



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00445**

(22) Data de depozit: **21/06/2018**

(41) Data publicării cererii:
28/02/2020 BOPI nr. **2/2020**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL DE CHIMIE
MACROMOLECULARĂ "PETRU PONI"
DIN IAȘI, ALEEA GRIGORE GHICA VODĂ
NR.41 A, IAȘI, IS, RO;**
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE - IMT BUCUREȘTI,
STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 126A
(32B), VOLUNTARI, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **DAMACEANU MARIANA-DANA,
STR.NECULAU NR.11A, BL.ANL, TR.II,
ET.1, AP.6, IAȘI, IS, RO;**

• **CONSTANTIN CĂTĂLIN-PAUL,
STR.GHEORGHE PETRASCU NR.11,
BL.S1, SC.A, ET.2, AP.10, TECUCI, GL, RO;**
• **MIHAILA MIHAI, STR. NAZARCEA NR. 81,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **KUSKO MIHAELA, INTRAREA BARSEI
NR.4, BL.G8, SC.B, ET.V, AP.81,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PASCU RĂZVAN-ION, SAT MAGURENI
NR.582, COMUNA MAGURENI, PH, RO**

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) CROMOFOR ȘI CELULĂ SOLARĂ

(57) Rezumat:

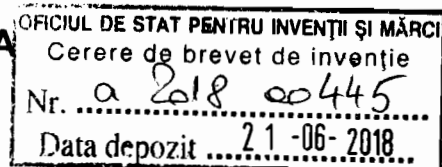
Invenția se referă la un cromofor organic, un procedeu de obținere a acestuia și la celule solare care se realizează cu acest cromofor. Cromoforul, conform invenției, cuprinde o grupare donoare de electroni, o grupare alchil, o punte conjugată și o grupare acceptoare de electroni. Procedeu, conform invenției, constă în reacția de policondensare dintre 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-onă și acidul cianoacetic, în prezență de piperidină, folosind

cloroform ca solvent, la temperatura de reflux. Celulele conform invenției sunt formate dintr-un conductor de electroni, care este funcționalizat cu acest cromofor și un electrolit care conține un cuplu redox, care acționează ca factor de regenerare pentru cromofor și conductor de goluri.

Revendicări: 17

Figuri: 5



CROMOFOR SI CELULA SOLARA**Domeniul tehnic**

Inventia se refera in general la celule solare si in mod particular la celule solare cu cromofori organici.

Cromoforul organic este folosit pentru absorbtia energiei solare intr-o structura in care acesta functionalizeaza un conductor de electroni de tip n. Intr-o astfel de celula, cromoforul este plasat intre doi conductori: unul pentru transportul electronilor (conductor de tip n) si unul pentru goluri (tip p). Sub influenta fotonilor, cromoforul trece din starea HOMO (Highest Occupied Molecular Orbitals) in starea LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbitals). Cromoforul excitat in starea LUMO transfera electroni in conductorul de tip n. Dupa transferul electronului, molecula revine in starea HOMO prin captura unui electron de la conductorul de tip p, care poate fi un cuplu redox, un polimer sau un alt material. Transferul acestui electron genereaza o sarcina pozitiva (in cazul unui cuplu redox). In acest tip de celula, functia de absorbtie a luminii este separata de procesele de transport. Separarea electronului de gol produce efectul fotovoltaic.

Unul din marile dezavantaje ale celulelor solare clasice pe baza de semiconductoare (ex. : siliciu, GaAs) este acela ca tehnologia lor este relativ complicata si, in consecinta, scumpa. Una din variantele alternative la aceasta tehnologie de conversie a energiei solare este cea inventata de O'Brien si Gratzel [1], care consta in combinarea a trei materiale, si anume un film de nanoparticule de oxid metalic (ex.: TiO_2), un cromofor capabil sa absoarba lumina si sa transfere electroni in filmul de TiO_2 si un cuplu redox care reface starea initiala a cromoforului pregatindu-l pentru un nou proces de absorbtie. In plus, din punct de vedere functional, in aceste celule nu se genereaza perechi electron-gol, care se pot recombina rapid. Desi performantele acestui tip de celula electrochimica pe baza de cromofori organici depind de toate materialele care o compun, rolul cromoforului este de importanta cruciala. Acesta este motivul pentru care se cauta si se inventeaza structuri noi de molecule capabile sa converteasca energia solara in energie electrica [2]-[6]. Aceasta inventie descrie un nou cromofor organic pe baza de fenoxazina si structuri de celula solara realizate cu acesta.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că noul cromofor este capabil sa converteasca energia solara in energie electrica. In consecinta, ea poate fi folosita pentru realizarea de celule solare, asa cum se va arata in exemplele de realizare prezentate in aceasta cerere de patent.

Soluția propusă, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că in mecanismul de conversie a energiei electronul si golul sunt separate, materialele folosite in realizarea celulei sunt ieftine, iar tehnologia de realizare a celulelor este simpla si ieftina.

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



Avantajele celulelor de tip electrochimic cu cromofor organic constau in:

- Mecanismul fizic in sine este un avantaj, in sensul ca electronul este separat de gol, prin urmare nu exista recombinare similara celei intalnite in celulele clasice;
- Materialele folosite in realizarea celulei sunt ieftine;
- Tehnologia de realizare a celulelor este simpla si, deci, ieftina; aceasta tehnologie permite realizarea de panouri solare de mari dimensiuni, cu care pot fi placati peretii cladirilor;
- Un avantaj unic al acestor celule este acela ca pot fi realizate in anumite culori, devenind astfel, pe langa functia de conversie a energiei solare, elemente de design.

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției în raport cu figurile 1-5 care reprezintă:

- Figura 1 este o schița a moleculei de cromofor (PED 35) care face obiectul acestei invenții;
- Figura 2 este schema de sinteza a cromoforului (acid (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic, PED 35);
- Figura 3 este schița celulei realizate cu cromoforul care face obiectul acestei invenții;
- Figura 4: curbele de absorbtie UV-Vis ale cromoforului care face obiectul prezentei invenții in diversi solventi;
- Figura 5 este caracteristica electrica a celulei solare care face obiectul prezentei invenții.

Figurile ilustreaza aplicatiile practice ale invenției. Aceste aplicatii, care vor fi numite exemple, sunt prezentate in detaliu, astfel incat sa poata fi puse in practica de o persoana in domeniu. Aplicatiile pot fi combinate sau se pot face modificari de structura, fara a se indeparta de scopul prezentei invenții. Astfel, descrierea nu trebuie considerata limitata, scopul ei fiind descris de revendicari.

Descriere detaliata

Conform invenției, cromoforul (Fig. 1) combina anumite elemente moleculare structurale pentru a forma un sistem donor (D) - punte conjugata (π) - acceptor (A), in conformitate cu cerintele pe care trebuie sa le indeplineasca un sensibilizator pentru a fi utilizat in celule solare de tip electrochimic cu cromofor organic. Astfel, cromoforul este format din: fenoxazina (1), un heterociclu format din doua nuclee benzenice condensate la un ciclu hexagonal heteroaromatic, care contine ca heteroatomi azotul si oxigenul, cu rol de unitate donoare de electroni (D); gruparea hexil (2), care este un radical alifatic cu sase atomi de carbon legata direct de atomul de azot (N) al unitatii de fenoxazina (1), atat cu rol de a minimiza agregarea cromoforului si formarea excimerilor in stare solida, cat si de a mari densitatea de electroni pe fenoxazina; o punte conjugata (4) de tip π (π) cu structura de etinil (sau vinil), cu rol de a extinde conjugarea si a facilita transferul electronilor de la donor (1) la acceptor (3); acidul metilcianoacrilic (3) cu rol de acceptor de electroni si unitate de ancorare pe suprafata fotoanodului de TiO_2 . Conform invenției, sinteza cromoforului (Fig. 2) a constat in urmatoarea secventa: prepararea 10-*n*-

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



hexilfenoxazinei (1), sinteza 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazinei (2), sinteza 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-onei (3) si sinteza acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic (4).

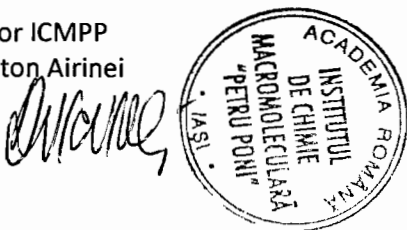
Celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (1) peste care se creste un strat dens de oxid metalic (2), care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (6). Conform inventiei, celula cuprinde un film de nanoparticule (3) care constituie conductorul de electroni peste care se depune un film (4) de microparticule din acelasi material ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule (3), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor (5), cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (4) se fixeaza o garnitura (7), care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (7) se aseaza un electrod de ITO (9) pe care se afla depus un film subtire de platina (8). Prin orificiul (10), realizat in electrodul (9), se introduce electrolitul (6), care contine un cuplu redox. Celula, conform inventiei, mai contine o garnitura (11) de etansare si un capac de sticla (12).

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (1) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (2) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (6). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor (5), cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (5). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (1) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (2) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (6). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor, cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (4) se fixeaza o garnitura (8) care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (7) se aseaza un electrod de ITO (9) pe care se afla deus un film subtire de platina (7). In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox I^-/I_3^- , care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (1) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (2) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (6). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor, cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (4) se fixeaza o garnitura (8) care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (7) se aseaza un electrod de ITO (9) pe care se afla deus un film subtire de platina (7). In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox $Co(II)/Co(III)$, care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (5). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox I^-/I_3^- , care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (3) peste care se depune un film (4) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (3) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (5). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox $Co(II)/Co(III)$, care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

O alta varianta a celulei solare, conform inventiei, contine un conductor de electroni si un catod care are deasupra pe electrodul de ITO un strat de grafena. Prezenta acestora modifica structura de benzi energetice la interfata intre conductor si cromofor. In acest fel, atat transferul, cat si transportul electronilor in conductor se face mai rapid.

Dam in continuare cateva exemple de realizare a inventiei.

Un prim exemplu de realizare a inventiei consta in sinteza cromoforului. Conform inventiei, acesta a fost obtinut prin patru etape de sinteza (schema 1), care au constat in: prepararea 10-*n*-hexilfenoxazinei (1), care s-a facut prin reactia de substitutie a hidrogenului de la atomul de azot fenoxazinic cu radicalul hexil folosind 6-bromohexan ca agent de alchilare, in prezenta de NaH, folosind drept solvent THF anhidru, in doua etape: 1) la 0°C, timp de 2 ore, etapa ce presupune dezlocuirea H fenoxazinic de catre NaH si 2) la temperatura de reflux (75-80°C), timp de 12 ore; a doua etapa, conform inventiei, a constat in sinteza 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazinei (2), care s-a efectuat in conditiile reactiei Vilsmeier, prin adaugarea cu picatura a 10-*n*-hexilfenoxazinei peste reactivul Vilsmeier format din DMF si POCl₃ la temperatura de 0°C, folosind ca solvent de reactie 1,2-dicloroetan, conform schemei 1. Reactia s-a finalizat prin mentinerea amestecului de reactie peste noapte la temperatura de reflux, urmata de racire si stingere cu apa bazica; a treia etapa a fost sinteza 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-onei (3), care s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare aldolica dintre 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazina si acetona, in cataliza bazica (alcool metilic cu NaOH_{aq}), la temperatura de reflux; etapa finala a fost sinteza acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic (4) (PED 35), care s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare Knoevenagel dintre 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-ona si acidul cianoacetic, in prezenta de piperidina, folosind cloroformul ca solvent, la temperatura de reflux.

Dăm în continuare un alt exemplu de realizare a celulei solare, conform acestei invenții. Astfel, pe un substrat de ITO (1) se crește un strat dens de bariera (2) din TiO₂ cu o grosime de aproximativ 150nm. Peste acest strat se crește un alt strat (3) de nanoparticule de TiO₂ cu o grosime care poate varia între 4μm și 10μm. Peste acesta se crește un strat de microparticule (4) de TiO₂ cu un diametru de (4-5) μm, care acționează ca strat antireflectant. Filmul de TiO₂ se funcționează timp de șase ore într-o soluție a cromoforului (5) în diclorometan. În acest solvent, cromoforul prezintă o absorbție (Fig. 4) mai bună în domeniul vizibil (1). După funcționare, filmul de spală în etanol și se usucă în jet de azot uscat. Conform inventiei, în jurul filmului se fixează o garnitură (7) de polimer (Surlyn, Solaronix) cu o grosime de 60 micrometri, iar peste aceasta se fixează contraelectrodul de platina (9). Electrozii (1), (9), stransi cu o clema sunt introdusi într-o etuva, la temperatura de 110°C, timp de două minute. Fig. 5 prezintă

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



caracteristica electrica I(V) a celulei realizate, conform inventiei, cu noul cromofor. Performantele celulei sunt: curent de scurtcircuit (I_{sc}) de $6.98\text{mA}/\text{cm}^2$, tensiune de circuit deschis (V_{oc}) de 0.65V , factor de umplere (FF) de 0.655 si eficienta de conversie (η) de 2.97% .

Într-un alt exemplu de realizare a invenției, se urmeaza etapele descrise in exemplul anterior. De data aceasta insa filmul de TiO_2 este functionalizat intr-o solutie de cromofor realizata cu un alt solvent, conform curbelor de absorbtie in tetrahidrofuran (2) si etanol (3) sau combinatii ale acestora.

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



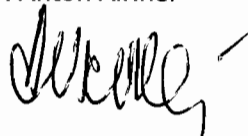
Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



BIBLIOGRAFIE

1. Brian O'Reagan, Michael Grätzel, "A low-cost, high efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal TiO_2 films" *3D Printed acceleration sensors: a case study*, Nature, vol. 353, 737 (1991)
2. Michael Grätzel, "Photoelectrochemical cells", Nature vol. 338, 414 (2001)
3. Amaresh Mishra, Markus K. R. Fischer and Peter Bauerle, "Metal-Free Organic Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells: From Structure: Property Relationships to Design Rules", Angew. Chem. Int. Ed. vol. 48, 2474 (2009).
4. Anders Hagfeldt, Gerrit Boschloo, Licheng Sun, Lars Kloo and Henrik Pettersson, "Dye-Sensitized Solar Cells", Chem. Rev. vol. 110, 6595 (2010)
5. S. Shalini, R. Balasundaraprabhu, T. Satish Kumar, N. Prabavathy, S. Senthilarasu and S. Prasanna, "Status and outlook of sensitizers/dyes used in dye sensitized solar cells (DSSC): a review", Int. J. Energy DOI: 10.1002/er.3538 (2016).
6. M. Mihaila si altii, "Solar Cell with Hyperpolarizable Absorber", Patent No. US 8,710,354 B2, Date of Patent: Apr. 29, 2014

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



REVEDICARI:

1. Cromofor **care se caracterizeaza prin aceea ca** este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3).

2. Metoda de sinteza a acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic, **caracterizata prin aceea ca** s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare Knoevenagel dintre 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-ona si acidul cianoacetic, in prezenta de piperidina, folosind cloroformul ca solvent, la temperatura de reflux.

3. Celula solara **caracterizata prin aceea ca** este formata dintr-un conductor de electroni, un conductor de goluri, un electrolit cu rol de cuplu redox, un cromofor cu structura de la revendicarea 1.

4. Celula solara conform revendicarii 3, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2).

5. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- .

6. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $\text{Co(II)}/\text{Co(III)}$.

7. Celula solara conform revendicarii 3, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO).

8. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- .

9. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $\text{Co(II)}/\text{Co(III)}$.

10. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire conductorul de TiO_2 cofunctionalizat cu doturi de carbon si cromoforul de la revendicarea 1.

11. Celula solara conform revendicarii 10, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- .

12. Celula solara conform revendicarii 10, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $\text{Co(II)}/\text{Co(III)}$.

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



13. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca** are in alcatuire un catod format dintr-un strat de grafena depus pe ITO.

14. Celula solara conform revendicarii 13, **caracterizata prin aceea ca** are in alcatuire cuplul redox este I/I_3^- .

15. Celula solara conform revendicarii 13, **caracterizata prin aceea ca** are in alcatuire cuplul redox Co(II)/Co(III).

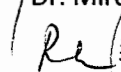
16. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca** are in alcatuire un catod format dintr-un strat de grafena depus pe ITO.

17. Celula solara conform revendicarii 16, **caracterizata prin aceea ca** are in alcatuire cuplul redox Co(II)/Co(III).

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinăscu



DESENE

Figura 1

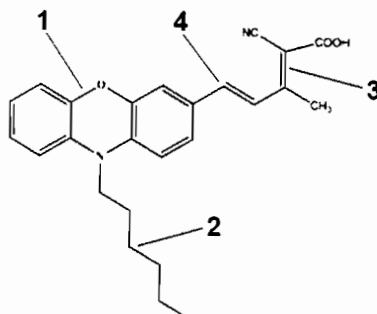
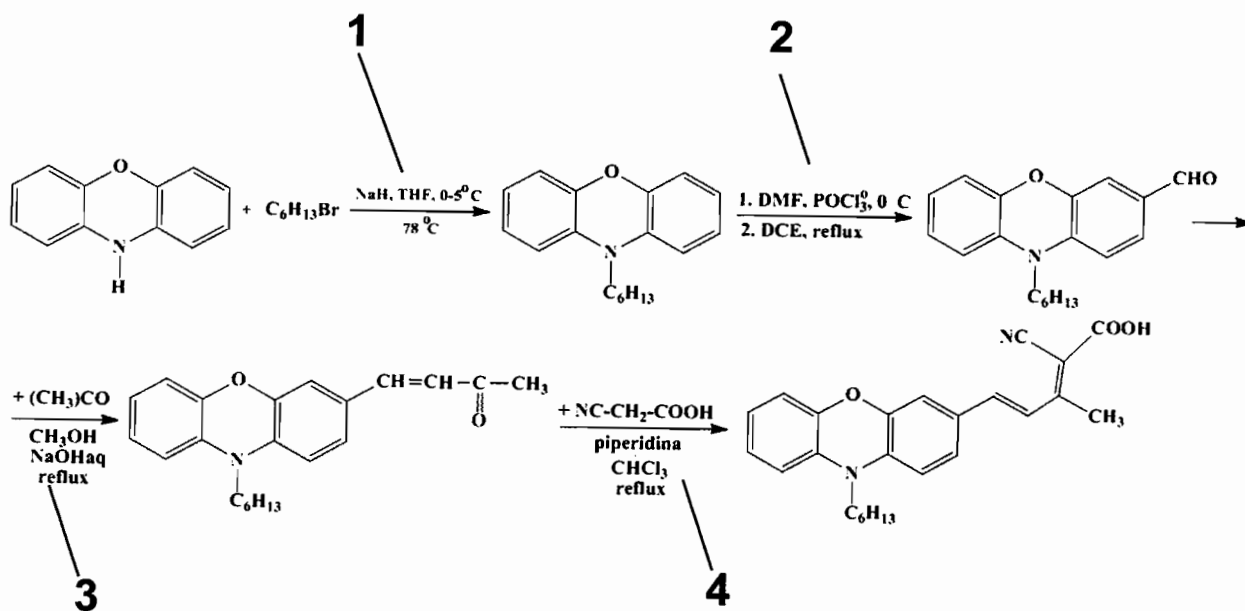


Figura 2



Director ICMPP
Dr. Anton Airinei

Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

Miron Adrian Dinescu



Figura 3

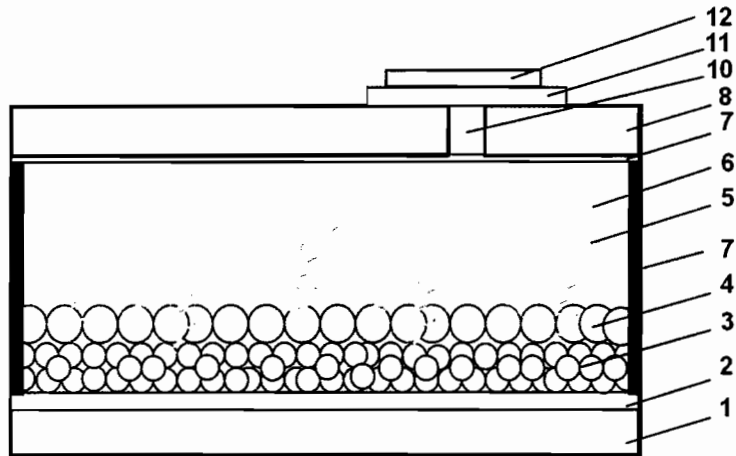


Figura 4

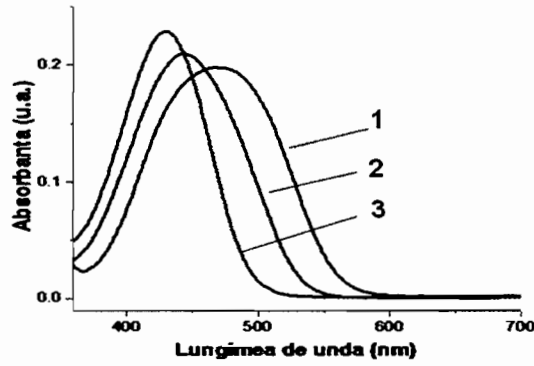
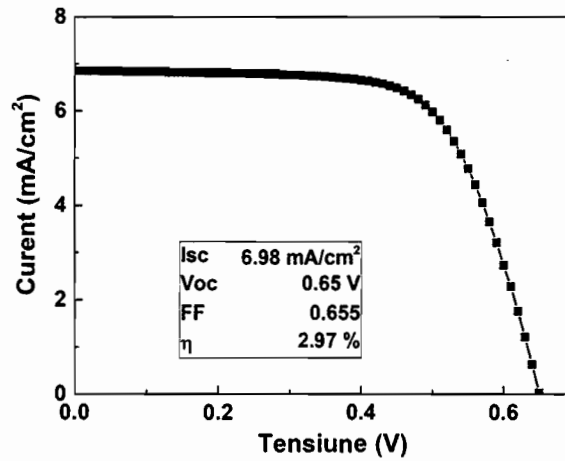


Figura 5



Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT
Dr. Miron Adrian Dinescu



CROMOFOR SI CELULA SOLARA

Domeniul tehnic

Inventia se refera in general la celule solare si in mod particular la celule solare cu cromofori organici.

Cromoforul organic este folosit pentru absorbtia energiei solare intr-o structura in care acesta functionalizeaza un conductor de electroni de tip n. Intr-o astfel de celula, cromoforul este plasat intre doi conductori: unul pentru transportul electronilor (conductor de tip n) si unul pentru goluri (tip p). Sub influenta fotonilor, cromoforul trece din starea HOMO (Highest Occupied Molecular Orbitals) in starea LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbitals). Cromoforul excitat in starea LUMO transfera electroni in conductorul de tip n. Dupa transferul electronului, molecula revine in starea HOMO prin captura unui electron de la conductorul de tip p, care poate fi un cuplu redox, un polimer sau un alt material. Transferul acestui electron genereaza o sarcina pozitiva (in cazul unui cuplu redox). In acest tip de celula, functia de absorbtie a luminii este separata de procesele de transport. Separarea electronului de gol produce efectul fotovoltaic.

Unul din marile dezavantaje ale celulelor solare clasice pe baza de semiconductoare (ex.: siliciu, GaAs) este acela ca tehnologia lor este relativ complicata si, in consecinta, scumpa. Una din variantele alternative la aceasta tehnologie de conversie a energiei solare este cea inventata de O'Brien si Gratzel [1], care consta in combinarea a trei materiale, si anume un film de nanoparticule de oxid metalic (ex.: TiO_2), un cromofor capabil sa absoarba lumina si sa transfere electroni in filmul de TiO_2 si un cuplu redox care reface starea initiala a cromoforului pregatindu-l pentru un nou proces de absorbtie. In plus, din punct de vedere functional, in aceste celule nu se genereaza perechi electron-gol, care se pot recombina rapid. Desi performantele acestui tip de celula electrochimica pe baza de cromofori organici depind de toate materialele care o compun, rolul cromoforului este de importanta cruciala. Acesta este motivul pentru care se cauta si se inventeaza structuri noi de molecule capabile sa converteasca energia solara in energie electrica [2]-[6]. Aceasta inventie descrie un nou cromofor organic pe baza de fenoxazina si structuri de celula solara realizate cu acesta.

Problema pe care o rezolva inventia consta in conversia energiei solare in energie electrica. Aceasta se datoreaza faptului ca noul cromofor este capabil sa absoarba fotoni, trecand astfel intr-o stare electronica excitata din care poate sa emita electroni catre un material conductor de electroni. In consecinta, cromoforul poate fi folosit la realizarea de celule solare care convertesc energia solara in energie electrica, asa cum se va arata in exemplele de realizare prezentate in aceasta cerere de patent.

Solutia propusa, conform inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca in mecanismul de conversie a energiei electronul si golul sunt separate, materialele folosite in realizarea celulei sunt ieftine, iar tehnologia de realizare a celulelor este simpla si ieftina.

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

Avantajele celulelor de tip electrochimic cu cromofor organic constau in:

- Mecanismul fizic in sine este un avantaj, in sensul ca electronul este separat de gol, prin urmare nu exista recombinare similara celei intalnite in celulele clasice;
- Materialele folosite in realizarea celulei sunt ieftine;
- Tehnologia de realizare a celulelor este simpla si, deci, ieftina; aceasta tehnologie permite realizarea de panouri solare de mari dimensiuni, cu care pot fi placati peretii cladirilor;
- Un avantaj unic al acestor celule este acela ca pot fi realizate in anumite culori, devenind astfel, pe langa functia de conversie a energiei solare, elemente de design.

Dam in continuare un exemplu de realizare a inventiei in raport cu figurile 1-5 care reprezinta:

- Figura 1 este o schita a moleculei de cromofor (PED 35) care face obiectul acestei inventii;
- Figura 2 este schema de sinteza a cromoforului (acid (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic, PED 35);
- Figura 3 este schita celulei realizate cu cromoforul care face obiectul acestei inventii;
- Figura 4: curbele de absorbtie UV-Vis ale cromoforului care face obiectul prezentei inventii in diversi solventi;
- Figura 5 este caracteristica electrica a celulei solare care face obiectul prezentei inventii.

Figurile ilustreaza aplicatiile practice ale inventiei. Aceste aplicatii, care vor fi numite exemple, sunt prezentate in detaliu, astfel incat sa poata fi puse in practica de o persoana in domeniu. Aplicatiile pot fi combinate sau se pot face modificari de structura, fara a se indeparta de scopul prezentei inventii. Astfel, descrierea nu trebuie considerata limitata, scopul ei fiind descris de revendicari.

Descriere detaliata

Conform inventiei, cromoforul (Fig. 1) combina anumite elemente structurale pentru a forma un sistem donator (D)-punte conjugata (π)-acceptor (A), in conformitate cu cerintele pe care trebuie sa le indeplineasca un sensibilizator pentru a fi utilizat in celule solare de tip electrochimic cu cromofor organic. Astfel, cromoforul este format din: fenoxazina (1), un heterociclu format din doua nuclee benzenice condensate la un ciclu hexagonal heteroaromatic, care contine ca heteroatomi azotul si oxigenul, cu rol de unitate donoare de electroni (D); gruparea hexil (2), care este un radical alifatic cu sase atomi de carbon legata direct de atomul de azot (N) al unitatii de fenoxazina (1), atat cu rol de a minimiza agregarea cromoforului si formarea excimerilor in stare solida, cat si de a mari densitatea de electroni pe fenoxazina; o punte conjugata (4) de tip π (π) cu structura de etinil (sau vinil), cu rol de a extinde conjugarea si a facilita transferul electronilor de la donator (1) la acceptor (3); acidul metil-cianoacrilic (3) cu rol de acceptor de electroni si unitate de ancorare pe suprafata fotoanodului de TiO_2 . Conform inventiei, sinteza cromoforului (Fig. 2) a constat in urmatoarea secventa: prepararea 10-n-hexilfenoxazinei (5),

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

sinteza 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazinei (6), sinteza 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-onei (7) si sinteza acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic (8).

Celula solara (Fig. 3), conform inventiei, include un substrat de ITO (9) peste care se creste un strat dens de oxid metalic (10), care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (15). Conform inventiei, celula cuprinde un film de nanoparticule (11) care constituie conductorul de electroni peste care se depune un film (12) de microparticule din acelasi material ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule (11), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor (14), cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (11) se fixeaza o garnitura (13), care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (13) se aseaza un electrod de ITO (17) pe care se afla depe un film subtire de platina (16). Prin orificiul (18), realizat in electrodul (17), se introduce electrolitul (15), care contine un cuplu redox. Celula, conform inventiei, mai contine o garnitura (19) de etansare si un capac de sticla (20).

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (9) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (10) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (15). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (10), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor (14), cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (11) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (14). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (9) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (10) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (15). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (11), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor, cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (12) se fixeaza o garnitura (13) care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (13) se aseaza un electrod de ITO (17) pe care se afla deus un film subtire de platina (16). In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox I^-/I_3^- , care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta varianta, celula solara, conform inventiei, include un substrat de ITO (9) peste care se creste un strat dens de TiO_2 (10) care functioneaza ca strat de bariera pentru electrolit (14). Conform inventiei, celula poate cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) sau alt oxid metalic (exemplu: ZnO) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (10), care este conductor de electroni, este functionalizat cu noul cromofor (14), cromofor care se prinde de conductorul de electroni printr-o ancora. In jurul filmului functionalizat (11) se fixeaza o garnitura (13), care poate fi dintr-un polimer (de exemplu, Surlyn, de la Solaronix). Conform inventiei, peste garnitura (13) se aseaza un electrod de ITO (17) pe care se afla deus un film subtire de platina (16). In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox $Co(II)/Co(III)$, care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (11) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (14). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox I^-/I_3^- , care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

Intr-o alta forma de realizare a celulei solare, conform inventiei, aceasta cuprinde un film de nanoparticule de TiO_2 (11) peste care se depune un film (12) de microparticule de TiO_2 ca strat antireflectant. Conform inventiei, stratul de nanoparticule de TiO_2 (11) poate fi cofunctionalizat cu doturi de grafena si noul cromofor (14). Aceasta combinatie doturi de grafena-cromofor modifica structura de benzi energetice la interfata cromofor- TiO_2 favorizand transferul electronilor de la cromofor la TiO_2 . In aceasta varianta, conform inventiei, celula poate avea in electrolitul care se introduce intre electrozi cuplul redox $Co(II)/Co(III)$, care contribuie la refacerea starii neutre a cromoforului prin captura de electroni de la

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



electrolit. In continuare, conform inventiei, aceasta varianta de realizare urmeaza etapele descrise anterior.

O alta varianta a celulei solare, conform inventiei, contine un conductor de electroni si un catod care are depus pe electrodul de ITO un strat de grafena. Prezenta acestora modifica structura de benzi energetice la interfata intre conductor si cromofor. In acest fel, atat transferul, cat si transportul electronilor in conductor se face mai rapid.

Dam in continuare cateva exemple de realizare a inventiei.

Un prim exemplu de realizare a inventiei consta in sinteza cromoforului. Conform inventiei, acesta a fost obtinut prin patru etape de sinteza (Fig. 2), care au constat in: prepararea 10-*n*-hexilfenoxazinei (5), care s-a facut prin reactia de substitutie a hidrogenului de la atomul de azot fenoxazinic cu radicalul hexil folosind 6-bromohexan ca agent de alchilare, in prezenta de NaH, folosind drept solvent THF anhidru, in doua etape: 1) la 0°C, timp de 2 ore, etapa ce presupune dezlocuirea H fenoxazinic de catre NaH si 2) la temperatura de reflux (75-80°C), timp de 12 ore; a doua etapa, conform inventiei, a constat in sinteza 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazinei (6), care s-a efectuat in conditiile reactiei Vilsmeier, prin adaugarea cu picatura a 10-*n*-hexilfenoxazinei peste reactivul Vilsmeier format din DMF si POCl₃ la temperatura de 0°C, folosind ca solvent de reactie 1,2-dicloroetan, conform Figurii 2. Reactia s-a finalizat prin mentinerea amestecului de reactie peste noapte la temperatura de reflux, urmata de racire si stingere cu apa bazica; a treia etapa a fost sinteza 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-onei (7), care s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare aldolica dintre 3-formil-10-*n*-hexilfenoxazina si acetona, in cataliza bazica (alcool metilic cu NaOH), la temperatura de reflux; etapa finala a fost sinteza acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic (8) (PED 35), care s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare Knoevenagel dintre 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-ona si acidul cianoacetic, in prezenta de piperidina, folosind cloroformul ca solvent, la temperatura de reflux.

Dam in continuare un alt exemplu de realizare a celulei solare, conform acestei invenții. Astfel, pe un substrat de ITO (9) se creste un strat dens de bariera (10) din TiO₂ cu o grosime de aproximativ 150nm. Peste acest strat se creste un alt strat (11) de nanoparticule de TiO₂ cu o grosime care poate varia intre 4μm si 10μm. Peste acesta se creste un strat de microparticule (12) de TiO₂ cu un diametru de (4-5) μm, care actioneaza ca strat antireflectant. Filmul de TiO₂ se functionalizeaza timp de sase ore intr-o solutie a cromoforului (14) in diclorometan. In acest solvent, cromoforul prezinta o absorbtie (Fig. 4) mai buna in domeniul vizibil (21), fata de curbele de absorbtie in tetrahidrofuran (22) si etanol (23). Dupa functionalizare, filmul se spala in etanol si se usuca in jet de azot uscat. Conform inventiei, in jurul filmului functionalizat de TiO₂ se fixeaza o garnitura (13) de polimer (Surlyn, Solaronix) cu o grosime de 60 microni, iar peste aceasta se fixeaza contraelectrodul de ITO (17) cu stratul depus de platina (16) inspre

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



filmul functionalizat de TiO_2 . Electrozii (9) si (17) sunt stransi cu doua cleme si apoi sunt introdusi intr-o etuva, la temperatura de 110°C , timp de doua minute. Fig. 5 prezinta caracteristica electrica $I(V)$ (24) a celulei realizate, conform inventiei, cu noul cromofor. Performantele celulei sunt: curent de scurtcircuit (I_{sc}) de $6.98\text{mA}/\text{cm}^2$, tensiune de circuit deschis (V_{oc}) de 0.65V , factor de umplere (FF) de 0.655 si eficienta de conversie (η) de 2.97% .

Director ICMP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

REVEDICARI:

1. Cromofor **care se caracterizeaza prin aceea ca** este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3).

2. Metoda de sinteza a acidului (2E,4E)-2-ciano-5-(10-hexil-10H-fenoxazin-3-il)-3-metilpenta-2,4-dienoic, **caracterizata prin aceea ca** s-a efectuat in conditiile reactiei de condensare Knoevenagel dintre 4-(10-hexil-fenoxazin-3-il)-buten-3-ona si acidul cianoacetic, in prezenta de piperidina, folosind cloroformul ca solvent, la temperatura de reflux.

3. Celula solara **caracterizata prin aceea ca** este formata dintr-un conductor de electroni, functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

4. Celula solara conform revendicarii 3, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

5. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit **caracterizat prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- si care este si conductor de goluri.

6. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit **caracterizat prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $\text{Co(II)}/\text{Co(III)}$ si care este si conductor de goluri.

7. Celula solara conform revendicarii 3, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al

Director ICMP
Dr. Anon Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

8. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit **caracterizat prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- si care este si conductor de goluri.

9. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit **caracterizat prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $Co(II)/Co(III)$ si care este si conductor de goluri.

10. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), cofunctionalizat cu doturi cuantice de carbon si cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

11. Celula solara conform revendicarii 10, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), cofunctionalizat cu doturi cuantice de carbon si cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit **caracterizat prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- si care este si conductor de goluri.

12. Celula solara conform revendicarii 10, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), cofunctionalizat cu doturi cuantice de carbon si cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri. Celula solara conform revendicarii 10, **caracterizata prin aceea ca are** in alcatuire cuplul redox $Co(II)/Co(III)$.

13. Celula solara conform revendicarii 4, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un contraelectrod (4) **caracterizat prin aceea ca** este format dintr-un strat de grafena depus pe ITO, un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

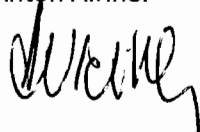
14. Celula solara conform revendicarii 13, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un contraelectrod (4) format dintr-un strat de grafena depus pe ITO, un electrolit care are in alcatuire cuplul redox I^-/I_3^- si care este si conductor de goluri.

15. Celula solara conform revendicarii 13, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este dioxidul de titan (TiO_2), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un contraelectrod (4) format dintr-un strat de grafena depus pe ITO, un electrolit care are in alcatuire cuplul redox Co(II)/Co(III) si care este si conductor de goluri.

16. Celula solara conform revendicarii 7, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un contraelectrod (4) **caracterizat prin aceea ca** este format dintr-un strat de grafena depus pe ITO, un electrolit care contine un cuplu redox si care este si conductor de goluri.

17. Celula solara conform revendicarii 16, **caracterizata prin aceea ca** in alcatuirea ei conductorul de electroni este oxidul de zinc (ZnO), functionalizat cu un cromofor cu structura de la revendicarea 1, care este compus dintr-un heterociclu de tip fenoxazinic (1), o grupare hexil atasata la atomul de azot al fenoxazinei (2), o punte conjugata de tip vinil (4) si o grupare de acid metil-cianoacrilic (3), un contraelectrod (4) **caracterizat prin aceea ca** este format dintr-un strat de grafena depus pe ITO, un electrolit care contine un cuplul redox Co(II)/Co(III) si care este si conductor de goluri.

Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu



DESENE

Figura 1

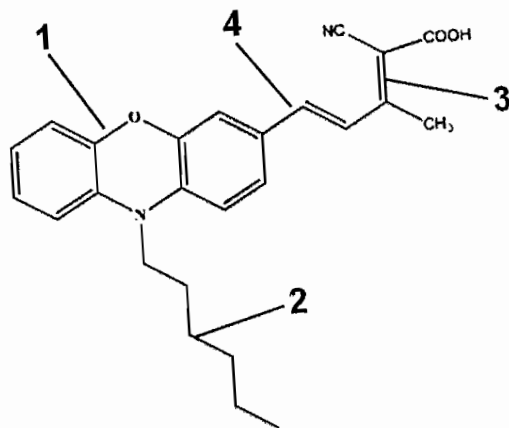
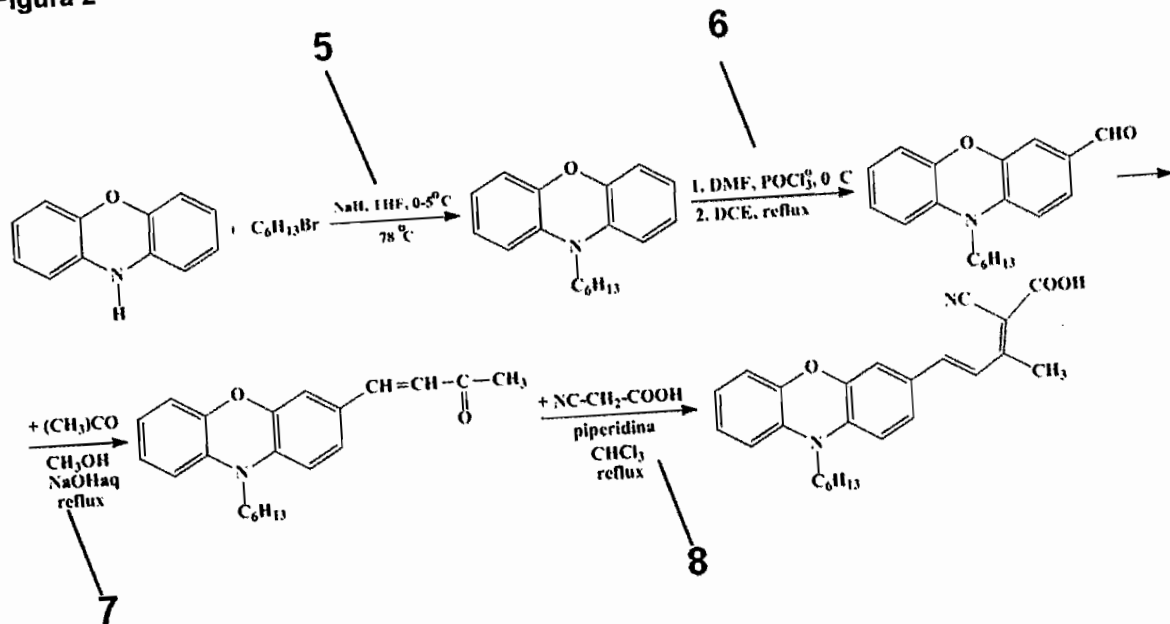


Figura 2



Director ICMP
Dr. Anton Airinei

Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

Miron Adrian Dinescu

Figura 3

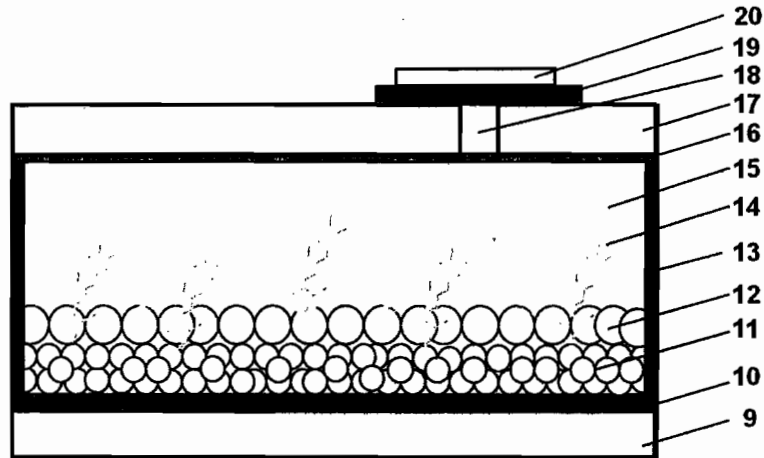


Figura 4

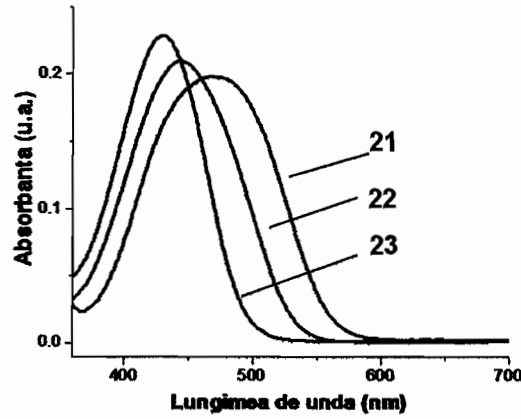
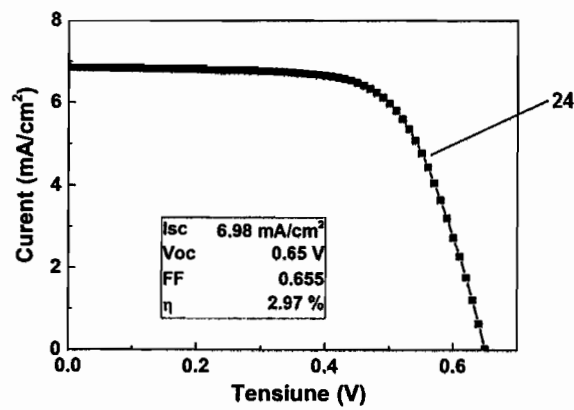


Figura 5



Director ICMPP
Dr. Anton Airinei



Director General IMT,
Dr. Miron Adrian Dinescu

