



## REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat  
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) 3372 (13) C2

(51) Int. Cl.: H01L 31/00 (2006.01)

B05D 3/00 (2006.01)

B32B 7/00 (2006.01)

## (12) BREVET DE INVENȚIE

<p>(21) Nr. depozit: a 2006 0106 (22) Data depozit: 2006.03.31</p>	<p>(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2007.07.31, BOPI nr. 7/2007</p>
<p>(71) Solicitant: ȘIȘIANU Sergiu, MD (72) Inventatori: ȘIȘIANU Sergiu, MD; ȘIȘIANU Teodor, MD; RAILEAN Serghei, MD (73) Titular: ȘIȘIANU Sergiu, MD</p>	

## (54) Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice (variante)

## (57) Rezumat:

1

Invenția se referă la tehnologia dispozitivelor cu semi-conductori, în special la procedeele de obținere a celulelor fotovoltaice.

Procedeu, conform primei variante, include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice. Noutatea constă în aceea că procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor de tipul  $n^+ - p$ , sau  $p^+ - n$ , sau  $n^+ - p - p^+$ , oxidare, depunere contactelor ohmice, și depunere a peliculelor antireflectoare se efectuează cu prelucrarea fototermică rapidă.

Noutatea procedeuului, conform variantei a doua, constă în aceea că pe una sau ambele suprafețe opuse ale plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități, donor sau acceptor, de exemplu, siliciură de fosfor sau siliciură de bor, prin metoda oxidării anodice sau a depunerii chimice în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii, după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul  $n^+ - p$ , sau  $p^+ - n$ , sau  $n^+ - p - p^+$ , sau  $p^+ - n - n^+$  în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

Noutatea procedeuului, conform variantei a treia, constă în aceea că pe una din suprafețele plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impuritățile donor, de exemplu, siliciură de fosfor, iar pe suprafața opusă a plăcii de semiconductor se depune o altă sursă de difuzie

2

de tip acceptor în formă de peliculă metalică, de exemplu, din aluminiu, prin metoda evaporării în vid, sau oxidării anodice, sau prin depunerea chimică în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii; după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul  $n^+ - p$ , sau  $p^+ - n$ , sau  $n^+ - p - p^+$ , sau  $p^+ - n - n$  în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

Noutatea procedeuului, conform variantei a patra, constă în aceea că el include procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor conform revendicărilor 1, 2 sau 3, apoi, după curățirea suprafeței plachetei, are loc depunerea contactelor ohmice de metal, de exemplu, Al sau Ni, sau Cu, sau pastă de Ag, sau contacte ohmice străvezii de InSnO, urmate de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze inerte, de exemplu, cu argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

Noutatea procedeuului, conform variantei a cincea, constă în aceea că el include procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor și depunerea contactelor ohmice conform revendicărilor 1, 2, 3, sau 4, după care are loc depunerea peliculei străvezii cu proprietăți de antireflector din oxid de metal, de exemplu, ZnO<sub>2</sub> sau TiO<sub>2</sub>, urmată de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze, de exemplu, cu oxigen.

Revendicări: 5

Figuri: 3

**Descriere:**

Invenția se referă la tehnologia dispozitivelor cu semiconductori, în special la procedeele de obținere a celulelor fotovoltaice.

5 Celulele fotovoltaice sau solare reprezintă niște dispozitive cu semiconductori, care servesc pentru conversia energiei luminii în energie electrică. Elementele de bază ale celulei solare sunt: joncțiunea de tipul  $p^+$  - n, ori  $n^+$  - p, ori  $n^+$  - p -  $p^+$ , ori  $p^+$  - n -  $n^+$ , ori p - i - n, contactele ohmice și pelicula antireflectoare. Calitatea, eficiența și costul celulei fotovoltaice depind direct de calitatea, eficiența și costul procedeele tehnologice de obținere a joncțiunilor, contactelor ohmice și a peliculei antireflectoare. De aceea în procesul de producere a celulelor fotovoltaice, cea mai mare atenție se acordă tehnologiei și procedeele de formare a joncțiunii prin difuzia impurităților donor și acceptor, contactelor ohmice și a peliculei antireflectoare.

10 Sunt cunoscute diferite procedee de obținere a celulelor fotovoltaice cu joncțiunea de tipul  $p^+$  - n, ori  $n^+$  - p, ori  $n^+$  - p -  $p^+$ , ori  $p^+$  - n -  $n^+$ , ori p - i - n; procedeul cu difuzia fosforului în placeheta de siliciu din sursa gazoasă  $POCl_3$  [1], epitaxia din faza lichidă [2], procedeul de depunere chimică a peliculelor de siliciu din vapori (CVD) [3]; procedeul de depunere a peliculelor de siliciu multicristalin prin cristalizarea cu raze laser [4], procedeul de difuzie a fosforului în textura de siliciu poros [4], tehnologia industrială a celulelor solare din siliciu multicristalin [5], procedeul de obținere a joncțiunii de tipul  $p^+$  - n și  $n^+$  - p prin difuzie cu tratamentul fonic pulsant [6], procesarea fototermică rapidă pentru tehnologie industrială [7], procesul de formare a stratului de substrat [8]. În lucrările [1...5] toate procesele tehnologice se efectuează prin încălzirea termică convențională în sobe termice industriale, care consumă foarte multă energie electrică. De exemplu, joncțiunile  $p^+$  - n și  $n^+$  - p se obțin prin difuzie la temperaturi înalte (900...1100 °C) și timp îndelungat (40...60 min).

15 Dezavantajul acestor procedee constă în consumul exagerat de energie electrică la toate etapele de producere a celulelor fotovoltaice (obținerea joncțiunilor, contactelor ohmice, acoperirilor antireflectoare). În prezent, din cauza unui consum exagerat de energie, celulele fotovoltaice și bateriile solare produse în baza procedeele cunoscute sunt scumpe și nu pot fi utilizate pe larg ca surse energetice renovabile.

20 Cele mai apropiate soluții sunt prezentate în lucrările [6...8], unde joncțiunile  $p^+$  - n și  $n^+$  - p sunt obținute prin difuzia fosforului și a borului în siliciu, în procesul tratamentului fototermic rapid. Însă în lucrarea [6] accentul este pus pe obținerea joncțiunilor de suprafață și studiul efectelor fizice ale difuziei stimulate de fotoni fără descrierea procedeele tehnologice de obținere a celulelor fotovoltaice. În lucrările [7 și 8] accentul se pune pe efectele fizice, instalația cu procesare fototermică rapidă și metodele de utilizare a ei pentru producerea diferitor dispozitive electronice, inclusiv a celulelor solare.

25 Însă nici în aceste lucrări nu sunt descrise procedeele de obținere a celulelor fotovoltaice cu prelucrarea fototermică rapidă.

30 Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în elaborarea unor procedee de obținere a celulelor fotovoltaice în baza utilizării spontane a efectelor termice și cuantice ale luminii în scopul reducerii de zeci și sute de ori a duratei proceselor tehnologice și, respectiv, a cheltuielilor energetice și de materiale necesare pentru producerea celulelor fotovoltaice din semiconductori.

35 Esența invenției constă în aceea că utilizarea spontană a efectelor termice și cuantice ale luminii în cadrul procedeului cu prelucrare fototermică rapidă crește viteza de reacție între atomi și viteza de difuzie a impurităților în semiconductori, asigurând scăderea de zeci și sute de ori a duratei proceselor tehnologice și, respectiv, micșorarea consumului de energie electrică și de materiale necesare pentru producerea celulelor fotovoltaice.

40 Rezultatul invenției constă în elaborarea unor procedee de obținere a celulei fotovoltaice aplicând prelucrarea fototermică rapidă, depunerea chimică, și confirmarea practică a acestor procedee prin obținerea unor celule fotovoltaice din siliciu și a unor componente principale, inclusiv: surse de difuzie, joncțiuni de tipul  $p^+$  - n, ori  $n^+$  - p, ori  $n^+$  - p -  $p^+$ , ori  $p^+$  - n - n cu difuzia stimulată a impurităților, contacte ohmice și pelicule de oxizi metalici în calitate de pasivanți și antireflectori.

45 Rezultatul invenției se explică prin aceea că în procesul prelucrării fototermice rapide a plachetei de semiconductor acționează simultan și factorul termic și factorul cuantic al luminii. În urma acțiunii simultane a acestor doi factori, energia de activitate a proceselor de difuzie și a reacțiilor chimice se micșorează, iar coeficientul de difuzie al impurităților crește esențial. Datorită acestui fapt, durata procesului de difuzie cu tratament fototermic rapid pentru obținerea joncțiunii de tipul n-p sau p-n este aproximativ de 10...60 s, pe când durata aceluiași procese tehnologice convenționale în sobele termice este de aproximativ 40...60 min, adică de 40...60 de ori mai scurtă. Respectiv, se reduce de 40...60 ori și consumul de energie electrică necesară pentru producerea acestor joncțiuni. O astfel de economisire de energie și materiale poate fi obținută și la procedeele cu aplicarea tratamentului fototermic rapid pentru efectuarea altor procese tehnologice - doparea prin difuzie, oxidarea, depunerea peliculelor de metal și a contactelor ohmice, alte procese tehnologice.

55 Invenția se explică prin desenele din fig. 1...3, care reprezintă:

-fig. 1, instalația de iradierea fonică rapidă;

-fig. 2, distribuțiile de concentrație ale fosforului în siliciu;

## MD 3372 C2 2007.07.31

4

-fig. 3, dinamica formării caracteristicii curent-tensiune a joncțiunii n<sup>+</sup>-p;

Invenția include următoarele cinci variante ale procedurii de obținere a celulelor fotovoltaice cu depunerea chimică și prelucrarea fototermică rapidă.

5       Procedul, conform primei variante, include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice. Noutatea constă în aceea că procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor de tipul n<sup>+</sup> - p, sau p<sup>+</sup> - n, sau n<sup>+</sup> - p - p<sup>+</sup>, oxidare, depunere contactelor ohmice, și depunere a peliculelor antireflectoare se efectuează cu prelucrarea fototermică rapidă.

10       Noutatea procedurii, conform variantei a doua, constă în aceea că pe una sau ambele suprafețe opuse ale plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități, donor sau acceptor, de exemplu, siliciură de fosfor sau siliciură de bor, prin metoda oxidării anodice sau a depunerii chimice în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii, după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul n<sup>+</sup> - p, sau p<sup>+</sup> - n, sau n<sup>+</sup> - p - p<sup>+</sup>, sau p<sup>+</sup> - n - n<sup>+</sup> în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

15       Noutatea procedurii, conform variantei a treia, constă în aceea că pe una din suprafețele plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impuritățile donor, de exemplu, siliciură de fosfor, iar pe suprafața opusă a plăcii de semiconductor se depune o altă sursă de difuzie de tip acceptor în formă de peliculă metalică, de exemplu, din aluminiu, prin metoda evaporării în vid, sau oxidării anodice, sau prin depunerea chimică în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii; după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul n<sup>+</sup> - p, sau p<sup>+</sup> - n, sau n<sup>+</sup> - p - p<sup>+</sup>, sau p<sup>+</sup> - n - n în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

20       Noutatea procedurii, conform variantei a patra, constă în aceea că el include procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor conform variantelor 1, 2 sau 3, apoi, după curățirea suprafeței plachetei, are loc depunerea contactelor ohmice de metal, de exemplu, Al sau Ni, sau Cu, sau pastă de Ag, sau contacte ohmice străvezii de InSnO, urmate de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze inerte, de exemplu, cu argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

25       Noutatea procedurii, conform variantei a cincea, constă în aceea că el include procesele de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor și depunerea contactelor ohmice conform revendicărilor 1, 2, 3, sau 4, după care are loc depunerea peliculei străvezii cu proprietăți de antireflector din oxid de metal, de exemplu, ZnO<sub>2</sub> sau TiO<sub>2</sub>, urmată de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze, de exemplu, cu oxigen.

30       Explicarea rezultatelor invenției în baza figurilor 1, 2 și 3.

35       În fig. 1 este prezentată schematic instalația de iradiere fonică rapidă care conține următoarele componente principale: o cameră metalică 1 cu pereți dubli pentru răcire cu apă, un sistem cu lămpi halogene 2, o cameră de cuarț 3 cu sistem de gaze 4 în care se procesează placheta de semiconductor, sistemul de comandă cu calculatorul 5. Instalația asigură tratamentul fototermic rapid în intervalul 30...1200 °C, durata impulsului de lumină 1...30 s, viteza de încălzire 100...180 °C/s.

40       În fig. 2 sunt prezentate distribuțiile de concentrație ale fosforului în siliciu după difuzia stimulată cu prelucrarea fototermică rapidă cu durata de 16 s și temperatura de 900 °C (1) și 1000 °C (2). Conform acestor date adâncimea joncțiunii n-p este de 70 nm (1) și, respectiv, de 100 nm (2).

45       În fig. 3 este prezentată dinamica formării caracteristicii curent-tensiune a joncțiunii n<sup>+</sup>-p în urma prelucrării fototermice rapide cu 2 (1), 4(2), 6(3) și 8(4) impulsuri de lumină. Se observă că joncțiunea n<sup>+</sup> - p s-a format numai după 6 impulsuri de lumină cu durata totală de aproximativ 18 s și temperatura de 960 °C. Pentru a obține o astfel de joncțiune cu difuzia fosforului în soba termică convențională este necesară de o durată de timp de aproximativ 20...30 min, adică de 50...70 de ori mai mare.

### 50       (57) Revendicări:

1. Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice, care include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice, **caracterizat prin aceea că** procesele difuzia impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor de tipul n<sup>+</sup> - p, sau p<sup>+</sup> - n, sau n<sup>+</sup> - p - p<sup>+</sup>, oxidarea, depunerea contactelor ohmice și depunerea peliculelor antireflectoare se efectuează cu prelucrarea fototermică rapidă.

55       2. Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice, care include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice, **caracterizat prin aceea că** pe una sau ambele suprafețe opuse ale plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități, donor sau acceptor, de exemplu, siliciura de fosfor sau siliciura de bor, prin metoda oxidării anodice

60

## MD 3372 C2 2007.07.31

5

sau depunerii chimice în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii, după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul  $n^+ - p$ , sau  $p^+ - n$ , sau  $n^+ - p - p^+$ , sau  $p^+ - n - n^+$  în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

5 3. Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice, care include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice, **caracterizat prin aceea că** pe una din suprafețele plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” se depune o sursă de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impuritățile donor, de exemplu siliciură de fosfor, iar pe suprafața opusă a plachetei de semiconductor se depune o altă sursă de difuzie de tip acceptor în formă de peliculă metalică, de exemplu, aluminiu, prin metoda evaporării în vid, sau oxidării anodice, sau prin depunerea chimică în prezența razelor ultraviolete sau în lipsa luminii, după care are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei, difuzia impurităților cu formarea joncțiunilor de tipul  $n^+ - p$ , sau  $p^+ - n$ , sau  $n^+ - p - p^+$ , sau  $p^+ - n - n^+$  în vid, în aer sau în prezența unui gaz inert, de exemplu, argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

10 15 4. Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice, care include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice, **caracterizat prin aceea că** include procese de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor conform revendicărilor 1, 2 sau 3, apoi, după curățirea suprafeței plachetei, are loc depunerea contactelor ohmice de metal, de exemplu, Al sau Ni, sau Cu, sau pasta de Ag, sau contacte ohmice străvezii de InSnO, urmate de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze inerte, de exemplu, cu argon, și depunerea peliculelor antireflectoare.

20 25 5. Procedeu de obținere a celulelor fotovoltaice, care include procesele de depunere chimică sau din vapori a peliculelor din impurități pe suprafața plachetei de semiconductor, de difuzie, de oxidare și depunere a contactelor ohmice, **caracterizat prin aceea că** include procese de difuzie a impurităților din diferite surse cu formarea joncțiunilor și depunerea contactelor ohmice conform revendicărilor 1, 2, 3, sau 4, după care are loc depunerea peliculei străvezii cu proprietăți de antireflector din oxid metalic, de exemplu, ZnO<sub>2</sub> sau TiO<sub>2</sub>, urmată de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera cu gaze, de exemplu, cu oxigen, și depunerea peliculelor antireflectoare.

30

### (56) Referințe bibliografice:

1. A. Simașchevici, L. Gorceac, D. Șerban. Conversia fotovoltaică a energiei solare. Chișinău, 2002, CE USM
2. P. Panek, M. Lipinski, E. Beltowka-Lehman, K. Drabezyk and R. Ciach. Industrial technology of multicrystalline silicon solar cells. Opto-electronics Review 11(4), 269-275, 2003
3. J. Carabe and J. J. Gandia. Opto-electronic review 12 (1), 1-6, 2004
4. G. Andra, J. Bergmann, F. Falk, E. Ose. Multicrystalline silicon thin film Solar Cells on Glass. 19<sup>th</sup> Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. Paris, 2004, p. 872-875
5. R. Lidermann, B. M. Damiani, A. Rohatgi. Novel processing of solar cells with porous silicon texturing, 2000
6. S. T. Șișianu, T. S. Șișianu, S. K. Railean. Shallow p-n Junction Formed in Silicon Using Pulsed Photon Annealing. Semiconductors, vol. 36, No 5, 2002, p. 567-581, Translated from Fizika i Tehnika Poluprovodnicov, Vol.36, No 5, 2002, p. 611-617
7. R. Singh, M. Fakhruddin, K. F. Poole. Rapid photothermal processing as semiconductor manufacturing technology for the 21<sup>st</sup> century. Applied Surface Science 168, p. 198-203, 2000
8. US 6569249 B1, 2003.05.27

Șef Secție:

SĂU Tatiana

Examinator:

GHIMZA Alexandru

Redactor:

UNGUREANU Mihail

# MD 3372 C2 2007.07.31

6

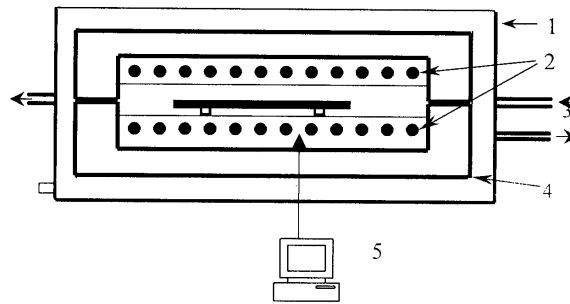


Fig. 1

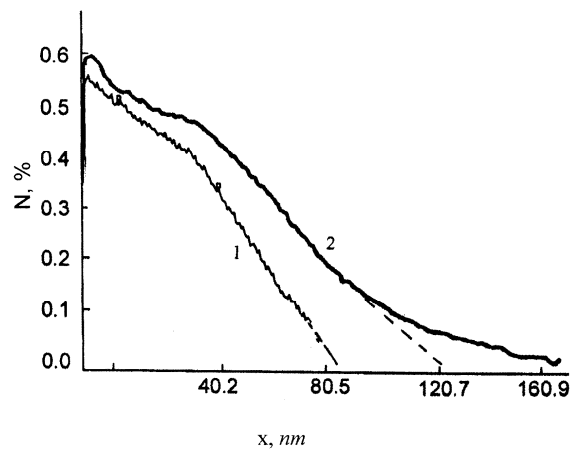


Fig. 2

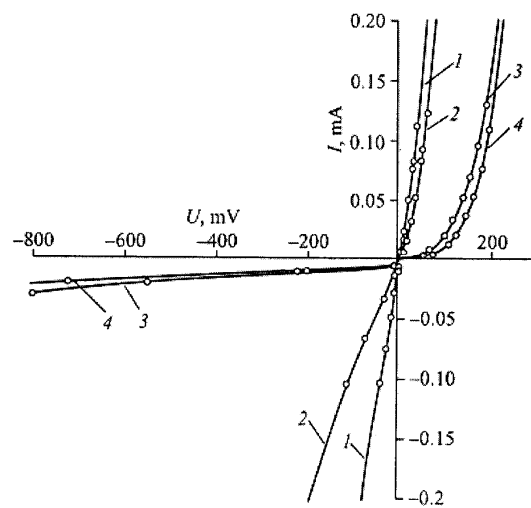


Fig. 3