



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00195

(22) Data de depozit: 10/04/2020

(41) Data publicării cererii:
30/12/2020 BOPI nr. 12/2020

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "BABEȘ BOLYAI" DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MIHAIL
KOGĂLNICEANU NR.1, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO

(72) Inventatori:
• TERENTI NATALIA,
STR.INDEPENDENȚEI, NR.10, BL.1, AP.26,
CHIȘINĂU, MD;

• GIURGI GAVRIL- IONEL, STR.ȘCOLII,
NR.6, ÎNTRERĂURI, MM, RO;
• SZOLGA LORANT ANDRAS,
STR.EROILOR, NR.78, AP.12, FLOREȘTI,
CJ, RO;
• GROSU ION, BLD.21 DECEMBRIE 1989,
NR.23-35, AP.81, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) **PROCEDEU PENTRU OBTINEREA DE CELULE SOLARE ORGANICE STABILE DE TIPUL ITO/ZnO/DONOR+ACCEPTOR/MoO₃/Al FOLOSIND UN DONOR DE TIP INDACENODITIOFENIC ȘI ACCEPTORI FULERENICI (PC₆₁BM)**

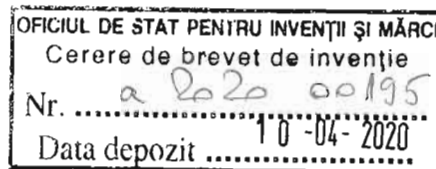
(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unor celule solare organice inverse de tip ITO/ZnO/donor + acceptor/MoO₃/Al care prezintă o eficiență PCE >1% . Donorul folosit este un derivat pentaciclic de tip indacenoditiofen derivatizat cu două unități benzo-furanice, iar acceptorul este derivatul fulerenic comercial PC61BM. Sinteza donoului implică în etapa de decorare a scheletului central cu unități benzofuranice utilizarea reacției de cuplare Stille. Celula solară organică propriu-zisă a fost obținută prin depunerea

peste stratul de ITO de pe suportul comercial, prin spin-coating, unui strat de ZnO de 40 nm și apoi a unui strat de 80 nm de amestec de donor:acceptor în raport 1:2, urmate de depunerea la vid înaintat a unui strat de MoO₃ de 10 nm și a electrodului de Al sub forma unui strat cu o grosime de 100 nm. Celula astfel obținută a prezentat o eficiență de conversie a energiei solare de 1,15%.

Revendicări: 1





**PROCEDEU PENTRU OBTINEREA DE CELULE SOLARE
ORGANICE STABILE DE TIPUL ITO/ZnO/DONOR +
ACCEPTOR/MoO₃/Al FOLOSIND UN DONOR DE TIP
INDACENODITIOFENIC SI ACCEPTORI FULERENICI (PC₆₁BM)**

DESCRIEREA INVENTIEI

Prin prezenta invenție dorim să protejăm procedeul de obținere a unor celule solare organice inverse [ITO/ZnO/donor + acceptor/MoO₃/Al] obținute folosind un donator original de tipul sistemelor aromatice cu nuclee condensate (**1**) și acceptorul PC₆₁BM (**2**, compus comercial) (I, Figura 1, a). Celulele solare organice propuse în acest brevet au caracteristici optoelectronice foarte bune (valori PCE > 1 %), au o stabilitate remarcabilă în timp fără să necesite un sistem de protecție (prin acoperire cu un film izolator). Procedeul implică o serie de etape prin care diversele straturi ale celulei solare sunt depuse și analizate și se utilizează un donator ușor accesibil prin sinteza organică (**1**). Donatorul este un compus original de tipul derivatilor indacenoditiofenului în care substituenții structurii centrale sunt unități robuste de tipul benzofuranului, iar unitatea centrală face parte din clasa derivatilor pentaciclici condensati ditiofenici. Compusul **1** a fost obținut de către noi printr-o procedură originală bazată pe o reacție de cuplare de tip Stille (Schema 1). În schema 1, intermediarii **3-5** [1, 2] și derivatul 2-tributilstaniu al benzofuranului [3] sunt deja raportați în literatură. 2,5-Dibromotereftalatul de dietil (compusul de pornire, CAS: 18013-97-3), *p*-bromo-hexilbenzenul (CAS: 23703-22-2) și derivatul tributilstanat al tiofenului (CAS: 54663-78-3) sunt compuși comerciali. Pentru comparație au fost fabricate și celule clasice de tipul „bulk” obișnuite (numite și „directe”; structura ITO/PEDOT/donor + acceptor/Al, Figura 1, b) care au prezentat eficiențe mai scăzute (PCE < 0,8 %) și o stabilitate în timp foarte redusă (degradare de 50 % în 12 ore). Cu toate că există date în literatură referitoare la obținerea de celule inverse [4-10], procedurile utilizate sunt personalizate pentru fiecare tip de celulă solară organică în parte, fiind necesare investigații amanunțite și elaborarea unor proceduri adaptate pentru fiecare caz în parte.

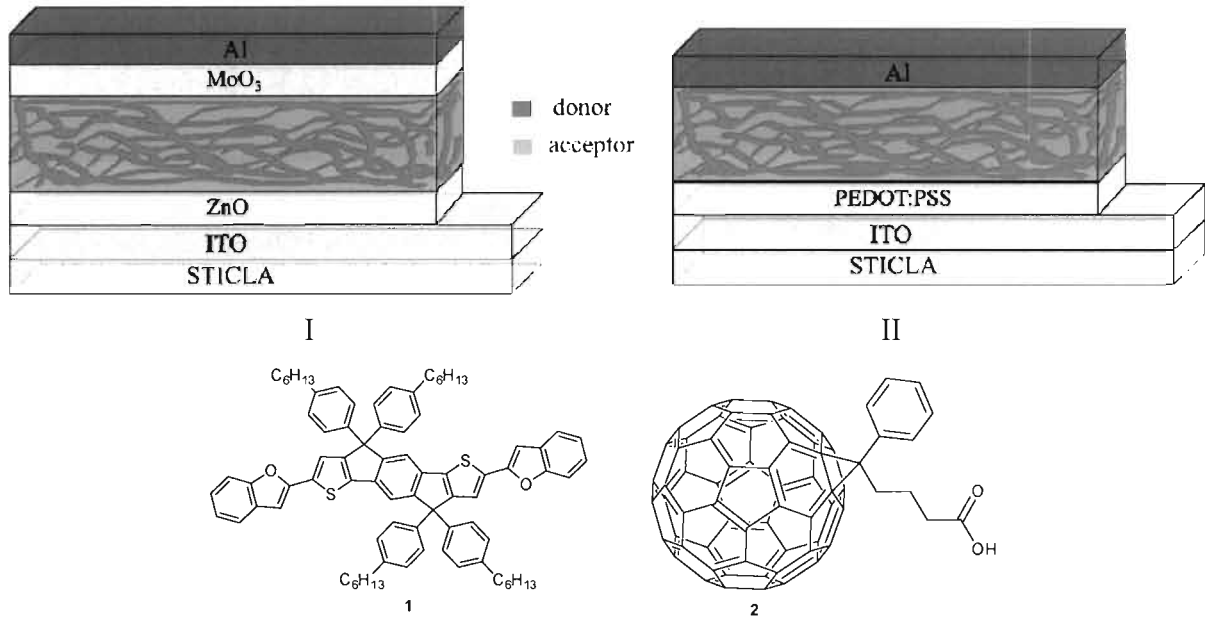
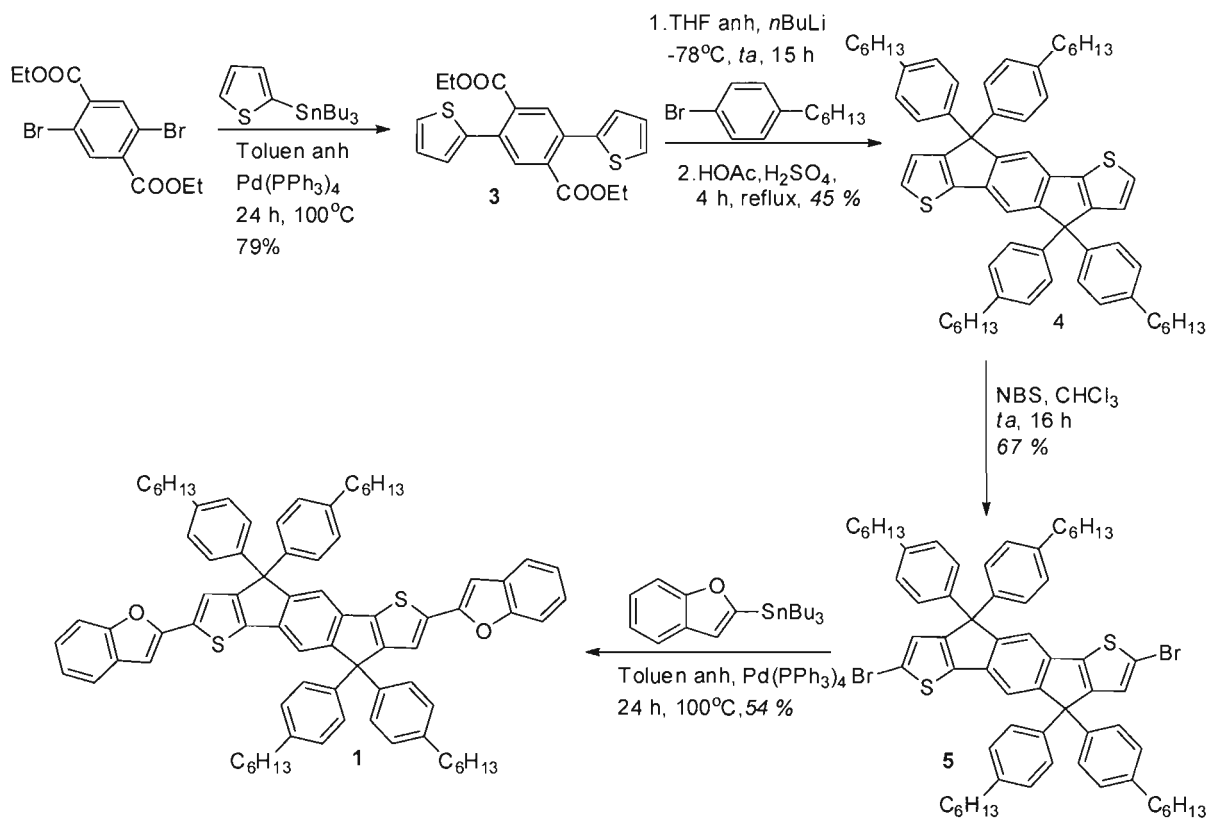


Figura 1. Reprezentari schematice ale celulelor solare organice „bulk” inverse (I) / directe (II) si formulele structurale ale donorului (1) si acceptorului (2) propusi pentru fabricarea noilor celule solare organice



Schema 1

Scopul prezentei inventii consta in elaborarea unor proceduri eficiente si reproductibile pentru obtinerea donorului **1** si a celulelor solare organice inverse de tipul ITO/ZnO/ donorul **1** + PC₆₁BM/MoO₃/Al folosind donorul **1** si acceptorul PC₆₁BM. Din schema de sinteza a donorului **1** dorim sa protejam ultima reactie, cuplajul Stille care decurge cu un randament foarte bun (65 %) si care implica utilizarea unor conditii de reactie particulare (timp de reactie, solventi, temperatura de lucru) si a carui utilizare (in locul unei posibile reactii de cuplaj de tip Suzuki) este propusa de noi.

Procedura de sinteza (care se protejeaza) pentru obtinerea compusului I

Compusul dibromurat **5** (0,25 g, 0,23 mmol) și derivatul 2-tributilstanic al benzofuranului (0,28 g, 0,7 mmol) se dizolva în 50 mL toluen. Amestecul de reacție este degazat de câteva ori după care se adauga in portiuni mici catalizatorul Pd(PPh₃)₄ (0,02 g, 0,018 mmol). Amestecul de reactie se incalzeste la 100°C si acesta este mentinut la aceasta temperatura timp de 24 h. Amestecul de reactie este racit la temperatura camerei, apoi se adauga 35 mL solutie saturara de NaF si masa de reactie rezultata este agitata timp de 1h la aceasta temperatura. La terminarea agitarii se adauga 100 mL de apa si masa de reactie rezultata se extrage cu 3 x 50 mL eter etilic. Fazele organice reunite se usuca timp de 6 h pe sulfat de magneziu anhidru (5 g). Compusul curat se obtine dupa filtrarea solutiei eterice si indepartarea solventului la rotavapor prin purificare pe coloană cromatografică cu silica gel, utilizând ca eluent eterul de petrol.

Caracterizarea compusului I

Aspect: solid portocaliu; **punct de topire:** 244-245°C; **randament:** 65 %;

Rf: 0,15 (coloană cromatografică cu silica gel; eter de petrol).

¹H RMN (400 MHz, CD₂Cl₂) δ (ppm): 7,55 (d, *J* = 8 Hz, 2 H), 7,51 (s, 2 H), 7,46 (d, *J* = 8 Hz, 2 H) 7,40 (s, 2 H) 7,28-7,24 (semnale suprapuse, 4 H), 7,21 (d, *J* = 8,4 Hz, 8 H), 7,12 (d, *J* = 8,4 Hz, 8 H) 6,88 (s, 2 H), 2,56 (m, 8 H), 1,61 (m, 8 H), 1,34-1,27 (semnale suprapuse, 24 H), 0,86 ppm (m, 12 H).

¹³C RMN (100 MHz, CD₂Cl₂) δ (ppm): 157,3, 155,0, 154,3, 151,9, 142,5, 142,1, 141,9, 136,1, 135,7, 129,7, 129,0, 128,3, 124,9, 123,7, 121,2, 120,8, 118,0, 111,3, 101,5, 63,6, 36,0, 32,2, 32,0, 29,6, 23,1, 14,4 ppm.

HRMS (APCI⁺, Orbit Trap): Calculat pentru C₈₀H₈₃S₂O₂ [M+H]⁺: 1139,5829; gasit: 1139,5881.

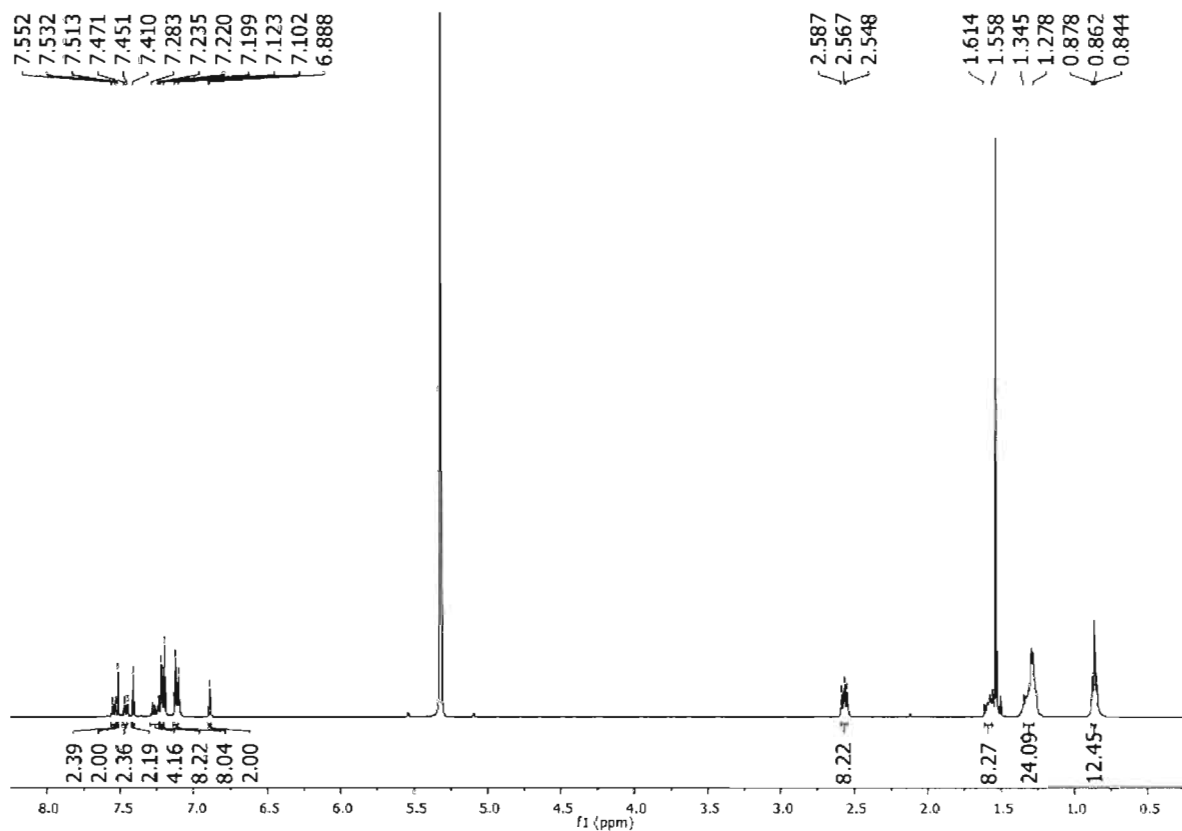


Figura 2. Spectrul ^1H RMN (400 MHz, CD_2Cl_2) al compusului 1

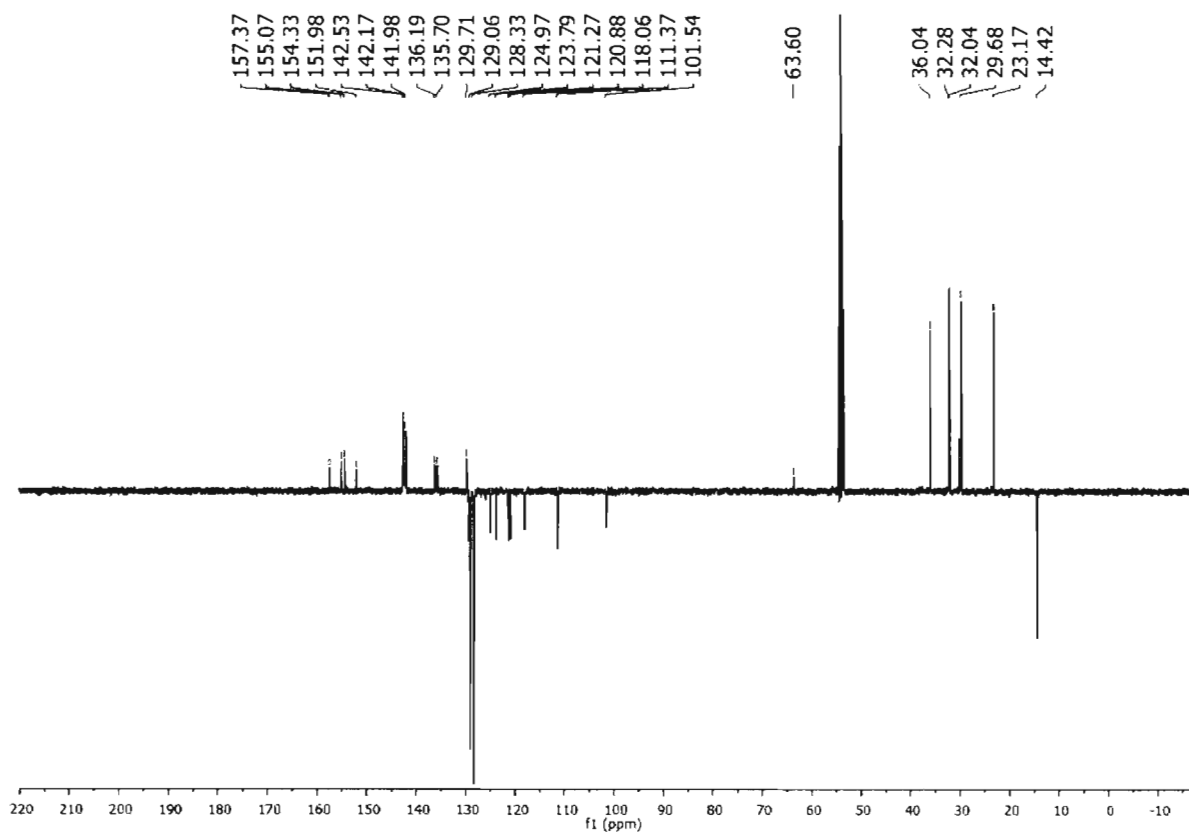


Figura 3. Spectrul ^{13}C RMN (100 MHz, CD_2Cl_2) al compusului 1

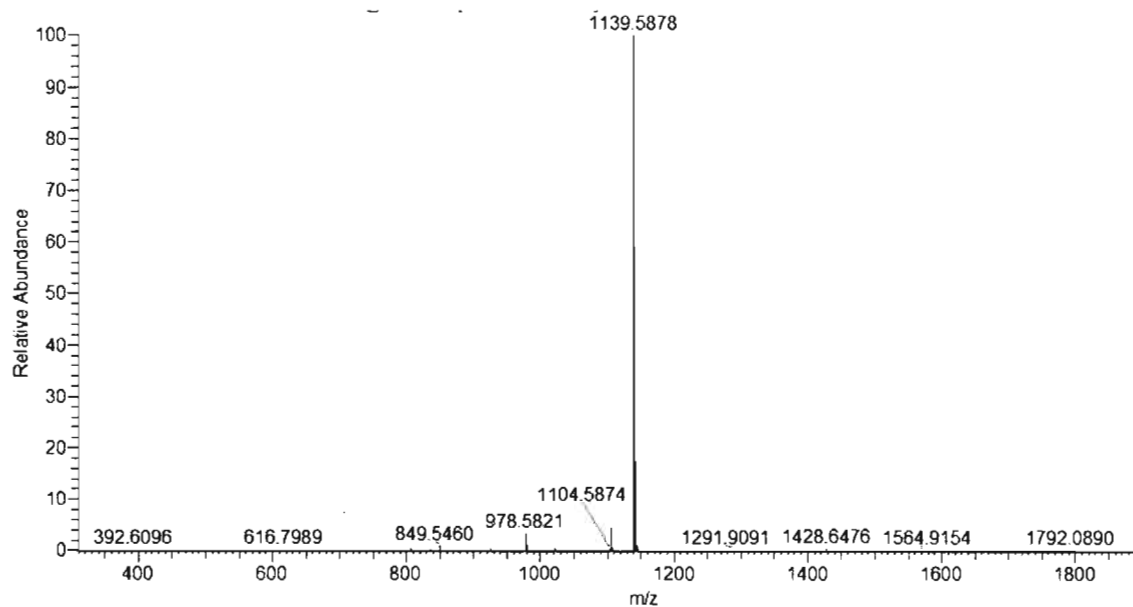


Figura 4. Spectrul de masa (HRMS, APCI) al compusului 1

Rezultate privind experimentele efectuate pentru a determina proprietatile optoelectronice ale compusului 1

Pentru compusul 1 au fost înregistrate spectre de absorbție UV-Vis, atât în soluție (CH_2Cl_2) cât și pentru compusul depus (cu ajutorul spin coater-ului) în strat subțire pe un suport de sticlă (Figura 5). Filmul a fost obținut utilizând o soluție 0,1 M a compusului 1 în diclorometan la o viteză de 4000 rotații/min a spin-coater-ului. Caracterizarea compusului 1 a fost completată cu datele de voltametrie ciclică (Figura 6).

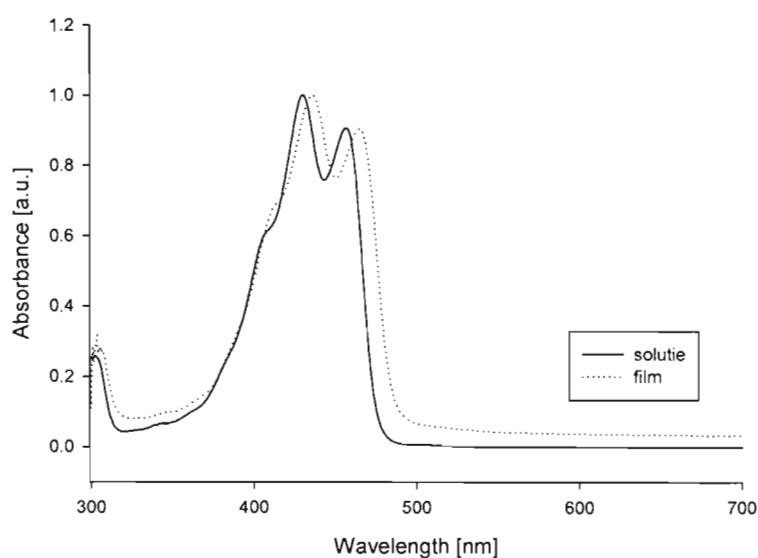


Figura 5. Spectrul de absorbție UV-Vis normalizat al compusului 1 înregistrat în soluție și film subțire

Spectrul UV-Vis în soluție prezintă două maxime de absorbție la 430 și 455 nm. În spectrul UV-Vis al filmului la temperatura camerei se observă o deplasare batocromă a maximelor de absorbție la 436 și 462 nm.

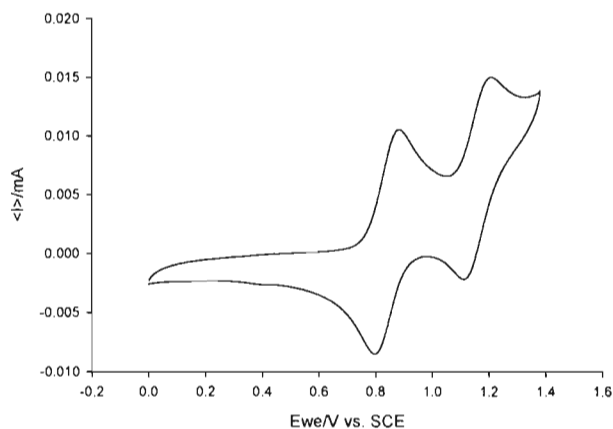


Figura 6. Voltamograma ciclică a compusului **1** înregistrată în soluție 0,10 M de $\text{Bu}_4\text{NPF}_6/\text{CH}_2\text{Cl}_2$, electrod de Pt, viteza de scanare 100 mV/s

Voltametria ciclică a compusului **1** s-a realizat folosind o soluție 0,1 M de hexafluorofosfat de tetrabutilamoniu cu rol de electrolit, electrodul de calomel ca electrod de referință și un electrod de fir de platina cu rol de contra electrod. Voltamograma compusului **1** pune în evidență formarea unui radical cation cu potențial de pic anodic de +0,87 V, care este instabil și formează un dication cu potențial de pic anodic de +1,20 V. Ambele procese de oxidare sunt reversibile. Compusul nu prezintă nici un pic catodic în procesul de reducere. Nivelele energetice HOMO, LUMO au fost determinate cu ajutorul datelor de voltametrie ciclică și a celor obținute în spectrul de absorbție UV-Vis. Valorile găsite sunt: -5,69 eV (HOMO) și -2,81 eV (LUMO), iar aceste valori atestă proprietățile de donor ale acestui compus.

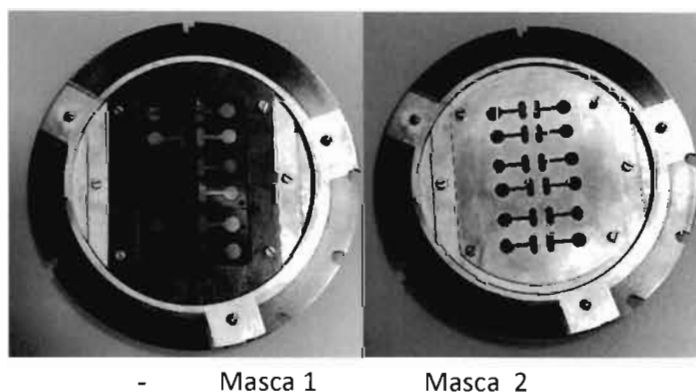
*Rezultatele obținute la investigarea celulei solare de tipul ITO / PEDOT : PSS / donor **1** + PC_{61}BM / Al (numite directe)*

Celulele directe au fost obținute prin depunerea peste substraturile de ITO curatate în prealabil prin spin-coating a unui strat de 40 nm grosime de PEDOT: PSS (x: y) urmat de depunerea tot prin spin-coating a unui strat de 80 nm grosime de amestec de donor **1** : PC_{61}BM în rapoarte de masă de 1 / 1; 1 / 2 sau 1 / 3. După obținerea stratului activ, s-au depun cu ajutorul echipamentului de depunere în vid înaintat electrozii de Al, grosimea stratului de Al depus fiind de 100 nm. Eficiențele medii măsurate (valori PCE) pentru cele 3 tipuri de celule (directe) au fost $\text{PCE} = 0,31 \%$ (rapoart de masă donor **1** : $\text{PC}_{61}\text{BM} = 1 / 1$),

0,71 % (raport de masa donor **1** : $\text{PC}_{61}\text{BM} = 1 / 2$) si 0,40 % (rapoart de masa donor **1** : $\text{PC}_{61}\text{BM} = 1 / 3$.)

*Procedura (care se protejeaza) pentru obtinerea celulei solare de tipul ITO/ZnO/donor **1** + $\text{PC}_{61}\text{BM}/\text{MoO}_3/\text{Al}$*

Pe substraturile de ITO curatate in prealabil (nota 1) se depune prin spin-coating (parametrii: $V_1=3000$ rpm, $T_1=40$ s, $V_2=500$ rpm, $T_2=1$ s) un strat de ZnO (nota 2) de 40 nm. Acestui strat i se aplica un tratament termic de 1h la 200 °C. In continuare, peste stratul de ZnO se depune prin spin-coating (parametrii: $V_1 = 1000$ rpm, $T_1 = 40$ s, $V_2 = 8000$ rpm, $T_2 = 20$ s) un strat de 80 de nm de amestec **donor 1** : PC_{61}BM (nota 3) in raport de masa de 1 : 2. Substraturile astfel preparate (in numar de 6) se monteaza in aparatul de depunere la vid inaintat (nota 4) impreuna cu masca 1 (Figura 7) si se depune un strat de 10 nm de MoO_3 la o presiune de 3×10^{-5} mbar si la un curent in domeniu 50-65 A. Dupa racire, substraturile sunt scoase din aparatul de depunere si masca 1 este inlocuita de masca 2 (Figura 7) si noul ansamblu se introduce in aparatul de depunere la vid inaintat. Se depun electrozii de aluminiu la o presiune de 1×10^{-6} mbar si la un curent in domeniu 21-40 A sub forma unui strat cu o grosime de 100 nm. Celulele astfel preparate (cate 2 pe fiecare suport) au fost caracterizate cu ajutorul simulatorului solar si a monocromatorului (nota 5). Rezultatele obtinute cu ajutorul simulatorului solar in mediul ambiental sunt prezentate in tabelul 1 si in figurile 8 si 9. Din analiza rezultatelor din tabel se poate observa ca cea mai bună eficienta este de $\text{PCE} = 1,30\%$ ($V_{oc} = 0,94$ V, $J_{sc} = 4,03$ mA/cm², $\text{FF} = 34,29\%$), iar valoarea medie pentru 5 celule investigate este de 1,15 %.



- Masca 1 Masca 2

Figura 7. Masca 1 pentru depunerea MoO_3 si masca 2 pentru depunerea electrozilor de aluminiu

- **Tabelul 1.** Rezultatele obtinute la investigarea cu ajutorul simulator solar al celulelor inverse obtinute

Nr.	Voc(V)	Jsc (mA/cm ²)	FF (%)	PCE(%)	Medie
1	0,92	4,05	33,67	1,26	1,15
2	0,77	3,85	35,84	1,07	
3	0,94	4,03	34,29	1,30	
4	0,76	3,93	36,52	1,08	
5	0,76	3,73	35,97	1,01	

In Figura 8 s-au prezentat caracteristicile densitatii de curent vs tensiune (la intuneric si lumina) pentru cea mai buna celula inversa obtinuta in urma masuratorilor cu simulatorul solar.

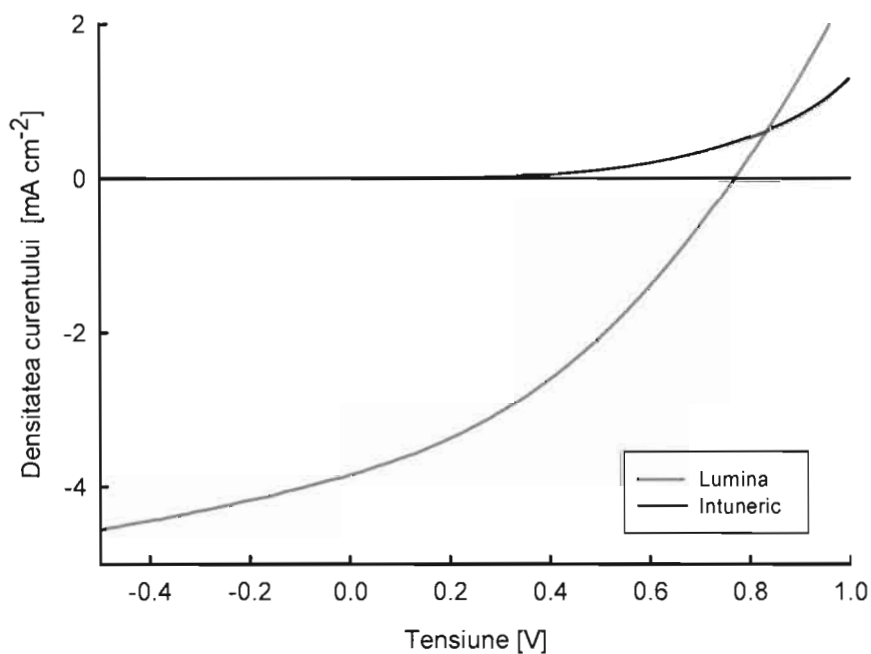


Figura 8. Caracteristica de densitate de curent (Jsc) in functie de tensiune (Voc)

Caracteristica eficientei cuantice externe (EQE) pentru cea mai buna celula solara inversa, rezultata in urma masurătorii cu monocromatorul este prezentata in Figura 9. Din caracteristica corespunzatoare eficientei cuantice externe (EQE) rezulta densitatea de curent de scurt circuit (Jsc).

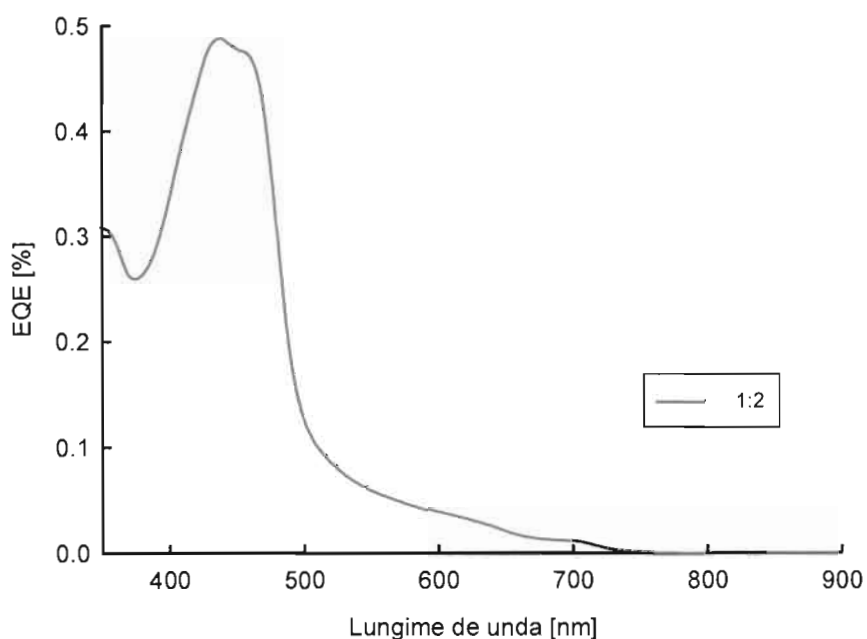


Figura 9. Eficienta cuantica externa (EQE)

Note :

1) Substraturile ITO se curata prin: sonicare cu apa distilata (10 min), deconex (10 min), alcool etilic (10 min) si izopropanol (10 min), dupa care se usuca cu foehn-ul si se trateaza la UV Ozone Cleaner (20 min).

2) Reteta pentru prepararea ZnO: intr-un balon de 10 mL se dizolva acetat de zinc dihidrat (197,6 mg) in alcool etilic (6 ml) si etanolamina (54 μ l), dupa care amestecul se agitata timp de 12 h la 45 °C. Produs obtinut se utilizeaza in aceasta forma fara alte tratamente sau purificari

3) Reteta pentru prepararea amestecului **donor 1 : PC₆₁BM** in raport 1 : 2. Se dizolva intr-un amestec de 0,15 ml CHCl₃ si 0,15 ml C₆H₅Cl 2 mg **donor 1** si 4 mg **PC₆₁BM**. Amestecul obtinut se lasa la agitat timp de 1h la 150 rpm dupa care solutia poate fi utilizata pentru a se realiza depunea stratului activ prin spin-coating.

4) Aparatul de depunere la vid inaintat utilizat este de tipul - **MANTIS DEPOSITION-model QUBE** si este dotat cu:

- **Sistem de vacuum** care are o pompa preliminara (debit de 10 m³/h), pompa turbomoleculara (debit de 300 litri/s) cu nivel de vacuum: 2×10^{-6} mbar sau mai bun

- **Evaporator** dotat cu 6 buzunare de evaporare (6 pockets) pentru evaporari secventiale si co-evaporari prevazute cu shuttere si doua surse de putere pentru polalizarea evaporatoarelor in domeniul de tensiune 0-6,3 V si curent electric 0-105 A
 - **Suport de proba** cu diametrul substratului de 10 cm si o viteza de rotatie a substratului intre 0-28 rpm
 - **Sistem de determinare grosime straturi depuse** cu microbalanta cu cristal de cuarț (QCM) ce permite o rezolutie a grosimii de 0,1 Å;
- 5) **Sistemul de caracterizări fotovoltaice -Newport/Oriel- model PVIV-5A LCS100** format din **Simulatorul solar LCS-100 (94011A-ES)** clasa ABB conform standardelor ASTM si IEC, pentru operare AM1.5G la 1.0 putere solara dotat cu lampa Xenon de 100 W, suprafata de lucru: 38 mm x 38 mm, avand o putere solara maxima de 1,2 suns, o divergenta unghiulara (1/2 unghi) < 6° si o distanta de lucru de $17.5 \pm 2,5$ cm si **Sistem de caracterizări fotovoltaice** - IQE 200B Quantum Efficiency Measurement Solution care include sursa de lumina (lampa Xenon de 100 W), monocromator (domeniu de lungimi de unda: 350-1100 nm ; latimea benzii spectrale de minim 5 nm) detectori, controler „beam chopper” cu amplificator „lock-in”, software specific, celula de calibrare

Bibliografie

- [1] Chan, S.-H.; Chen, C.-P.; Chao, T.-C.; Ting, C.; Lin, C.-S.; Ko, B.-T., *Synthesis, Characterization, and Photovoltaic Properties of Novel Semiconducting Polymers with Thiophene-Phenylene – Thiophene (TPT) as Coplanar Units*, *Macromolecules*, **2008**, *41*, 5519 – 5526.
- [2] Li, Y.; Tatum, W. K.; Onorato, J. W.; Barajas, S. D.; Yanga, Y. Y.; Luscombe, C. K., *An indacenodithiophene-based semiconducting polymer with high ductility for stretchable organic electronics*, *Polym. Chem.*, **2017**, *8*, 5185 – 5193.
- [3] Tsai, Y.-W.; Ni, J.-S.; Wu, F.-L.; Yeh, M.-C. P.; Cheng, Y.-J.; Tsai, L.-Z.; Yu, S.-Y.; Ting, S.-Y.; Chen, L.-Y.; Wen, Y. S.; Lee, M. M.; Lin, J. T., *Bipolar transport materials for electroluminescence applications*, *Organic Electronics*, **2016**, *30*, 265 – 274.
- [4] Chander, N.; Singh, S.; Iker, S.S.K., *Stability and reliability of P₃HT : PC₆₁BM inverted organic solar cells*, *Sol. Energ. Mat. Sol. C.*, **2017**, *161*, 407 – 415.
- [5] Chen, D.; Zhang, C.; Wang, Z.; Zhang, J.; Feng, Q.; Xu, S.; Zhou, X.; Hao, Y., *Performance Comparison of Conventional and Inverted Organic Bulk Heterojunction Solar*

Cells from Optical and Electronical Aspects, {IEEE} Tran. Electron Devices, **2013**, *60*, 451 – 457.

[6] Yeom, H. R.; Heo, J.; Kim, G.-H.; Ko, S.-J.; Song, S.; Jo, Y.; Kim, J. Y.; Walker, B.; Kim, J. Y., *Optimal top electrodes for inverted polymer solar cells*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2015**, *17*, 2152 – 2159.

[7] Sun, Y. M.; Seo, J. H.; Takacs, C. J.; Seifert, J.; Heeger, A. J., *Inverted Polymer Solar Cells Integrated with a Low-Temperature-Annealed Sol-Gel-Derived ZnO Film as an Electron Transport Layer*, *Adv. Mater.*, **2011**, *23*, 1679 – 1683.

[8] Wang, Y.; Cong, H.; Yu, B.; Zhang, Z.; Zhan, X., *Efficient Inverted Organic Solar Cells Based on a Fullerene Derivative-Modified Transparent Cathode*, *Materials*, **2017**, *10*, 1064 – 1072.

[9] Min, J.; Luponosov, Y. N.; Zhang, Z.-G.; Ponomarenko, S. A.; Ameri, T.; Li, Y.; Brabec, C. J., *Interface Design to Improve the Performance and Stability of Solution-Processed Small-Molecule Conventional Solar Cells*, *Adv. Energy Mater.*, **2014**, 1400816 – 1400825;

[10] You, H.; Dai, L.; Zhang, Q.; Chen, D.; Jiang, Q.; Zhang, C., *Enhanced Performance of Inverted Non-Fullerene Organic Solar Cells by Using Metal Oxide Electron and Hole-Selective Layers with Process Temperature ≤ 150 °C*, *Polymers*, **2018**, *10*, 725 – 735.

**PROCEDEU PENTRU OBTINEREA DE CELULE SOLARE
ORGANICE STABILE DE TIPUL ITO/ZnO/DONOR +
ACCEPTOR/MoO₃/Al FOLOSIND UN DONOR DE TIP
INDACENODITIOFENIC SI ACCEPTORI FULERENICI (PC₆₁BM)**

REVEDICARI

Procedura de sinteza pentru obtinerea compusului 1

Compusul dibromurat **5** (0,05-0,5 g, 0,046 – 0.46 mmol) și derivatul 2-tributilstanic al benzofuranului (0,14 – 0,56 g, 0,35 – 1,4 mmol) se dizolva în 20 – 100 mL toluen. Amestecul de reacție este degazat de câteva ori după care se adauga in portiuni mici catalizatorul Pd(PPh₃)₄ (0,01 – 0,04 g, 0,009 – 0,036 mmol). Amestecul de reactie se incalzeste la 50 – 100 °C si temperatura este mentinuta constanta timp de 12 – 48 h. Amestecul de reactie este racit la temperatura camerei, apoi se adauga 10 – 50 mL solutie saturata de NaF si masa de reactie rezultata este agitata timp de 1-4 h la aceasta temperatura. La terminarea agitarii se adauga 50 - 200 mL de apa si masa de reactie rezultata se extrage cu 3 x 50 – 100 mL eter etilic. Fazele organice reunite se usuca timp de 2 – 12 h pe sulfat de magneziu anhidru (1 – 10 g). Compusul curat se obtine dupa filtrarea solutiei eterice si indepartarea solventului la rotavapor prin purificare pe coloană cromatografică cu silica gel, utilizând ca eluent eterul de petrol.

Procedura pentru obtinerea celulei solare de tipul ITO/ZnO/donor 1 + PC₆₁BM/MoO₃/Al

Pe substraturile de ITO curatate in prealabil se depune prin spin-coating (parametrii: V1= 1000 – 4000 rpm, T1 = 10 – 70 s, V2 = 100 – 1000 rpm, T2 = 1 – 5 s) un strat de ZnO de 10 – 100 nm. Acestui strat i se aplica un tratament termic de 0,5 – 3 h la 100 – 250 °C. In continuare, peste stratul de ZnO se depune prin spin-coating (parametrii: V1 = 1000 – 4000 rpm, T1 = 10 – 70 s, V2 = 1000 – 10000 rpm, T2 = 10 – 40 s) un strat de 40 – 150 de nm de amestec **donor 1 : PC₆₁BM** in raport de masa de in intervalul 1 : 3 – 3: 1. Substraturile astfel preparate (in numar de 6) se monteaza in aparatul de depunere la vid inaintat impreuna cu o masca care permite fixarea placutelor de ITO si se depune un strat de 5 – 25 nm de MoO₃ la o presiune de 1 – 9 x 10⁻⁵ mbar si la un curent in domeniu 50 – 65 A. Dupa racire, substraturile sunt scoase din aparatul de depunere si masca initiala este inlocuita de o alta masca ce permite depunerea electrozilor de Al si noul ansamblu se introduce in aparatul de depunere la vid inaintat. Se depun electrozii de aluminiu la o presiune de 1 – 9 x 10⁻⁶ mbar si la un curent

in domeniu 21 - 40A sub forma unui strat cu o grosime de 50 – 200 nm. Celulele astfel preparate (cate 2 pe fiecare suport) au fost caracterizate cu ajutorul simulatorului solar si a monocromatorului. Rezultatele obtinute arata ca cea mai bună eficienta este de PCE = 1,30 % ($V_{oc} = 0,94$ V, $J_{sc} = 4,03$ mA/cm², FF = 34,29 %), iar valoarea medie pentru 5 celule investigate la cel mai eficient raport donor / acceptor este de 1,15 %.

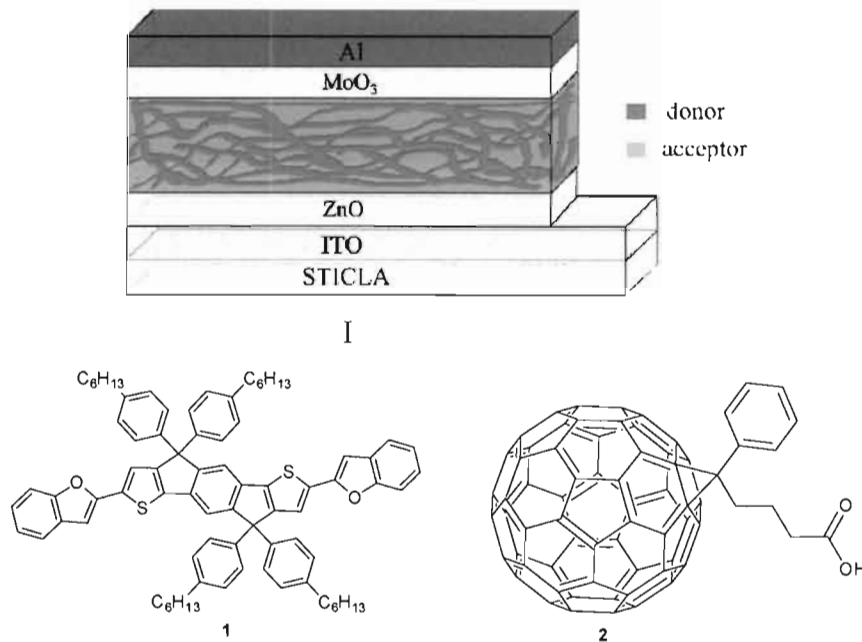


Figura 1'. Reprezentare schematica a celulelor solare organice „bulk” inverse (I) si formulele structurale ale donorului (1) si acceptorului (2) propusi pentru fabricarea noilor celule solare organice