

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

Celulele fotovoltaice sau celule solare sunt dispozitivele cu semiconductori, care servesc pentru conversia energiei de lumină în energia 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-antireflector. Calitatea, eficiența și costul celulei fotovoltaice depind direct de calitatea, eficiența și costul procedeele tehnologice de obținere a joncțiunilor, contactelor ohmice și a peliculei antireflector. Deaceia în procesul de producere a celulelor fotovoltaice cea mai mare atenție se acordă tehnologiei și procedeele de formare a joncțiunii prin difuzia impurităților donore și acceptoare, contactelor ohmice și a peliculei antireflector.

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 $p - i - n$; procedeu cu difuzia fosforului în placheta de siliciu din sursa gazoasă $POCl_3$ [1], epitaxia din faza lichidă [2], procedeu de depunere chimică a peliculelor de siliciu din vapori (CVD) [3]; procedeu de depunere a peliculelor de siliciu multicristalin prin cristalizarea cu raze laser [4], procedeu de difuzie a fosforului în textura de siliciu poros [4], tehnologie industrială a celulelor solare din siliciu multicristalin [5], procedeu 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], proces de formare a stratului de substrat [8]. În lucrările [1-5] toate procesele tehnologice se efectuează prin încălzirea termică convențională în sobele termice industriale, care consumă foarte multă energie electrică. De exemplu, joncțiunile $p^+ - n$ și $n^+ - p$ se obțin prin difuzie la temperaturi înalte ($900-1100^\circ C$) și timp îndelungat (40min – 60 min). Dezavantajul acestor procedee constau în consumul mare de energie electrică la toate etapele de producere a celulelor fotovoltaice (obținerea joncțiunilor, contactelor ohmice, acoperișului antireflector). În prezent din pricina consumului mare de energie celulele fotovoltaice și bateriile solare în baza lor sunt scumpe și nu pot fi utilizate pe larg ca surse energetice renovabile.

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 [7,8] accentul se pune pe efectele fizice și instalația cu procesarea fototermică rapidă și metodele de utilizare a ei pentru producerea diferitor dispozitive electronice inclusiv a celulelor solare. Însă nici în această lucrare nu sunt descrise procedeele de obținere a celulelor fotovoltaice cu prelucrarea fototermică rapidă.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea procedeele (cu variante) de obținere a celulelor fotovoltaice în baza utilizării spontane a efectelor termice și cuantice ale luminii cu scopul reducerii de zeci și sute de ori a duratei proceselor tehnologice și, respectiv, a cheltuielilor energetice și ale materialelor necesare pentru producerea celulelor fotovoltaice din semiconductori.

Esența invenției constă în aceea că utilizarea spontană a efectelor termice și cuantice ale luminii în procedeu cu prelucrarea fototermică rapidă mărește viteza de reacție între atomi și viteza de difuzie a impurităților în semiconductori, asigurând micșorarea de zeci și sute de ori a duratei proceselor tehnologice și, respectiv, micșorarea consumului energiei electrice și a materialelor necesare pentru producerea celulelor fotovoltaice.

Rezultatul invenției constă în elaborarea procedeele (cu variante) de obținere a celulei fotovoltaice cu prelucrarea fototermică rapidă și depunere chimică și confirmarea practică ale acestor procedee prin obținerea celulelor fotovoltaice din siliciu și ale componentelor principale inclusiv: sursele de difuzie, joncțiunile de tipul $p^+ - n$, ori $n^+ - p$, ori $n^+ - p - p^+$, ori $p^+ - n - n$ cu difuzia stimulată a impurităților, contactele ohmice și peliculele de oxizi metalici ca pasivanți și antireflectori.

Invenția se explică prin aceea că în procesul prelucrării fototermice rapide a plachetei de semiconductor acționează în același timp și factorul termic și factorul cuantic ai luminii. În rezultatul 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 tratamentul fototermic rapid pentru obținerea joncțiunii de tipul n-p sau p-n este aproximativ de 10-60 sec pe când durata aceluiași procese tehnologice convenționale în sobele termice este aproximativ de 40-60 min, adică de 40-60 de ori mai scurtă. Respectiv se micșorează de 40-60 ori și consumul energiei electrice necesare pentru producerea acestor joncțiuni. Astfel de economisire în energie și materiale poate fi obținută și la procedeele cu tratamentul fototermic rapid pentru efectuarea altor procese tehnologice - doparea prin difuzie, oxidarea, depunerea peliculelor de metal și a contactelor ohmice, alte procese tehnologice.

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

Procedeu de obținere a celulei fotovoltaice, după prima variantă, include depunerea pe una sau ambele suprafețe ale plachetei de semiconductor de tipul „p” sau „n” a unei surse de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități, donor sau acceptor, de exemplu siliciura de fosfor sau siliciură de bor, prin metoda oxidării anodice sau depunerea chimică în prezența razelor ultraviolete sau fără lumină. Apoi are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei de semiconductor pe o suprafață ori pe ambele suprafețe și în același timp se efectuează doparea ei prin difuzie cu o impuritate, donor sau acceptor, și formarea joncțiunii de tipul $n^+ - p$ sau $p^+ - n$ în vid, în aer sau în prezența unui gaz, de exemplu, argon.

Procedeu de obținere a celulei fotovoltaice, după varianta a doua, include depunerea pe o suprafață a plachetei de semiconductor a unei surse de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități donore, de exemplu, fosfor, și pe alta suprafață a plachetei de semiconductor o altă sursă de difuzie dopată cu una din impurități acceptor, de

exemplu bor, prin metoda oxidării anodice în prezența razelor ultraviolete sau fără lumină. Apoi are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei de semiconductor pe o suprafață ori pe ambele suprafețe și în același timp se efectuează doparea ei prin difuzia simultană cu impuritatea donor pe o suprafață și cu impuritatea acceptor pe altă suprafață, și formarea structurii fotovoltaiice cu joncțiuni de tipul $n^+ - p - p$ sau $p^+ - n - n^+$ în vid, în aer sau în prezența unui gaz, de exemplu, argon.

Procedeu de obținere a celulei fotovoltaiice, după varianta a treia, include depunerea pe o suprafață a plachetei de semiconductor a unei surse de difuzie în formă de peliculă sticloasă dopată cu una din impurități donore, de exemplu, fosfor, prin metoda oxidării anodice în prezența razelor ultraviolete sau fără lumină și pe alta suprafață a plachetei de semiconductor se depune o altă sursă de difuzie în formă de peliculă metalică, de exemplu aluminiu. Apoi are loc prelucrarea fototermică rapidă a plachetei de semiconductor pe o suprafață ori pe ambele suprafețe și în același timp se efectuează doparea ei prin difuzia simultană cu impuritatea donor pe o suprafață și cu impuritatea acceptor pe altă suprafață, și formarea structurii fotovoltaiice cu joncțiuni de tipul $n^+ - p - p$ sau $p^+ - n - n^+$ în vid, în aer sau în prezența unui gaz, de exemplu, argon.

Procedeu de obținere a celulei fotovoltaiice, după varianta a patra, include procedeul din varianta întâi sau varianta a doua, sau varianta a treia, apoi după curățirea prin corodare a 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 de gaze inerte, de exemplu, argon.

Procedeu de obținere a celulei fotovoltaiice, după varianta a cincea, include procedeul din varianta întâi sau varianta a doua, sau varianta a treia și procedeul din varianta a patra, apoi urmează depunerea chimică a unei pelicule străvezii cu proprietăți de antireflector din oxid metalic, de exemplu ZnO_2 , sau TiO_2 urmate de prelucrarea fototermică rapidă în vid, în aer sau în camera de gaze, de exemplu, oxigen.

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

În fig. 1 este prezentată schematic instalația cu tratamentul fonic rapid care conține următoarele componente principale: 1 - camera metalică cu pereții dubli pentru răcire cu apă, 2 - sistemul cu lămpi halogene, 3 - camera de cuarț cu sistem de gaze (4) în care se procesează placheta de semiconductor, 5 - sistemul de comandă cu calculatorul. Instalația asigură tratamentul fototermic rapid în intervalul 30-1200°C, durata impulsului de lumină 1-30 sec, viteza de încălzire 100-180 grade/sec.

În fig. 2 sunt prezentate distribuțiile de concentrație ale fosforului în siliciu după difuzia stimulată cu prelucrarea fototermică rapidă cu durata de 16 sec 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 100nm (2).

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