



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00712

(22) Data de depozit: 25/11/2021

(41) Data publicării cererii:
30/05/2023 BOPI nr. 5/2023

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR-INCDFM,
STR.ATOMIȘTILOR NR.405 A, MĂGURELE,
IF, RO;
• CENTRUL IT PENTRU ȘTIINȚĂ ȘI
TEHNOLOGIE S.R.L., STR. AV. RADU
BELLER NR. 25, SECTOR 1, BUCUREȘTI,
B, RO

(72) Inventatori:
• BAIBARAC MIHAELA, ALEEA BARAJUL
DUNĂRII, NR.1, BL.M35, SC.5, ET.10,
AP.217, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;

• SMARANDA ION, STR.MONUMENTULUI,
NR.6B, BL.2, ET.4, AP.38, BRAGADIRU, IF,
RO;
• DINESCU MONICA,
STR.MONUMENTULUI, NR.6B, BL.2, ET.4,
AP.39, BRAGADIRU, IF, RO;
• STROE MALVINA, STR. STÂNJENILOR,
NR.1, BL.54, SC.A, AP.21, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• ZGURA IRINA, STR.BĂRNOVA, NR.6,
BL.M111C, SC.1, ET.1, AP.7, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;
• NASTAC DANIELA, STR. PARTIZANILOR,
NR.2, BL.M3A, SC.1, ET.7, AP.46,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• CRAMARIUC OANA,
STR. PAUL GRECEANU, NR.39,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) COMPOZITE BAZATE PE POLI(O-FENILENDIAMINĂ), POLI
METIL METACRILAT ȘI NANOTUBURI DE CARBON
CU UN SINGUR PERETE PENTRU APLICAȚII ÎN DOMENIUL
SĂNĂTĂȚII

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unui compozit bazat pe poli(o-fenilendiamină) (POPD), poli-metil metacrilat (PMMA) și nanotuburi de carbon cu un singur perete (SWNTs) utilizat în domeniul detecției optice/electrochimice a acidului uric. Procedeu, conform invenției, constă în polimerizarea chimică a o-fenilendiaminei în prezența PMMA și SWNTs în prezență de

agent oxidant $FeCl_3$, rezultând un material compozit caracterizat printr-un spectru de fotoluminescență cu maximum la 539, având intensitatea de $1,91 \times 10^5$ cuante/sec și proprietăți hidrofile.

Revendicări: 2
Figuri: 4



**COMPOZITE BAZATE PE POLI (O-FENILENDIAMINA), POLI METIL
METACRILAT ȘI NANOTUBURI DE CARBON CU UN SINGUR PERETE PENTRU
APLICAȚII ÎN DOMENIUL SĂNĂTĂȚII**

Invenția se referă la metoda de preparare a unui nou compozit bazat pe poli(o-fenilen diamina), poli (metil metacrilat) și nanotuburi de carbon cu un singur perete, care pot fi utilizate atât la asamblarea platformelor senzoriale pentru detecția acidului uric.

În ultimii 10 ani, un efort susținut a fost făcut pentru pregătirea de noi materiale compozite bazate pe nanotuburi de carbon (NC) și polimeri conductori (PC) și/sau izolatori (PI) de tipul polianilinei, politiofenului, poli vinil piroxidona, poli (3, 4-etilen dioxo tiufen), poly (m-fenilen diamina), poli naftilamina, etc. în vederea dezvoltării a noi aplicații în domeniul senzorilor, stocării energiei, celulelor solare, diodelor, etc. [S. Meer, A. Kausar, T. Iqbal, *Polymers – Plastics Technology and Engineering* 55, 1416, 2016]. Înțelegerea mecanismelor chimice care au loc în timpul sintezei acestor compozite a fost adesea efectuată luând în considerare modificările induse în spectrele Raman și FTIR [S. Lefrant, I. Baltog, M. Baibarac, *Journal of Materials chemistry* 19, 5690, 2009]. Trei structuri moleculare au fost raportate pentru compozitele PC/NC: i) NC funcționalizate necovalent cu PC; ii) NC funcționalizate covalent cu PC și iii) PC dopați cu radicalii anionici NC [S. Lefrant, I. Baltog, M. Baibarac, *Journal of Materials chemistry* 19, 5690, 2009]. Conform studiilor raportate până în prezent, ultimile două structuri moleculare ale compozitelor PC/NC implica generarea unor defecte pe suprafața NC. Recent, coexistența NC fără defecte și a NC cu defecte a fost exploatată în realizarea unor aplicații în domeniul biosenzorilor optici [A. Spreinat, M.M. Dohmen, J. Lutgens, N. Hermann, L.F. Klepzig, R. Nißler, S. Weber, F.A. Mann, J. Lauth, S. Kruss, *Journal of Physical Chemistry C* 125, 18341, 2021]. În contextul senzorilor electrochimici, cele mai recente platforme senzoriale au avut în componență: i) polipirolul și nanotuburi de carbon cu un singur perete pentru detecția acidului uric [X. Lu, Y. Li, J. Du, X. Zhou, Z. Xue, X. Liu, Z. Wang, *Electrochim. Acta* 56, 7261, 2011; Y. Li, P. Wang, L. Wang, X. Lin, *Biosensors and Bioelectronics* 22, 3120, 2007]; și ii) poli(o-fenilendiamina) și NC [T. Bulko, A. Zkuzikov, V. Vshumyantseva, L. Vsigolaeva, E.V. Vsuprun, *Method of express determination of cardiomyoglobin in blood plasma using electrochemical sensor based on carbon nanotubes and molecular imprinted poly-o-phenylenediamine as bioaffinity reagent, Patent No. RU2633086-C1*]. În cazul senzorilor optici bazați pe rezonanța plasmonilor de suprafață pentru detecția acidului uric au fost utilizate filme subțiri de poli (2-amino benzilamina) și nanotuburi de carbon cu un singur perete depuse pe suporti de Au [S. Chuekachang, R. Janmanee, A. Baba, S. Phanichphant, S. Sriwichai, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko, N. Fukuda, H. Ushijima, *Molecular Crystal Liquid Crystal* 580, 1, 2013].

În contextul compozitelor bazate pe NC și poli(o-fenilendiamina) (POPD) este important a menționa că interesul pentru acest material datează încă din 2007 [P. Gajendran, R. Saraswathi, *Journal of Physical Chemistry C* 111, 11320, 2007]. Metodele de sinteză cele mai utilizate pentru compozitele bazate pe NC și POPD sunt: i) polimerizarea chimică a monomerului în prezența unui agent oxidant de tip $FeCl_3$ și a NC și ii) polimerizarea electrochimică a monomerului pe suprafața electrozilor metalici acoperiți cu filme de NC [M. Baibarac, I. Baltog, M. Scocioreanu, B. Ballesteros, J.Y. Mevellec, S. Lefrant, *Synth. Met.* 161, 2344, 2011]. În vederea realizării unor

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu



aplicații în domeniul sănătății, prima metodă a fost utilizată pentru prepararea compozitelor POPD/TiO₂ [Q. Guan, P. Huo, J. Li, Z. Lu, H. Wang, Y. Yan, M. Zhou, Z. Ye, *Preparation of poly(o-phenylenediamine)embellished multiporous titanium dioxide/coal ash floating bead composite photocatalyst used for environmental degradation of antibiotic ciprofloxacin by ultrasonically processing and sintering gel*, Patent no. CN105126921-A] și POPD/oxid de grafena [J.J. Shim, N. Van Hoa, *Glassy carbon electrode useful for modified chemical (hydrogen peroxide, uric acid, dopamine, ascorbic acid, glutathione and L-cysteine) sensors, comprises graphene oxide and poly(o-phenylenediamine) compoiste*, Patent no. KR1680482-B1].

Recent, modificarea sintezei chimice de mai sus în vederea realizării unor structuri electrofilate de tip poli(o-fenilendiamina)/poli(etilen oxid)/nanotuburi de carbon cu doi pereți (abreviat POPD/PEO/DWNTs) și tip poli(o-fenilendiamina)/poli(fluorura de vinil)/nanotuburi de carbon cu doi pereți (abreviat POPD/PVDF/DWNTs), care să fie utilizate pentru detecția acidului uric, a fost efectuată prin adăugarea în amestecul de reactanți a polimerilor izolatori poli(etilen oxid) [M. Daescu, M. Oprica, I. Smaranda, E. Matei, D. Nastac, O. Cramariuc, B. Cramariuc, M. Baibarac, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 21, 2334, 2021] și respectiv poli (fluorura de vinil) [M. Baibarac, M. Daescu, E. Matei, D. Nastac, O. Cramariuc, *International Journal of Molecular Sciences* 22, 8260, 2021].

Principalele dezavantaje ale acestor compozite vizează: i) dispersia mare a dimensiunilor fibrelor polimerice; și ii) intensitatea mica a spectrelor de fotoluminescență ale acestor materiale. Astfel, în cazul compozitelor POPD/PEO/DWNTs și POPD/PVDF/DWNTs, când ponderea NC este de cca. 10 mg în masa compozitului, intensitatea fotoluminescenței este de cca. 5.59×10^4 cuante/sec [M. Daescu, M. Oprica, I. Smaranda, E. Matei, D. Nastac, O. Cramariuc, B. Cramariuc, M. Baibarac, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 21, 2334, 2021] și respectiv 1.67×10^5 cuante/sec [M. Baibarac, M. Daescu, E. Matei, D. Nastac, O. Cramariuc, *International Journal of Molecular Sciences* 22, 8260, 2021].

Conform invenției, înlăturarea dezavantajului privind intensitatea spectrului de fotoluminescență al unor astfel de materiale compozite este realizat prin adăugarea în amestecul reacției de polimerizare a o-fenilendiaminei în prezența FeCl₃, a nanotuburilor de carbon cu un singur perete (abreviat SWNTs) și a polimerului izolator poli(metil metacrilat) (abreviat PMMA). Metoda de sinteză a compozitului POPD-PMMA/SWNTs implică parcurgerea următoarelor etape: 1) prepararea unei soluții apoase de o-fenilendiamina (abreviat OPD) având concentrația de 4.5 mg/ml.; 2) prepararea unei soluții de PMMA în etanol absolut, având concentrația de 45 mg/ml, care ulterior a fost amestecată cu soluția apoasă de OPD preparată în etapa 1; 3) dispersarea prin ultrasonare timp de 10 min. a 10 mg de SWNTs în soluția semiapoasă de OPD și PMMA.; 4) interacția amestecului de reacție preparat în etapa 3 cu 2.34 mL soluție apoasă de FeCl₃ 0.71 M, sub agitare magnetică timp de 125 min.; 5) amestecul de reacție din etapa 4 a fost filtrat, spălat cu cca. 100 mL apă distilată și uscat la temperatura de 60 °C sub vid până la masă constantă. Masa compozitului POPD-PMMA/SWNTs a fost egală cu 0.172 g. Luând în considerare cantitatea de SWNTs și de PMMA adăugată în amestecul de reacție, masa de POPD estimată în compozitul POPD-PMMA/SWNTs a fost de cca. 0.117 g. În scopul de a evidenția rolul SWNTs, sinteza compusului POPD-PMMA a fost efectuată ca mai sus, singura diferență fiind că SWNTs nu s-au adăugat în amestecul de reacție, eliminandu-se etapa 3. Cantitatea rezultată a produsul de reacție POPD-PMMA în acest ultim caz a fost egală cu 0.165 g.

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu



În scopul de a confirma formarea compușilor de mai sus și pentru a evidenția avantajele materialului compozit, în cele ce urmează sunt prezentate spectrele de infraroșu (IR), spectrele Raman și spectrele de fotoluminescență (PL) precum și analizele privind valorile unghiurilor de contact ale compușilor POPD-PMMA și POPD-PMMA/SWNTs.

Spectrele IR au fost înregistrate cu un spectrofotometru FTIR, model Vertex 80, de la Bruker, în domeniul spectral 600-1800 cm^{-1} , cu rezoluția de 3 cm^{-1} .

Spectrele Raman au fost înregistrate cu un spectrofotometru FT Raman, model RFS 100S, de la Bruker, echipat cu un laser YAG: Nd, în domeniul spectral 100-1750 cm^{-1} , cu rezoluția de 1 cm^{-1} . Spectrele de fotoluminescență (PL) au fost înregistrate cu un spectrofluorimetru Fluorolog, model 3.2.2.1, de la Horiba Jobin Yvon, având ca sursă de excitare o lampă cu Xe.

În scopul evidențierii proprietăților hidrofobe/hidrofile ale compușilor POPD-PMMA și POPD-PMMA/SWNTs, analizele privind unghiul de contact (CA) au fost efectuate la temperatura camerei cu un instrument de analiză a formei picăturii, DSA 100 de la Kruss. Volumul picăturii a fost de aproximativ 1 μL , aceasta fiind pusă în contact cu probele depuse sub forma de filme subțiri pe suporturi de Au cu ajutorul unui dispozitiv de pompare controlat de calculator prin intermediul softului DSA3^(R). CA a fost măsurat prin fitarea profilului experimental al picături cu un polinom de gradul 2 sau cu ecuația cercului, calculându-se panta tangentei duse la picătura în punctul de intersecție cu linia care separa interfața lichid-solid-vapori. Camera video a fost înclinată la un unghi de aproximativ 2° - 3° în raport cu planul probei.

Figura 1 prezintă spectrele Raman ale compușilor: POPD-PMMA, SWNTs și POPD-PMMA/SWNTs. Figura 1a evidențiază în spectrul Raman al compusului POPD-PMMA: i) linii Raman care aparțin PMMA, situate la cca. 1593, 1450, 1161, 1109, 1010, 834, 700-744, 563 și 466 cm^{-1} , aparținând vibrației de întindere simetrică a legăturii C-C, vibrației de întindere asimetrică a legăturii C-O-C, vibrației legăturii C-CH₃, vibrației de legătură în plan CH, vibrației de basculare a grupării CH₃, vibrației de basculare a grupării CH₂, vibrației de legătură în afara planului legăturii CH, vibrației de întindere a legăturii C-C-O și respectiv de deformare în afara planului [C. Hu, X. Chen, W. Zhang, F. Xie, J. Chen, X. Chen, *Journal of Raman Spectroscopy* 44, 1136, 2013; S. Chaurasia, U. Rao, A.K. Mishra, C.D. Sijoy, V. Mishra, *Journal of Raman Spectroscopy* 1, 2020]; și ii) linii Raman care aparțin POPD, situate la 1512, 1357, 925-700-744 și 377 cm^{-1} , atribuite modului vibrațional de întindere al legăturii C=N în inelul de fenazină, vibrației legăturii C-N⁺, vibrației în afara planului legăturii C-H în ciclurile benzenice ale structurii fenazinei și vibrației simetrice T₂ a anionului FeCl₄⁻, care compensează sarcinile pozitive existente în lanțul macromolecular al POPD [A. Malinauskas, M. Bron, R. Holze, *Synthetic Metals* 92, 127, 1998; H. Jiang, X. Sun, M. Huang, Y. Wang, D. Li, S. Dong, *Langmuir* 22, 3358, 2006; S.G. Li, M.R. Huang, W. Duan, Y.L. Yang, *Chem. Rev.* 102, 2925, 2002; S. Quillard, G. Louarn, S. Lefrant, A.G. MacDiarmid, *Phys. Rev. B* 50, 12496, 1994; P.S. Hill, E.A. Schuble, *Geochim. Comochim. Acta* 72, 1939, 2008]. Figura 1b prezintă spectrul Raman al SWNTs în domeniul spectral 100-1750 cm^{-1} , unde se observa prezența unei linii având maximumul la 164 cm^{-1} atribuită modului de vibrație radial respirator (etichetat ca banda RBM), bandă de intensitate mică având maximumul la 1270 cm^{-1} atribuită defectelor induse în rețeaua grafică a NC și respectiv stării de dezordine (etichetată banda D) și banda complexă din domeniul spectral 1500-1600 cm^{-1} , atribuită modului de vibrație tangențial (etichetată banda TM), care are două componente cu maximele la 1573 și 1595 cm^{-1} [A. Jorio, M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, *Carbon nanotubes, Topics in Applied Physics, Springer-Verlag, Berlin, 2008*]. Rapoartele între intensitățile relative ale liniilor Raman situate la: i) 1593 și

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu



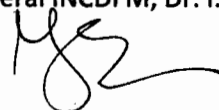
1573 cm^{-1} și ii) 1595 și 164 cm^{-1} sunt egale cu 3.4 și 2.63. Figura 1c prezintă spectrul Raman al compozitului POPD-PMMA/SWNTs, unde se observă doar liniile Raman aparținând NC, principalele diferențe în comparație cu spectrul Raman al SWNTs fiind: a) poziția maximelor benzilor RBM și TM care sunt situate la 166 și 1593 cm^{-1} ; și b) raportul între intensitățile relative ale liniilor Raman de la: i) 1593 și 1571 cm^{-1} și ii) 1593 și 166 cm^{-1} este egal cu 6 și respectiv 1.34. Aceste rezultate indică o spargere a manunchiului NC în tuburi individuale.

Informații despre prezența compușilor macromoleculari în masa compozitului POPD-PMMA/SWNTs sunt prezentate în Figura 2. Conform Figurii 2a, spectrul IR al compusului POPD-PMMA este caracterizat prin benzi IR aparținând: i) PMMA, acestea fiind localizate la 750, 839, 989, 1057, 1149, și 1732 cm^{-1} , ele fiind atribuite vibrației de întindere C-H, vibrației de deformare a grupării CH₂, vibrației legăturii O-CH₃, vibrației de întindere C-C, vibrației de întindere asimetrică a legăturii C-O-C și vibrației de întindere a legăturii C=O [G.L. Jimenez, C. Falcony, M. Szumera, P. Jelen, M. Lesniak, M. Kochanowicz, J. Zmojda, D. Dorosz, P. Miluski, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 229, 117893, 2020]; și ii) POPD, benzile IR fiind localizate la 1193, 1242, 1369, 1452-1479, 1531, 1632 și 1695 cm^{-1} , ele fiind atribuite modului de vibrație de legătură în plan a legăturii C-C-H din inelele benzenice, modului de vibrație de întindere a legăturii C-N=C în structurile aromatice, vibrației de întindere a legăturii C-N a grupării imina din entitatea de tip chinoid, vibrației C-NH-C, vibrației C=NH⁺-C, vibrației de întindere C=C în inelul benzenic + C=C de întindere în inelul chinoid și grupărilor terminale de tip amoniu [R.H. Sestrem, D.C. Ferreira, R. Landers, M.L.A. Temperini, G.M. Do Nascimento, *European Polymer Journal* 46, 484, 2010; X.Q. Liu, H.Q. Zhang, *Electrochimica Acta* 41, 2019, 1996; L. Wang, S. Guo, S. Dong, *Materials Letters* 62, 3240, 2008]. În comparație cu Figura 2a, spectrul IR al compozitului POPD-PMMA/SWNTs (Figura 2b) evidențiază: i) o scădere pronunțată a absorbantei benzilor IR de la 1149 și 1732 cm^{-1} , astfel încât raportul între absorbanta benzilor de la 1530, 1149 și 1732 cm^{-1} ($A_{1530-1531}A_{1149}$ și $A_{1530-1531}A_{1732}$) variază de la 1.34 și 0.9 (Figura 2a) la 4.33 și respectiv 4.44 (Figura 2b); ii) o diminuare a absorbantei benzilor de la 989-988 și 1452-1454 cm^{-1} ; iii) banda IR cu cea mai mare absorbantă este cea de la 1530 cm^{-1} ; și iv) o deplasare a maximului benzii IR de la 1193 cm^{-1} la 1198 cm^{-1} . Aceste variații indică interacții de natură fizică și respectiv chimică între SWNTs și unitățile structurale ale PMMA și respectiv POPD.

În scopul de a ilustra efectul SWNTs asupra matricei compușilor macromoleculari POPD-PMMA, Figura 3 prezintă spectrele de fotoluminescență (PL) ale POPD-PMMA și a compozitului POPD-PMMA/SWNTs. Figura 3a evidențiază că spectrul de PL al POPD-PMMA este caracterizat printr-o bandă de emisie complexă având intensitatea egală cu 4.09×10^5 cuante/sec, care prezintă două componente cu maximele la 539 nm și 667 nm, raportul între intensitățile acestor două benzi fiind egal cu 2.67. Figura 3b prezintă spectrul de PL al POPD-PMMA/SWNTs care este caracterizat printr-o bandă de emisie complexă având intensitatea egală cu 1.91×10^5 cuante/sec, raportul între intensitățile benzi de emisie componente cu maximele la 539 nm și 667 nm este egal cu 3.15.

Un parametru cheie pentru utilizare a acestui compozit în procesul de detecție optică/electrochimică a acidului uric este proprietatea hidrofilă/hidrofobă ale acestui material. Figura 4 ilustrează profilul picăturii de apă pe suprafața filmelor de POPD-PMMA și a compozitului de POPD-PMMA/SWNTs depuse pe suporturi de Au, preparați conform protocolului publicat anterior [M. Baibarac, M. Lapkowski, A. Pron, S. Lefrant, I. Baltog, *SERS spectra of*

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu



poly(3-hexylthiophene) in oxidized and unoxidized states, Journal of Raman Spectroscopy 29, 825, 1998]. Unghiul de contact determinat în cazul compușilor macromoleculari POPD-PMMA și a compozitului POPD-PMMA/SWNTs este egal cu $85.0 \pm 1.4^\circ$ și respectiv $72.6 \pm 0.2^\circ$. Aceste valori indică proprietăți hidrofile în cazul compușilor macromoleculari POPD-PMMA și a compozitului POPD-PMMA/SWNTs, ambii compuși prezentând o bună afinitate pentru apă, ca rezultat al prezenței grupărilor funcționale de tip amină (-NH-) și carboxil (-COO-), fapt care indică că un astfel de material compozit poate fi folosit ca platformă senzorială pentru detecția acidului uric.

Metoda de preparare a compozitului POPD-PMMA/SWNTs conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- metoda de sinteză este rapidă și nu necesită costuri mari cu materiile prime;
- materialul compozit este caracterizat printr-un spectru de fotoluminescență cu maximum la 539 nm, având intensitatea de 1.91×10^5 cuante/sec;
- materialul compozit prezintă proprietăți hidrofile; afinitatea compozitului pentru moleculele de apă facilitează dezvoltarea a noi aplicații în domeniul detecției optice/electrochimice a acidului uric.

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu



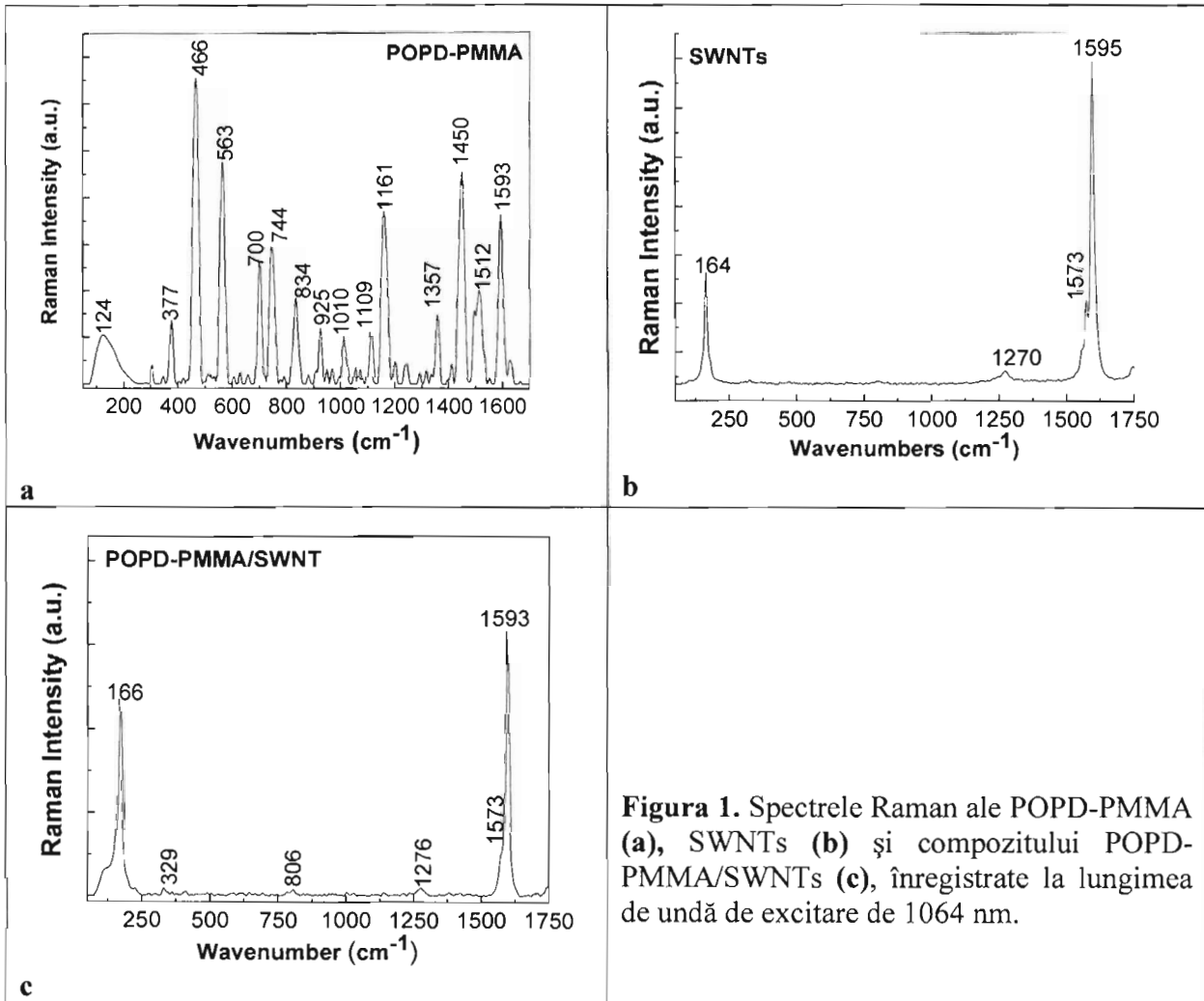
**COMPOZITE BAZATE PE POLI (O-FENILENDIAMINA), POLI METIL
METACRILAT ȘI NANOTUBURI DE CARBON CU UN SINGUR PERETE PENTRU
APLICAȚII IN DOMENIUL SĂNĂTĂȚII**

RE V E N D I C Ă R I

1. Metoda de sinteză a compozitului bazat pe poli(o-fenilendiamina) (POPD), poli (metil metacrilat) (PMMA) și nanotuburi de carbon cu un singur perete (SWNTs) implică polimerizarea chimică a o-fenilendiaminei în prezența PMMA și a SWNTs folosind ca agent oxidant FeCl_3 .
2. Materialul compozit POPD-PMMA/SWNTs este caracterizat: i) în spectrul Raman înregistrat la lungimea de undă de excitare de 1064 nm, printr-un raport între intensitățile liniilor Raman de la 1593 cm^{-1} și 166 cm^{-1} egal cu 1.34.; ii) în spectrul IR, prin rapoarte între absorbanta benzilor IR având maximele la $1530, 1149$ și 1732 cm^{-1} ($A_{1530-1531}A_{1149}$ și $A_{1530-1531}A_{1732}$) egale cu 4.33 și respectiv 4.44; iii) în spectrul de fotoluminescență, printr-o bandă cu maximul la 595 nm a cărei intensitate este egală cu 1.91×10^5 cuante/sec și iv) un unghi de contact de $72.6 \pm 0.2^\circ$.

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu





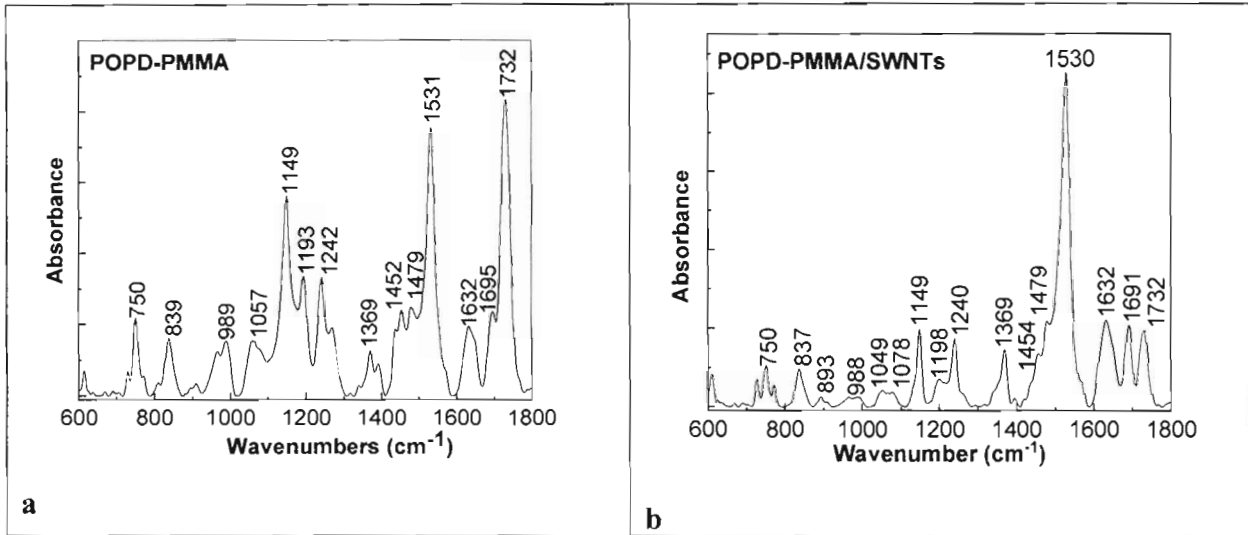


Figura 2. Spectrele IR ale POPD-PMMA (a) și compozitului POPD-PMMA/SWNTs (b).

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu

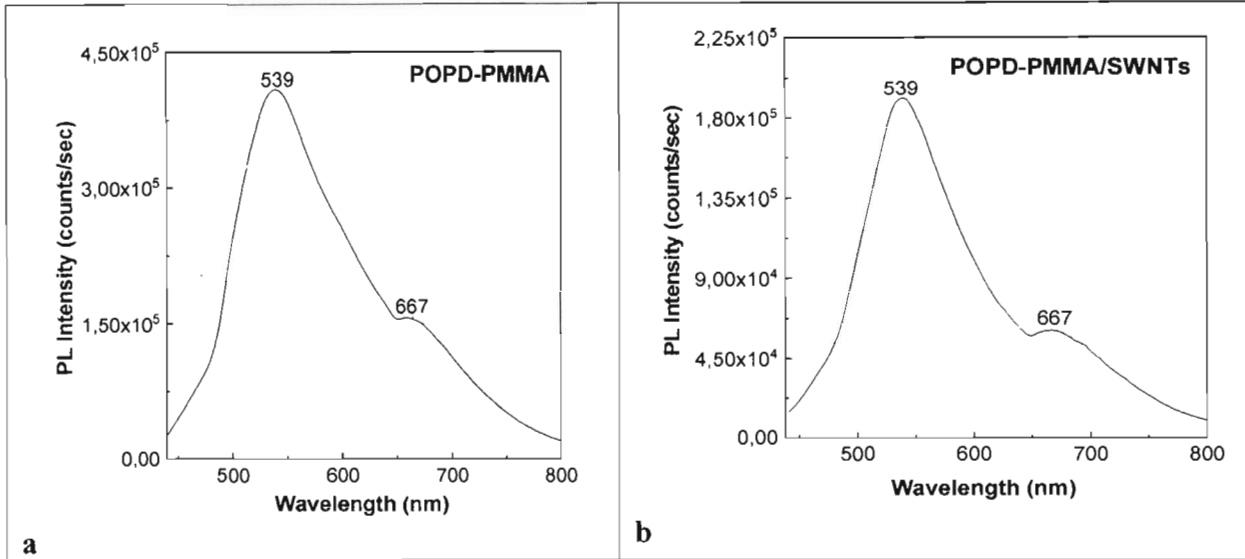


Figura 3. Spectrele de fotoluminescență (PL) ale POPD-PMMA (a) și compozitului POPD-PMMA/SWNTs (b), înregistrate la lungimea de undă de excitare de 420 nm.

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu

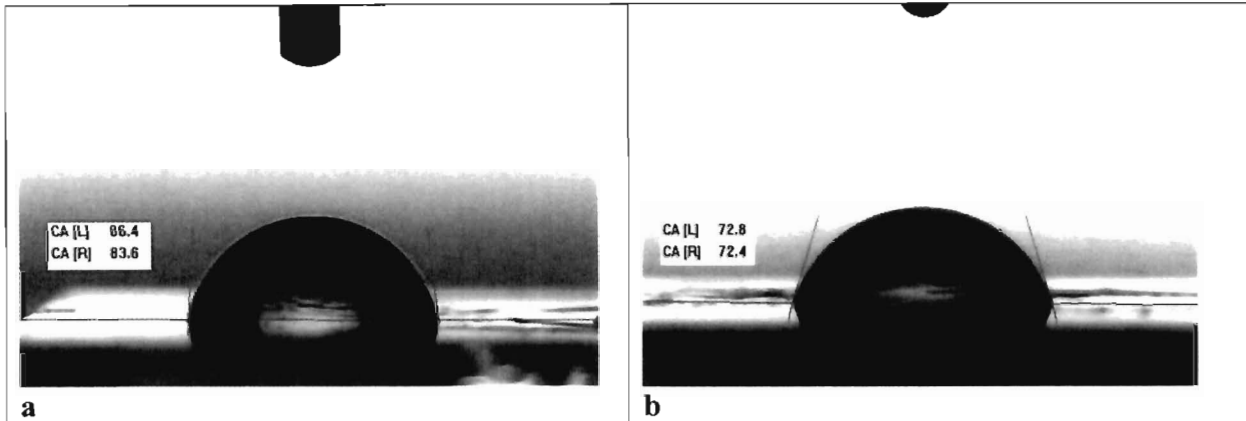


Figura 4. Profilul picăturii de apă pe probele etichetate POPD-PMMA (a) și POPD-PMMA/SWNTs (b).

Director General INCDFM, Dr. I. Enculescu