

Proiect NACOLAG

Tema:

Materiale avansate multifuncționale dopate cu nanopulberi de argint

Contract: CEEEX 26/2005

Autoritatea Contractantă: Program MATNANTECH - Universitatea POLITEHNICA, București

Contractor: INCDIE ICPE-CA, București

Director de proiect: Dr. Chim. Ștefania Gavriliu

E-mail: stefgav@icpe-ca.ro

Tel: (+40-21)346.72.31/108

Fax: (+40-21)346.82.99

Perioada de derulare a proiectului: 01.10.2005 – 30.09.2008

Programul: CEEEX - Cercetare de excelență

Categoria de proiect: Modul I - Proiecte de Cercetare-Dezvoltare Complexe

Tipul proiectului: P-CD

Acronimul proiectului: NACOLAG

Parteneri implicați în proiect:

Coordonator proiect: INCDIE ICPE-CA, București

Director de proiect: Dr. Chim. Ștefania Gavriliu

Partener 1: Institutul de Chimie Macromoleculară *Petru Poni*, Iași

Responsabil proiect: Prof. Dr. Chim. Constantin Ciobanu

Partener 2: Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare în Chimie și Petrochimie – *ICECHIM*, București

Responsabil proiect: Dr. Ing. Dan Donescu

Partener 3: Institutul de Cercetări pentru Protecții Anticorozive, Lacuri și Vopsele – *ICEPALV*, București

Responsabil proiect: Ing. Alexandra Pica

Partener 4: Universitatea *Alexandru Ioan Cuza*, Facultatea de Chimie, Iași

Responsabil proiect: Prof. Dr. Fiz. Vasile Tura

Partener 5: Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară *Ion Ionescu de la Brad*, Iași

Responsabil proiect: Prof. Dr. Viorel Floriștean

Partener 6: Universitatea de Medicină și Farmacie *Grigore T. Popa*, Iași

Responsabil proiect: Prof. Dr. Constantin Cotrutz

Arii tematice:

- *Nanoștiințe, nanotehnologii*

- *Îmbunătățirea prevenirii îmbolnăvirilor și utilizarea mai bună a medicamentelor*

- *Alimentație, sănătate și bunăstare*

Platforma tehnologică:

- Nano-Medicină

Obiectivul general:

Elaborarea unor noi compozite cu matrice organică și nanopulberi de argint, având proprietăți electrice/antibacteriene și antifungice, cu largi aplicații în ingineria electrică, medicină și bunuri de larg consum

Obiectivele derivate, importante din punct de vedere aplicativ, sunt realizate prin următoarele tipuri de lucrări:

- elaborarea unor metode chimice și electrochimice eficiente, de obținere a nanopulberilor și soluțiilor

coloidale de argint stabile și compatibile tehnicilor de procesare a polimerilor;

- elaborarea metodelor de obținere a noilor materiale compozite;

- elaborarea de modele demonstratoare și caracterizarea acestora din punct de vedere: chimic, fizico-mecanic, electric și microbiologic.

Ca domeniu nou din cercetarea științifică, proiectul își propune:

- studii prin metode moderne a proceselor de interfață în sistemele mediu de dispersie-argint, și mediu de dispersie-argint-polimeri

- stabilirea dimensiunilor și concentrațiilor critice ale particulelor de argint la care acestea manifestă caracteristicile electrice, respectiv antiseptice, specifice domeniului nanoscalar
- stabilirea designului molecular în compozitele polimerice.

Schema de realizare a proiectului / Calendarul de timp:

2005 – Etapa I: Studii, analize și realizarea bazei științifice și tehnice necesară îndeplinirii obiectivelor proiectului. *Perioada:* 01.10.2005 – 15.12.2005.

2006 – Etapa II: Experimentări preliminare și caracterizări privind realizarea solilor și a compozitelor dopate cu nanoparticule de Ag. *Perioada:* 15.12.2005 – 30.10.2006.

2007 – Etapa III: Realizarea, caracterizarea și studii de caz asupra noilor materiale compozite polifuncționale. *Perioada:* 30.10.2006 – 30.10.2007.

2008 – Etapa IV: Realizare modele și demonstrarea funcționalității. *Perioada:* 30.10.2007 – 30.09.2008.

Modul de finalizare a proiectului:

- elaborare de modele funcționale
- brevetarea soluțiilor tehnice

Potențiali utilizatori:

- producătorii de produse specifice pentru inginerie electrică și medicină
- producătorii de bunuri de larg consum

Impactul științific, tehnic, economic și social:

- realizarea unei rețele de cercetare multidisciplinară,
- diseminarea pe scară largă a rezultatelor: lucrări științifice publicate și comunicate, organizarea de mese rotunde, participare la târguri, expoziții și brokeraje,
- elaborarea unor tehnici noi de obținere a materialelor avansate polifuncționale cu largi aplicații în viața socială,
- diversificarea gamei de materiale antiseptice cu noi materiale ieftine și eficiente,
- creșterea nivelului bunăstării și a confortului membrilor societății prin scăderea riscului îmbolnăvirilor și evitarea cheltuielilor aferente tratamentelor medicamentoase cu antibiotice,
- evitarea infecțiilor recidivante cu germeni mutanți, rezistenți la antibioticele curente.

2005 – Etapa I: Studii, analize și realizarea bazei științifice și tehnice necesară îndeplinirii obiectivelor proiectului

Scopul fazei a fost crearea bazelor științifice și tehnico-materiale necesare pentru demararea și realizarea în bune condiții a lucrărilor de mare complexitate prevazute de obiectivele proiectului.

În acest sens, au fost realizate următoarele activități:

- studii de evaluare tehnico-științifică și economică a metodelor cunoscute de realizare a solilor și nanopulberilor metalice, și în special, a celor de argint;
- studii asupra tehnicilor specifice de caracterizare chimică și fizică a solilor și nanopulberilor metalice, și în special, a celor de argint;
- stabilirea tipurilor de materiale compozite care urmează a fi cercetate și a domeniilor de aplicare;
- studii și cercetări privind stabilirea condițiilor de compatibilitate a componentelor matriceale și a materialelor de adaos din compozitele argint-polimer organic;
- selectarea tipurilor de metode aplicate la sinteza componentelor materialelor compozite argint-polimer organic;
- studii și cercetări preliminare privind definirea intervalelor de concentrații ale adaosurilor de argint care vor fi folosite în materialele polimerice polifuncționale;
- elaborarea planului de experimentări, de caracterizări și de testări a noilor materiale pentru etapa următoare;
- studiu privind impactul asupra mediului și sănătății umane a argintului coloidal și a nanopulberilor de argint;
- prezentarea unor aspecte generale legate de aplicațiile nanopulberilor: prezent și perspective de dezvoltare a domeniului.

Au fost evidențiate aspectele tehnico-economice pentru următoarele metode generale de preparare a nanopulberilor metalice:

- metoda mecanică de dezintegrare prin tehnici de măcinare și aliere mecanică a precursorilor în mori planetare sau mori cu bile;
- sinteza directă, care include litografia, procesele de depunere în vid cum ar fi depunerea fizică de vapori (PVD), depunerea chimică de vapori (CVD) și acoperirea prin pulverizare;
- sinteza în fază gazoasă, care include piroliza, electro-explozia, ablația în laser, evaporarea la temperaturi ridicate și tehnicile sintezei în plasmă;
- metodele de sinteză chimică în soluții care includ tehnici specifice chimiei coloidale, metodelor hidrotermale, sol-gel și alte metode de precipitare.

În vederea obținerii nanopulberilor de argint au fost selectate metodele chimice și electrochimice, în cadrul cărora factorii cei mai importanți care trebuie să fie luați în seamă sunt proprietățile structurale (tipul de structură: cristalină sau amorfă, proprietățile morfologice: dimensiuni, forme, repartiții dimensionale ale particulelor) și proprietățile chimice (compoziția materialului în vrac, interfața și suprafața).

Rolul chimiei în sinteza nanomaterialelor a crescut semnificativ datorită unor avantaje evidente, cum ar fi versatilitatea în design, posibilitatea de obținere directă a noilor materiale sub formă de componente finale, posibilitatea de extindere la fabricații pe scară mare, precum și datorită randamentelor mari realizate. Obținerea particulelor pe cale chimică, în suspensie, prezintă și avantajul că aceasta facilitează tratamentele de funcționalizare a suprafeței pulberilor. Sintezele chimice permit manipularea și amestecarea materialelor la nivel molecular, ceea ce ar putea asigura grade foarte avansate de omogenitate, cu condiția cunoașterii proprietăților macroscopice ale materialelor și a condițiilor în care acestea se assemblează la nivel atomic sau molecular. Beneficiile procesărilor chimice se pot realiza doar prin înțelegerea principiilor chimiei cristalelor, termodinamicii, echilibrelor de fază și a cineticilor de reacție.

Dezavantajele metodelor chimice de sinteză a nanopulberilor metalice constau în faptul că, pe parcursul procesărilor există pericolele majore de impurificare, de formare a aglomeratelor de particule care alterează calitatea produselor finale, și, nu în ultimul rând, existența reală a pericolozității reacțiilor și a toxicității reactivilor.

Deoarece particulele nanostructurate au o suprafață specifică foarte mare și deseori formează aglomerate ca rezultat al forțelor de atracție Van der Waals și a tendinței de a minimiza suprafața totală sau energia interfacială a fost stabilită o listă de agenți de stabilizare care vor fi folosiți la experimentări.

Având în vedere faptul că metoda electrochimică va constitui o altă tehnică de obținere a argintului coloidal, au fost trecute în revista diferitele variante de realizare, în funcție de tipul de generator folosit, și anume: la tensiune constantă, la curent constant și în impulsuri. Metodele electrochimice constau în obținerea de argint electrocoloidal prin trecerea unui curent electric între doi electrozi de argint ultrapuri imersați în apă. Dintre toate metodele existente pentru obținerea argintului coloidal, varianta electrochimică oferă avantajul atât al obținerii unor soli de argint de înaltă puritate cât și al faptului că nu sunt necesare purificări ulterioare, ca în cazul metodelor chimice, în special în cazul aplicațiilor bio-medicale. Pentru îmbunătățirea parametrilor de lucru se vor contoriza în mod deosebit următoarele aspecte din procesul de experimentări:

- controlul și limitarea curentului implicat în proces
- creșterea circulației apei prin agitare mecanică
- folosirea exactă a inversării polarității
- eliminarea aerului din procesul de obținere

Adaosurile de nanopulberi într-o matrice organică sau anorganică conduc la noi tipuri de materiale compozite cu comportări spectaculoase și aplicații în cele mai diverse domenii ale vieții sociale. Aceste materiale pot fi obținute, fie prin adăugarea nanopulberilor aflate de obicei în suspensii polimerice organice sau apoase la procesarea materialului matriceal, fie prin sinteza *in situ* a nanopulberilor în procesul de obținere a matricei.

Cercetările în domeniul compozitelor cu nanopulberi sunt în plină desfășurare și dau mari speranțe produselor din domeniul medical și a bunurilor de larg consum.

Prin doparea cu nanopulberi de argint a polimerilor poliuretani, celulozici, a copolimerilor acrilostirenici a polimerilor epoxidici sau a rășinilor ester vinilice, se obțin materiale compozite polifuncționale avansate care combină în mod fericit proprietățile de flexibilitate, de rezistență mecanică și de ușoară prelucrabilitate ale polimerilor, cu proprietățile conductoare, antiseptice, de rigiditate și de stabilitate chimică deosebite ale argintului. Acțiunea antiseptică se explică prin eliberarea continuă a argintului din material, pe toata durata de viață a acestuia. Caracteristicile compozitelor sunt funcție de natura și concentrația componentelor, de microstructură în sensul formei, dimensiunilor și uniformității dispersiei particulelor de argint în matricea polimerică, precum și de metoda de prelucrare. Argintul sub formă nanoscalară, având o suprafață specifică mare, induce prin efectele de interfață variații importante în structura fizică și chimică a materialului. Mai mult, aceste efecte de interfață pot fi exploatate în mod benefic pentru unele caracteristici ale materialului, prin depunerea pe suprafața nanopulberilor de argint a unei terțe componente cu rol de agent de suprafață.

În cadrul proiectului, vor fi efectuate cercetări de obținere a compozitelor prin aditivarea polimerilor în diferite variante cu nanopulberi și soli de argint în medii de dispersie apă/compus organic, precum și prin sinteza "in situ" a compozitelor.

Polifuncționalitatea acestor compozite se obține prin combinarea proprietăților chimice, mecanice, optice, electrice, termice, biologice etc. ale componentelor, de cele mai multe ori prin efecte sinergetice și nu cumulative.

Metodologiile de studiu care vizează aspectele specifice fiecărei etape includ următoarele aspecte:

- designul molecular, sinteza și caracterizarea primară prin analize spectrale și verificarea purității prin punctul de topire;
- elucidarea aspectelor privind relația structură-proprietăți prin spectrometrie UV-VIS;
- analize fizico-mecanice cu ajutorul dinamometrului cu microprocesor încorporat;
- caracterizarea termică prin TG, DTG, DSC;
- studii de morfologie la microscopul optic și microscopul electronic de baleaj;
- stabilitatea fotochimică prin iradiere cu lampă UV cu mercur de presiune medie cu filtre adecvate;
- studii de transport electronic a deoendentelor de temperatură ale conductivității electrice în regim static și a coeficientului Seebeck în celule tip suprafață sau/și structuri sandwich cu ajutorul electrometrului interfațat;
- studii de investigare microstructurală a compozitelor prin înregistrarea și digitizarea difractogramelor de raze X și prin microscopie de forță atomică;
- studii de evaluare a capacității antibacteriale prin teste biochimice și microscopie electronică.

În ceea ce privește impactul coloizilor și a nanopulberilor de argint asupra sănătății umane și a mediului este prezentată o scurtă istorie a utilizării argintului și a coloizilor de argint în medicină, precum și o serie de date obținute prin verificarea unui volum foarte mare de informații și considerate ca venind din surse credibile și autorizate cum ar fi EPA (Environment Protection Agency) - SUA. Aceasta a publicat în 2003 un ghid referitor la argintul coloidal în care regulile privind riscurile și eficiența sunt încă în așteptare. Acest ghid prezintă relația dintre cantitatea de argint ingerat și riscul de argirie, pe baza unei documentări complete și pertinente din informațiile referitoare la folosirea argintului în corpul uman.

În vederea asigurării bazei materiale pentru lucrările experimentale a fost achiziționată o instalație tip rotavapor pentru obținerea nanopulberilor de argint pe cale chimică, în mediu lichid, cu refluxarea distilatului, care constă în principal dintr-un vas de reacție, un condensor al vaporilor de solvent, un vas de colectare al condensatului, o baie de încălzire cu ulei silionic și o pompă de vidare. Instalația este prevăzută cu un set de sticlărie, (intersanjabil cu setul de sticlărie pentru sinteză), pentru reciclarea solvenților prin distilare.

De asemenea, a fost proiectată o instalație de obținere pe cale electrochimică a solilor de Ag, în mediu apos, care constă dintr-o cuvă de electroliză, o sursă de curent stabilizată în tensiune sau curent și doi electrozi de argint

În ultimă instanță, cheia obținerii prin procedee chimice, a materialelor compozite polimer organic-nanopulbere de argint, constă în realizarea unei compatibilități perfecte a componentelor, în condițiile în care, atât prepararea nanopulberilor de argint cât și a polimerilor decurg prin procese

chimice, fizice și fizico-chimice de mare complexitate, greu de stăpânit cu cunoștințele acumulate până la ora actuală.

Pe baza aprecierilor anterior prezentate reiese faptul că în viitor, probleme deosebit de dificile rămân pentru rezolvare atât în domeniul sintezei chimice a nanopulberilor și a coloizilor de argint, cât și a compozitelor dopate. Totodată, prin cercetări complexe și intensive trebuie să se răspundă și necesităților firești de a elabora metode eficiente, ecologice, cu parametri ușor controlabili, și mai ales, reproductibile la nivel de producție pe scară largă.

În concluzie, se poate spune că obiectivele prezentei faze au fost realizate, fiind create condițiile necesare trecerii la cea de a doua fază privind efectuarea de experimentări și caracterizări preliminare a nanopulberilor și a solilor de argint, precum și a componentelor matriceale organice ale noilor compozite constând din polimeri uretanici, celulozici, acrilostirenici și epoxidici compatibilizați față de componenta de dopare anorganică.

2006 – Etapa II: Experimentări preliminare și caracterizări privind realizarea solilor și a compozitelor dopate cu nanoparticule de Ag

Lucrările de cercetare s-au desfășurat după cum urmează:

1. Obținerea soluțiilor coloidale de Ag prin metode chimice prin:

- reducerea în mediu de solvenți polari a ionului Ag^+ din soluții de AgNO_3
- reducerea în mediu de solvenți nepolari a ionului de Ag^+ din soluții de AgNO_3
- cercetări de stabilizare sterică și electrostatică a solilor de Ag cu diferiți agenți protectori

Solii de Ag obținut au fost caracterizați astfel:

- compoziția chimică și concentrația prin: spectrometrie de absorbție atomică (AAS), spectrofotometrie de absorbție a luminii în UV-VIS-NIR, metoda electrochimică cu electrozi selectivi de Ag
- forma și dimensiunile particulelor prin TEM
- distribuția granulometrică prin metoda DLS la Zetasizer

Au fost realizate modele de soli de Ag stabili, cu următoarele caracteristici:

- concentrații cuprinse în intervalul 5...60 ppm, stabili
- absorbție în spectrul UV-VIS la $\lambda = 404...421$ nm
- dimensiunile nanoparticulelor de Ag: 5...100 nm

2. Obținerea soluțiilor coloidale de Ag prin metode electrochimice

- metoda electrochimică folosită permite obținerea unor soluții coloidale de argint stabile, de înaltă puritate, cu dimensiuni ale particulelor < 20 nm și cu concentrații ale Ag de până la 34 ppm;
- combinația unui agent stabilizator și a unui co-stabilizator facilitează o bună dispersie și stabilitate a particulelor și împiedică aglomerarea acestora, constituind totodată o contribuție originală
- în urma testării comportării antifungice a soluțiilor coloidale, s-au evidențiat variante cu rezultate foarte bune
- rezultatele obținute sunt promițătoare pentru aplicații ulterioare ca agenți antibacterieni și antimicrobieni în materiale de tehnică medicală, în medicina veterinară și umană, în industria alimentară, ca și în industria textilă și de pielărie.

3. Obținerea pulberilor compozite de tip nanoAg/pulbere suport, prin depunere chimică

- au fost efectuate cercetări și experimentări privind depunerea pe cale chimică a nanoparticulelor de Ag pe suporti de pulberi de oxid metalic, metal, sare, și anume: $\text{MeO} = \text{SnO}_2, \text{ZnO}, \text{WO}_3, \text{TiO}_2$, respectiv, ca sare insolubilă în apă, BaSO_4 , în vederea obținerii unor precursori pentru:
 - materiale conductoare cu aplicații în ingineria electrică;
 - materiale compozite cu aplicații în medicină și bunuri de larg consum;
- produsele obținute au fost caracterizate astfel:
 - compoziția chimică și concentrația prin: spectrometrie de absorbție atomică (AAS), spectrofotometrie de absorbție a luminii în UV-VIS (în soluție prin absorbție, iar pe probe solide cu sfera integratoare, prin reflectanță), metoda electrochimică cu electrozi selectivi de ioni Ag^+ ;
 - forma și dimensiunea particulelor din pulberile compozite, prin SEM;
 - distribuția granulometrică prin metoda DLS cu aparatul Zetasizer
- au fost realizate modele de pulberi compozite de tip nanoparticule de Ag/suport, cu următoarele caracteristici:
 - ❖ conținut variabil de nanoparticule de Ag, funcție de destinația produsului
 - ❖ reflectanța nanoAg/ BaSO_4 în UV-VIS la $\lambda = 431,5$ nm
 - ❖ spectru larg de acțiune fungicidă și bactericidă
 - ❖ conductivitate electrică și capacitate de sinterizare îmbunătățită

4. Obținerea unor materiale compozite dopate cu nanoparticule de Ag

4.1. Obținerea materialelor conductoare de tip Ag-nanoAg/MeO ($\text{MeO} = \text{SnO}_2$ sau ZnO) sub formă de piese de contact pentru ingineria electrică

- au fost efectuate cercetări și experimentări în vederea obținerii unor noi tipuri de pulberi Ag-MeO pentru fabricația de piese de contact electric prin proiectarea unei microstructuri în care pulberile compozite nanoAg/MeO sunt uniforme și fin distribuite într-o matrice de Ag microcristalin;
- noile tipuri de amestecuri de pulberi prezintă un grad avansat de dispersie și uniformitate și o capacitate de sinterizare mult îmbunătățită față de cele folosite curent în producția de piese de contact electric;
- au fost efectuate cercetări și experimentări în vederea stabilirii parametrilor optimi de procesare a noilor tipuri de pulberi Ag-MeO
- au fost obținute materiale de contact electric Ag- SnO_2 și Ag- ZnO cu următoarele caracteristici:
 - grad de compactizare: min. 95 %
 - duritate în stare moale: min. 80 HB

- rezistivitate: max. 2,5 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
- aspect microstructural: matrice de Ag cu componentele oxidice uniform și fin dispersate
- proprietăți funcționale îmbunătățite.

4.2. Obținerea unor biomateriale compozite cu matrice poliuretanică dopată cu nanoparticule de Ag

- s-au efectuat studii și cercetări detaliate privind obținerea și caracterizarea unor biomateriale poliuretanică nedopate și/dopate cu nanoparticule de argint; comparative cu cele realizate la nivel mondial și publicate în literatura de specialitate
- s-au sintetizat o serie de poliuretani cu potențiale aplicații biomedicale;
- s-au sintetizat nanoparticule de argint, catalitic, *in situ*, în matricea poliuretanică cu dimensiuni până la 10 nm;
- s-au caracterizat materialele obținute prin procedee fizico-chimice și biologice *in vivo*;
- nanoparticulele de argint structurează matricea poliuretanică astfel încât forțele inter- și intramoleculare care se opun deformării la tensiuni foarte mici cresc de peste două ori;
- poliuretanul dopat cu nanoparticule de argint favorizează regenerarea rapidă și de calitate a pielii, inclusiv a foliculilor piloși;

4.3 Obținerea unor materiale compozite cu matrici celulozice dopate cu nanoparticule de argint

- s-au efectuat studii și cercetări detaliate privind obținerea și caracterizarea unor biomateriale compozite cu matrice celulozică nedopată și/dopată cu nanoparticule de argint;
- s-au efectuat studii de acetilare heterogenă a alomorfilor celulozici în scopul obținerii de derivați celulozici utilizabili pentru obținerea compozitelor cu argint;
- s-au efectuat experimentări de obținere a carboximetilcelulozei și a carboximetilacetatului de celuloză, folosite pentru prepararea compozitelor cu nanoparticule de argint;
- s-au efectuat experimentări preliminare de realizare a materialelor compozite pe bază de polimeri celulozici dopate cu nanopulberi de argint;
- s-au realizat în acest sens compozite sub formă de filme și fibre;
- polimerii utilizați ca matrice au fost acetati de celuloză, carboximetilceluloză, carboximetilacetat de celuloză și celuloză nemodificată chimic;
- argintul a fost înglobat în matricea polimeră sub forma ionică Ag^+ (din soluții de AgNO_3), ionii fiind apoi reduși la argint metalic sub formă de nanoparticule de Ag^0 prin intermediul a două tehnici: tratament termic și, respectiv, iradiere în UV;
- s-au obținut compozite de acetat de celuloză sub formă de fibre în domeniul submicronic (aproximativ 700 nm);
- rezultatele testelor antifungice efectuate au arătat că probele cele mai rezistente sunt compozitele sub formă de film tratate prin iradiere UV timp de 40 minute, CMC-UV și CMC-Ac-UV, care nu au prezentat nici o creștere de mucegai după 14 zile de expunere;
- se vor continua studiile pentru stabilirea dependenței dimensiunilor nanoparticulelor înglobate în filme de polimeri celulozici de condițiile de preparare a filmelor, de natura polimerului și de metoda aplicată pentru reducerea argintului ionic la argint metalic.

4.4. Obținerea unor materiale de acoperire de tip acril- stirenice dopate cu nanoparticule de argint

4.5. Obținerea unor materiale de acoperire pe bază de rășini epoxidice dopate cu nanoparticule de argint

Prin studiile și cercetările referitoare la acest obiectiv au fost experimentate metode de obținere a unor noi nanomateriale de acoperire emulsionate, dopate cu argint, și au fost evaluate caracteristicile tehnice ale acestora.

Încorporarea nanopulberilor de Ag în polimeri s-a realizat prin două metode: intercalare și sinteza *in situ*

După tipul de sistem polimeric, s-au realizat două tipuri de materiale de acoperire dopate cu nanopulberi de argint, și anume:

- materiale de acoperire de tip acrilostirenice dopate cu nanopulberi de argint
- materiale de acoperire de tip epoxidic modificat dopate cu nano-pulberi de argint

4.6. Obținerea prin sinteza sol-gel unor materiale de acoperire filmogene cu metiltrietoxisilan dopate cu nanoparticule de argint

➤ au fost obținute materiale de acoperire filmogene cu metiltrietoxisilan dopate cu nanoparticule de argint prin metoda sol-gel

➤ analizând spectrele FT-IR ale acestor hibride s-a constatat că nu au loc modificări semnificative la concentrațiile utilizate de argint coloidal. Spectrele UV-VIS pun în evidență o modificare atât a domeniului de absorbție al argintului coloidal cât și al coloranților, în funcție de concentrația nanoparticulelor de argint și de polaritatea hibridelor. De asemenea, s-a observat că adsorbția coloranților pe nanoparticulele de argint induce o modificare a caracteristicilor spectrale în cazul albastru metilen deosebite de ceilalți coloranți.

➤ s-a constatat ca tioderivatul utilizat, care afectează morfologia hibridelor obținute contribuie la fixarea nanoparticulelor de argint, și modifica proprietățile spectrale ale coloranților.

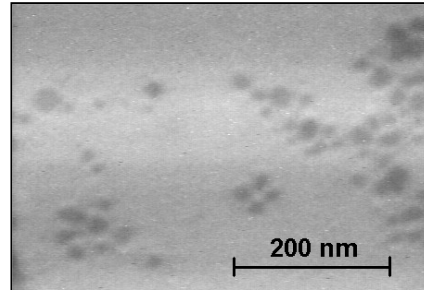
➤ în urma examinării suprafeței hibridelor dopate cu argint coloidal prin SEM, s-a observat că, indiferent de concentrația de argint utilizată, suprafața filmelor este omogenă, fără separări evidente de faze

➤ În urma determinării comportării la acțiunea mușcăiurilor și a eficacității fungistatice a probelor maror și a celor ce conțin soluție de argint coloidal 0,1 %, s-a observat că proba MeTES cu un conținut de 0,1 % argint coloidal este cea mai bună

În concluzie se poate afirma că obiectivele științifice ale fazei de față au fost îndeplinite, fiind create condițiile pentru trecerea la faza următoare de realizare modele.

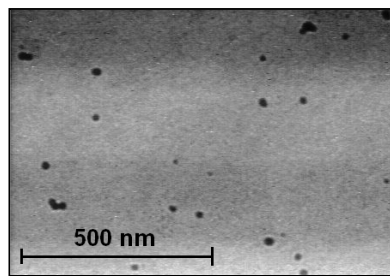
Rezultate: mostre de produse

❖ **Soluții coloidale de Ag obținute chimic** (realizate la INCDIE ICPE-CA)

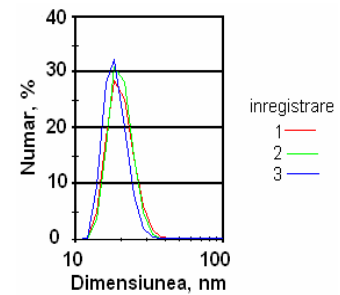


Micrografie TEM

❖ **Soluții coloidale de Ag electrochimice** (realizate la INCDIE ICPE-CA)

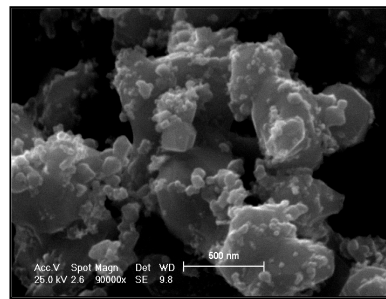


Micrografie TEM

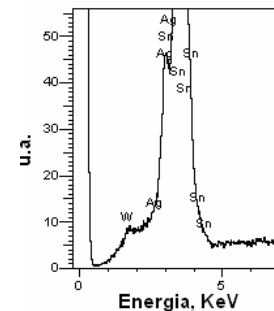


Distribuția granulometrică

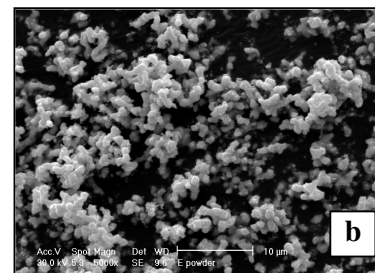
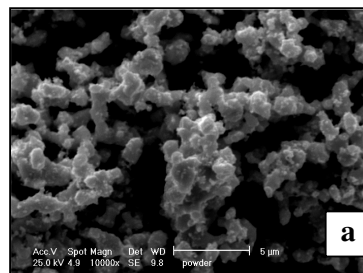
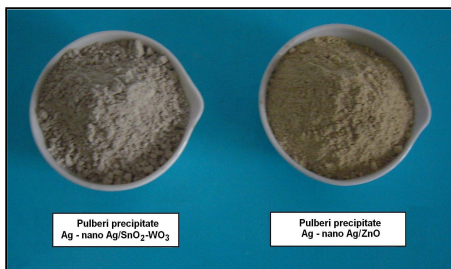
❖ **Precursori cu nanopulberi de Ag** (realizate la INCDIE ICPE-CA)



Micrografie SEM și EDX: nanoAg/SnO₂-WO₃



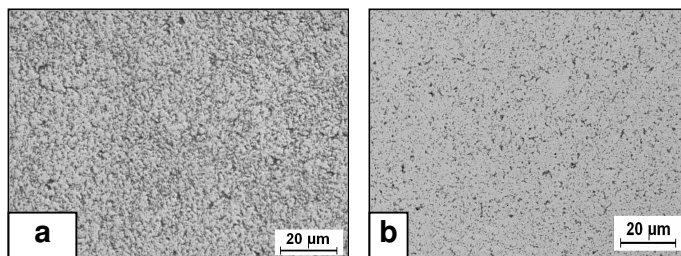
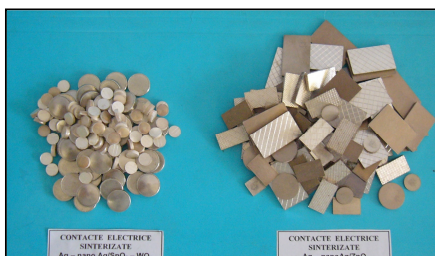
❖ **Pulberi de Ag-SnO₂ și Ag-ZnO** (realizate la INCDIE ICPE-CA)



Micrografii SEM:

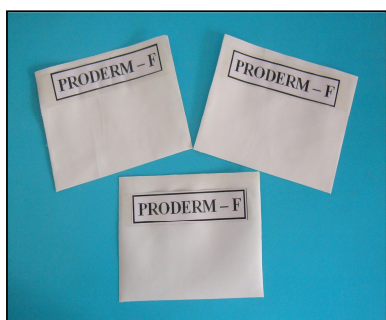
a) pulbere Ag - nanoAg/SnO₂-WO₃, b) pulbere Ag - nanoAg/ZnO

❖ **Contacte electrice sinterizate din Ag-SnO₂ și Ag-ZnO** (realizate la INCIE ICPE-CA)



Micrografii SEM: contacte electrice sinterizate
a) Ag - nanoAg/SnO₂ - WO₃, b) Ag - nanoAg/ZnO

❖ **Filme de poliuretan dopate cu nanoparticule de Ag** (realizate la ICM "P.Poni Iași")



Caracteristici:

- matrice de poliuretan microporoasă și hidrofilă
- material biocompatibil, antiseptic și regenerativ

❖ **Geluri dopate cu nanoparticule de Ag** (realizate la ICM "P.Poni Iași")



Caracteristici:

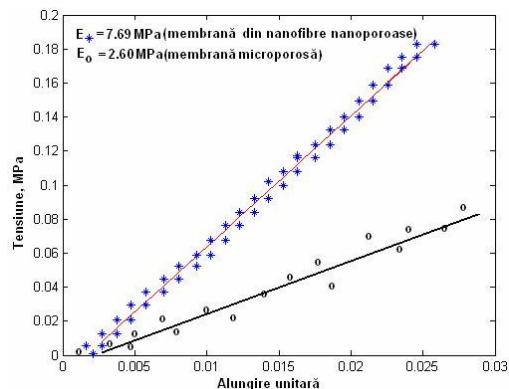
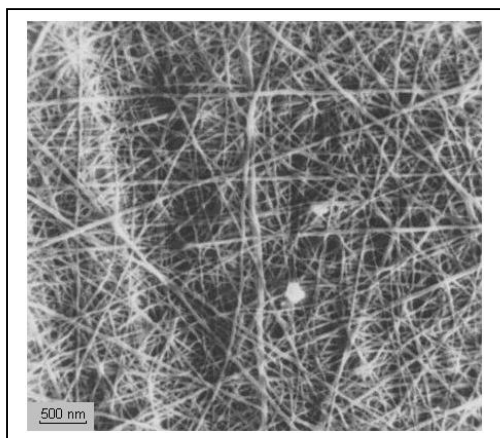
- material:
- biocompatibil,
 - antimicrobian,
 - regenerativ



Caracteristici:

- matrice hidrofilă de carboximetilceluloză (CMC)
- material biocompatibil, antimicrobian și antifungic

❖ **Nanofibre poliuretanică dopate cu nanoparticule de Ag** (realizate la ICM "P.Poni Iași")



Caracteristici: material biocompatibil, antiseptic și regenerativ

- ❖ **Acoperiri acrilostirenice dopate cu nanoparticule de Ag** (realizate la ICEPALV în colaborare cu INC DIE ICPE-CA)



Caracteristici:

- matrice acrilostirenică
- material antimicrobian și antifungic

Diseminarea rezultatelor:

- organizare Masă Rotundă: *MATERIALE AVANSATE MULTIFUNȚIONALE DOPATE CU NANOPULBERI DE ARGINT*, la Institutul de Chimie Macromoleculara Petru Poni - Iași, 23-24 Mai 2006
- editarea volumului de rezumate a Masei Rotunde
- participare la TIB 2006 cu modele de produse realizate
- editare catalog de *MODELE DE PRODUSE*
- lucrări publicate: 4
- lucrări comunicate: 24
- depunere de cerere de brevet