compozit (parțial), s-a aplicat o metodă de sinterizare cu activare a sinterizării în câmp electric, SPS. Se alege ca materie primă pulberea de MgB_2 . Sinterizarea compusului MgB_2 necesită temperaturi ridicate de procesare, peste 1000°C (mai ridicate față de 750-950°C în cazul în care materiile prime sunt Mg, B și G). Cantitatea de adaos de G la care materialul este prelucrabil prin așchiere (atunci când există o concentrație minimă necesară de G în compozit nereacționată cu MgB_2) este mai ridicată (de aproximativ 5,7 ori) față de necesarul de adaos pentru a maximiza J_c . Păstrarea identității G în compozit (limitarea reacțiilor între MgB_2 și G) pentru x ridicat necesită timpi de procesare cât mai scurți însă optimizați (viteze relativ mari de încălzire/răcire, timpul de menținere pe palier relativ scăzut). Astfel, în cazul invenției propuse, aspectul inovativ constă în materialul compozit cu o anumită compoziție în care se păstrează integritatea G și care are densitate ridicată, cât și în tehnologia care asigură obținerea acestuia astfel încât să fie prelucrabil prin așchiere și/sau supraconductor/conductor (cât mai apropiat de proprietățile MgB_2 pur). În SPS se aplică temperatura de procesare adaptată la tipul de adaos - grafena, respectiv- de 1170°C, timpul de menținere pe palier este de 3 min, viteza de încălzire este de 150°C/min și răcirea este cu cuptorul căruia i s-a întrerupt alimentarea.

Piese de MgB_2 cu anumite forme au fost obținute prin metoda infiltrării [G. Giunchi și colab., Intern. J. Mod. Phys. B17(4-6), (2003), 453] și s-a demonstrat posibilitatea îmbunătățirii stabilității termomagnetice. Cu toate acestea, metoda infiltrării prezintă dezavantaje majore în realizarea unei uniformități mari pentru forme complexe și în volume mari necesită folosirea unor matrițe pentru definirea formei cu limitări în obținerea, procesarea sau extragerea din matriță (în cazul în care este necesară această operație) a supraconductorului.

Prezentarea în detaliu a unui mod de realizare a invenției cu referire la figuri: 31

Potrivit invenției de față, se prepară un amestec format din pulbere de borură de magneziu (2,7 g) și nanopulbere de grafenă (0,3 g) corespunzând unei compoziții inițiale $MgB_2G_{0,425}$. Pulberile se amestecă manual, circa 15 minute, și amestecul de ~3 g se încarcă într-o matriță de grafit de 20 mm diametru. Matrița cu pulbere se etanșeizează cu două poansoane din grafit. În jurul pulberii există folii de grafit separatoare față de elementele de grafit ale matriței și ale poansoanelor. 33 35 37

În etapa următoare se introduce matrița într-o presă hidraulică și se presează la 5 kN, câteva zeci de secunde. După depresare se plasează ansamblul într-o instalație de sinterizare asistată de câmp electric (SPS) produsă de FCT Systeme GmbH, Germania. Proba masivă se obține urmând un ciclu de încălzire-răcire după cum urmează: viteza de încălzire este de 150°C/min, durata de sinterizare pe palierul de 1170°C este de 3 minute, iar răcirea se face exponențial prin oprirea bruscă a alimentării electrice. În timpul încălzirii se aplică o presiune crescătoare ce atinge o valoare maximă de 90 MPa, care este menținută și pe palierul de la temperatură maximă de procesare. În continuare, la răcire presiunea este scăzută treptat aproape de zero în 5 minute. Atmosfera de sinterizare este vid (ce variază în timpul procesului între 35 și 60 Pa) realizat dintr-o atmosferă de argon, gaz ce a fost introdus în cuptorul SPS la temperatura camerei și înainte de a porni încălzirea. 39 41 43 45 47

RO 131791 B1

1 Vidul se poate înlocui cu Ar gaz cu presiunea de 0,8 atm. Încălzirea se realizează folosind
curenți electrici foarte intenși (până la 1300 A), ce au o componentă continuă peste care se
3 suprapune o componentă pulsată, formată din trenuri de 12 pulsuri de 40 ms cu o pauză de
2 ms între ele. Intensitatea trenurilor pulsate este comparabilă cu intensitatea componentei
5 continue.

Prelucrarea mecanică a discului din materialul compozit (MgB_2 -G) este precedată de
7 scoaterea prin depresare a acestuia din matrița de grafit și eliminarea mecanică prin răzuire
și șlefuire a resturilor din foliile de grafit. Discul sinterizat prin SPS se introduce într-o mașină
9 automată de frezat (Wabeco CC-F1410 LF hs). Prin așchiere, folosindu-se o freză (Proxton)
cu doi dinți având un diametru de 1 mm, se obține forma dorită. Pentru testarea materialului
11 forma acestuia corespunde celei necesară unui concentrator/stocator magnetic supracon-
ductor (fig. 1).

13 Prelucrarea prin așchiere a fost efectuată cu următorii parametrii: viteza de rotație a
frezei 2000-2500 rpm, avans în plan 1 mm/s și avansul vertical 0,1 mm/trecere. Răcirea
15 materialului în timpul prelucrării a fost făcută cu alcool etilic tehnic. După prelucrarea
mecanică în spațiile decupate prin frezare s-a introdus (opțional sau pentru ranforsare meca-
17 nică) o rășină epoxidică Stycast 2850 FT (catalyst 24 LV), rezistentă, conform producătorului,
la temperaturi scăzute, cu un coeficient de dilatare (0,51%) asemănător probei, având o
19 conductivitate termică bună (1,0144 W/m K) și o viscozitate scăzută la temperatura camerei
(0,03-0,04 Pa•s).

21 Înaintea operației de umplere cu rășină a spațiilor decupate, piesele sinterizate și
prelucrate mecanic au fost caracterizate structural prin difracție de raze X (Bruker-AXS D8
23 ADVANCE, radiația $CuK_{\alpha 1}$, $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$). Conform figurii 2, materialul este compus din supra-
conductorul MgB_2 (relativ curat - faza notată cu 1 sau sub forma $(Mg(B_{0,9}C_{0,1})_2$ - faza notată
25 cu 1*), grafena și fazele reziduale nesupraconductoare MgO și MgB_4 .

Măsurările magnetice pentru testarea materialului sub formă de concentrator/stocator
27 din fig. 1 au fost efectuate la 5 și 20 K, folosind un sistem de măsură PPMS (Quantum
Design, SUA). Pe una din suprafețele mari ale concentratorului/stocatorului a fost fixată pe
29 centru sondă Hall calibrată (LHP-MU, Arepoc, Slovacia). Câmpul magnetic de 2 T a fost
aplicat perpendicular pe suprafețele mari la o temperatură de 45 K (peste temperatura critică
31 a supraconductorului de 39 K pentru MgB_2 pur). După răcirea în câmp magnetic la o
temperatură de 20 K sau 5 K, câmpul magnetic a fost scăzut continuu la zero cu o viteză de
33 0,0005 T/sec, înregistrându-se semnalul sondei Hall corespunzător câmpului aplicat și a
câmpului generat de dispozitiv. În fig. 3 este reprezentată magnetizarea reziduală, M_{rezidual}
35 în tesla, funcție de câmpul magnetic aplicat descrescător, $\mu_0 H$ (fig. 3). Pentru materialul sub
formă de stocator/concentrator magnetic cu inele concentrice din fig. 1 răcit, câmpul rezidual
37 reținut în supraconductor după scăderea la zero a câmpului magnetic aplicat a fost de 0,10 T
(5 K) și 0,35 T (20 K).

39 Folosirea materialului compozit sub formă de concentrator/stocator magnetic supra-
conductor se face prin alegerea temperaturii de lucru, fixarea unui câmp magnetic și scă-
41 derea acestuia cu o viteză optimă, mișcarea liniilor de câmp magnetic depinzând de dina-
mica acestora în supraconductorul aflat în stare mixtă. După cum se observă există o stabi-
43 litate bună a acestor linii la temperatura de 20 K, dar apar salturi de flux magnetic la tem-
peraturi scăzute (5 K) la o viteză de scădere a câmpului magnetic exterior de
45 0,0005 T/secundă.

Materialul compozit de MgB_2 cu grafenă este prelucrabil prin așchiere astfel încât se
47 pot obține forme complexe dorite necesare în diferite aplicații supraconductoare/
conductoare/structurale.

RO 131791 B1

Exemple de utilizare a fenomenului de retenție a liniilor de câmp magnetic într-un concentrator/stocator magnetic supraconductor sunt exemplificate mai jos: forțele de levitație pot fi obținute între un magnet permanent (MP) și un supraconductor (stocator diamagnetic) masiv. Forțele de levitație sunt limitate de intensitatea câmpului magnetic produs de MP. Supraconductorii cu retenția unor câmpuri magnetice mari, cum este MgB_2 , pot fi folosiți în locul MP în sisteme de perechi supraconductor masiv - supraconductor masiv. Levitația poate fi utilizată în sisteme de transport sau în lagăre și motoare fără frecare. Supraconductorul compozit masiv dens pe bază de MgB_2 cu adaos de grafenă prelucrabil prin aşchiere sub formă de inele concentrice din fig. 1 este util ca element pasiv la dezvoltarea rotoarelor (F. Marignetti și colab., <i>IEEE Trans. Appl. Supercond.</i> , 23(4) , (2013), 8002506).	1
Materialul prelucrabil prin aşchiere poate fi adus în forme geometrice complexe care să formeze cavități în care fenomenul de ecranare magnetică pasivă este foarte puternic, imposibil de realizat cu materiale convenționale. Asemenea aplicații sunt necesare pentru protecția magnetică (a dispozitivelor electronice de pe pământ sau în spațiul cosmic și realizarea unor scuturi magnetice pasive pentru protecția stațiilor orbitale la radiația cosmică).	3
	5
	7
	9
	11
	13
	15

RO 131791 B1

1

Revendicare

3

Procedeu de obținere a unui material supraconductor prelucrabil mecanic, prin sinterizarea unei pulberi din borură de magneziu și grafenă, la temperatură înaltă,

5

caracterizat prin aceea că, pulberea de borură de magneziu este amestecată cu nanopulbere de grafenă într-o proporție de 90/10% în procente de greutate, iar după

7

presarea amestecului cu circa 5kN forță, sinterizarea pulberii presate este realizată în câmp electric, în vid de 35-60Pa, cu încălzire cu circa 110°C/minut, prin aplicare de curent electric

9

intens de peste 1300 A, până la circa 1170°C, cu aplicarea unei presiuni crescătoare până la 90 MPa și menținere circa 3 minute în condiții de atmosferă protectoare din argon, răcirea

11

sinterizatului fiind realizată cu scăderea presiunii până aproape de zero în circa 5 minute.

(51) Int.Cl.

C22C 1/05 (2006.01);

C22C 29/14 (2006.01);

B22F 3/12 (2006.01)

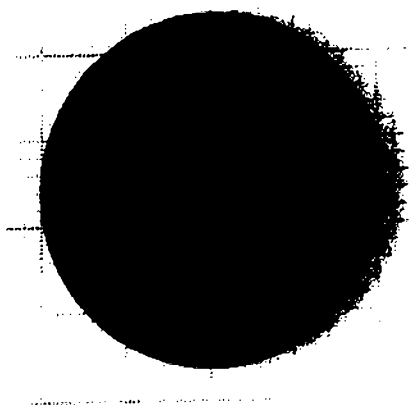


Fig. 1

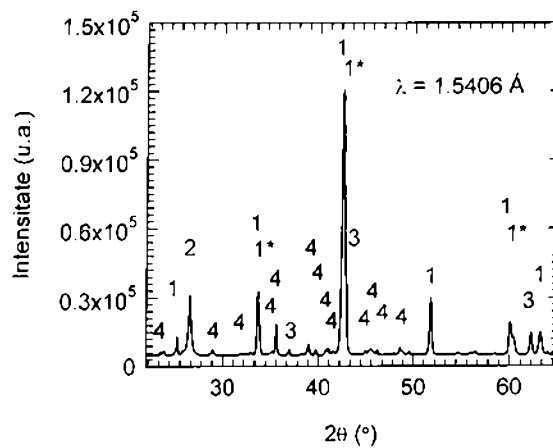


Fig. 2

(51) Int.Cl.

C22C 1/05 (2006.01),

C22C 29/14 (2006.01),

B22F 3/12 (2006.01)

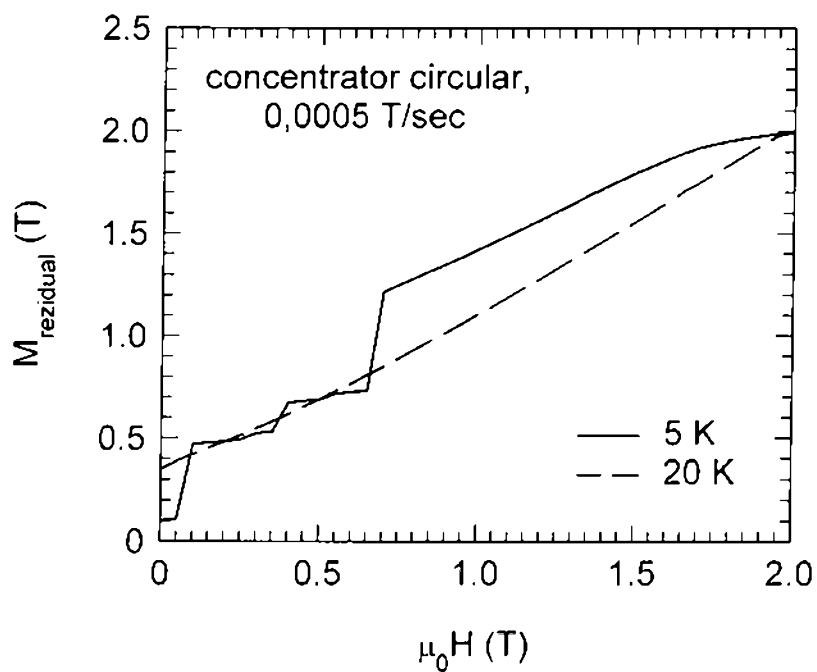


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Inventii și Mărci
sub comanda nr. 509/2021