



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00557**

(22) Data de depozit: **31/07/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **27/11/2020** BOPI nr. **11/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**26/02/2016** BOPI nr. **2/2016**

(73) Titular:  
• UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN  
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,  
BV, RO

(72) Inventatori:  
• COTFAS DANIEL-TUDOR,  
STR. INDEPENDENȚEI NR. 92, BL. 336A,  
AP. 9, BRAȘOV, BV, RO;

• COTFAS PETRU-ADRIAN,  
STR. MIHAI VITEAZUL NR. 44, BL. 63,  
SC. D, ET. 4, AP. 14, BRAȘOV, BV, RO;  
• FLOROIAN DAN-ION,  
STR. PIAȚA GEORGE ENESCU NR. 6,  
AP. 4, BRAȘOV, BV, RO;  
• FLOROIAN LAURA,  
STR. PIAȚA GEORGE ENESCU NR. 6,  
AP. 4, BRAȘOV, BV, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US8860424B1; CN103207360A**

(54) **METODĂ ȘI DISPOZITIV DE TESTARE ACCELERATĂ  
A TIMPULUI DE ÎMBĂTRÂNIRE A CELULELOR  
FOTOVOLTAICE - ARCL**



1           Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv de testare accelerată a timpului de  
îmbătrânire a celulelor fotovoltaice.

3           Există mai multe metode dezvoltate până în prezent pentru testarea accelerată a  
timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice: Damp Heat test (DH) - metoda în care celula  
5       fotovoltaică este menținută la temperatura de 85°C și umiditatea de 85%; Highly Accelerated  
Stress Test (HAST) - metoda în care celula fotovoltaică este menținută la temperatura de  
7       85°C și umiditatea de 100%; metoda de testare cu cicluri termice - temperatura variază de  
la -40°C la 85°C și se injectează curent electric egal cu  $1.25 \times I_{sc} \times \text{nr. de sori}$ ,  $I_{sc}$  reprezintă  
9       curentul de scurt circuit generat de celula fotovoltaică; Step-stress accelerated ageing tests  
- temperatura variază de la - 90°C la 130°C și se injectează curent electric echivalent cu  
11      curentul de scurt circuit generat la 700 sau 1500 de sori. Dintre metodele existente pentru  
testarea accelerată a timpului de îmbătrânire pentru celulele fotovoltaice ca principiu, cea  
13      mai apropiată este metoda Step-stress accelerated ageing tests.

15       Injectarea curentului echivalent cu cel generat de celula fotovoltaică iluminată cu 700  
sori este unul dintre dezavantajele metodei Step-stress accelerated ageing tests, deoarece  
nu se utilizează radiația luminoasă, adică condițiile normale de utilizare a celulelor fotovol-  
17      taice. Un alt dezavantaj al metodei este utilizarea camerei climatice, care are costuri ridicate,  
nepermițând testarea celulelor fotovoltaice în condiții de iluminare în timpul testului, ci doar  
19      în condiții de întuneric.

21       Patentul **US 8860424 B1** descrie o metodă similară pentru testarea accelerată a  
timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice. Dezavantajele față de invenția propusă sunt:  
metoda este dedicată doar celulelor solare multijoncțiune, folosește o cameră de vid care  
23      este foarte scumpă, folosește un sistem foarte complex și greu de realizat.

25       Reglarea temperaturii se realizează cu camera termică. Metoda propusă nu studiază  
timpul de îmbătrânire în funcție de modul de lucru al celulei în sarcină sau fără sarcină.  
Durata pentru testare este de 1 săptămână.

27       Patentul **US 2002/0171441 A1** descrie o metodă pentru testarea accelerată a timpului  
de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice ce utilizează o diodă laser. Metoda permite studiul  
29      doar pentru celule fotovoltaice de arie foarte mică, de circa  $1 \text{ mm}^2$  și doar pentru spectrul  
diodei laser.

31       Metoda de testare accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice -ARCL  
(rapid ageing in concentrated light), conform invenției, utilizează lumina concentrată ca agent  
33      de îmbătrânire și se bazează pentru determinarea timpului de îmbătrânire pe măsurarea  
puterii maxime a celulei fotovoltaice în timp real. Celula fotovoltaică este considerată  
35      îmbătrânită atunci când puterea maximă a scăzut cu 20% față de puterea maximă inițială,  
ceea ce corespunde unei durate de viață a celulelor solare de 25 ani.

37       Timpul de testare necesar pentru metodele existente este foarte mare, ceea ce  
constituie un alt dezavantaj, pentru metoda DH timpul necesar este de 2000 ore, iar pentru  
39      metoda Step- stress accelerated ageing tests este de peste 100 de ore.

41       Avantajul metodei de testare accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor  
fotovoltaice - ARCL este reducerea duratei de testare, timpul necesar testării utilizând  
metoda propusă fiind de maximum 40 ore. Un alt avantaj al metodei propuse pentru testarea  
43      accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice este utilizarea luminii concen-  
trate. Utilizarea luminii în procesul de îmbătrânire accelerată permite studierea în condițiile  
45      de funcționare a celulelor fotovoltaice. De asemenea utilizarea luminii concentrate și a siste-  
mului de răcire asigură o temperatură cvasiconstantă a celulelor fotovoltaice fără utilizarea

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| unei camere climatice. Măsurarea puterii maxime generate de celulele fotovoltaice este realizată în timp real pe parcursul procesului de îmbătrânire. Sistemul creat permite testarea celulelor fotovoltaice atât în sarcină, cât și fără sarcină, pentru a putea studia influența existenței sarcinii asupra timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1<br>3                                                   |
| Măsurarea caracteristicii curent - tensiune (I-U) în lumină concentrată permite determinarea puterii maxime generate de celulele fotovoltaice.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 5                                                        |
| În continuare prezentăm un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1, 2 și 3, care reprezintă:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7                                                        |
| - fig. 1, shema sistemului pentru realizarea metodei de testare accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice - ARCL;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 9                                                        |
| - fig. 2, tipuri constructive pentru suportul celulelor fotovoltaice;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 11                                                       |
| - fig. 3, schema bloc a sistemului de măsură și control;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                          |
| În fig. 1 este prezentată schema sistemului pentru realizarea metodei de testare accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice - ARCL. Sistemul este unul simplu, mult mai ușor de realizat decât cele existente, ceea ce conferă un mare avantaj invenției propuse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 13<br>15                                                 |
| Sistemul este alcătuit din sursa de iluminat, sistemul de răcire, sistemul de poziționare, sistemul de măsură și celulele fotovoltaice.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 17                                                       |
| Ca sursă de iluminat (1) se utilizează o lampă de xenon deoarece spectrul acestei lămpi este cel mai apropiat de spectrul radiației solare, suplimentar se pot utiliza filtre pentru a se obține spectrul pentru AM 1.5 G (masa de aer), între 400nm și 2500nm. Sursa are un reflector optic al cărui design permite obținerea luminii concentrate. Sistemul de răcire este alcătuit din suportul celulelor fotovoltaice (2) care poate fi plan sau cilindric, fig. 2; pompa de apă (3) ce asigură circulația apei atât prin suport, cât și prin sistemul de răcire a sursei de iluminat; debitmetru (4) utilizat pentru controlul debitului lichidului de răcire; bazinul de apă (5) utilizat pentru menținerea unei temperaturi cvasiconstante a apei utilizate pentru răcire și sistemul de conducte (6) prin care circulă apa; masa de poziționare a suportului celulelor fotovoltaice (7) ce asigură iluminarea celulelor fotovoltaice la diferite valori ale iradiantei; sistemul de măsură și control (8) ce asigură controlul debitului apei, poziționarea celulelor fotovoltaice prin intermediul mesei de poziționare, măsurarea caracteristicii curent tensiune și determinarea puterii maxime a celulelor fotovoltaice (9), măsurarea temperaturii celulelor fotovoltaice utilizându-se termocuple și realizarea corecției de temperatură pentru puterea maximă, realizarea sarcinii pentru celulele fotovoltaice. Măsurarea caracteristicii curent - tensiune a celulelor fotovoltaice se realizează prin utilizarea unui condensator ca sarcină variabilă în timpul încărcării sale. Celulele fotovoltaice ce pot fi testate sunt cele neîncapsulate și încapsulate, cu dimensiunile până la 1cm/1cm, pentru a se asigura o cvasi uniformitate a iluminării. | 19<br>21<br>23<br>25<br>27<br>29<br>31<br>33<br>35<br>37 |
| În fig. 2 sunt prezentate tipurile constructive pentru suportul celulelor fotovoltaice: suportul plan (A) cazul în care se utilizează efectul luminos și efectul termic pentru îmbătrânirea accelerată a celulelor fotovoltaice și suportul de tip cuvă (B) cazul în care se utilizează efectul luminos, efectul termic și efectul umidității pentru îmbătrânirea accelerată a celulelor fotovoltaice. În cazul suportului de tip cuvă se utilizează pentru închidere sticla de cuarț rezistentă la temperaturi ridicate.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 39<br>41<br>43                                           |
| În fig. 3 este prezentată schema bloc a sistemului de măsură și control. Partea centrală a sistemului de măsură și control este sistemul de achiziție de date și control (MC) care realizează achiziția datelor măsurate, prelucrarea acestora și controlul echipamentelor prin softul realizat; modulul de deschidere și închidere a sursei de iluminat (L); modulul de                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 45<br>47                                                 |

1 ridicare a caracteristicii curent - tensiune (I-U) care are urmatoarele circuite: circuitul de  
încarcare a condensatorului, circuitul de descarcare a acestuia pentru a se putea măsura din  
3 nou caracteristica curent tensiune și circuitul pentru aplicarea sarcinii pe celulele fotovoltaice;  
modulul de control al debitului (D) și modulul de control pentru motorul pas cu pas ce asigură  
5 poziționarea mesei suport (S).

Măsurarea caracteristicii I-U, determinarea puterii maxime și măsurarea temperaturii  
7 se realizează la un interval de cinci minute (acesta fiind ușor de variat dacă este cazul  
utilizând softul creat). După măsurarea caracteristicii I-U se determină puterea maximă și  
9 utilizând un algoritm PID se reglează sarcina pentru celula fotovoltaică testată în sarcină  
astfel încât aceasta să lucreze în permanență în putere maximă.

11 Sistemul creat compară puterea maximă de la începutul testului cu cea determinată  
în măsurătoarea curentă. Testul se consideră încheiat dacă puterea maximă scade cu 20%.

## 13 Bibliografie

15 Patentul US 8860424 B1. Apparatus and method for highly accelerated life testing of  
solar cells, Paul F. Lamarche, Brett Julian Chicotka, 2014.

17 Patentul US 2002/0171441 A1. Method and apparatus for accelerated life testing of  
a solar cell, Upali Jayamaha, 2002.

1. Metoda de testare accelerată a timpului de îmbătrânire a celulelor fotovoltaice - ARCL (rapid ageing in concentrated light), **caracterizată prin aceea că**, folosește lumina concentrată generată de sursa (1), atât pentru iluminare, cât și încălzirea celulelor la temperatură dorită, menținerea temperaturii cvasiconstante realizându-se cu un sistem de răcire controlat prin debit, îmbătrânirea celulei fiind monitorizată prin măsurarea puterii maxime generată de celulele fotovoltaice măsurând caracteristica curent - tensiune, prin utilizarea modulului de măsurare I-V (3). 3  
5  
7  
9
2. Sistemul pentru implementarea metodei, conform revendicării 1, care permite testarea celulelor fotovoltaice în lumină concentrată, alcătuit din sursa de iluminat (1), sistemul de răcire: suportul celulelor fotovoltaice (2), pompa de apă (3), debitmetru (4), bazin (5), sistemul de conducte (6), masa de poziționare a suportului celulelor fotovoltaice (7) și modulul de măsură și control (8). 11  
13
3. Modulul pentru testarea îmbătrânirii celulelor solare cu și fără sarcină, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit din patru tranzistori de tip MOS FET cu rezistența internă în stare deschisă foarte mică (de ordinul miliohmilor) controlate cu ajutorul circuitelor de tip driver de tranzistor și a semnalului de ieșire din sistemul DAQ determinat prin calcul pe baza algoritmului PID, permițând variația sarcinii corespunzătoare tensiunii de circuit deschis până la puterea maximă și patru canale pe care se pot testa un număr de patru celule solare dintre care două cu sarcină și două fără sarcină. 15  
17  
19  
21

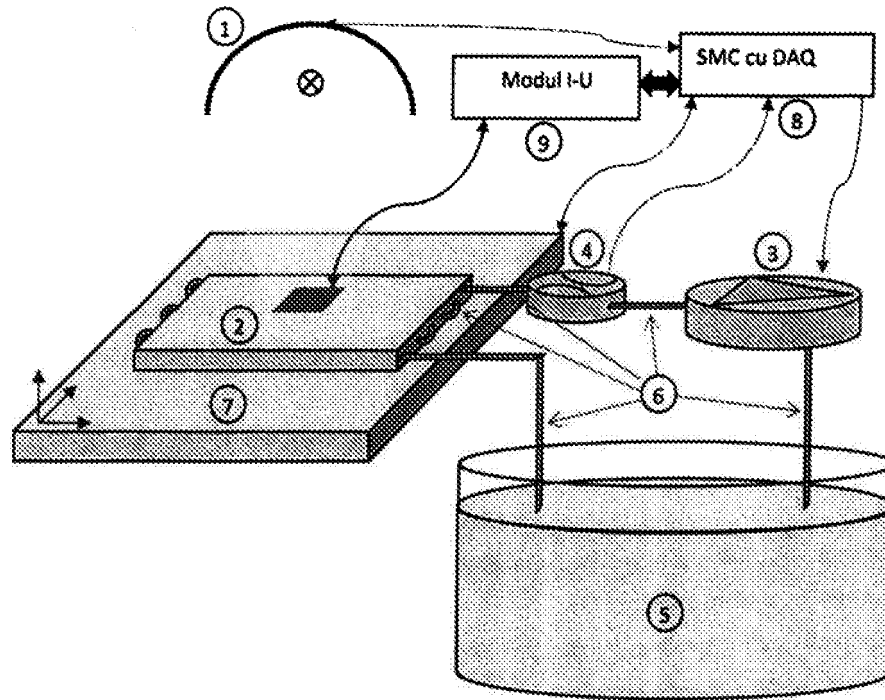


Fig. 1

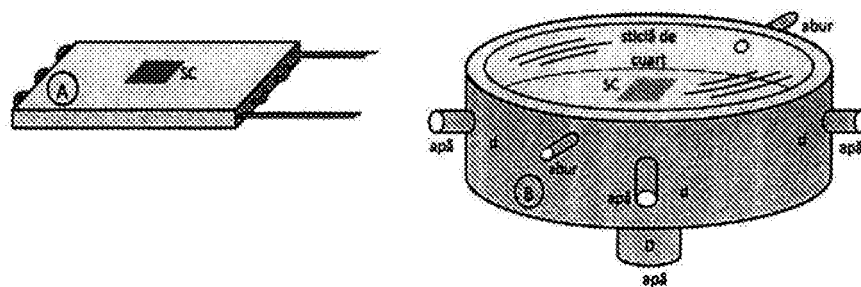
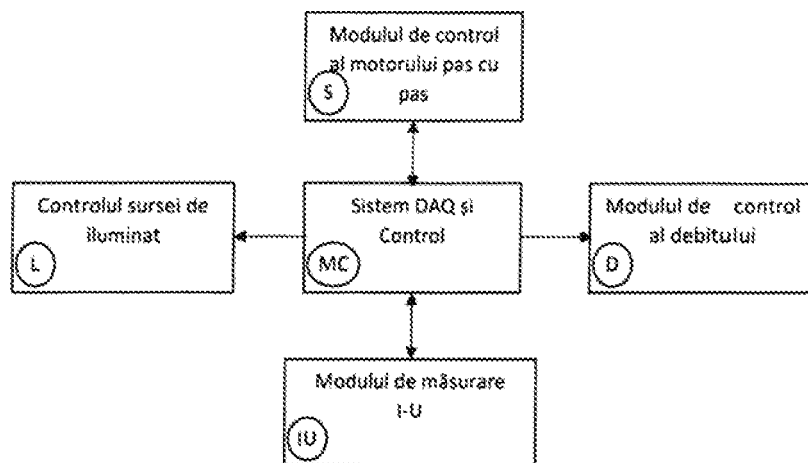


Fig. 2



**Fig. 3**

