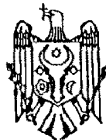




MD 4339 B1 2015.03.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **4339** (13) **B1**
(51) Int.Cl: *H01L 31/04* (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE

In termen de 6 luni de la data publicării mențiunii privind hotărârea de acordare a brevetului de invenție, orice persoană poate face opoziție la acordarea brevetului	
(21) Nr. depozit: a 2013 0070 (22) Data depozit: 2013.10.03 (31) Nr.: 2013113078 (32) Data: 2013.03.22 (33) Țara: RU	(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2015.03.31, BOPI nr. 3/2015
(71) Solicitant: INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD; NIU "BelGU", RU	
(72) Inventatori: ZAHVALINSKII Vasilii, RU; PILIUK Evghenii, RU; ȘERBAN Dormidont, MD; SIMAȘCHEVICI Alexei, MD; BRUC Leonid, MD	
(73) Titular: INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD; NIU "BelGU", RU	

(54) Structură fotovoltaică cu o joncțiune

(57) Rezumat:

1

Invenția se referă la structurile fotovoltaice cu semiconductori, care se folosesc în electronică, tehnologii spațiale și militare, în industria minieră, de prelucrare a petrolului și chimică, în ecologie etc., pentru conversiunea radiației solare în energie electrică, utilizată pentru alimentarea dispozitivelor electronice și a dispozitivelor și mecanismelor de acționare electrică.

Structura fotovoltaică cu o joncțiune conține un strat de carbură de siliciu cu conductibilitatea de tipul *n*, un substrat din siliciu monocristalin cu orientarea (100) și conductibilitatea de tipul *p*, electrozii metalici de sus și de jos. Structura reprezintă un component cu două straturi al heterojoncțiunii

2

p-n a-SiC/c-Si, în care stratul de carbură de siliciu amorf cu conductibilitatea de tipul *n* cu grosimea filmului de 6...20 nm este depus prin dispersie magnetronică nereactivă în argon dintr-o țintă solidă de SiC pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu cu conductibilitatea de tipul *p*. Electrocul de sus este fabricat din argint sau cupru în formă de regletă de contact și este amplasat nemijlocit pe stratul a-SiC. Electrocul de jos din argint sau cupru este amplasat pe partea opusă a substratului din siliciu monocristalin.

Revendicări: 1

Figuri: 4

MD 4339 B1 2015.03.31

(54) Photovoltaic unijunction structure**(57) Abstract:**

1

The invention relates to the semiconductor photovoltaic structures, used in electronics, space and military technologies, mining, petroleum-refining and chemical industries, in ecology etc., to convert solar radiation into electrical energy, used for power supply of electronic devices and electric drives of devices and mechanisms.

The photovoltaic unijunction structure comprises a silicon carbide layer of *n*-type conduction, a substrate of single-crystal silicon plate of *p*-type conduction orientation (100), upper and lower metal electrodes. The structure is a two-layer component of the *p-n* heterojunction a-SiC/c-Si, wherein the

2

amorphous silicon carbide layer of *n*-type conduction with the film thickness of 6...20 nm is deposited on the previously prepared substrate surface of the single-crystal silicon substrate of *p*-type conduction by non-reactive magnetron sputtering in argon from a solid target of SiC. The upper electrode is made in the form of connecting strip of silver or copper and is placed directly on the a-SiC layer. The lower electrode of copper or silver is placed on the reverse side of the single-crystal silicon substrate.

Claims: 1

Fig.: 4

(54) Фотовольтаическая однопереходная структура**(57) Реферат:**

1

Изобретение относится к полупроводниковым фотовольтаическим структурам, используемым в электронике, космических и военных технологиях, горнодобывающей, нефтеперерабатывающей, химической отраслях промышленности, экологии и др. для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию, используемую для питания электронных приборов и электроприводов устройств и механизмов.

Фотовольтаическая однопереходная структура содержит слой карбида кремния *n*-типа проводимости, подложку из монокристаллической пластины Si ориентации (100) *p*-типа проводимости, верхний и нижний металлические электроды. Структура представляет собой

2

двухслойный компонент *p-n* гетероперехода a-SiC/c-Si, где слой аморфного карбида кремния *n*-типа проводимости с толщиной пленки 6...20 нм нанесен на предварительно подготовленную поверхность монокристаллической кремниевой подложки *p*-типа проводимости путем неактивного магнетронного распыления в аргоне из твердотельной мишени SiC. Верхний электрод выполнен в виде контактной гребенки из серебра или меди и расположен непосредственно на слое a-SiC. Нижний электрод из серебра или меди расположен на обратной стороне подложки монокристаллического кремния.

П. формулы: 1

Фиг.: 4

Descriere:

5 Invenția se referă la structurile fotovoltaice cu semiconductori, care se folosesc în electronică, tehnologii spațiale și militare, în industria minieră, de prelucrare a petrolului și chimică, în ecologie etc., pentru conversiunea radiației solare în energie electrică, utilizată pentru alimentarea dispozitivelor electronice și a dispozitivelor și mecanismelor de acționare electrică.

Heterostructurile cu semiconductori nu au alternativă în funcția de sursă de energie electrică pentru vasele spațiale, sunt un izvor ecologic pur de obținere a energiei electrice.

10 În majoritatea cazurilor siliciul este materialul principal, folosit pentru fabricarea celulelor solare: 98,2% din instalațiile fotovoltaice în funcțiune, dintre care 38% - în baza siliciului cristalin, 52% - policristalin și 5% - amorf. Printre alte materiale, cea mai mare parte, aproximativ 1,6%, revine structurilor în baza cadmiu - telur, iar restul - structurilor în baza compușilor din elementele grupelor III-IV, In, Ga, As, Sb, P, celule în baza polimerilor, celule fotoelectrochimice lichide etc.

15 Cele mai eficiente celule solare sunt heterostructurile multistrat, așa-numitele structuri tandem. Construcția lor este bazată pe cuplarea consecutivă a unui rând de elemente active - celule solare sau elemente fotovoltaice elementare, care asigură conversiunea efectivă a radiației solare în electricitate. De regulă, fiecare element al acestei structuri tandem este menit să absoarbă o regiune determinată a spectrului radiației solare.

20 Selecția materialelor semiconductoare cu banda interzisă, ce se micșorează consecutiv, asigură conversiunea efectivă a radiației solare într-un dispozitiv cu semiconductori, în care are loc fotoefectul interior - generarea perechilor electron - gol la absorbția fotonului.

25 Carbură de siliciu SiC își găsește aplicație în multe domenii ale științei și tehnicii. În cazul diferitelor modifiții ale SiC lărgimea benzii interzise variază între 2,4 și 3,34 eV. Valorile mari ale benzii interzise permit crearea în baza acestui material a dispozitivelor semiconductoare, ce pot funcționa până la 600°C. Structura cristalină a carbunii de siliciu depinde în mare măsură de condițiile tehnologice de obținere și de aceea utilizarea materialelor amorse duce la scăderea costului procesului de fabricare a celulelor fotovoltaice.

30 Sunt cunoscute celule solare cu structura complicată *p-i-n*, care includ un strat amorf hidrogenizat de carbură de siliciu a-SiC:H cu conductibilitatea de tipul *p*, depus pe electrodul frontal semitransparent în formă de o plachetă de sticlă, acoperită cu un strat SnO₂, pe care ulterior este depus un strat microcristalin hidrogenizat de carbură de siliciu μ c-Si:H cu conductibilitatea de tipul *n*, iar în calitate de strat de tipul *i* - un strat de siliciu amorf a-Si [1].

35 Dezavantajul structurilor de acest tip cu multe joncțiuni este costul lor ridicat. Utilizarea în calitate de sursă a energiei electrice a structurilor fotovoltaice cu o singură joncțiune în baza carbunii de siliciu amorf duce la micșorarea costului lor.

40 Este cunoscută celula solară cu o singură joncțiune, care conține în calitate de strat exterior un strat amorf hidrogenizat de carbură de siliciu a-SiC de tipul *p*. Ca electrod exterior și în acest caz este folosit oxidul transparent conductiv SnO₂. În această celulă heterojoncțiunea în structura *p-i-n*, obținută în baza straturilor amorse hidrogenizate de carbură de siliciu și siliciu a-SiC:H/a-Si:H demonstrează eficiența de conversiune a energiei solare, egală cu 7,55% [2].

45 Pentru depunerea straturilor hidrogenizate de a-SiC:H, a fost utilizată o variantă a tehnologiei CVD (Chemical vapor deposition - depunere chimică din vapori), și anume, depunere chimică din vapori cu filament fierbinte HWCVD / HFCVD (Hot wire chemical vapor deposition / hot filament CVD), cunoscută de asemenea sub numele de CVD catalitică Cat-CVD (Catalytic chemical vapor deposition) [3].

50 Este cunoscută și structura cu o singură joncțiune în baza straturilor microcristaline hidrogenizate 3C-SiC:H, obținută prin metoda depunerii chimice cu filament fierbinte (HWCVD). Grosimea stratului 3C-SiC:H de tip *n*, depus pe suportul *p*-Si, este de 200 nm cu rezistivitatea de 1...10 Ω -cm. Eficiența acestei structuri este de 14,2% [4].

Dezavantajul dispozitivului este complexitatea tehnologiei și grosimea destul de mare a stratului de carbură de siliciu.

55 Este cunoscută și structura, în care stratul microcristalin μ c-SiC de tip *n* cu grosimea de 70 nm este obținut pe suportul de *p*-Si policristalin, cu utilizarea plamei, excitate de rezonanța electronică ciclotronică în combinație cu depunerea chimică din starea de vapori. În calitate de electrod frontal a fost utilizat aliajul de oxizi de indiu și staniu. Eficiența structurii este de 15,4% [5].

Dezavantajul dispozitivului este complexitatea tehnologiei și grosimea stratului microcristalin de carbură de siliciu.

Cea mai apropiată soluție este structura fotovoltaică, care prezintă celula β n -SiC/ p -Si, cu electrodul frontal în formă de grilă metalică și electrodul metalic din spate. Stratul microcristalin de carbură de siliciu de tipul n din această celulă se depune prin metoda CVD pe suprafața (100) a plachetei cristaline de p -Si. Eficiența acestei structuri este de 7,7% [6].

Dezavantajul acestei structuri este tehnologia complicată de fabricare, care nu permite depunerea stratului de carbură de siliciu cu grosime mai mică de 70...100 nm, nu garantează posibilitatea de obținere a straturilor amorfe de SiC și nu este destul de pură din punct de vedere ecologic.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în crearea unei structuri fotovoltaice cu o singură joncțiune, adică a unei celule solare în baza heterostructurii, compuse din p -Si cristalin, acoperit de un strat amorf de carbură de siliciu cu conductibilitatea de tipul n .

Structura fotovoltaică cu o joncțiune, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că conține un strat de carbură de siliciu cu conductibilitatea de tipul n , un substrat din siliciu monocristalin cu orientarea (100) și conductibilitatea de tipul p , electrozii metalici de sus și de jos. Structura reprezintă un component cu două straturi al heterojoncțiunii p - n a-SiC/ c -Si, în care stratul de carbură de siliciu amorf cu conductibilitatea de tipul n cu grosimea filmului de 6...20 nm este depus prin dispersie magnetronică nereactivă în argon dintr-o țintă solidă de SiC pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu cu conductibilitatea de tipul p . Electrocul de sus este fabricat din argint sau cupru în formă de regletă de contact și este amplasat nemijlocit pe stratul a-SiC, iar electrocul de jos din argint sau cupru este amplasat pe partea opusă a substratului din siliciu monocristalin.

Rezultatul tehnic constă în eficiența structurii fotovoltaice nu mai joasă decât a celei mai apropiate soluții în cazul grosimii stratului amorf de carbură de siliciu de tipul n în intervalul de 6...20 nm, de asemenea, costul mai scăzut al structurii fotovoltaice și tehnologia de fabricare mai ecologică.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-4, care reprezintă:

- fig. 1, vederea laterală a secțiunii structurii fotovoltaice;
- fig. 2, vederea de sus a structurii fotovoltaice cu o singură joncțiune;
- fig. 3, imagine obținută la microscopul electronic cu transmisie JEM 2100, care confirmă structura amorfă a stratului SiC;
- fig. 4, caracteristica volt-ampere a structurii fotovoltaice cu o singură joncțiune în baza heterostructurii carbură de siliciu amorf – p -Si (a-SiC/ c -Si).

Structura fotovoltaică prezintă o celulă solară din semiconductori cu o singură joncțiune p - n , anume a-SiC/ c -Si, care include electrocul de sus 1, fabricat din argint sau cupru în formă de regletă de contact, stratul 2 din carbură de siliciu amorf cu conductibilitatea de tipul n cu grosimea în intervalul 6...20 nm, depus prin dispersie magnetronică nereactivă dintr-o țintă solidă de SiC pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu cu conductibilitatea de tipul p cu orientarea (100) și electrocul de jos 4 din argint sau cupru, depus nemijlocit pe suprafața opusă a substratului din Si monocristalin.

Exemplu de realizare

Electrocul de sus 1, fabricat din argint sau cupru în formă de regletă de contact, este depus pe stratul 2 din carbură de siliciu amorf. Stratul 2 din carbură de siliciu amorf cu conductibilitatea de tipul n cu grosimea în intervalul de 6...20 nm, este depus prin dispersie magnetronică nereactivă în argon dintr-o țintă solidă, obținută prin sinteza prealabilă a SiC, pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu 3 de marca КДБ2 cu conductibilitatea de tipul p cu orientarea (100), grosimea 300 μ m, rezistivitatea 2 Ω -cm. Pe suprafața opusă, de jos a substratului 3 din siliciu monocristalin de marca КДБ2 este depus electrocul de jos 4 din argint sau cupru.

În structura propusă stratul de carbură de siliciu amorf SiC cu conductibilitatea de tipul n joacă rolul stratului exterior de absorbție a luminii, de aceea nu este necesară depunerea straturilor suplimentare de concentrare a radiației solare.

Înainte de depunerea stratului din carbură de siliciu amorf pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu 3 de marca КДБ2, cu scopul de a elimina stratul natural de oxid de siliciu, suprafața din partea unde este depusă SiC poate fi polizată, ce are un impact pozitiv asupra calității stratului depus.

Pe de altă parte, utilizarea suprafeței nepolizate a substratului poate majora absorbția energiei solare și, prin urmare, eficiența structurii fotovoltaice.

Pentru ameliorarea contactului cu metalul, partea opusă a substratului 3, pe care este depus electrodul de jos 4, de asemenea poate fi polizată, dar impactul pozitiv este neînsemnat, de aceea se poate depune electrodul 4 și pe suprafața nepolizată a substratului 3.

5 Starea amorfă a stratului de carbură de siliciu este confirmată prin rezultatele difracției fascicolului de electroni în microscopul electronic de transmisie JEM 2100. Cercurile de difracție din fig. 3a demonstrează absența orientării predominante în stratul amorf SiC, crescut pe substrat de Si (100), în fig. 3b se vede clar structura insulară a stratului amorf SiC.

10 Structura fotovoltaică propusă în baza heterojoncțiunii a-SiC/c-Si, carbură de siliciu amorf – siliciu de tipul *p*, cu utilizarea suprafeței polizate, nedevoltate a substratului din siliciu monocristalin, fără folosirea concentratorilor de radiație solară, demonstrează eficiența de 7,83%, care este confirmată de caracteristica volt-ampere din fig. 4.

Prin urmare, problema determinată de a obține rezultatul tehnic propus, a fost soluționată.

(56) Referințe bibliografice citate în descriere:

1. Yoshihisa Tawada, Hideo Yamagishi, Mass-production of large size a-Si modules and future plan, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 66, 2001, p. 95-105
2. Y. Hamakawa, Recent progress of the amorphous silicon solar cells and their technology, *Journal de Physique, Suppl №10, V. 42*, 1981, p. C4-1131
3. Агеев О.А., Беляев А.Е., Болтовец Н.С., Киселев В.С., Конакова Р.В., Лебедев А.А., Миленин В. В., Охрименко О.Б., Поляков В.В., Светличный А.М., Чередниченко Д.И. Карбид кремния: технология, свойства, применение. Харьков, «ИСМА», 2010, с.532
4. Banerjee C., Haga K., Miyajima S., Yamada A., Konagai M., Fabrication of α -SiC/c-Si Heterojunction Solar Cell by Hot Wire CVD System, *Photovoltaic Energy Conversion, Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference, on 7-12 May 2006, V.2*, p.1334 - 1337
5. Y. Matsumoto, G. Hirata, H. Takakura, H. Okamoto, and Y. Hamakawa, A new type of high efficiency with a low cost solar cell having the structure of a α -SiC/polycrystalline silicon heterojunction *J. Appl. Phys.* 67, 6538, 1990
6. A. Solangi, M. I. Chaudhry, *Amorphous and Crystalline Silicon Carbide IV*, Springer, *Proceedings in Physics, Volume 71*, 1992, p. 362-367

(57) Revendicări:

Structură fotovoltaică cu o joncțiune, care conține un strat de carbură de siliciu cu conductibilitatea de tipul *n*, un substrat din siliciu monocristalin cu orientarea (100) și conductibilitatea de tipul *p*, electrozii metalici de sus și de jos, **caracterizată prin aceea că reprezintă un component cu două straturi al heterojoncțiunii *p-n* a-SiC/c-Si**, în care stratul de carbură de siliciu amorf cu conductibilitatea de tipul *n* cu grosimea filmului de 6...20 nm este depus prin dispersie magnetronică nereactivă în argon dintr-o țintă solidă de SiC pe suprafața prealabil pregătită a substratului monocristalin de siliciu cu conductibilitatea de tipul *p*, electrodul de sus este fabricat din argint sau cupru în formă de regletă de contact și este amplasat nemijlocit pe stratul a-SiC, iar electrodul de jos din argint sau cupru este amplasat pe partea opusă a substratului din siliciu monocristalin.

Șef Secție:	SĂU Tatiana
Examinator:	GHIȚU Irina
Redactor:	CANȚER Svetlana

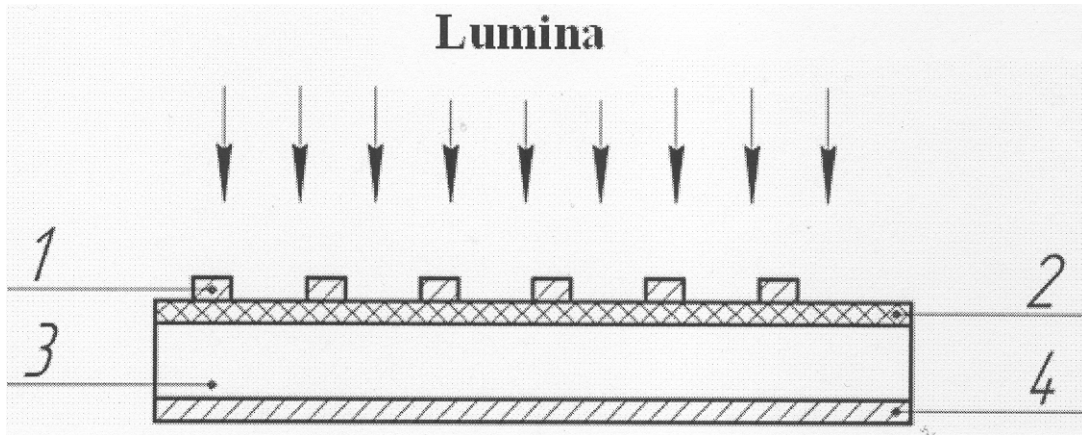


Fig. 1

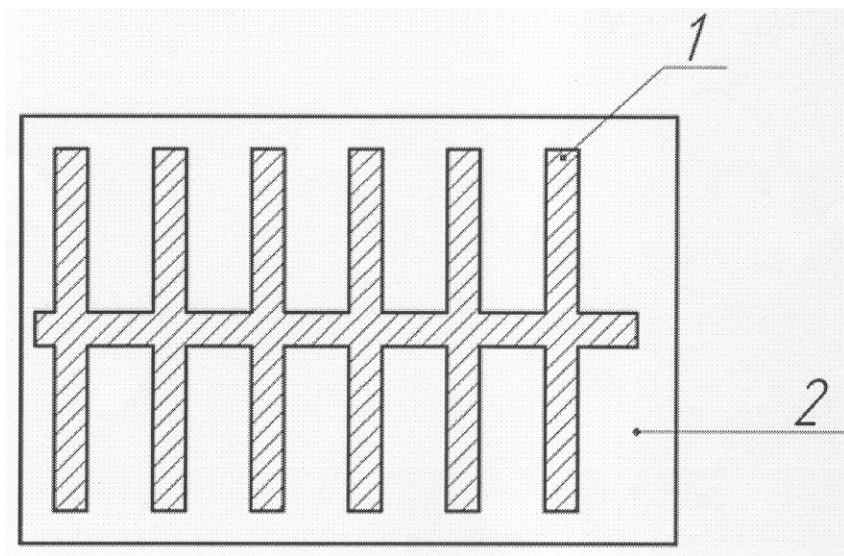


Fig. 2

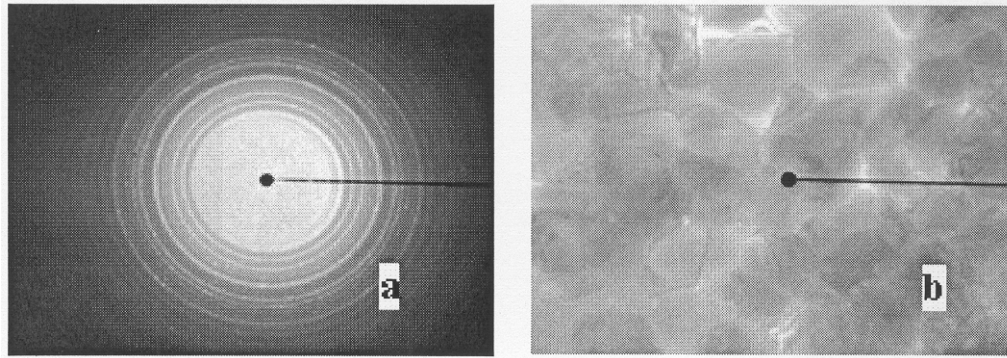


Fig. 3

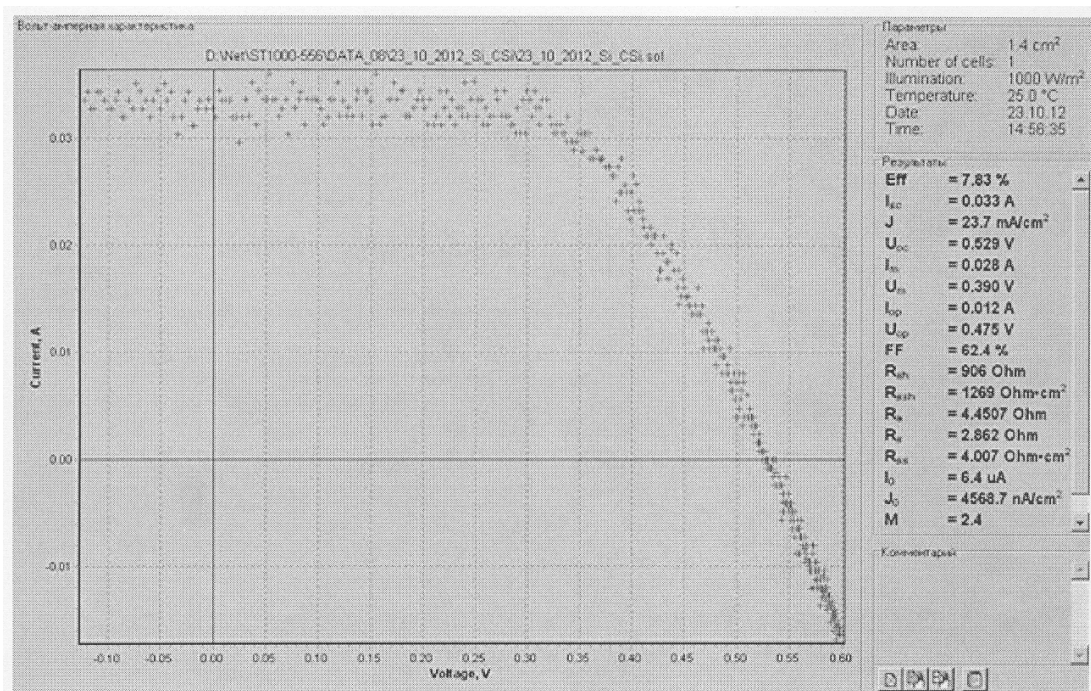


Fig. 4