

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00366

(22) Data de depozit: 29/06/2022

(41) Data publicării cererii:
29/12/2023 BOPI nr. 12/2023

(71) Solicitant:

- INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA, STR.DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO;
- UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2, TIMIȘOARA, TM, RO;
- SYMPH ELECTRONICS S.R.L., STR.CORNELIA SALCEANU, NR.28, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:

- URSU DANIEL HORĂȚIU, ALEEA ISTVAN ANDREI, NR.27, BL.93, SC.B, AP.5, TIMIȘOARA, TM, RO;
- MICLAU MARINELA, ALEEA STUDENȚILOR NR. 25, BL. G, AP. 309, TIMIȘOARA, TM, RO;
- VAJDA MELINDA, STR.COSMINULUI, NR.36, SC.B, ET.4, AP.18, TIMIȘOARA, TM, RO;
- GONTEAN AUREL, STR. GHEORGHE LAZĂR, NR.25, SC.A, ET.1, AP.6, TIMIȘOARA, TM, RO;
- ILIES ELISEI ȘTEFAN, STR. IVANYI ODON, NR.17, ORADEA, BH, RO;
- BULARKA SZILARD, STR.CORNELIA SALCEANU, NR.28, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) TIGLĂ FOTOVOLTAICĂ PE BAZĂ DE CELULE SOLARE SENSIBILIZATE CU COLORANT PENTRU SERE INTELIGENTE CU ABSORBȚIE SELECTIVĂ A RADIAȚIEI SOLARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o țigla fotovoltaică pentru sere inteligente. Țigla fotovoltaică, conform invenției, este compusă dintr-o parte care înglobează canale de scurgere a apei și un suport printat 3D, realizat modular, în care sunt dispuse, conectate în paralel, 14 celule solare de tip n, având în componență un fotoanod pe bază de TiO_2 cu arhitectură complexă, alcătuită din 3 straturi subțiri, electrolit pe bază de redox iodură/triiodură, colorant DN-F01 ce absoarbe în UV și este transparent la radiație activă sintetică, și un contraelectrod de platină, între fotoanod și contraelectrod fiind introdus un polimer încălzit pentru a obține etanșeitarea ansamblului.

Revendicări: 6

Figuri: 7

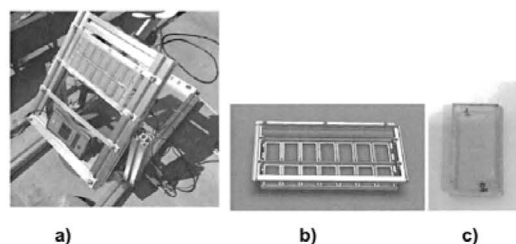


Fig. 1

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <i>a 2022 00366</i>
Data depozit <i>29-06-2022</i>

**TIGLĂ FOTOVOLTAICĂ PE BAZĂ DE CELULE SOLARE SENSIBILIZATE
CU COLORANT PENTRU SERE INTELIGENTE CU ABSORBȚIE
SELECTIVĂ A RADIAȚIEI SOLARE**

**Daniel Ursu, Marinela Miclău, Melinda Vajda, Aurel Gontean, Elisei Stefan
Ilies, Szilard Bularka**

Invenția se referă la tiglă fotovoltaică pe bază de celule solare sensibilizate cu colorant (DSSC) pentru sere inteligente cu absorbție selectivă a radiației solare.

Diversificarea utilizării celulelor solare este un interes din ce în ce mai mare din perspectiva crizei energetice și nu numai. Indiferent de tipul de celule solare, designul și eficiența acestora au fost realizate pentru a crește randamentul fotovoltaic, având în vedere parcurile fotovoltaice ce implică spațiile mari unde poate fi poziționate. Utilizarea spațiilor existente pentru producerea energiei electrice s-a făcut în detrimentul culturilor agricole. În aceste condiții, rezolvarea crizei energetice trebuie să ia în considerare și să fie condiționată și de rezolvarea crizei alimentare. Posibile opțiuni ar putea fi aranjarea verticală a celulelor solare sau utilizarea inteligentă a aceluiași spațiu pentru nevoi și funcții diferite. Astfel, în încercarea de a rezolva simultan criza energetică și alimentară, conceptul propus de Agricultură 4.0, și anume o combinație între agricultură și energia solară ar putea oferi o posibilă soluție. Sere cu lungime de undă selectivă ar putea fi un sistem agrovoltaic promițător dacă se va realiza un compromis între acoperișurile fotovoltaice și plante.

Un sistem agrovoltaic poate atenua competiția pentru constrângerile terestre și spațiale care condiționează dezvoltarea energiei solare, oferind o soluție inteligentă pentru dezvoltarea durabilă a energiei viitoare. Prognoza este că cererea mondială ar fi compensată dacă chiar și mai puțin de 1% din terenul cultivat va fi dedicat implementării sistemelor agrovoltaice [1-3].

Avantajele integrării celulelor solare în seră au fost evidențiate în cercetări recente, și anume (i) o „seră cu impact zero” prin diminuarea costului de producție prin eliminarea oricărei energie furnizată de sursele convenționale; (ii) consum redus de apă în irigații prin diminuarea procesului de evapotranspirație; (iii) scăderea concurenței dintre terenuri pentru producerea de alimente și energie; (iv) reglarea microclimatului, sistemul fotovoltaic fiind și un sistem pasiv de răcire; (v) generarea locală de energie electrică, în special în zonele rurale și descentralizate, unde nu există acces la energie electrică; (vi) absorbția ridicată a radiațiilor solare UV duce la un impact benefic asupra creșterii plantelor și la diminuarea patogenității plantelor.

Din perspectiva plantelor crescute într-o seră, radiația solară este formată din ultraviolete (UV), radiații active fotosintetice (PAR) și infraroșu apropiat (NIR). PAR, definită ca lumina cu domeniu de lungimi de undă de la 430 nm până la 700 nm, fiind necesară în esență la creșterea și fotosinteza plantelor.

O seră fotovoltaică (PV) trebuie să asigure simultan două cerințe opuse, și anume maximizarea accesibilității radiațiilor PAR în seră prin diminuarea

efectului de umbrire cauzat de panourile fotovoltaice și creșterea generării de energie însoțită de creșterea suprafețelor opace ale panourilor. Cea mai mare provocare a unei sere fotovoltaice este găsirea unui compromis între acoperișurile fotovoltaice și plante. Prima și a doua generație de celule solare se bazează pe siliciu cristalin și pe semiconductori compuși III-V. Deși testate pentru prima dată, principalele limitări ale integrării în sere se referă la faptul că aceste celule fotovoltaice nu transmit lumina soarelui, rezultând o regiune de umbră permanentă cu efecte dăunătoare asupra producției, scăderii creșterii culturilor sau cantității de biomasă [4-7].

Invenția se referă la tiglă fotovoltaică pe bază de celule solare sensibilizate cu colorant pentru sere inteligente cu absorbție selectivă a radiației solare ce are în componența 14 celule solare sensibilizate cu colorant cu absorbție în UV legate în paralel (figura 1a).

Informațiile găsite în literatură referitoare la serele fotovoltaice au acoperișul serei construit cu panouri fotovoltaice cu lungime de undă selectivă (WSPV) este format din absorbante luminescente WS poziționate între panouri Si-PV cu gradul de acoperire (raportul suprafeței orizontale a serei acoperite de panouri solare situate pe acoperiș) între 10% și 60% în funcție de culturile ușoare solicitate [8]. Eficiența energetică a unui modul WSPV este condiționată de eficiența energetică a celulelor fotovoltaice și a materialului luminescent și este limitată de absorbția scăzută a radiației solare și de autoabsorbția lumina emisă de absorbantul luminescent. Optimizând geometria și tipul de celule ale WSPV, a fost raportată cea mai bună eficiență de conversie de 5% [9].

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este implementarea celulelor solare sensibilizate cu colorant cu absorbție în UV în acoperișul serei fotovoltaice sub forma unor tigle fotovoltaice. Chiar dacă sunt mai puțin eficiente în producerea energiei electrice, datorită construcției și principiului de funcționare, celulele solare sensibilizate cu colorant (DSSC) permit o adaptare ușoară la condițiile impuse de funcționarea optimă a serelor. Simplitatea, costul redus și modelarea absorbției luminii prin selectivitatea coloranților sunt avantajele atractive ale DSSC. O celulă solară de tip n - DSSC constă dintr-un fotoanod, un contraelectrod, un electrolit și un colorant.

Soluția propusă are la baza următoarele premise și anume: (i) alegerea unui colorant comercial accesibil, care absoarbe UV și este transparent la PAR, și anume colorant DN-F01 (Dyename Yellow) cu cel mai bun randament de conversie a energiei de 2,39% [10]; (ii) optimizarea unui electrolit comun ieftin; (iii) proiectarea și optimizarea fotoanodului pe baza polimorfilor TiO_2 pentru acest colorant și electrolit; (iv) îmbunătățirea performanței energetice a DSSC pe bază de colorant UV atât pentru condiții de plin soare, cât și pentru umbră, fără a afecta PAR.

Soluția propusă este optimizarea fotoanodului pe bază de TiO_2 folosind o arhitectură complexă alcătuită din 3 straturi subțiri cu morfologie, structură cristalină și funcții diferite pentru a îndeplini cerințele acoperișului serei fotovoltaice și anume, maximizarea accesibilității radiațiilor PAR în seră și creșterea generării de energie, dar și reducerea costurilor de producție a tiglelor fotovoltaice.

O alta solutie propusa este asigurarea transparentei structurii mecanice a tiglei fotovoltaice prin printare 3D cu folosit filament PETG speciala de la producatorul Colorfab nGEN Transparent de 1.75 mm grosime pentru a pastra transparenta in domeniul PAR a intregii inventii (figura 1b).

O alta soluția propusă constă în reutilizarea DSSC-urilor prin proiectarea a doua gauri in structura DSSC (figura 1c) ce sunt utilizate atat pentru scoaterea electrolitului si a colorantului uzat, dar si pentru reumplerea cu electrolit si colorant nou.

O alta soluția propusă constă în realizarea accesibilitatii la fiecare componenta DSSC prin conceptul modular, interschimbabil al tiglei fotovoltaice.

Astfel, **soluția propusă de invenție rezolvă principalele probleme tehnologice** ridicate si anume: (i) realizarea eficienței fotovoltaice a componentei DSSC -ului de 2 ori mai mare decât cea mai bună eficiență raportată până acum pentru același colorant (figura 2a); (ii) transparență pe întregul domeniu PAR a DSSC-urilor componente dar si a tiglei fotovoltaice ca intreg prin transparenta structurii mecanice ; (iii) capacitatea DSSC-urilor de a atinge o rată de acoperire de 100%; (iv) aceeași eficiență maximă pentru iluminarea cu 1 soare (vara) și umbrire, în special pentru 60 mW/cm² corespunzătoare intensității maxime a luminii în cele trei anotimpuri , si anume primavara, toamna si iarna (figura 2b); (v) reducerea costurilor prin reutilizarea electrozilor componentii ai DSSC-ului si (vi) posibilitatea schimbarii doar a unui singur DSSC din tigla fotovoltaica asigurata de conceptul modular.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției referitor la construirea unei tigle fotovoltaice pe bază de celule solare sensibilizate cu colorant (DSSC) pentru sere inteligente cu absorbție selectivă a radiației solare.

1. Construirea fotoanodului

1.1. Sinteza materialului nanocristalin de tipul TiO_2 anatase

- S-a adaugat 1 mL acid acetic (CH_3COOH) intr-un pahar Berzelius si pus sub agitare timp de 2 min.
- Peste solutia de acid acetic s-a adaugat 2.4 ml titan isopropoxid ($C_{12}H_{28}O_4Ti$) si s-a lasat la agitat timp de 10 min.
- Dupa 10 minute de agitare a celor doua solutii ($C_{12}H_{28}O_4Ti$ si CH_3COOH), se adauga 14 mL apa distilata si se lasa la agitat timp de 1h, pana se obtine o solutie aproape transparent. Agitarea se face cu o viteza de 800 rot/min.
- Se adauga 200 μ L acid azotic pentru a reduce formarea fazei rutil si inca 5 mL apa distilata. Se mai lasa la agitat inca 1h la temperature de 70°C.
- Solutia obtinuta se pune intr-o autoclava cu volumul de 60mL.
- Se inchide sistemul de autoclavare și se setează temperatura sistemului de încălzire astfel: crește până la valoarea de 100 °C cu viteza de 50 °C/h și apoi rămâne în acest regim 12 h;
- Răcirea se face cu aceeași viteză de 50 °C/h;

- h. Spalarea materialului nanocristalin de TiO_2 se face cu apa distilata si etanol prin centrifugare la 12000 rot/min timp de 20 min pentru fiecare spalare. Se repeta procesul de 5 ori.
- i. La sfârșitul procesului de sinteză, materialul nanocristalin de TiO_2 se usucă la temperatura de 80 °C timp de 4h.

Pentru confirmarea unicității fazei cristaline, a simetriei corespunzătoare grupului spațial $I41/amd$ și a gradului de cristalinitate am utilizat difracția de raze X la temperatura ambiantă (figura 3a). Folosind formula lui Scherrer, dimensiunea cristalitelor sunt in jurul valori de 18 nm. Folosind Spectroscopia UV-VIS-NIR se determina valoarea benzii interzise care este de $E_g = 3.13$ eV (figura 3b).

1.2. Sinteza materialului poros de tipul TiO_2 brookit

- a. S-a adaugat 2 ml de izopropoxid de titan (IV) intr-un pahar Berzelius si apoi este pus sub agitare timp de 2 min.
- b. Peste solutia de izopropoxid de titan s-a adaugat o solutie formata din 3,6 g de NaOH si 30 ml H_2O . Cele doua solutii se lasa la agitat timp de 60 min la temperatura camerei.
- c. Amestecul rezultat se introduce intr-o autoclava cu volumul de 60mL.
- d. Se inchide sistemul de autoclavare și se setează temperatura sistemului de încălzire astfel: crește până la valoarea de 220 °C cu viteza de 50 °C/h și apoi rămâne în acest regim 24 h;
- e. Răcirea se face cu aceeași viteză de 50 °C/h;
- f. Spalarea materialului nanocristalin de TiO_2 se face cu apa distilata si etanol prin centrifugare la 12000 rot/min timp de 5 min pentru fiecare spalare. Se repeta procesul de 5 ori.
- g. La sfârșitul procesului de sinteză, materialul nanocristalin de TiO_2 se usucă la temperatura de 80 °C timp de 4h, urmat de o sinterizare la 500 ° C cu o viteză de sinterizare de 2 °C/min timp de o oră.

Pentru confirmarea unicității fazei cristaline, a simetriei corespunzătoare grupului spațial $Pcab$ și a gradului de cristalinitate s-a utilizat difracția de raze X la temperatura ambiantă (figura 4a). Imaginea SEM a materialului poros de tipul TiO_2 brookit obținut cu morfologie asemănătoare quasi-microcube, având dimensiuni relative uniforme ale particulelor în intervalul 330 – 950 nm cu o dimensiune medie a particulei de 659 nm (figura 4b). Folosind spectroscopia UV-VIS-NIR s-a determinat valoarea benzii interzise care este de $E_g = 3.32$ eV (figura 4c).

1.3. Prepararea pastei din materialul nanocristalin de tipul TiO_2 anatase

- a. 0,125 g de material semiconductor se mojarăază într-un mojar de agat până la obținerea unei pudre fine ;
- b. Se adaugă 100 μ L acid acetic pentru a împiedica agregarea nanoparticulelor și se amestecă (2-3 minute)
- c. Se adaugă 50 μ L apa distilata pentru a elimina tensiunile superficial de pe suprafata nanoparticulelor și se amestecă (2-3 minute)
- d. Se adaugă 100 μ L de titan isopropoxid ($C_{12}H_{28}O_4Ti$) pentru a creste aderența filmului pe substratul de FTO;

- e. Se prepara o solutie de 0,15 g ethil celuloză in 7 mL etanol, având rolul de reglare al vâscozității pastei, se adaugă treptat în mojar peste materialul semiconductor, amestecând continuu timp de 2-3 minute ;
- f. Se adaugă 1 mL α -terpinol pentru o mai bună dispersare a particulelor ;
- g. Se transferă amestecul într-un pahar Berzelius de 50 mL și se ultrasonează într-o baie cu ultrasunete timp de 30 minute pentru omogenizarea particulelor, apoi se agită pe o plită cu agitare magnetică la temperatura de 50°C și viteza de 450 rpm pentru evaporarea solventului până la obținerea unei paste cu vâscozitatea dorită.
- h. La final pasta este pusa in moara (Planetary Ball Mill model XQM-0.4A) timp de 12 ore pentru a se realize o compozitie optima si uniforma.

1.4. Prepararea pastei din materialul poros de tipul TiO_2 brookit

- a. 0,125 g de material semiconductor se mojarează într-un mojar de agat până la obținerea unei pudre fine ;
 - b. Se adaugă 100 μ L acid acetic pentru a împiedica agregarea nanoparticulelor și se amestecă (2-3 minute);
 - c. Se adaugă 50 μ L apa distilata pentru a elimina tensiunile superficiale de pe suprafata nanoparticulelor și se amestecă (2-3 minute);
 - d. Se prepara o solutie de 0,15 g ethil celuloză in 7 mL etanol, având rolul de reglare al vâscozității pastei, se adaugă treptat în mojar peste materialul semiconductor, amestecând continuu timp de 2-3 minute ;
 - e. Se adaugă 1 mL α -terpinol pentru o mai bună dispersare a particulelor ;
- Se transferă amestecul într-un pahar Berzelius de 50 mL și se ultrasonează într-o baie cu ultrasunete timp de 30 minute pentru omogenizarea particulelor, apoi se agită pe o plită cu agitare magnetică la temperatura de 50°C și viteza de 450 rpm pentru evaporarea solventului până la obținerea unei paste cu vâscozitatea dorită

1.5. Pregătirea substratului de FTO ($SnO_2:F$) pentru depunerea filmelor

- a. Placutele de FTO avand o rezistenta a substratului de 13 Ω /sq, sunt taiate la dimensiunea de 4.7 x 2.6 cm cu ajutorul aparatului de taiat sticla (Kaivo China).
- b. Se elimina FTO de pe o parte a placutei la o grosime de 2.2 mm, utilizand pulbere de Zn si HCl, pentru evitarea scurt circuitului la asamblarea celulei.
- c. Se spala pe rand cu etanol, acetone si apa pentru 30 minute fiecare etapa intr-o baie cu ultrasunete model VWR B-3001 Leuven.
- d. La final se realizeaza curatarea substratului cu ajutorul unei instalatii de curatare cu ozon de la firma Ossila (UV Ozone Cleaner) timp de 30 minute.

1.6. Prepararea fotoanozilor prin depunerea straturilor de material pe baza baza de TiO_2

- a. Pe placuta de FTO pregatita la punctual 1.5 se depune primul strat compact de TiO_2 folosind titanium diisopropoxide bis(acetylacetonate) (75 wt. % in isopropanol) si tert-butanol avand o concentratie de 1:5;
- b. Depunerea se face cu ajutorul spin coating (Model WS-400B 6NPP) la o turatie de 5000 rot/min timp de 30 secunde. Forma depuneri este data de o masca avand dimensiunea de 4 x 2.1 cm^2 ;
- c. Filmul se lasa la uscat timp de 10 min la temperatura ambianta;

- d. Filmul se calcinează la temperatura de 450 °C, timp de 60 min cu 1 °C/min ;
- e. Al doilea strat este depusa pasta obtinuta la punctual 1.3 prin metoda doctor Blade;
- f. Filmul se lasa la uscat timp de 10 min la temperatura ambianta;
- g. Filmul se calcinează la temperatura de 500 °C, timp de 60 min cu 1 °C/min;
- h. Al treilea strat este depusa pasta obtinuta la punctual 1.4 prin metoda doctor Blade;
- i. Filmul se lasa la uscat timp de 10 min la temperatura ambianta;
- j. Filmul se calcinează la temperatura de 500 °C, timp de 60 min cu 1 °C/min;
- k. La final fotoelectrodul este imersat într-o solutie care contine 40mM de $TiCl_4$ la temperature de 70 °C for 30 minute, urmata de o calcinare la temperatura de 450°C, timp de 60 min cu 1 °C/min.

1.7. Incarcarea cu colorant sensibilizat a fotoanozilor pe bază de TiO_2

- a. Filmele obținute in etapa 1.6. sunt incalzite la temperatura de 100 °C, timp de 20 minute;
- b. 14 anozii se introduc într-o soluție de colorant 0.3 mM de DN-F01 (Dyename Yellow) în acetoneitril pentru 5 ore.

2. Construirea contraelectrozilor

- a. Se realizeaza o solutie de 20 mM de H_2PtCl_6 in etanol si se amesteca timp de 1h pe agitatorul magnetic cu o turatie de 400 rot/min;
- b. Depunerea pe FTO se face cu ajutorul spin coating (Model WS-400B 6NPP) la o turatie de 1000 rot/min timp de 30 secunde;
- c. Filmul se lasa la uscat timp de 10 min la temperatura ambianta;
- d. Filmul se calcinează la temperatura de 400 °C, timp de 30 min cu 1 °C/min.

3. Prepararea electrolitului

- a. Pe o balanta analitica , într-un pahar Berzelius (2mL) se cantaresc 1.06 g (2M) 1-Butyl-3-methylimidazolium iodide -BMII ;
- b. Se cantaresc 0,025g (0,05M) I_2 si se adauga in paharul Berzelius ;
- c. Se adauga 0,135g (0,5M) 4-tert-Butylpyridine-TBP;
- d. Se adauga 2 mL acetoneitril - AN ;
- e. Amestecul se ultrasoneaza într-o baie cu ultrasunete timp de 20 minute si se agita pe o plita cu agitare magnetica pentru alte 20 minute pentru omogenizare.

4. Construirea celulelor solare sensibilizate cu colorant de tip n-DSSC

- a. Un DSSC de tip n are dimensiunile fizice: 4.7 cm x 2.6 cm x 6.1 mm si dimensiunile active fotovoltaic sunt 4 cm x 2 cm x 4 μ m.
- b. Fotoanozii pe bază de TiO_2 au fost spălați cu acetoneitril pentru a îndepărta surplusul de colorant;
- b. Se realizează o gaura cu diametrul de 1mm în contraelectrod pentru introducerea electrolitului;
- c. Se decupează un polimer (Meltonix 1170-60) având dimesiunea de 4.7 x 2.6 cm exterior si care este decupat interior la dimesiunea de 2.1 x 4 cm, avand o grosime de 60 μ m cu rol de separator între fotoanod și contraelectrod;
- d. Polimerul introdus între fotoanod și contraelectrod se încălzește la temperatura de 130 °C pentru a se realiza etanșeitatea ansamblului;

- e. Se introduce electrolitul în spațiul lăsat liber dintre fotoanod și contraelectrod în vacum;
- f. Gaurile realizate în fotoanod sunt sigilate cu un polimer care este de asemenea încălzit la temperatura de 130 °C pentru a se realiza etanșeitatea;
- g. La final se depun contactele de indiu cu ajutorul aparatului Ultrasonic Soldering Statio, pe lateral astfel se obtine un contact ohmic.

5. Construirea tiglelor fotovoltaice

- a. Tigla fotovoltaica este compusa din doua parti: partea de sus care inglobeaza canale de scurgere a apei si sticla si suportul pentru celulele fotovoltaice;
- b. Dimensiunea tiglei fotovoltaice sunt prezentate in figura 5 si 6.
- c. Pentru printarea tiglei fotovoltaice s-a folosit o imprimanta 3D cu filament incalzit (FDM) de la producatorul Raise 3D modelul E2. Pentru obtinerea proprietatilor mecanice adecvate dar si pentru un grad de transparenta cat mai ridicata s-a folosit filament PETG speciala de la producatorul Colorfab nGEN Transparent de 1.75 mm grosime;
- d. Dupa proiectarea modelului 3D, prelucrarea fisierelor 3D s-a realizat in "slicerul" Idea Maker de la Raise 3D;
- e. Pentru obtinerea unui obiect cat mai transparent si cu proprietati mecanice superioare s-a utilizat o duza de printare de 0.8mm de alama;
- f. Pentru obtinerea aderenței adecvate a materialului pe suprafata de printare s-a utilizat un adeziv dedicat de la 3DLAC;
- g. Parametrii de printare utilizati sunt:
 1. Distanta dintre straturi: 0.4mm;
 2. Distanta pentru primul strat: 0.4mm;
 3. Forma incarcarii cu material solid: Concentric;
 4. Latimea de extrudare: 0.8mm;
 5. Viteza de retractie a filamentului: 40mm/s;
 6. Cantitate filament la retractie: 1.2mm;
 7. Densitate infill: 100%;
 8. Suprapunere infill: 25%;
 9. Forma incarcarii cu infill: Concentric;
 10. Temperatura extrudorului: 240 °C;
 11. Temperatura patului de printare: 80 ° C;
 12. Viteza de printare: 30 mm/s;
 13. Tip suport la printare: Brim.

Chiar daca obiectul este printat cu incarcare de 100% exista riscul ca apa sa patrunda intre straturile printate, pentru impermeabilizare s-a folosit solutia de de la Nanovia Plastimperm F10 conform instructiunilor de pe ambalaj.

- h. In structura mecanica printata al tiglei (figura 1b) au fost introduse 14 DSSC-uri si apoi conectate in paralel.

Testarea tigle fotovoltaice pe bază de celule solare sensibilizate cu colorant (DSSC) pentru sere inteligente cu absorbție selectivă a radiației solare a demonstrat functionalitatea acestora in decursul unei zile de vara (figura 7).

Bibliografie

1. Sekiyama T, Nagashima A. Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Typical Shade-Intolerant Crop. *Environments*. 2019;6:65.
2. Weselek A, Ehmann A, Zikeli S, Lewandowski I, Schindele S, Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019;39.
3. Adegun A, Good SP, Calaf M, Higgins CW. Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Sci Rep*. 2019;9:11442.
4. Moretti S, Marucci A. A Photovoltaic Greenhouse with Variable Shading for the Optimization of Agricultural and Energy Production. *Energies*. 2019;12:2589.
5. Hollingsworth JA, Ravishankar E, O'Connor B, Johnson JX, DeCarolis JF. Environmental and economic impacts of solar-powered integrated greenhouses. *Journal of Industrial Ecology*. 2019;24:234-247.
6. Chen J, Xu F, Ding B, Wu N, Shen Z, Zhang L. Performance analysis of radiation and electricity yield in a photovoltaic panel integrated greenhouse using the radiation and thermal models. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019;164:104904.
7. Wang T, Wu G, Chen J, Cui P, Chen Z, Yan Y, et al. Integration of solar technology to modern greenhouse in China: Current status, challenges and prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017;70:1178-1188.
8. Aira J-R, Gallardo-Saavedra S, Eugenio-Gozalbo M, Alonso-Gómez V, Muñoz-García M-Á, Hernández-Callejo L. Analysis of the Viability of a Photovoltaic Greenhouse with Semi-Transparent Amorphous Silicon (a-Si) Glass. *Agronomy*. 2021;11:1097.
9. Corrado C, Leow SW, Osborn M, Chan E, Balaban B, Carter SA. Optimization of gain and energy conversion efficiency using front-facing photovoltaic cell luminescent solar concentrator design. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2013;111:74-81.
10. Marinado T, Nonomura K, Nissfolk J, Karlsson MK, Hagberg DP, Sun L, et al. How the Nature of Triphenylamine-Polyene Dyes in Dye-Sensitized Solar Cells Affects the Open-Circuit Voltage and Electron Lifetimes. *Langmuir*. 2010;26:2592-2598.

Revendicări

1. Tiglă fotovoltaică pe bază de celule solare sensibilizate cu colorant (DSSC) pentru sere inteligente cu absorbție selectivă a radiației solare, **caracterizată prin aceea că:**

- a. 14 celulele solare sensibilizate cu colorant cu absorbție în UV conectate în paralel sunt implementate în acoperișul serei fotovoltaice sub forma unor tigle fotovoltaice.
- b. Fiecare DSSC este de tip n ce are în componență un fotoanod pe baza de TiO_2 cu arhitectură complexă alcătuită din 3 straturi subțiri, electrolit pe baza de redox iodura/triiodura, colorant DN-F01 (Dyename Yellow) ce absoarbe în UV și un contraelectrod de platina.
- c. Se utilizează material nanocristalin de tipul TiO_2 anatase și materialului poros de tipul TiO_2 brookit pentru realizarea fotoanodului.
- d. Se obțin prin metoda hidrotermală materialele semiconductoare ale DSSC-ului, componența a tiglei fotovoltaice.
- e. Transparența structurii mecanice a tiglei fotovoltaice este asigurată pe tot domeniu PAR.
- f. Se reutilizează DSSC-urile componente ale tiglei fotovoltaice.
- g. S-a realizat accesibilitatea la fiecare componență DSSC prin conceptul modular, interschimbabil al tiglei fotovoltaice.

2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, material nanocristalin de tipul TiO_2 anatase s-a obținut prin metoda hidrotermală la temperatura de 100°C și timpul de reacție de 12 h;

3. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, material poros de tipul TiO_2 brookit s-a obținut prin metoda hidrotermală la temperatura de 220°C și timpul de reacție de 24 h;

4. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, transparența structurii mecanice a tiglei fotovoltaice s-a realizat prin printare 3D folosind un filament PETG specială de la producătorul Colorfab nGEN Transparent de 1.75 mm grosime.

4. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, fiecare DSSC este prevăzut cu două găuri ce sunt utilizate atât pentru scoaterea electrolitului și a colorantului uzat, dar și pentru reumplerea cu electrolit și colorant nou.

5. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, structura mecanică a tiglei fotovoltaice a fost printată 3D modular fiind prevăzută cu 14 spații pentru DSSC-uri.

Figuri

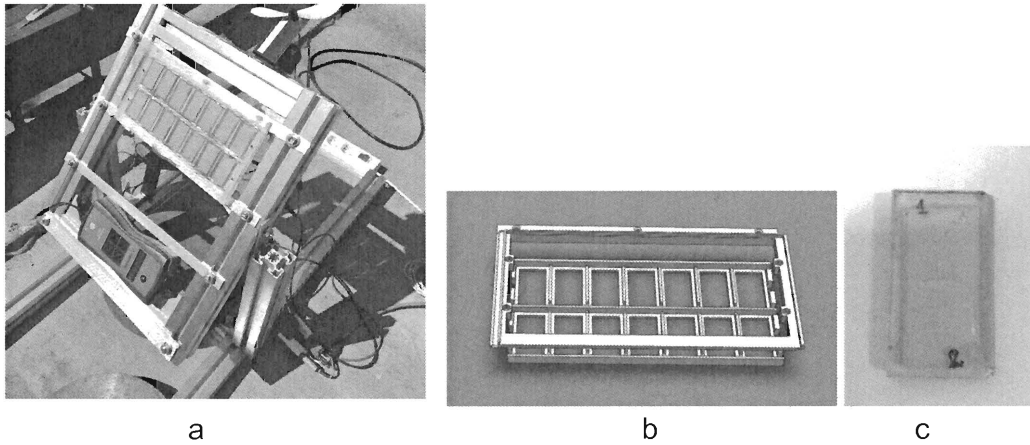


Figura 1 (a) Tigla fotovoltaica; (b) structura mecanica a tigei fotovoltaice; (c) o celula solara sensibilizata cu colorant pentru sera fotovoltaica

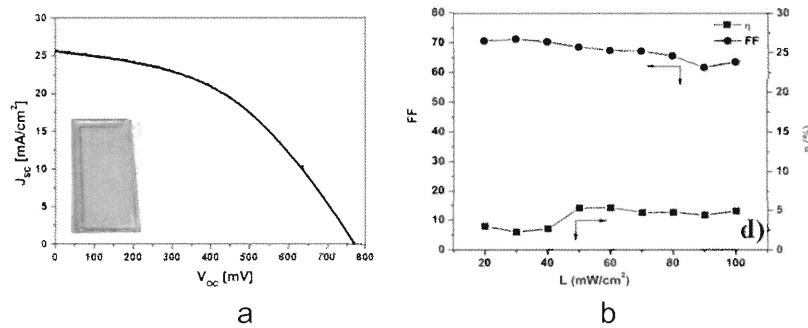


Figura 2 (a) Caracteristica I-V a unei DSSC, componenta a tigei fotovoltaice; (b) Evolutia eficientei fotovoltaice si a factorului de umplere a DSSC-ului, componenta a tigei fotovoltaice.

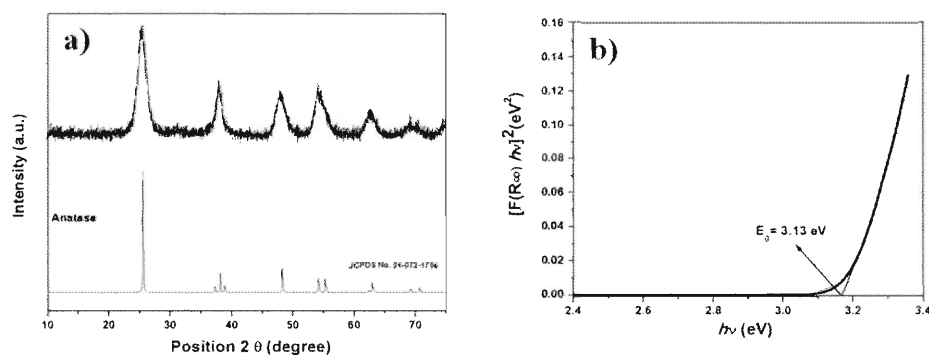


Figura 3 Spectru de difractie (a) si banda interzisa calculata din spectru de reflectanta difuza (b) al materialului nanocristalin de tipul TiO_2 anatase

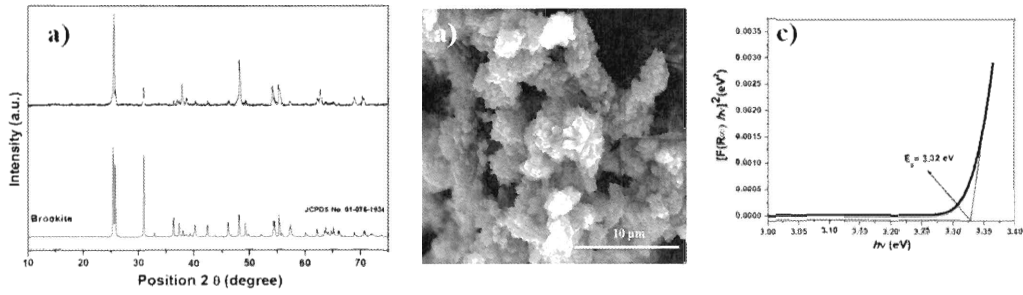


Figura 4 Spectru de difractie (a), imaginea SEM (b) si banda interzisa calculata din spectru de reflectanta difuza al materialului nanocristalin de tipul TiO₂ brookit

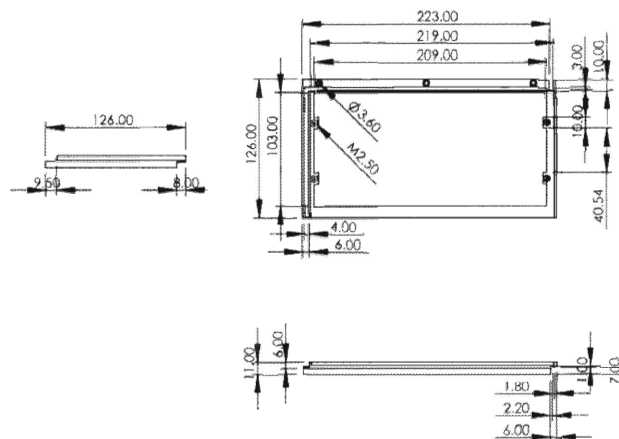


Figura 5 Cote capac tigla fotovoltaica

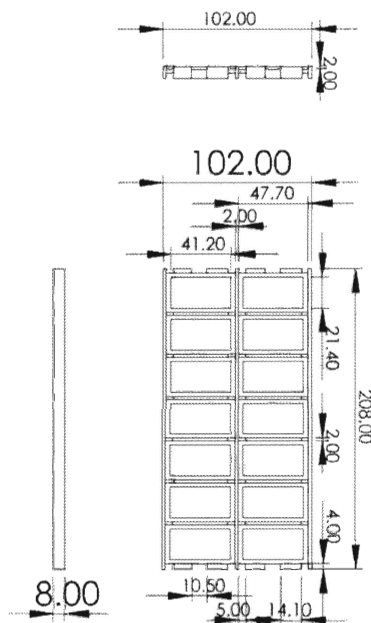


Figura 6 Cote structura mecanica a tiglei fotovoltaice

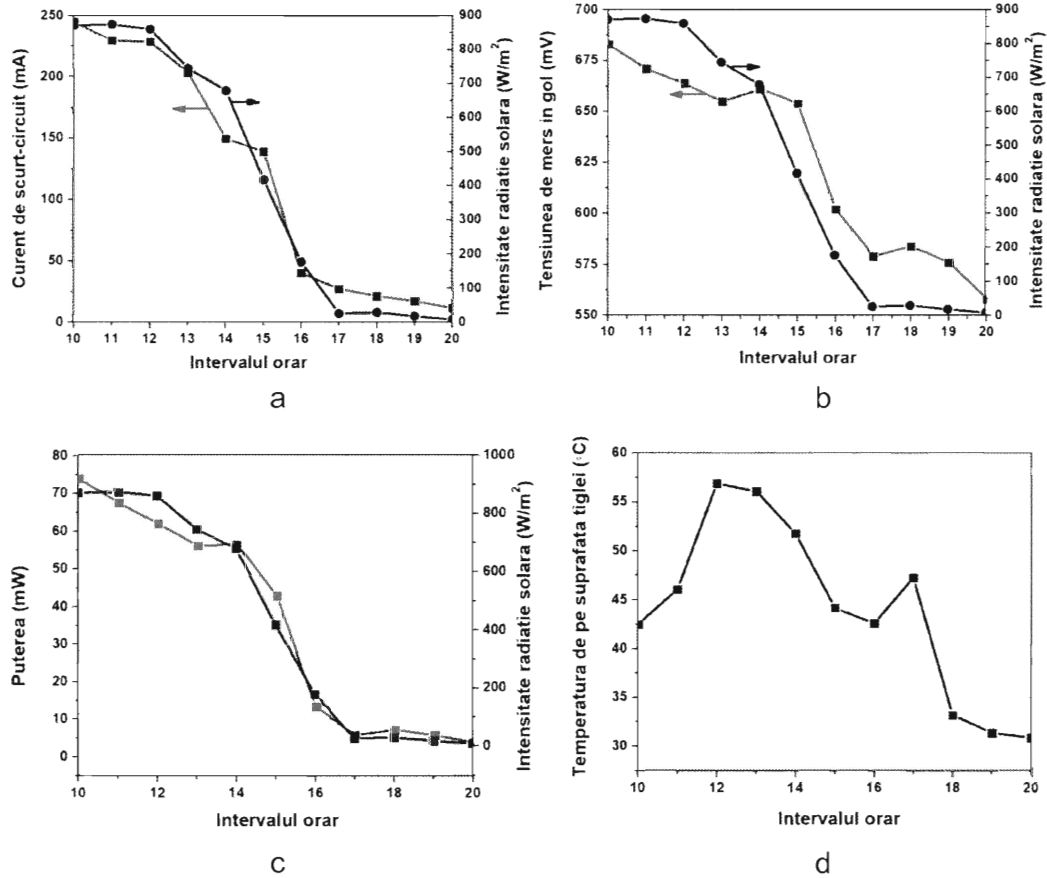


Figura 7 Evolutia parametrilor fotovoltaici ai tiglei fotovoltaice in decursul unei zile de vara, testare "outdoor" (a) Curentul de scurt circuit si intensitatea luminii in functie de ora la care au fost colectate; (b) Tensiunea de mers in gol si intensitatea luminii in functie de ora la care au fost colectate. (c) Puterea si intensitatea luminii in functie de ora la care au fost colectate. (d) Tin functie de ora la care au fost colectate.