



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00060**

(22) Data de depozit: **08/02/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/08/2023 BOPI nr. **8/2023**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA VALAHIA DIN
TÂRGOVIȘTE, ALEEA SINAIA, NR.13,
TÂRGOVIȘTE, DB, RO**

(72) Inventatori:
• **ION RODICA MARIANA, STR. VOILA
NR. 3, BL. 59, SC.3, ET.1, AP. 36,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **OLTEANU LIVIU, CALEA VULCANEI,
NR.68, COMUNA VULCANĂ PANDELE, DB,
RO;**
• **GORGHIU LAURA MONICA, BD.UNIRII,
NR. 19, BL.64, SC.B, ET.2, AP.52,
TÂRGOVIȘTE, DB, RO;**
• **ION NELU, STR. VOILA NR. 3, BL.59,
SC.3, ET.1, AP.36, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **CELULE SOLARE FOTSENSIBILIZATE CU COLORANȚI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o celulă solară fotosensibilizată cu un colorant având coeficient de absorbție ridicat la lungimi de undă mari, eficiență de conversie și siguranță în funcționare. Celula solară conform invenției este alcătuită dintr-un anod realizat din sticlă conductoare, ca de ex. oxid de staniu dopat cu indiu (ITO) sau oxid de staniu dopat cu fluor (FTO), sau dintr-un polimer ITO-PET, pe care se depune un semiconductor de tip n, și anume o pastă de TiO_2 , și apoi colorantul fotosensibilizator pe

bază de wolfram- 5, 10, 15, 20-tetra-p-fenil-porfirina (WCl_4 - TPP), dintr-un electrolit pe bază de iodură de potasiu și dintr-un catod realizat din sticlă ITO, FTO sau polimer ITO-PET cu un strat de TiO_2 pe care este aplicat un catalizator de grafit.

Revendicări: 3
Figuri: 7

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



CELULE SOLARE FOTOSENSIBILIZATE CU COLORANȚI

Prezenta invenție se referă la realizarea unor celule solare sensibilizate cu structuri organice (DSSC), și anume un colorant fotosensibilizator pe baza de wolfram - 5,10,15,20-tetra-p-fenil-porfirina (WCl_4 -TPP). Cum aceste celule fotovoltaice pot fi mai ușor de realizat la un cost redus, acest fotosensibilizator contribuie la mărirea eficienței de conversie ale acestora și durata de viață cât mai mare.

Se cunosc diverse studii de cercetare ce au fost efectuate în încercarea de a dezvolta surse alternative de energie care pot înlocui combustibilii fosili convenționali. Energia solară, ca sursă inepuizabilă de energie, a atras un real interes în rândul surselor alternative de energie, cum ar fi energia eoliană, energia atomică și energia geotermală. Celulele solare sau celulele fotovoltaice sunt considerate candidați majori pentru obținerea energiei de la soare, deoarece pot converti lumina soarelui direct în energie electrică, pot furniza energie pe termen lung la un cost de funcționare redus și pot fi lipsite de poluare asociate cu generarea de energie. Ele sunt clasificate, în principal, în două tipuri: celule solare organice și celule solare anorganice pe bază de siliciu. Cu toate acestea, celulele solare pe bază de siliciu sunt cele mai căutate pe piața celulelor fotovoltaice, datorită durabilității și eficienței ridicate de aproximativ 15-20%. Însă sunt și dezavantaje, și anume: procesul de obținere al acestor celule, ce implică un consum mare de energie, temperaturile mai ridicate, ce provoacă reducerea eficienței lor, iar siliciul extrem de pur este din ce în ce mai dificil de procurat. Din aceste motive, investigarea unor noi materiale organice pentru aplicații fotovoltaice, a devenit o preocupare intensă.

Principalele tipuri de celule solare bazate pe aceste materiale organice sunt: celule solare sensibilizate cu structuri organice (DSSC), celule solare cu heterojuncțiune polimerică (PSC) și celule solare cu perovskit (PVSC).

Sunt cunoscute în stadiul tehnicii documente referitoare la celulele solare, dintre care menționăm :

Brevetul de invenție **US2013276878A1** prezintă o celulă fotovoltaică în care un prim substrat, semiconductor de tip p este oxid de nichel sau un oxid de cupru aluminiu, semiconductorul de oxid de metal de tip n din stratul de forță electromotoare este format din oxid de staniu, dioxid de titan și oxid de zinc sau un compozit al acestora, în care substanța izolatoare care acoperă semiconductorul de oxid de metal de tip n este rășină izolatoare sau un izolator anorganic. Sursa www.patft.gov.us

Invenția **US10128396B2** prezintă o celulă fotovoltaică care cuprinde: un strat de siliciu amorf hidrogenat care include o primă regiune dopată de tip conductivitate, o a doua regiune dopată de tip conductivitate și o regiune intrinsecă care separă prima regiune dopată de tip conductivitate de cea de-a doua regiune dopată de tip conductivitate, regiunea intrinsecă contactând fizic cu prima regiune dopată de tip conductivitate și a doua regiune dopată de tip conductivitate; un electrod frontal transparent cuplat la prima regiune dopată de tip conductivitate; și un electrod din spate cuplat la a doua regiune dopată de tip conductivitate menționată, în care o bandă interzisă a stratului de siliciu amorf hidrogenat este mai mică de 1,8 eV, și în care un raport H_2/SiH_4 al stratului de siliciu amorf hidrogenat este configurat pentru a maximiza cel puțin una dintre puterea de ieșire sau rezistența la șunt a celulei fotovoltaice în timpul unei expuneri la o sursă de lumină între aproximativ 100 lux și aproximativ 400 lux. Sursa www.patft.gov.us

Invenția **RO133460** se referă la o celulă fotovoltaică cu structură pe bază de sticlă /ITO/PEDOT : PSS/P3HT : PCBM + stearat de Ba + ftalocianină de Mg/Al, care are performanțe superioare celulelor fotovoltaice clasice cu structură de sticlă/ITO/PEDOT: PSS/P3HT: PCBM/Al. Celula fotovoltaică conform invenției este alcătuită din suportul (1) de sticlă, un strat (2) de oxid de indiu și staniu ITO la care este conectat un terminal (3) anod, un strat (4) de polistiren sulfonat poli(3,4-etilendioxitiofen) PEDOT:PSS, un strat (5) activ compus dintr-un amestec de P3HT (poli(3-hexiltiofen)) care este un polimer semiconductor de tip p donator de electroni, un amestec de stearat de Ba și ftalocianină de Mg (MgPc), și un ultim strat (6) de Al, la care este conectat un terminal (7) catod. Sursa www.osim.ro

Invenția **RO133371** se referă la o celulă fotovoltaică pe bază de stearat de bariu, nanotuburi de carbon și ftalocianine, care are performanțe superioare celulelor fotovoltaice clasice. Celula fotovoltaică conform invenției este constituită dintr-un suport (1) de sticlă, un strat (2) ITO la care este conectat un terminal (3) anod, un strat (4) de polimer PEDOT : PSS, un strat (5) activ compus din P3HT : PCBM și un amestec de stearat de Ba, nanotuburi de carbon și ftalocianine ZnPc sau CuPc, uniform distribuite în amestec, și un strat (6) de Al la care este conectat un terminal (7) catod. Sursa www.osim.ro

Invenția **RO127241** se referă la o celulă fotovoltaică reversibilă, cu halogen, destinată producerii de energie electrică. Celula fotovoltaică, conform invenției, este o structură planară stratificată, alcătuiind un sistem electrochimic amplasat pe o suprafață izolantă de susținere și având un catod poros cu rol de catalizator de reducere electrochimică, o membrană permeabilă la ionii de clor, depusă stratificat deasupra catodului, și un anod realizat din pulbere de argint depusă local și gravitațional peste o rețea, tip plasă, de trasee

metalice realizate din același material, dispusă peste partea superioară a membranei permeabile, reactantul sistemului electrochimic fiind constituit din clor în stare gazoasă, care este canalizat prin incinte locale comunicabile între ele, astfel încât să circule de la partea superioară a anodului până la partea inferioară a catodului, celula astfel constituită fiind dispusă într-o incintă având, la partea superioară, o fereastră realizată în tehnică LCD, cu rolul de a asigura, prin transparență și opacitate, comandate electronic din exterior, situații distincte de întuneric și lumină pentru fazele funcționale specifice proceselor electrochimice.

În brevetul **US9812658B2**, Porphyrin based sensitizer for dye-sensitized solar cell, se prezintă compuși pe bază de porfirină pentru a fi utilizați ca sensibilizatori sau compuși fotosensibilizanți pe bază de metale selectate dintre care: Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si sau Zn sau M, coloranți fotosensibilizatori pe bază de porfirine în care substituenții selectați în mod independent sunt: H, alchil C₁-C₁₆, alcoxi C₁-C₁₆, tioalchil C₁-C₁₆, alcoxialchil C₁-C₁₆, C₄-C₁₆ aril, C₁-C₁₆ arilalchil sau C₄-C₁₆ heteroaril, C₄-C₁₆ heteroarilalchil, în care heteroatomii sunt selectați dintre O, S sau N. Acest brevet are dezavantajul utilizării unor porfirine dificil de realizat, o tehnologie cu consum mare de energie. Sursa www.wipo.int/patentscope/en/

O celulă DSSC este constituită din: un fotoelectrod, un colorant, electrolit, contra-electrod. În fabricarea celulelor fotovoltaice sensibilizate cu coloranți - DSSC, unul din cele mai importante aspecte îl reprezintă alegerea materialului potrivit pentru fabricarea fotoelectrodului. Această componentă trebuie să aibă bandă de conducție, densitate mare de electroni pentru a evita recombinația acestora, suprafață mare și să fie semiconductor. Astfel, este asigurată absorbția maximă a luminii de către moleculele de colorant, nefiind afectate proprietățile electrice ale substratului.

În mod frecvent, oxizii metalici semiconductori utilizați ca materiale pentru fotoelectrod sunt materiale oxidice de tipul dioxidul de titan (TiO₂), oxidul de zinc (ZnO), dioxidul de staniu (SnO₂), pentoxidul de niobiu (Nb₂O₅) sau titanatul de stronțiu (SrTiO₃). Dintre acestea, fotoelectrodul pe bază de nanoparticule de TiO₂ sau ZnO este utilizat, în mod obișnuit, pentru obținerea celulelor DSSC.

În general, în celulele fotovoltaice sensibilizate cu structuri organice, este folosit TiO₂ sub formă de anatas, deoarece acesta prezintă o stabilitate ridicată și o bandă interzisă mare. Particulele nanometrice de TiO₂ au proprietatea de a filtra lumina soarelui, absorbind în principal componenta UV a radiației provenite de la soare, la lumina vizibilă fiind transparente.

În cazul celulelor DSSC, materialele semiconductoare de tip p sunt sensibilizatorii (coloranții) fotoactivi. Pentru a putea funcționa eficient într-o celulă DSSC, colorantul trebuie să îndeplinească mai multe cerințe, și anume:

- Colorantul trebuie să aibă un spectru de absorbție cât mai larg, de preferat și în zona IR apropiat pentru a colecta câți mai mulți posibili fotoni;
- Coeficientul mare de extincție să permită ca colorantul să fie folosit în filme semiconductoare foarte subțiri;
- Trebuie ca acesta să se fixeze foarte strâns de suprafața semiconductorului pentru o stabilitate mai mare;
- Nivelele de energie trebuie să se potrivească cu banda de conducție a semiconductorului și cu potențialul redox al conductorului de goluri;
- Sinteza acestor compuși trebuie să fie foarte simplă pentru o producție la scară mare;
- Toxicitate redusă și posibilitatea reciclării;
- Fotostabilitate foarte ridicată pentru a putea fi folosit minim 20 de ani;
- Obținerea unei durate de viață lungi a electronilor injectați prin blocarea mecanismelor de recombinare.

În cazul celulelor DSSC, substratul de sticlă conductoare joacă un rol important atât în transmiterea luminii incidente cât și în colectarea electronilor. Astel, transmitanța și conductivitatea sunt importante, în egală măsură. Cele mai întâlnite sticle conductoare sunt oxidul de staniu dopat cu indiu (ITO), oxidul de staniu dopat cu fluor (FTO), oxidul de zinc dopat cu aluminiu (AZO), oxidul de staniu dopat cu antimoniu (ATO), etc. Dintre acestea, ITO și FTO sunt cele mai utilizate, pe scară largă, în DSSC-uri. Sticla ITO prezintă o transparență mare și o conductivitate electrică ridicată, la temperatura camerei, ceea ce face din ea un candidat important pentru substraturile de electrozi în DSSC-uri. Cu toate acestea, indiul este un element rar, iar folosirea ITO este limitată. Mai mult decât atât, conductivitatea stratului ITO este distrusă destul de mult la temperaturi ridicate. Atunci când sticla ITO este încălzită la temperaturi mai mari de 300°C, rezistența sa electrică crește de peste trei ori, ceea ce reduce alimentarea cu electroni și conductivitatea substraturilor.

Ca și semiconductor dopat cu diferite elemente (cel mai adesea cu F și Sb), SnO₂ este folosit și ca electrod transparent în aplicații fotovoltaice. SnO₂ are avantajul de a fi un material relativ ieftin atât din punct de vedere al prelucrării brute cât și pentru că se pretează la depunerea straturilor subțiri cu ajutorul unor metode simple. În aplicații fotovoltaice este folosit în special în celule solare cu heterojoncțiuni intrinsece cu straturi subțiri și înrudite

(precum a-Si, DSSC). Straturile subțiri de $\text{SnO}_2\text{:F}$ (FTO) au o bandă interzisă directă de 3,6 eV, iar rezistivitatea este de $6 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$.

Substraturi polimerice conductoare

În prezent, polietilenuletereftalat (PET) și polietilenulnaftalat (PEN) sunt cel mai des utilizate substraturi din plastic. Filmul ITO depus pe o peliculă PET (ITO/PET) sau pe o peliculă PEN (ITO/PEN) sunt cele mai des utilizate substraturi polimerice conductoare în celulele DSSC.

Substraturile polimerice conductoare ITO/PET și ITO/PEN din comerț sunt obținute prin pulverizare magnetronică (sputtering) a ITO pe substraturile PET și PEN și apoi sunt recoapte la temperaturi ridicate. Substratul ITO/polimer cu impedanță ridicată este utilizat în principal la ecranul tactil din comunicațiile mobile. Substratul ITO/polimer cu impedanță scăzută este utilizat în principal în domenii cu cerințe ridicate de conductivitate, cum ar fi electrozii transparenți pentru celulele solare, materialele pentru electrozi în dispozitivele electrocromice, comutatoarele cu membrană etc. Ambele tipuri de substraturi polimerice conductoare au o transparență ridicată (>80%) în spectrul vizibil, o rezistență scăzută de 10-15 Ω , care este apropiată de valoarea tipică a sticlei acoperite cu FTO (7-15 Ω), o termostabilitate ridicată, o permeabilitate scăzută la umiditate și o stabilitate chimică ridicată. În comparație cu substratul PET, substratul PEN are o rezistență mai bună la căldură, rezistență la apă, rezistență la radiații și un modul Young mai mare.

Electrolitul este o parte foarte importantă a unei celule fotovoltaice sensibilizate cu coloranți. Rolul acestuia este de a regenera moleculele de colorant oxidate și de a finaliza circuitul electric prin medierea electronilor de un electrod la celălalt. Electrolitul trebuie să aibă o conductivitate electrică mare pentru a asigura schimbul de sarcină între contreelectrozi și materialul semiconductor (nanoparticulele de TiO_2).

Un factor cheie pentru un electrolit este ca acesta să nu se piardă prin scurgeri, să aibă stabilitate termică, chimică, electrochimică și optică lungă. În nici un caz, electrolitul nu trebuie să aibă absorbantă în domeniul absorbției colorantului.

Există trei categorii de electroliți utilizați în prezent pentru fabricarea celulelor fotovoltaice sensibilizate cu coloranți:

- electroliții lichizi I^-/I_3^- pe bază de solvenți organici (în general acetonitril);
- electroliți lichizi anorganici ionici pe bază de săruri sau amestec de săruri;
- electroliți solizi.

Cei mai utilizați electroliți lichizi sunt cei pe bază de KI, NaI, LiI și R_4NI în solvenți precum acetonitrilul, carbonatul de propilenă, propionitrilul sau etanolul.

Se dau în continuare exemple de realizare și testare a unei DSSC.

a. Depunerea nanoparticulelor de TiO_2 pe electrodul din FTO, ITO

Se fixează electrodul de FTO, ITO sau ITO-PET și se depune prin spin-on pasta de TiO_2 , care datorită vitezei mari de rotație se obține un strat uniform de aproximativ câțiva μm .

În primul rând, substraturile conductoare transparente (ITO, FTO și, respectiv, ITO-PET au fost curățate prin tratarea lor cu pulbere de spălare, etanol și alcool izopropilic (IPA).

Apoi, stratul semiconductor TiO_2 a fost depus prin tehnica de acoperire cu centrifugare până la o grosime de aproximativ 25 μm și recoapte timp de 45 de minute în cuptoare la 450 °C.

b. Sensibilizarea celulei fotovoltaice cu colorant:

Electrozii sub formă de plăcuțe cu depunerile de TiO_2 au fost imersați într-un vas Petri în care se găsesc 20 ml de soluție WCl_4 -TPP în etanol (20 mM, 25 °C), timp de 6 h, după care acești electrozi sunt clătiți cu apă distilată.

c. Adăugarea de electrolit între cele două suprafețe:

Adăugarea electrolitului se face cu o pipetă, iar cantitatea este ajustată în așa fel încât tot spațiul dintre plăcuțe să fie prinsă de electrolit.

d. Aplicarea catalizatorului din grafit pe suprafața conductoare a contra-electrodului:

Aplicarea catalizatorului de grafit pe suprafața celui de al doilea electrod este o operațiune foarte simplă. Pentru această etapă s-a folosit un spray cu grafit.

e. Asamblarea electrozilor într-o celulă, poziționându-i cu părțile conducătoare spre interior:

Fixarea celor doi electrozi se face cu două cleme, după cum este arătat în figura 2 Integrarea celulei în circuitul electric se face în așa fel încât un conductor să fie legat la un electrod, iar celălalt conductor de al doilea electrod.

În figura 3 se prezintă:

- celulă având ca anod sticla FTO, semiconductor de tip n – pasta de TiO_2 , colorant WCl_4 -TPP (semiconductor de tip p), electrolit pe bază de iodură de potasiu, catod – sticla FTO având depus un strat de grafit pe suprafața conductoare;

- celulă având ca anod sticla ITO, semiconductor de tip n – pasta de TiO₂, semiconductor de tip p – WCl₄-TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, catod – sticla ITO având depus un strat de grafit pe suprafața conductoare;
- celulă având ca anod folia ITO-PET, semiconductor de tip n – pasta de TiO₂, semiconductor de tip p – WCl₄-TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, catod – folia ITO-PET având depus un strat de grafit pe suprafața conductoare.

Dispozitivele DSSC care utilizează coloranții fotosensibilizatori ai prezentei invenții au fost fabricate și măsurate pentru proprietățile fotovoltaice ale acestora. Nanoparticulele comerciale de TiO₂ cu un diametru de aproximativ 20 nm preparate sub forma de pasta au fost imprimate pe substratul de sticlă SnO₂ (FTO) dopat cu fluor (F). Cristalizarea filmului TiO₂ (grosime 9 μm și suprafață activă 0,16 cm²) a fost realizată prin recoacere în două etape: încălzirea filmului TiO₂ la 450 °C. timp de 5 minute, urmată de o altă încălzire la 500 °C. timp de 30 de minute. Electrocul a fost apoi scufundat în soluția de WCl₄-TPP/etanol (20 mM, 25 °C) timp de 2 ore pentru încărcarea colorantului pe filmul TiO₂. Ulterior, soluția de electroliți care conține LiI (0,1 M), I₂ (0,05 M), a fost introdusă în spațiul dintre cei doi electrozi, iar fabricarea dispozitivului DSSC a fost completă.

Colorantul fotosensibilizator de tip porfirină WCl₄-TPP, din prezenta invenție, prezintă absorbție la o lungime de undă mai mare și un coeficient de absorbție mai mare în regiunea vizibilă (λ_{max}/nm (Absorption Coefficient $\epsilon/10^3 M^{-1} \cdot cm^{-1}$) pentru WCl₄-TPP este: 448 (194), 609 (8.3), 660 (29.7) și se aplică în special surselor de lumină interioare (artificiale).

Exemple de aplicare

- Prima celulă are ca anod sticlă ITO, ca material de tip n TiO₂ anatas pastă depusă pe sticla ITO prin spin-coating, ca și colorant porfirina WCl₄-TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, iar ca și catod sticlă ITO cu TiO₂ pe care am depus prin șpreiere grafit.

- A doua celulă are ca anod sticlă FTO, ca material de tip n TiO₂ anatas pastă depusă pe sticla FTO prin spin-coating, ca și colorant porfirina WCl₄-TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, iar ca și catod sticlă FTO cu TiO₂ pe care am depus prin șpreiere grafit.

- A treia celulă are ca anod polimer ITO-PET, ca material de tip n TiO₂ anatas pastă depusă pe ITO-PET prin spin-coating, ca și colorant porfirina WCl₄-TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, iar ca și catod ITO-PET cu TiO₂ pe care am depus prin șpreiere grafit.

Apoi, au fost analizate dispozitivele DSSC care utilizează TPPWCl₄ pentru proprietățile fotovoltaice și spectrele de absorbție vizibile ale acestora. Prin analizarea unei curbe I-V în

cea ce privește WCl_4 -TPP printr-un simulator solar (Newport-Oriel 91160), a fost evaluată performanța dispozitivelor DSSC. Simulatorul solar folosește filtre și alte componente optice pentru a simula radiația solară având un AM de 1,5, iar intensitatea de ieșire este distribuită uniform pe o suprafață mare. Când dispozitivul DSSC este iradiat cu simulatorul solar, contorul sursă (Keithley 2400) controlat de un computer transmite o tensiune dispozitivului, iar fotocurentul corespunzător este citit la fiecare pas.

Eficiența conversiei fotoelectrice (η) se obține prin relațiile (1) și (2) de mai jos,

$$\eta = \frac{I_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF}{P_I} \quad (1)$$

în care I_{sc} este intensitatea electrică la scurtcircuit, exprimată în A, V_{oc} este tensiunea electrică la circuit deschis, exprimată în V, P_I este puterea inițială, exprimată în W și care reprezintă puterea luminii care vine în contact cu celula fotovoltaică, iar FF indică factorul de umplere definit ca

$$FF = \frac{I_{MP} \cdot V_{MP}}{I_{sc} \cdot V_{oc}} \cdot 100 \quad (2)$$

în care I_{MP} este intensitatea electrică maximă, exprimată în A și V_{MP} este tensiunea electrică maximă, exprimată în V.

Curbele I-V ale dispozitivelor DSSC corespunzătoare sunt prezentate în figura 4, iar parametrii fotovoltaici ai acestora sunt rezumați în tabelul 1.

În conformitate cu tabelul 1, se concluzionează că, atunci când se utilizează un simulator solar de AM 1,5, dispozitivele DSSC care utilizează WCl_4 -TPP au o eficiență globală de conversie foarte mare.

Etapele principale ale determinărilor efectuate sunt următoarele:

- Determinarea răspunsului spectral (SR – Spectral Responsivity)
- Determinarea eficienței cuantice (QE – Quantum Efficiency), ca măsură a performanței de conversie a fotonilor în purtători de sarcină.
- Determinarea caracteristicii I-V a celulelor realizate s-a realizat în condiții simulate (STC – Standard Test Conditions) cu spectrul de referință AM 1.5.
- Măsurarea parametrilor aferenți caracteristicii I-V (V_{oc} și I_{sc}), precum și determinarea eficienței conversiei fotoelectrice (η) și FF – Fill Factor (factor de umplere).

Din graficul răspunsului spectral obținut, figura 5, graficul eficienței cuantice externe, figura 6, precum și graficul eficienței cuantice interne, figura 7 pentru cele trei tipuri de celule

analizate reiese faptul că cel mai bun răspuns spectral îl are celula DSSC cu ITO care prezintă cel mai bun răspuns spectral și, de asemenea, cea mai ridicată eficiență cuantică internă și externă. Caracteristicile curent-tensiune (I-V) ale DSSC-urilor obținute sunt utilizate pentru a determina eficiența de conversie, η . Caracteristicile I-V ale celulelor sunt prezentate în figura 4, iar parametrii electrici corespunzători se regăsesc în Tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile parametrilor electrici și fotovoltaici ai celulelor DSSC realizate

Tip celulă / material semiconductor transparent	V_{oc} [V]	I_{sc} [A]	I_{MP} [A]	V_{MP}[V]	FF[%]	η[%]
DSSC / ITO-PET	0.526	0.071	0.052	0.465	65	3.88
DSSC / ITO	0.573	0.099	0.546	0.080	77	7.04
DSSC / FTO	0.511	0.092	0.088	0.406	76	5.76

Avantajele celulelor fotovoltaice cu colorant fotosensibilizator pe baza de wolfram - 5,10,15,20-tetra-p-fenil-porfirina (WCl₄-TPP)

- Colorantul are un spectru de absorbție cât mai larg, de preferat și în zona IR apropiat pentru a colecta câți mai mulți posibili fotoni;
- Coeficientul mare de extincție permite ca colorantul să fie folosit în filme semiconductoare foarte subțiri;
- Nivelele de energie se potrivesc cu banda de conducție a semiconductorului și cu potențialul redox al conductorului de goluri;
- Sinteza acestor compuși este ușor de realizată pentru o producție la scară mare;
- Toxicitate redusă și posibilitatea reciclării;
- Fotostabilitate foarte ridicată pentru a putea fi folosit minim 20 de ani;
- Obținerea unei durate de viață lungi a electronilor injectați prin blocarea mecanismelor de recombinare.

CELULE SOLARE FOTOSENSIBILIZATE CU COLORANȚI

REVENDICĂRI:

1. Celule solare sensibilizate cu coloranți de tip porfirina **caracterizate prin aceea că** sunt constituite din electrozi acoperiți cu colorantul fotosensibilizator pe baza de wolfram - 5,10,15,20-tetra-p-fenil-porfirina, WCl_4 -TPP.
2. Celule solare sensibilizate cu coloranți de tip porfirina, conform revendicării 1, **caracterizate prin aceea că** anodul poate fi de tipul sticla ITO, sticlă FTO sau polimer ITO- PET pe care se depune un semiconductor de tip n – pasta de TiO_2 , colorant porfirina WCl_4 -TPP, electrolit pe bază de iodură de potasiu, iar ca și catod poate fi sticlă ITO, sticlă FTO sau polimer ITO- PET cu un strat de TiO_2 pe care se depune prin șpreiere grafit.
3. Celule solare sensibilizate cu coloranți de tip porfirina, conform revendicării 1, **caracterizate prin aceea că** acestea au o eficiență de conversie a energiei solare în energie electrică de peste 7% , având un factor de umplere de peste 77 % , și o durată de viață a celulelor fotovoltaice de peste 20 de ani.

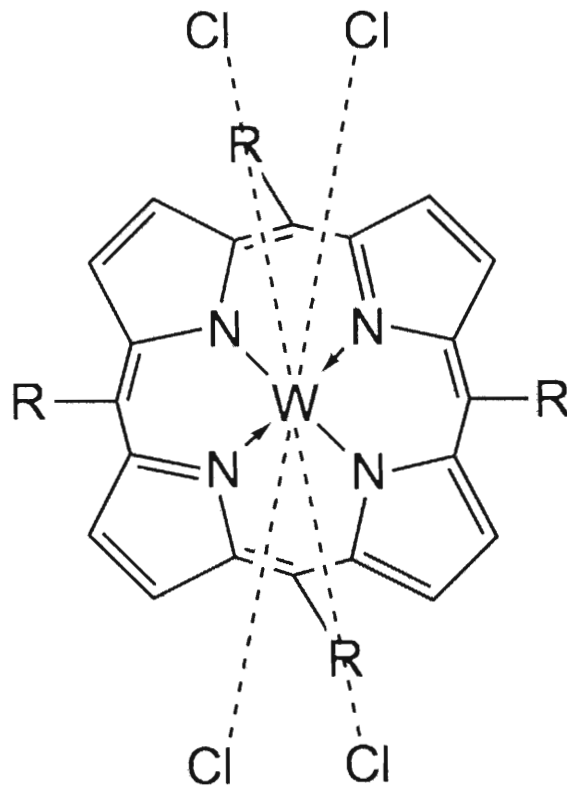


Figura 1 Structura WCl₄-TPP

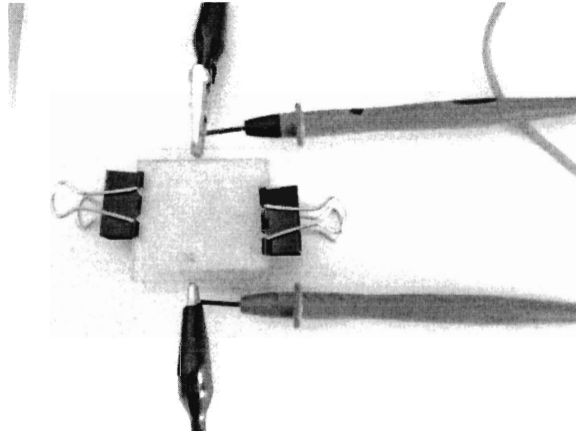


Figura 2 Asamblarea electrozilor într-o celulă

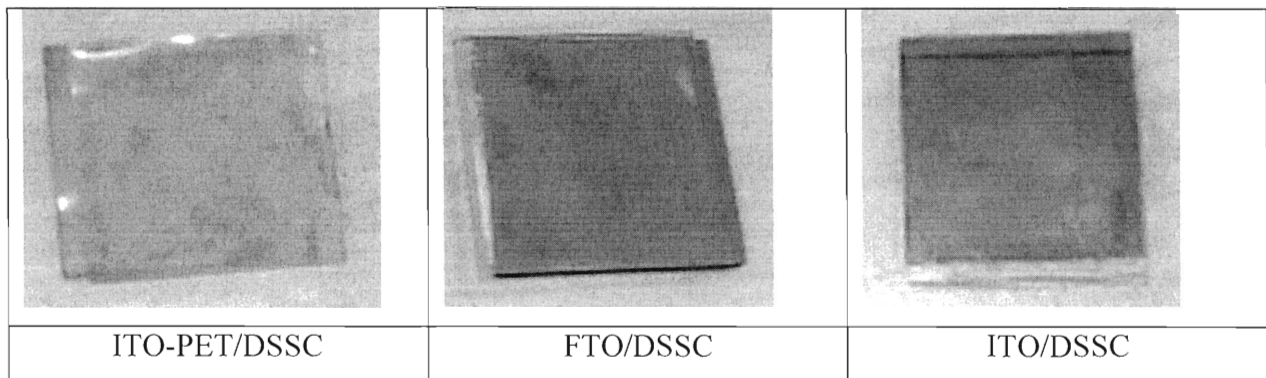


Figura 3 Celule DSSC realizate

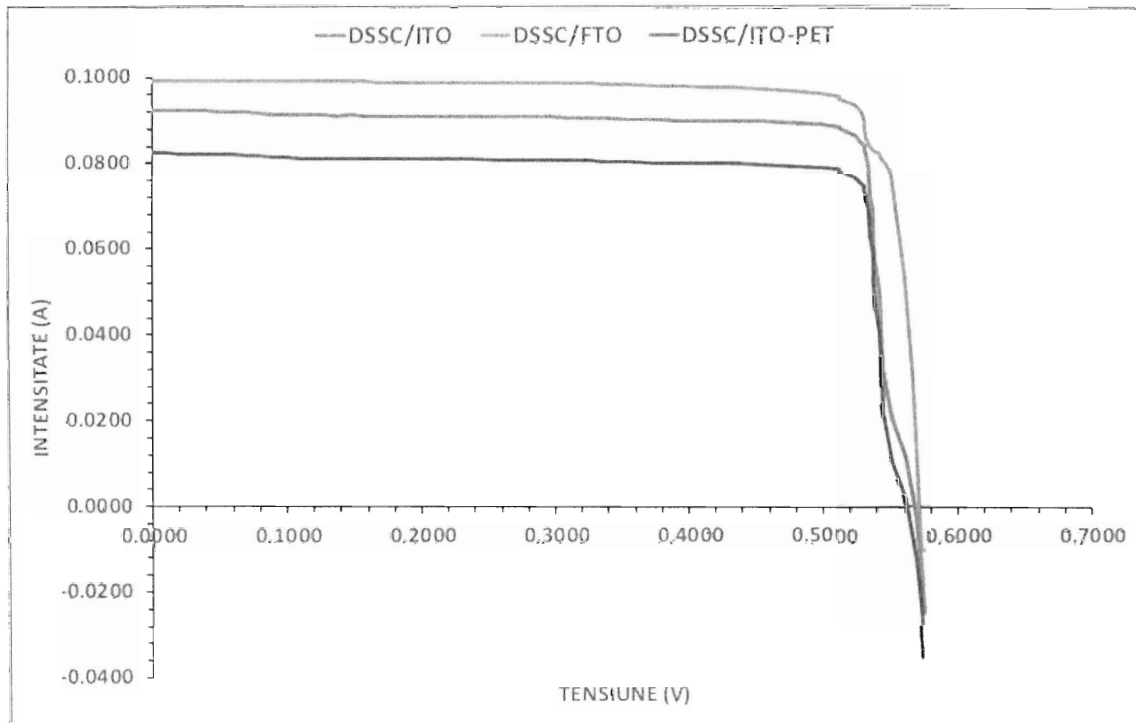


Figura 4. Caracteristica I-V pentru celulele DSSC/ITO, DSSC/FTO și DSSC/ITO-PET

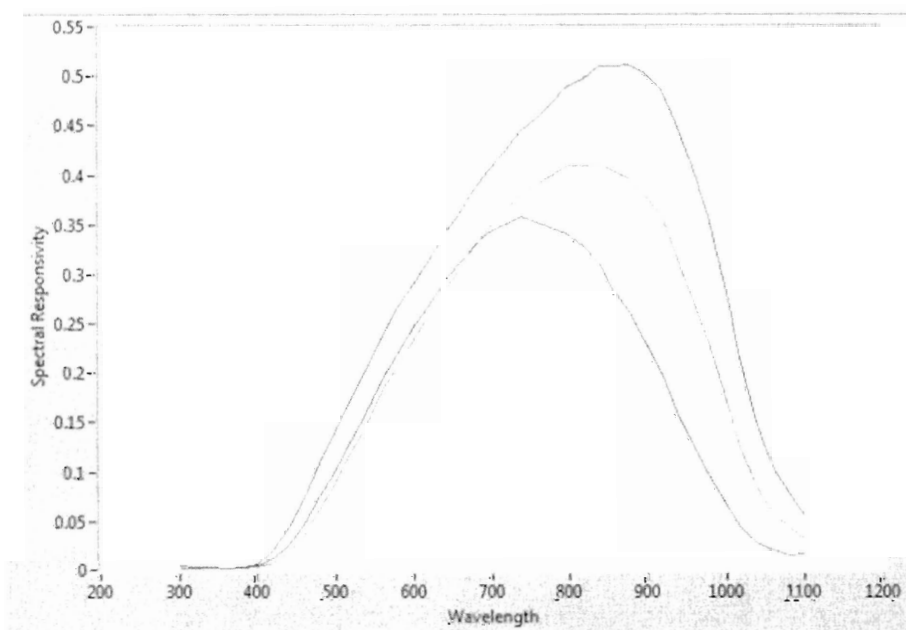


Fig. 5. Răspunsul spectral al celulelor DSSC obținute (— celula cu ITO-PET, — celula cu sticlă FTO, — celula cu sticlă ITO)

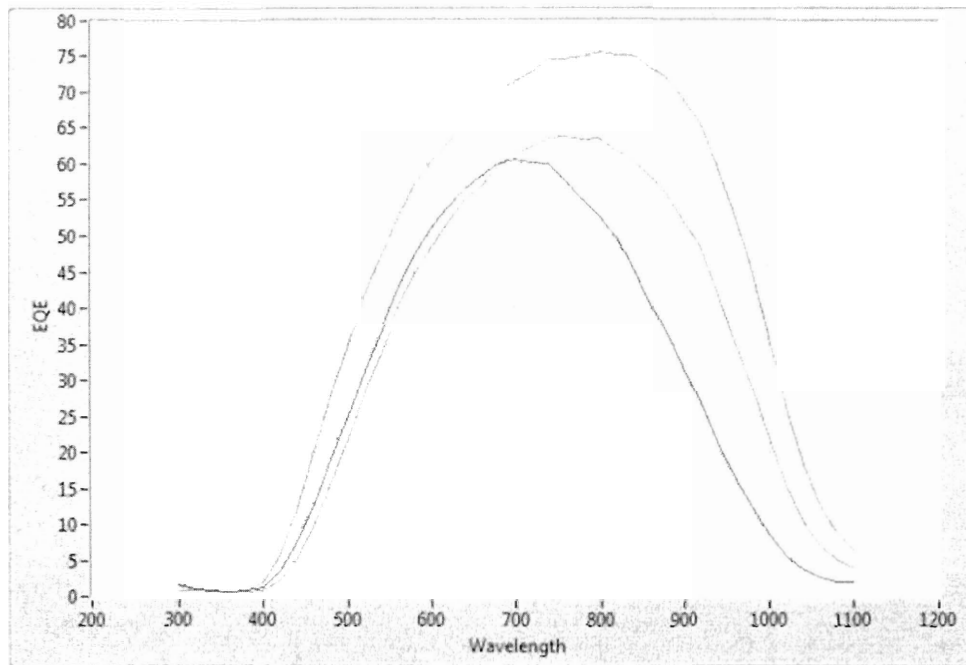


Fig. 6. Eficiența cuantică externă pentru celulele DSSC obținute (— celula cu ITO-PET, - - - celula cu sticlă FTO, ··· celula cu sticlă ITO)

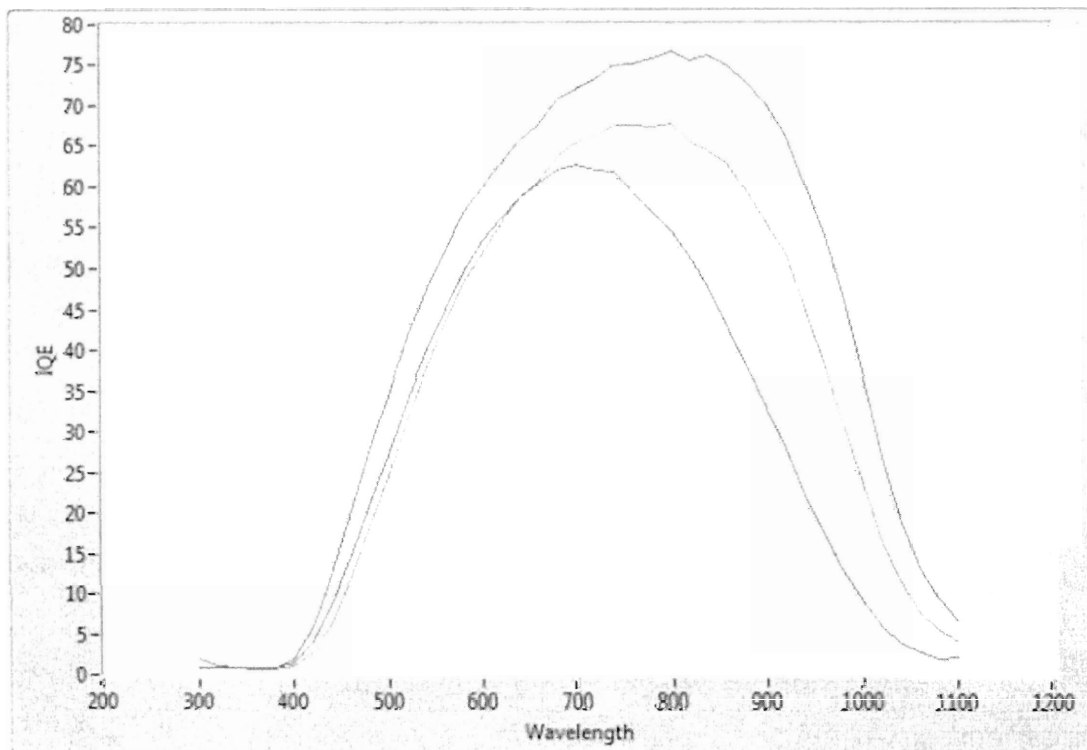


Fig. 7. Eficiența cuantică internă pentru celulele DSSC obținute (— celula cu ITO-PET, - - - celula cu sticlă FTO, ··· celula cu sticlă ITO)