



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00801**

(22) Data de depozit: **27/11/2019**

(41) Data publicării cererii:
28/05/2021 BOPI nr. **5/2021**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **LUNGULESCU EDUARD MARIUS,
STR.PRELUNGIREA GHENCEA, NR.285A,
AP.3, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **SETNESCU RADU, STR.GÂRLENI NR.1,
BL.C 78, SC.1, AP.9, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **NICULA NICOLETA OANA,
STR.NICOLAE BĂLCESCU, NR.26, BL.50,
SC.A, AP.2, MIZIL, PH, RO;**
• **PĂTROI DELIA, STR.VATRA DORNEI
NR.11, BL.18 B+C, SC.2, ET.1, AP.49,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ION IOANA, STR.LILIAACULUI NR.7B,
SAT PRUNI, MĂGURELE, IF, RO**

(54) **NANOPARTICULE DE ALIAJ BIMETALIC Cu-Au ȘI PROCEDEU DE OBTINERE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la nanoparticule de aliaj bimetalic Cu - Au și de Au, obținute prin sinteză radiochimică și la un procedeu de obținere a acestora, nanoparticulele având aplicații în optoelectronică, senzori, tehnologii de energii regenerabile și catalizatori, imagistică medicală, agenți biocizi sau antimicrobieni. Nanoparticule de aliaj Cu - Au și de Au conform invenției sunt obținute prin iradierea cu radiații ionizante gama a unei soluții apoase de precursori metalici ca sarea solubilă de Cu, respectiv de Au, care conține un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare a nanoparticulelor constituit dintr-un polimer solubil cum ar fi PVA, PVP sau SDS și un compus de forma $R(OH)_x$, unde R = alchil sau iso - alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$, solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate, cu maxime de absorbție cuprinse între 528...550 nm, respectiv 532 nm, cu dimensiuni medii cuprinse între 1...30 nm, respectiv 3,5 nm și stabilitate ridicată în timp. Procedeu de obținere a nanoparticulelor de aliaj Cu - Au și de Au conform invenției utilizează sisteme formate din sare -

precursor de ioni de Cu și Au, respectiv de Au, un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare SDS, PVA sau PVP și un compus de forma $R(OH)_x$ solubil sau parțial solubil în apă, constând în obținerea unor soluții apoase de ioni de Cu și Au, respectiv de Au, prin agitare magnetică la temperatură ambiantă, introducerea acestora în soluție apoasă formată dintr-un polimer solubil în apă, SDS 0,8%, PVP 3,5%, obținută prin amestecare la 80°C cu agitator magnetic și un compus de forma $R(OH)_x$, indiferite concentrații, omogenizarea timp de o oră cu agitator magnetic la temperatura camerei, reglarea pH - ului la 8...9 prin adăugare de soluție NaOH, dezaerarea soluției timp de 30 min. cu N_2 sau Ar, urmată de iradierea la o doză debit cuprinsă între 0,4...1,1 kGy/h la doze cuprinse între 0...60 kGy.

Revendicări: 4
Figuri: 7



NANOPARTICULE DE ALIAJ BIMETALIC CU-AU ȘI PROCEDEU DE OBTINERE

Invenția se referă la nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au și nanoparticule de Au cu proprietăți controlabile (dimensiune, dispersie dimensională îngustă și stabilitate ridicată) cu activitate antimicrobiană, precum și la procedeul de obținere a acestora.

Astfel de materiale sunt utilizate în diferite aplicații, cum ar fi optoelectronică, senzori, tehnologii de energii regenerabile și catalizatori, imagistică medicală, agenți biocizi sau antimicrobieni, etc.

Se cunoaște că un aspect important în stabilirea proprietăților acestor nanomateriale îl reprezintă controlul dimensiunii particulelor, distribuția particulelor și forma acestora. În consecință, există un interes crescut în dezvoltarea de metode care să permită o sinteză controlată a nanoparticulelor.

Nanoparticulele metalice (Np) sunt caracterizate prin compoziție chimică, formă, dimensiune și monodispersie diferite. Pentru a modifica aceste caracteristici, sunt cunoscute trei tipuri de metode de sinteză: chimice, fizice și biologice [1].

Nanoparticulele metalice pot fi obținute în fază gazoasă, solidă și lichidă [2]. În fază lichidă, nanoparticulele sunt sintetizate chimic în soluții coloidale ce conțin precursori, agent de reducere, agent de acoperire și solvent [3].

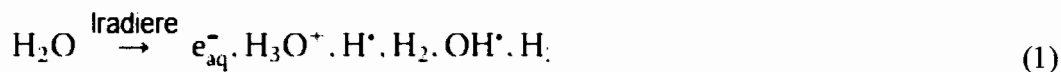
Coloizii sunt suspensii ale unei faze, solidă sau lichidă, într-o a doua fază lichidă. Majoritatea metodelor de obținere a coloizilor metalici sunt bazate pe reducerea unui precursor - ion metalic, în soluție în prezența unui agent de stabilizare. Toate aceste metode de sinteză prezintă dezavantajul că implică utilizarea de agenți de reducere toxici și/sau cu risc biologic ridicat pentru mediul înconjurător, timp îndelungat de sinteză, proces de obținere etapizat, temperaturi ridicate [4-6]. Alt dezavantaj al sintezelor clasice este dat de dificultatea de a obține nanoparticule metalice cu proprietăți controlabile, reproductibile (dimensiune, dispersie îngustă și stabilitate ridicată), precum și obținerea unor cantități mici de nanoparticule, ceea ce conduce la costuri ridicate ale procesului de sinteză [7].

Literatura de specialitate citează numeroase exemple de realizare a structurilor nanometrice pe bază de Cu cu alte metale, în special structuri de tip core-shell [4,5], obținute prin sinteză chimică. Dezavantajul principal al acestor metode de sinteză este utilizarea de agenți chimici de reducere (hidrazină, borohidruură de sodiu) cunoscute ca fiind toxice [5-6] sau utilizarea unor temperaturi ridicate [4].

Dezavantaje similare prezintă și procedeul propus în lucrarea [6], în care au fost obținute nanosfere de aliaj bimetalic Au-Cu, prin sinteză chimică și utilizarea borohidruurii de sodiu ca agent de reducere și a PVP ca agent de stabilizare a nanoparticulelor, sinteza realizându-se la temperaturi ridicate.

Principiul metodei de sinteză propus se bazează pe radioliza soluțiilor apoase, radiațiile ionizante transferând către materialul iradiat o cantitate foarte mare de energie, cu câteva ordine de mărime mai mare decât energia medie necesară ruperii oricărei legături chimice, transferul fiind astfel neselectiv [8].

Interacția energiei radiației ionizante cu soluția apoasă a ionilor de Cu și Au induce ionizarea și excitarea solventului și conduce la formarea de specii radiolitice, în special electronul hidratat și atomi de H[•].



Aceste specii sunt agenți de reducere puternici cu potențialele redox $E_0(\text{H}_2\text{O}/e_{\text{aq}}^-) = -2,87 \text{ V}_{\text{NHE}}$ și $E_0(\text{H}^+/\text{H}^\bullet) = -2,3 \text{ V}_{\text{NHE}}$ [9] și pot reduce ionii de Cu și Au din soluție la particule de Cu și Au zero-valente.

Radicalii hidroxil (OH^\bullet), induși la radioliza apei, cu un potențial redox $E_0 (\text{OH}^\bullet/\text{H}_2\text{O}) = +2,8 \text{ V}_{\text{NHE}}$ [9] pot oxida ionii sau atomii la stări de oxidare ridicate. Pentru a evita acest lucru este necesară introducerea în soluțiile de precursori a unor captori de radicali OH^\bullet , precum alcooli primari sau secundari.

Scopul invenției este de a înlătura dezavantajele mai sus menționate, anume de a se obține nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au, într-o singură etapă, în soluții apoase, la temperatură și presiune ambientale, dimensiuni mici, distribuție dimensională îngustă și stabilitate ridicată în timp. Un alt obiectiv al prezentei invenții este de a înlătura dezavantajele mai sus menționate ale metodelor fizice și chimice, printr-un procedeu care să asigure un consum rezonabil de materii prime, pierderi scăzute, randament și selectivitate înaltă (nivel redus al deșeurilor și materiilor prime netransformate), în condițiile utilizării unor reactivi netoxici sau dăunători pentru mediu.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a obține nanoparticule de aliaj bimetalic de Cu-Au cu dimensiuni mici, cu distribuție dimensională îngustă, stabilitate ridicată în soluție și activitate biocidă înaltă, în condițiile unui consum eficient al materiilor prime, și a randamentului și selectivității înalte în transformarea precursorului ionic, folosind energia radiațiilor ionizante (γ) pentru transformarea precursorilor ionici aflat în soluție apoasă.

Nanoparticulele de aliaj bimetalic Cu-Au sunt obținute conform invenției prin iradierea cu radiații γ a unei soluții apoase de precursori metalici (sare solubilă de Cupru, respectiv Au), care conține un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare a nanoparticulelor constituit dintr-un polimer solubil (cum ar fi PVA, PVP, SDS) și un compus de forma R-OH_x (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- sinteza nanoparticulelor are loc în soluție apoasă, ceea ce permite controlul precis al parametrilor în orice punct al reactorului (concentrație, temperatură, doză), asigurând reproductibilitatea procesului;
- sinteza nu necesită utilizarea de agenți chimici de reducere toxici sau cu risc biologic ridicat, principalul agent reducător în absența oxigenului fiind electronul hidratat care prezintă un potențial de reducere foarte mare;
- Np de aliaj bimetalic Cu-Au și de Au obținute prezintă o dispersie uniformă și stabilitate în timp ridicată (de ordinul lunilor);
- procedeul de sinteză propus permite obținerea la un preț scăzut a unor cantități mari de Np de aliaj bimetalic Cu-Au sau de Au cu dimensiune și structură controlabilă, cu reproductibilitate ridicată, putând fi aplicat la scară industrială;
- procedeul de obținere a nanoparticulelor de aliaj bimetalic Cu-Au și Au este simplu și rapid și este realizat la presiune și temperatură ambiantă;
- dimensiunea medie a nanoparticulelor și distribuția dimensională depind în mod critic de un număr redus de parametri care pot fi controlați cu ușurință, anume doza de iradiere și concentrațiile agentului de stabilizare și a ionilor de Cu și Au și raportul acestor concentrații.

Se dau mai jos 4 exemple de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1-7, care reprezintă:

Fig. 1 - Schema tehnologică a procesului de obținere a nanoparticulelor de aliaj bimetalic Cu-Au și a nanoparticulelor de Au

Fig. 2 - Spectrele UV-Vis al sistemului coloidal Cu/Au/SDS/EG (raport molar Cu/Au de 2/1)

Fig. 3 – Micrografii STEM realizate pe sistemului coloidal Cu/Au/SDS/EG

Fig. 4 - Stabilitatea în timp a sistemului coloidal de aliaj bimetalic Cu-Au (raport molar Cu/Au de 2/1);

Fig. 5 - Spectrele UV-Vis ale sistemului coloidal Cu/Au/SDS/EG la diferite concentrații de Cu^{2+} ;

Fig. 6 – Stabilitatea în timp a sistemului coloidal de aliaj bimetalic Cu-Au (în funcție de concentrația de Cu^{2+} (1 – imediat după iradiere, 2 – 2 luni după iradiere));

Fig. 7 - Spectrele UV-Vis al sistemului coloidal Cu/Au/PVP/Aip (raport molar Cu/Au de 2/1)

Exemplul 1

În scopul sintezei radiochimice conform invenției, se folosește următoarea succesiune de operații (Fig. 1):

- prepararea soluțiilor de precursori (soluția A și soluția B) într-o soluție apoasă de agent de stabilizare de o anumită concentrație (SDS, PVP, PVA), care implică dozarea precursorilor; dizolvarea polimerului solubil se efectuează la 80 °C cu agitator magnetic până soluția devine limpede; dizolvarea precursorilor se execută cu agitator magnetic la temperatura ambiantă;

- prepararea amestecului de reacție format din amestecarea soluțiilor A și B cu un compus $\text{R}(\text{OH})_x$, care implică dozarea componentelor în corelație cu cantitatea de precursori; dizolvarea compusului $\text{R}(\text{OH})_x$ se face la temperatura ambiantă, după răcirea soluției de polimer, cu agitator magnetic; are loc controlul și corecția pH (8-9) și dezaerarea sistemului (eliminarea oxigenului prin barbotare de N_2 sau Ar timp de 30 minute); amestecarea se realizează la temperatura camerei cu agitator magnetic, timp de 1 oră;

- expunerea la iradiere (Doza debit: 0.7 kGy/h) a amestecului de reacție într-un recipient de sticlă închis ermetic, învelit în folie de aluminiu; implică stabilirea și controlul dozei de iradiere (calibrarea dozei de expunere se poate face periodic cu un dozimetru de tip Fricke, RTL, ECB, alanină ș.a.m.d);

- caracterizarea dimensională și a activității biocide a produsului obținut. Se realizează prin măsurători specifice, cunoscute, cum sunt spectroscopie UV-vis, STEM, DLS, precum și prin teste de activitate antimicrobiană.

Exemplul 2

Folosind procedura descrisă la exemplul 1, se prepară:

- 100 ml soluția (A) prin dizolvarea unei cantități de sare de cupru corespunzătoare unei concentrații de $2 \cdot 10^{-3}$ mol/l Cu^{2+} într-o soluție de 0,8% SDS în apă deionizată;

- 100 ml soluția (B) prin dizolvarea unei cantități de sare de Au^{3+} (acid cloroauric – $\text{H}[\text{AuCl}_4]$) corespunzătoare unei concentrații de $1 \cdot 10^{-3}$ mol/l Au^{3+} într-o soluție de 0,8% SDS în apă deionizată;

- s-a obținut amestecul de reacție folosind 15 ml soluție A, 15 ml soluție B și 4 ml de etilen glicol (EG); pH-ul s-a reglat la 8,5 prin adăugare de soluție de NaOH (1 %); dezaerarea s-a făcut cu Ar timp de 30 minute la un debit de 50 ml/minut;

- expunerea la iradiere s-a făcut la o doză totală de 30 kGy.

După iradiere s-au obținut sisteme coloidale de nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au de culoare vișinie. Spectrele UV-Vis au prezentat maxim de absorbție SPR caracteristic la cca. 530 nm (Fig. 2).

Analiza STEM a evidențiat formarea de nanoparticule sferice (Fig. 3) de dimensiuni medii de sub 20 nm, iar distanțele interplanare determinate la 2,20 Å, corespund unor aliaje bimetalice de tip Cu_3Au .

Stabilitatea sistemului de nanoparticule de aliaj bimetalic a fost testată prin măsurarea absorbției soluțiilor pe o perioadă de 4 luni (Fig. 4), spectrele de UV-Vis rămânând practic neschimbate în această perioadă.

Soluțiile obținute au prezentat activitate antimicrobiană la testarea împotriva *Pseudomonas aeruginosa* și *Staphylococcus Aureus*, cu zone de inhibiție cuprinse între 4 și 15 mm, în funcție de gradul de diluție al soluției inițiale de nanoparticule de aliaj Cu-Au (Tabelul 1).

Tabelul 1 – Eficiența antimicrobiană a sistemului coloidal de nanoparticule de Cu-Au

Sistem	Concentrația de soluție (%)	Zone de inhibiție (mm)	
		<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Cu/Au (2:1)/SDS/EG	100	14	15
	50	8	7
	25	4	4
	12.5	-	-

Exemplul 3

Folosind procedura descrisă la exemplele 1 și 2, se prepară:

- 100 ml soluția (A) cu concentrația de $2 \cdot 10^{-3}$ mol/l Cu^{2+} într-o soluție de 0,8% SDS în apă deionizată;

- 100 ml soluția (B) cu concentrația $2 \cdot 10^{-3}$ mol/l Au^{3+} (acid cloroauric – $\text{H}[\text{AuCl}_4]$) într-o soluție de 0,8% SDS în apă deionizată;

- s-a obținut amestecul de reacție, folosind diferite rapoarte de volum între soluția A și soluția B, pentru a obține diferite concentrații de ioni de Cu în soluție. Peste această soluție se adaugă 4 ml de etilen glicol (EG); pH-ul s-a reglat la 8,5 prin adăugare de soluție de NaOH (1%); dezaerarea s-a făcut cu Ar timp de 30 minute la un debit de 50 ml/minut;

- expunerea la iradiere s-a făcut la o doză totală de 50 kGy.

După iradiere, s-au obținut sisteme coloidale stabile de nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au, de culoare vișinie până la roz deschis, în funcția de concentrația inițială de ioni de Cu^{2+} (soluția se deschide la culoare cu creșterea concentrației). Proprietățile optice la acest material sunt ilustrate în Fig. 5 cu ajutorul spectrelor UV-vis din care rezultă că maximul SPR (Surface Plasmon Resonance) este cuprins între 532 nm (0% Cu; se formează un sistem coloidal stabil de nanoparticule de Aur) și 550 nm (la 90 % Cu) (Tabelul 1). Măsurătorile DLS au arătat dimensiuni medii ale nanoparticulelor cuprinse între 1.1-3.5 nm (Tabelul 2)

Tabelul 2 - Caracteristicile nanoparticulelor de aliaj bimetalic Cu-Au obținute conform exemplilor 1 și 2

Concentrație Cu ²⁺ (%)	Maxim SPR (nm)	Diametru mediu din DLS (nm)
0	532	3.5±0.001
50	532	2.9±0.017
77	536	2.1±0.015
87	540	2.3±0.947
90	550	1.1±0.032

Stabilitatea sistemului de nanoparticule de aliaj bimetalic a fost testată prin măsurarea absorbției soluțiilor pe o perioadă de cca. 2 luni (Fig. 6), spectrele de UV-Vis rămânând practic nemodificate în aceasta perioadă.

Exemplul 4

Folosind procedura descrisă la exemplu 1 și 2 se prepară:

- 100 ml soluția (A) prin dizolvarea unei cantități de sare de cupru corespunzătoare unei concentrații de $2 \cdot 10^{-3}$ mol/l Cu²⁺ într-o soluție de 3.5 % polivinilpirolidonă (PVP) în apă deionizată;

- 100 ml soluția (B) prin dizolvarea unei cantități de sare de Au³⁺ (acid cloroauric – H[AuCl₄]) corespunzătoare unei concentrații de $1 \cdot 10^{-3}$ mol/l Au³⁺ într-o soluție de 3.5 % polivinilpirolidonă (PVP) în apă deionizată;

- s-a obținut amestecul de reacție folosind 15 ml soluție A, 15 ml soluție B și 4 ml de alcool izopropilic; pH-ul s-a reglat la 8,5 prin adăugare de soluție de NaOH (1 %); dezaerarea s-a făcut cu Ar timp de 30 minute la un debit de 50 ml/minut;

- expunerea la iradiere s-a făcut la o doză totală de 30 kGy.

După iradiere s-au obținut sisteme coloidale de nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au de culoare vișinie. Spectrele UV-Vis a prezentat un maxim de absorbție SPR caracteristic la cca. 530 nm (Fig. 7).

Stabilitatea sistemului de nanoparticule de aliaj bimetalic Cu-Au/PVP/Aip a fost testată prin măsurarea absorbției soluțiilor pe o perioadă de 4 luni (Fig. 4), spectrele de UV-Vis rămânând practic nemodificate în aceasta perioadă.

Soluțiile obținute au prezentat activitate antimicrobiană la testarea împotriva *Pseudomonas aeruginosa* și *Staphylococcus Aureus*, cu zone de inhibiție cuprinse între 5 și 13 mm, în funcție de gradul de diluție al soluției inițiale de nanoparticule de aliaj Cu-Au (Tabelul 3).

Tabelul 3 – Eficiența antimicrobiană a sistemului coloidal de nanoparticule de Cu-Au

Raport molar	Concentrația de soluție (%)	Zone de inhibiție (mm)	
		<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Au/Cu (1:2)/PVP/Aip	100	12	13
	50	5	7
	25	-	-
	12.5	-	-

BIBLIOGRAFIE

- [1] Yashiro K. *Microbial Synthesis of Noble Metal Nanoparticles Using Metal Reducing Bacteria*. Journal of the Society of Powder Technology. **43** (7), 515-521 (2006)
- [2] Madou MJ. *Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology: From MEMS to Bio-MEMS and Bio-Nems: manufacturing techniques and applications*. Boca Raton, FL: CRC PressInc (2011)
- [3] Abedini A, Daud A.R., Hamid M.A.A., Othman N. K., Saion E. *A review on radiation-induced nucleation and growth of colloidal metallic nanoparticles*. Nanoscale Research Letters, **8**, 474-484 (2013)
- [4] Lauterbach JA, Hattrick-Simpers JR, Wen C. One-step synthesis of monodisperse transition metal core-shell nanoparticles with solid solution shells. US patent 9205410B2 (2013)
- [5] Preparation method of nuclear shell structured nano-gold copper powder. China patent 1299865C (2005)
- [6] Preparation method for gold-copper bimetal nanospheres. China patent 102728847A (2011)
- [7] A.A Alkhedhairi, J. Mussarat. Methods for producing silver nanoparticles. US 2011/0274736, 10 Nov. 2011
- [8] Fiti M.B. *Dozimetria chimică a radiațiilor ionizante*. Ed. Academiei, București (1973)
- [9] Rojas J., Castano C. *Production of palladium nanoparticles supported on multiwalled carbon nanotubes by gamma irradiation*. Radiat. Phys. Chem. **81**, 16–21 (2012)

REVENDICARE

1. Nanoparticule de aliaj bimetalic de Cu-Au cu dispersie dimensională îngustă, caracterizate prin aceea că, sunt obținute prin expunerea la iradiere a unor sisteme formate din sare-precursor de ioni de Cu și Au și un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare pe bază de polimer solubil în apă (SDS, PVA, PVP) și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate, cu maxime de absorbție cuprinse între 528-550 nm, cu dimensiuni medii cuprinse între 1-30 nm, cu stabilitate ridicată în timp, cu dispersie îngustă și cu activitate antimicrobiană ridicată (*Staphylococcus Sp.*, *Pseudomonas sp.*);

2. Nanoparticule de Au cu dispersie dimensională îngustă, caracterizate prin aceea că, sunt obținute prin expunerea la iradiere a unui sistem format din sare-precursor de ioni de Au și un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare pe bază de polimer solubil în apă (SDS, PVP, PVA) și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate, cu maxim de absorbție la 532 nm, cu dimensiuni medii 3.5 nm, cu stabilitate ridicată în timp, cu dispersie îngustă

3. Procedeu de obținere prin sinteză radiochimică a nanoparticulelor de aliaj bimetalic de Cu-Au, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, se utilizează sisteme formate din sare-precursor de ioni de Cu și Au și un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare pe bază de polimer solubil în apă (SDS, PVA, PVP) și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate și constă în obținerea unor soluții apoase de ioni de Cu și Au (concentrații cuprinse între 10^{-5} și 10^{-3} mol/L) prin agitare magnetică la temperatura ambiantă, introducerea acestora într-o soluție apoasă formată dintr-un polimer solubil în apă (SDS 0,8%, PVP 3,5%) obținută prin amestecare la 80°C cu agitator magnetic și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, în diferite concentrații, omogenizarea soluției rezultate cu agitator magnetic la temperatura camerei, timp de 1 oră, reglarea pH la 8-9 prin adăugare de soluție de NaOH, dezaerarea soluției cu N_2 sau Ar pentru eliminarea O_2 , timp de 30 de minute, urmată de iradierea la o doză debit cuprinsă între 0,4-1,1 kGy/h, la doze integrale cuprinse între 0-60 kGy.

4. Procedeu de obținere prin sinteză radiochimică a nanoparticulelor de Au, conform revendicării 2, caracterizat prin aceea că, se utilizează sisteme formate din sare-precursor de ioni de Au și un cuplu de agenți de acoperire și stabilizare pe bază de polimer solubil în apă (SDS, PVA, PVP) și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, cel din urmă jucând rolul de captor de radicali liberi prevenind oxidarea nanoparticulelor formate și constă în obținerea unor soluții apoase de ioni Au prin agitare magnetică la temperatura ambiantă, introducerea acestora într-o soluție apoasă formată dintr-un polimer solubil în apă (SDS 0,8%, PVP 3,5 %) obținută prin amestecare la 80°C cu agitator magnetic și un compus de forma $R(OH)_x$ (unde R = alchil sau iso-alchil, fenil substituit, iar $x = 1, 2$) solubil sau parțial solubil în apă, în diferite concentrații, omogenizarea soluției rezultate cu agitator magnetic la temperatura camerei, timp de 1 oră, reglarea pH la 8-9 prin adăugare de soluție de NaOH, dezaerarea soluției cu N_2 sau Ar pentru eliminarea O_2 , timp de 30 de minute, urmată de iradierea la o doză debit cuprinsă între 0,4-1,1 kGy/h, la doze integrale cuprinse între 0-60 kGy.

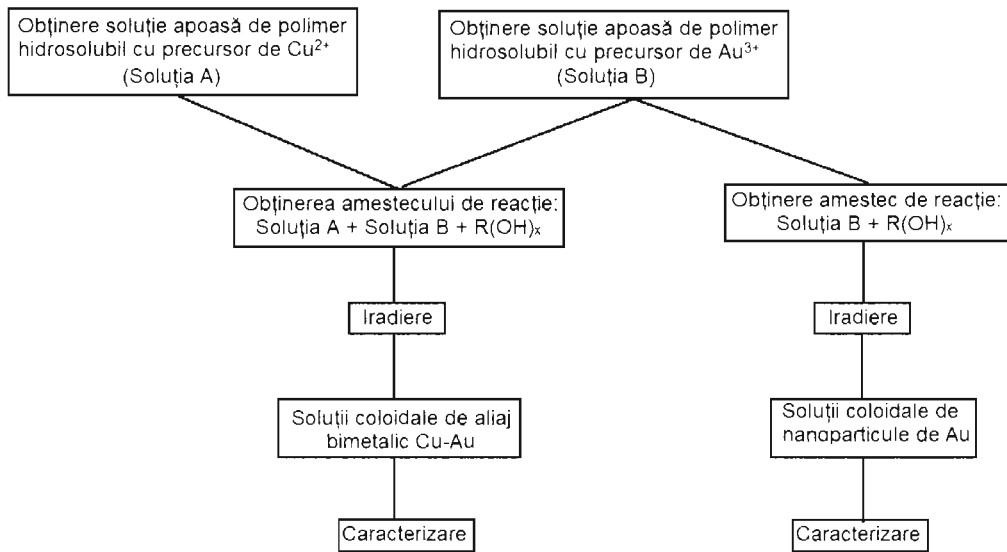


Figura 1

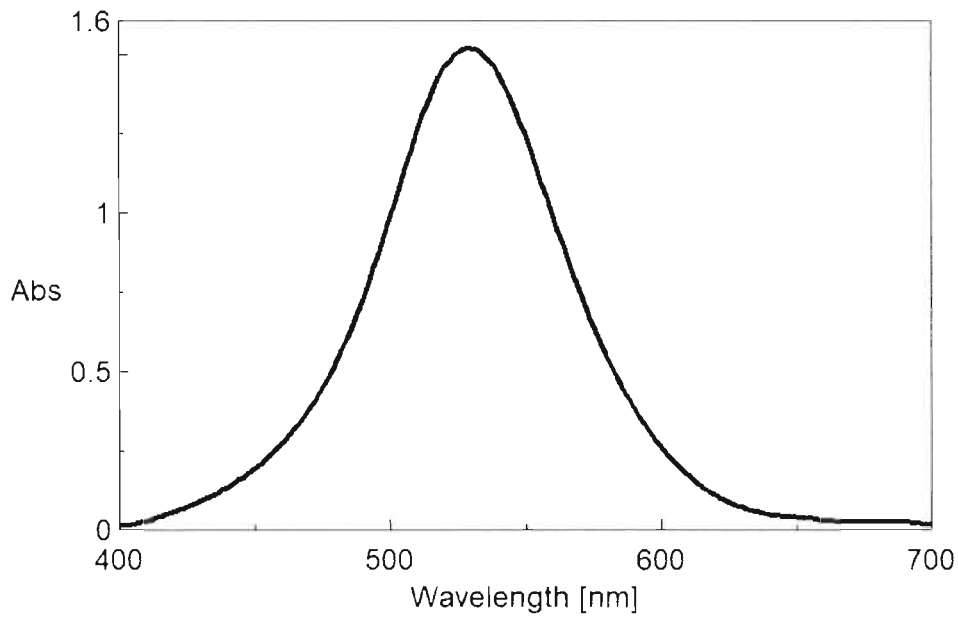


Figura 2

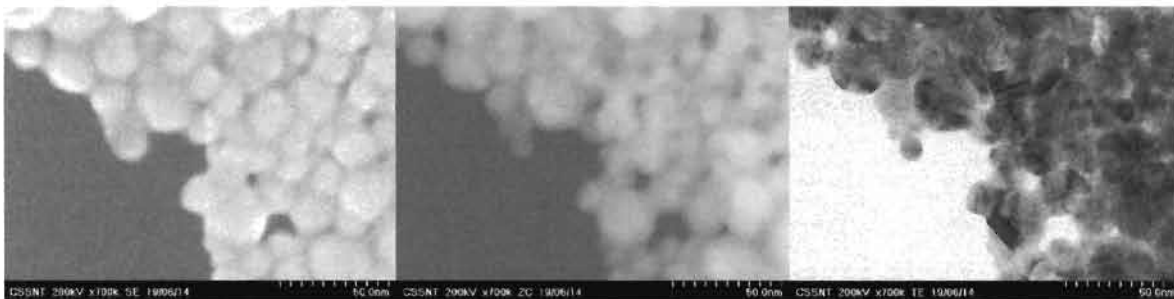


Figura 3

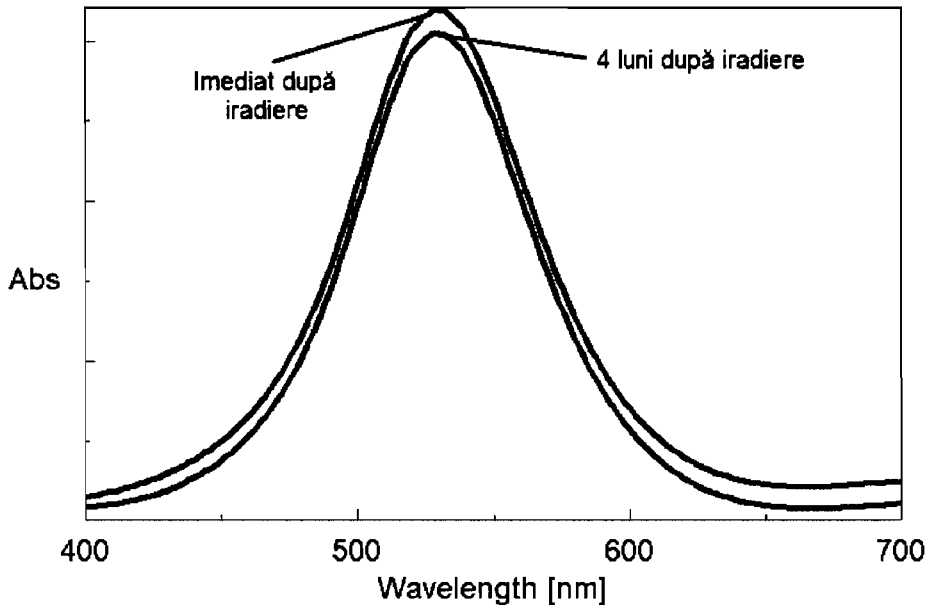


Figura 4

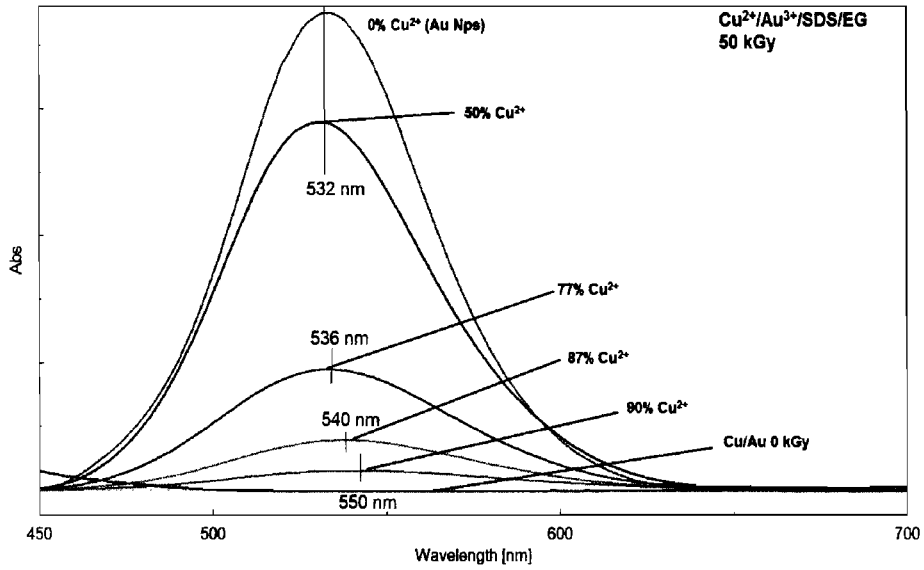


Figura 5

9

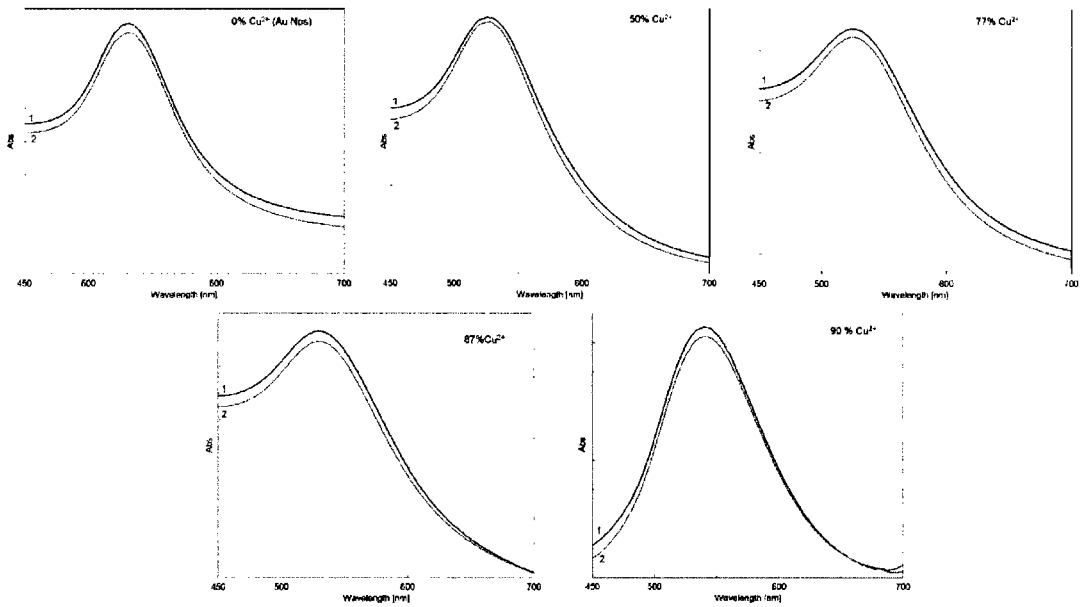


Figura 6

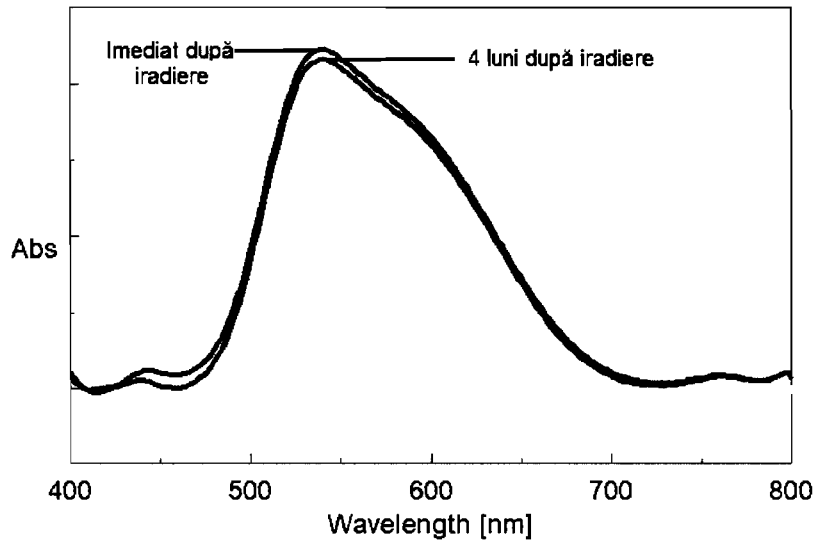


Figura 7