

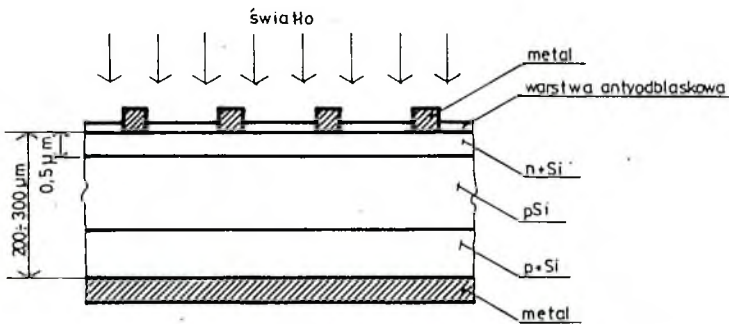
Józef SZLUFCIK

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII GRUBOWARSTWOWEJ W PROCESIE WYTWARZANIA
TANICH KRZEMOWYCH OGNIW SŁONECZNYCH

Streszczenie. W pracy dokonano przeglądu możliwości zastosowania technologii grubowarstwowej w poszczególnych procesach wytwarzania krzemowych ogniw słonecznych. Opisano metodę otrzymywania złącz dyfuzyjnych, warstw antyodblaskowych, kontaktów elektrycznych oraz wytwarzania dolnego złącza l-h za pomocą techniki sitodruku i wypalania w piecu tunelowym. Opisano również metodę wytwarzania ogniw słonecznych ze związków półprzewodnikowych AIBVI, wykonanego całkowicie technologią grubowarstwową.

1. Krzemowe ogniwo słoneczne

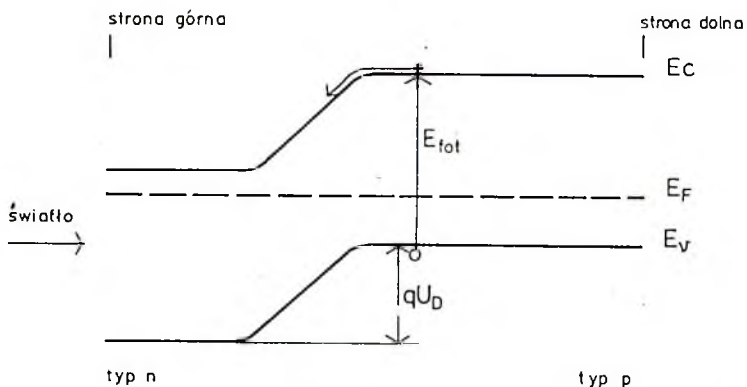
Krzemowe ogniwo słoneczne jest jednym z najprostszych przyrządów półprzewodnikowych. Jego struktura zawiera tylko jedno złącze p-n położone równoległe do całej powierzchni ogniwa (rys. 1).



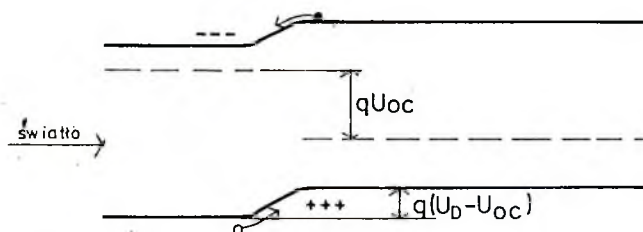
Rys. 1. Przekrój poprzeczny krzemowego ogniwa słonecznego

Fig. 1. Silicon solar cell cross-section

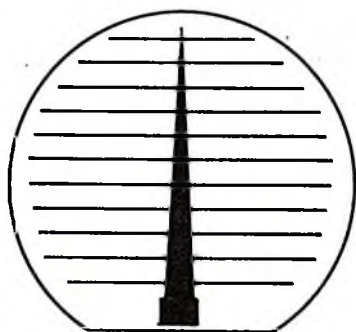
Jeżeli górna powierzchnia ogniwa jest oświetlona promieniowaniem o energii fotonów większej od szerokości przerwy energetycznej, to zachodzi absorpcja fotonów i generowanie par elektron-dziura. Pole związane z obecnością złącza rozsuwa nośniki w przeciwnych kierunkach-elektron do obszaru typu n, dziurę zaś do obszaru typu p (rys. 2).



Rys. 2. Struktura pasmowa krzemowego ogniwa słonecznego przed oświetleniem
 Fig. 2. Energy band diagram for unilluminated silicon solar cell

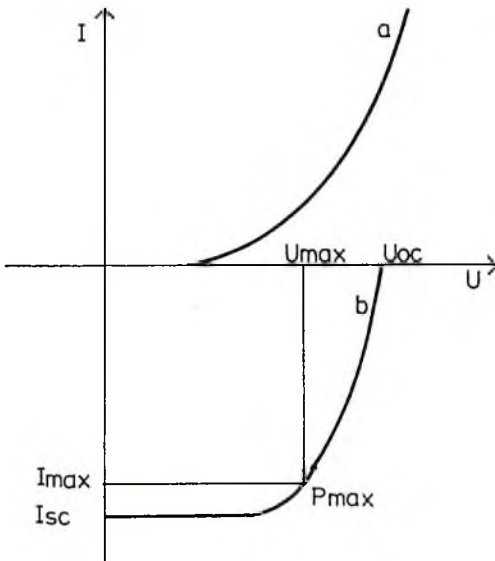


Rys. 3. Struktura pasmowa krzemowego ogniwa słonecznego w stanie oświetlenia
 Fig. 3. Energy band diagram for illuminated silicon solar cell



Rys. 4. Kształt metalizacji górnej
 Fig. 4. Top contact configuration

W obszarach tych nośniki te stają się nośnikami większościowymi nadmiarowymi, dlatego też są obdarzone nieskończonym czasem życia. Jednakże różnica potencjałów wytworzona przez generowane światłem i rozdzielone przez pole złącza nośniki polaryzuje złącze w kierunku przewodzenia. Wytworzone w ten sposób napięcie jest funkcją szerokości pasma zabronionego półprzewodnika i dla krzemu osiąga wartość 500-600 mV (rys. 3). Podłączając obciążenie do oświetlonego ogniwa



Rys. 5. Charakterystyka $I=f(U)$: w stanie nieoświetlonym (a), w stanie oświetlonym ogniwa (b)

Fig. 5. $I=f(U)$ curves taken from: unilluminated (a), illuminated solar cell (b)

otrzymamy przepływ prądu w obwodzie zewnętrznym. Kontakt elektryczny od strony oświetlonej posiada kształt palczasty z głównym kolektorem prądowym prowadzonym wzdłuż średnicy ogniwa (rys. 4). Taki kształt metalizacji umożliwia zbieranie generowanych elektronów z całej powierzchni, w minimalnym stopniu tworząc ekran dla padającego promieniowania. Dodatkowym jej zadaniem jest zmniejszenie wpływu rezystancji szeregowej cienkiej warstwy typu n. Kontakt elektryczny do dolnej warstwy typu p jest wykonany przez pokrycie warstwą metaliczną całej dolnej powierzchni. Kontakty elektryczne powinny mieć nieprostującą charakterystykę $I-U$ (kontakt omowy). Rysunek 5 przedstawia charakterystykę $I-U$ w stanie nieoświetlonym i charakterystykę

ogniwa poddanego oświetleniu. U_{oc} jest napięciem obwodu otwartego, I_{sc} jest prądem zwarcia, a P_{max} punktem maksymalnej mocy dysponowanej przez ogniwo. Głównymi parametrami opisującymi ogniwo są:

- współczynnik wypełnienia charakterystyki (FF)

$$FF = \frac{U_{max} \cdot I_{max}}{U_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (1)$$

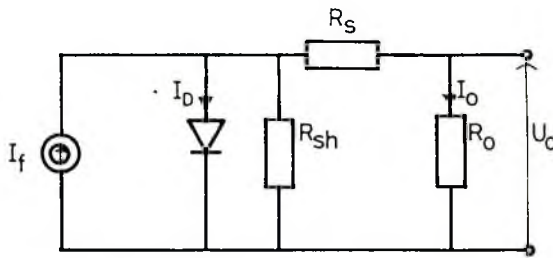
- sprawność ogniwa (η)

$$\eta = \frac{P_o}{P_f} \cdot 100\%, \quad (2)$$

gdzie:

P_o - moc dostarczona do obwodu zewnętrznego,

P_f - moc promieniowania świetlnego padającego na całkowitą powierzchnię ogniwa.



Rys. 6. Schemat zastępczy ogniwa słonecznego

Fig. 6. Equivalent circuit model of an illuminated solar cell

Schemat zastępczy ogniwa słonecznego składa się ze źródła prądowego sterowanego wartością natężenia padającego światła, równoległej oporności R_j reprezentującej upływność złącza, pojemności C_j złącza oraz oporności R_s będącej rezystancją szeregową (rys. 6).

2. Konwencjonalny proces wytwarzania krzemowego ogniwa słonecznego

Materiałem wyjściowym jest krzemowa płytka podłożowa typu p najczęściej o orientacji krystalograficznej $\langle 111 \rangle$ i oporności właściwej $\rho = 1-10 \Omega \text{cm}$. Płytkie złącza p-n wykonuje się za pomocą dyfuzji fosforu w piecach dyfuzyjnych stosowanych w przemyśle półprzewodnikowym. Najpowszechniej stosowanym źródłem domieszki jest ciekłe źródło POCl_3 . Proces ten posiada jednak szereg niedogodności. Wymaga on ścisłego kontrolowania temperatury saturatora z POCl_3 , składu i prędkości przepływu atmosfery ochronnej w piecu dyfuzyjnym oraz temperatury strefy dyfuzji. Nieco mniej kłopotliwym procesem jest dyfuzja ze stałego źródła fosforu. Mogą to być źródła płytkowe lub emulsyjne (typu spin-on) [17]. Podstawową wadą, z ekonomicznego punktu widzenia, są trudności ze zautomatyzowaniem tych procesów. Kontakt elektryczny wykonuje się metodą parowania, fotolitografii każdej płytki i wtapienia metalu w temperaturach od 673-873 K. W ten sposób otrzymane wąskie i cienkie ścieżki metaliczne posiadają zbyt dużą rezystancję i wymagają dodatkowego pogrubienia elektrolitycznego lub cynowania.

Warstwę antyodblaskową wykonuje się rozpylając tlenki TiO_2 i Ta_2O_5 . Operacje metalizacji i nanoszenia warstwy antyodblaskowej są procesami próżniowymi i wymagają długiego czasu oczekiwania na odpompowanie napyłarek. Nanoszony materiał jest parowany na całą powierzchnię kłosa. Odpowiedni kształt ścieżkom przewodzącym nadaje się usuwając fotoligraficznie zbędne powierzchnie warstwy metalicznej. Powoduje to duże straty stosowanych materiałów.

Operacje te są sterowane ręcznie i wymagają kosztownego oprzyrządowania. Sprawności otrzymanych tą technologią krzemowych ogniw słonecznych wahają się w granicach $\eta = 10-16\%$ [11].

3. Krzemowe ogniwa słoneczne wykonane za pomocą technologii grubowarstwowej

Technologia grubowarstwowa jest stosowana powszechnie w przemyśle elektronicznym od przeszło 30 lat do wytwarzania dyskretnych elementów biernych, natomiast obecnie jej głównym zastosowaniem jest wytwarzanie zminiaturyzowanych, hybrydowych układów scalonych. Za pomocą techniki sitodruku osadza się na różnego rodzaju podłożach (ceramika, szkło, tworzywa sztuczne) odpowiednio ukształtowane warstwy przewodzące i rezystywne o grubościach 15-50 μm . Pełny proces technologiczny składa się z trzech podstawowych etapów:

1. sitodruku - nanoszenie na podłoża past poprzez wzory wykonane na sitach,
2. suszenia - w suszarkach z promiennikami podczerwieni, komorowych lub przelotowych w temperaturach 383-423 K,
3. wypalania w tunelowych piecach przelotowych.

Pasty stosowane do sitodruku składają się z drobnego proszku metalicznego, nośnika organicznego, szklanej fryty oraz topników. Nośnik organiczny kontroluje lepkość pasty, fryta szklana rozplývając się w wysokich temperaturach zapewnia dobry kontakt drobin proszku metalicznego oraz dobrą przyczepność do podłoża.

Topnik obniża temperaturę topnienia proszku metalicznego i katalizuje formowanie się ciągłej warstwy.

W czasie suszenia usuwane są z drukowanej warstwy najbardziej lotne rozpuszczalniki. Proces wypalania prowadzony w temperaturach 673-1173 K powoduje spalanie nośnika organicznego i spiekanie drobin proszku metalicznego.

Właściwości otrzymanych opisaną wyżej metodą warstw zależą od takich parametrów, jak: składu pasty i jej własności reologicznych w czasie drukowania, gęstości sita, grubości emulsji fotograficznej na sicie, kąta ataku rakli drukującej i jej nacisku, prędkości drukowania, czasu rozplývania pasty na podłożu przed suszeniem, czasu i temperatury suszenia i wypalania oraz prędkości dogrzewania i ochładzania warstw w procesie wypalania.

Opisany proces technologiczny jest bardzo łatwy do zautomatyzowania i dostępne na rynku linie technologiczne samoczynnie dokonują załadunku płytek do sitodrukarki i rozładowania na końcu linii po zakończeniu procesu wypalania [18].

Od kilku lat technologia grubowarstwowa znalazła zastosowanie na całym świecie w produkcji tanich krzemowych ogniw słonecznych na skalę przemysłową [1-14].

Obejmuje ona wszystkie procesy:

- wytwarzanie warstw półprzewodnikowych [15],
- dyfuzję fosforu [6, 7, 9, 10, 12, 13],
- metalizację [1-16],
- formowanie warstwy antyodblaskowej [16],
- dyfuzję dolnego złącza l-n (Back surface Field (BSF)).

Wytwarzanie złącza n-n

Materialkiem wyjściowym jest płytka polidrowa typu p o orientacji $\langle 111 \rangle$ i rezystancji właściwej $\rho = 1 \Omega \text{cm}$. Do otrzymania cienkiego obszaru typu n autorzy [5-10, 12, 16], zastosowali pasty fosforowe nakładane na płytki krzemowe sitodrukiem. Następnie płytki suszono przez 15 minut na powietrzu i 15 minut w suszarce w temp. 398 K. Proces dyfuzji wykonano w typowym dla technologii grubowarstwowej tunelowym piecu przelotowym. Wstępnej strefie temperaturowej płytki z naniesioną pastą przebywały w atmosferze powietrza, co umożliwia wypalanie nosnika organicznego. W strefie gorzej zastosowano atmosferę ochronną azotu. Dyfuzja zachodziła w temperaturach 900-950°C w czasie 20 minut.

W pracy [5] uzyskano zwiększenie U_{oc} i współczynnika wypełnienia FF w porównaniu z dyfuzją ze źródła POCl_3 . Spowodowane to zostało dłuższą drogą dyfuzji nosników (Ln) w warstwach dyfuzyjnych ze źródła nakładanego sitodrukiem. Powolne narastanie i opadanie temperatury wzdłuż pieca zmniejsza naprężenia termiczne w warstwie krzemu powodując wydłużenie drogi dyfuzji.

Dodatkowymi zaletami procesu dyfuzji za pomocą sitodruku są: całkowite zautomatyzowanie procesu, dyfuzja jedynie do górnej powierzchni płytki, brak konieczności kontroli przepływu atmosfery ochronnej w piecu.

Nakładanie warstwy antyodblaskowej

Jako warstwę antyodblaskową najczęściej stosuje się nakładaną na wirówkę na płytki krzemowe emulsję zawierającą TiO_2 lub Ta_2O_5 [7-10, 12, 16], a następnie prowadzi się proces wygrzewania w piecu tunelowym. W literaturze pojawiają się coraz częściej informacje na temat warstw antyodblaskowych nakładanych techniką sitodruku [8, 12, 16], co obniża koszt jednostkowy ogniw w produkcji masowej.

Cienki tytanu i tantalu zostały wybrane dzięki wielkości ich współczynnika załamania wynoszącego $n = 1,9$, co zapewnia przy grubości warstwy antyodblaskowej ok. 100 nm optymalną transmisję światła w głąb półprzewodnika. Na uwagę zasługuje proces technologiczny opisany przez autorów pracy [13]. Dzięki spreparowaniu emulsji fosforanowo-tytanowej rozwirowy-

wanej na płytkach krzemowych uzyskano w jednym procesie termicznym warstwę dyfuzyjną typu n i warstwę antyodblaskową typu TiO_2 .

Ogniwa wykonane tą technologią i metalizacją grubowarstwową posiadały sprawności 13% (AM0) i 16% (AM2).

Metalizacja warstwy typu n

Ponieważ większość światła słonecznego padającego na ogniwo jest absorbowana w pobliżu górnej powierzchni (rys. 1), generowane światłem nosniki mają większą szansę dotarcia do złącza p-n dając zewnętrzny prąd, jeżeli złącze znajduje się również blisko powierzchni. Dlatego warstwa typu n jest bardzo cienka, co powoduje jej dużą rezystancję. W celu zmniejszenia wpływu tej rezystancji na sprawność ogniwa zachodzi konieczność wykonania kontaktu metalicznego pokrywającego całą powierzchnię górną. Jednak wówczas światło nie osiągnęłoby powierzchni półprzewodnika. Optymalizując wartość mocy wyjściowej opracowano strukturę palczastą z głównym szerszym kolektorem prądowym. Praktycznie osiągalna minimalna szerokość linii kontaktu wykonanego sitodrukiem waha się w granicach 100-200 μm , podczas gdy preferowana szerokość 20-50 μm jest bez trudności wykonalna techniką parowania i fotolitografii. To ograniczenie wynikające z własności sitodruku powoduje 5% spadek mocy wyjściowej [6], ale znaczna redukcja kosztów wytwarzania stanowi atrakcyjny kompromis.

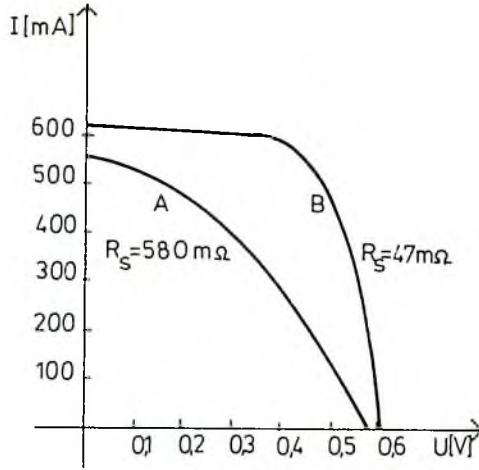
Metalizacja grubowarstwowa strony górnej ogniw słonecznych już od kilku lat jest stosowana na skalę przemysłową.

W literaturze fachowej pojawia się coraz więcej publikacji na ten temat [1-16]. Kontakty omowe wykonane sitodrukiem i wypalane powinny być stabilne, zapewniać możliwie niski poziom migracji metalu do cienkiej warstwy n, co może spowodować zmniejszenie sprawności ogniwa, a nawet doprowadzić do zwarcia złącza typu p-n. Warstwa kontaktowa powinna być doskonałym przewodnikiem, posiadać dobrą przyczepność do krzemu, niską rezystancję kontaktu i dobrą lutowność.

Wymienione wyżej właściwości posiadają pasty przewodzące na bazie srebra. Srebro posiada wysoką przewodność elektryczną, a zawarte w pastcie szkliwo w procesie wypalania rozpląwa się zwilżając krzem, co zapewnia dobrą przyczepność.

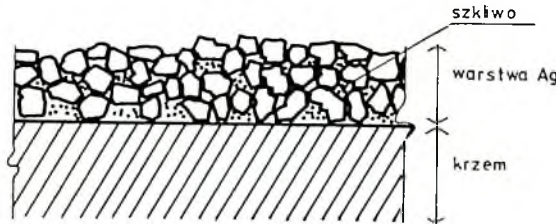
Moc wyjściowa otrzymana z ogniwa gwałtownie maleje wraz ze wzrostem rezystancji szeregowej. Głównymi jej składnikami są: rezystancja cienkiej warstwy typu n oraz rezystancja kontaktowa między metalizacją a krzemem. Tuż po wypaleniu, ogniwa z metalizacją grubowarstwową posiadają dużą rezystancję szeregową. Krótka kąpiel w 5% roztworze kwasu fluorowodorowego (HF) przez 5-10 sekund prowadzi do znacznej poprawy charakterystyki wyjściowej (rys. 7), [4]. Model struktury metalizacji przedstawia rys. 8 [3].

Rezystancja kontaktu zależy od powierzchni styku drobin srebra z krzemem. W procesie trawienia w kwasie HF zachodzi wytrawianie szkliwa i zmniejszanie rezystancji kontaktu.



Rys. 7. Charakterystyka $I=f(U)$ ogniwa słonecznego przed trawieniem (a), po trawieniu (b)

Fig. 7. $I=f(U)$ curves taken from: cell before etching (a), a cell after etching (b)

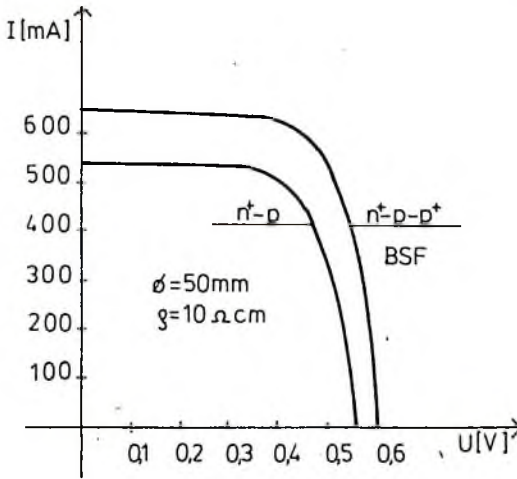


Rys. 8. Struktura warstwy Ag na płytce krzemowej

Fig. 8. Schematic structure of Ag layer on Si substrate

Niska rezystancja kontaktu można otrzymać drukując kontakt metaliczny bezpośrednio na warstwę antyodblaskową TiO_2 [7-13, 16]. Stanowi to dodatkowo udogodnienie i pozwala na uniknięcie jednego procesu fotolitograficznego.

Inną metodą dającą niską rezystancję kontaktu jest wypalanie przez kilka minut impulsami promieniowania podczerwonego (4, 6). Trudne jednak jest osiągnięcie dobrej przyczepności do krzemu.



Rys. 9. Porównanie charakterystyk $I=f(U)$ ogniwa z BSF i bez BSF

Fig. 9. Comparison between BSF and no BSF I-U curves

druku do nakładania źródła domieszki w postaci pasty aluminiowej [2, 5, 6-14, 16]. Następnie prowadzi się proces wygrzewania w piecu tunelowym.

Kontakt do powierzchni dolnej

Wykonanie kontaktu elektrycznego do warstwy typu p jest procesem mniej krytycznym, co jest spowodowane dużą grubością obszaru typu p i powierzchnia ta nie absorbuje promieniowania słonecznego. Struktura palczasta może być zastąpiona pokryciem całej powierzchni warstwą metaliczną. Migracja metalu w głąb półprzewodnika nie ma większego wpływu na charakterystykę ogniwa ze względu na dużą odległość od złącza p-n.

Pasta aluminiowa nakładana sitodrukiem jest stosowana powszechnie do tworzenia kontaktu dolnego [2, 5, 6-14, 16]. Jest ona znacznie tańsza od pasty srebrnej i daje bardzo dobry kontakt elektryczny o dużej przyczepności do krzemu. W procesie wypalania aluminium wykazuje tendencję do dyfuzji w głąb krzemu formując złącze l-h (BSF). Jediną niedogodnością jest niezwilżalność aluminium przez cynę. Łączenie ogni w moduły wymaga lutowania kontaktu do każdego ogniwa.

Częściowym rozwiązaniem tego problemu jest zastąpienie aluminium pastą srebrno-aluminiową (Ag-Al) o zawartości aluminium nie przekraczającej 12%. Dzięki temu osiągnięto dobry kontakt elektryczny do warstwy typu p, a duża zawartość srebra zapewnia dobrą lutowność.

Dyfuzja dolnego złącza l-h (Back Surface Field) [13]

Jednym ze sposobów zwiększenia sprawności krzemowych ogniw słonecznych jest wytworzenie dolnego złącza l-h (BSF). Przez dyfuzję domieszki akceptorowej formującej obszar typu p osiągnięto zwiększenie mocy dostarczanej przez ogniwo (rys. 9) [13]. Z kształtu pasma energetycznego wynika, że złącze l-h tworzy barierę energetyczną dla elektronów docierających do obszaru p+ powodując ich "odbicie" w kierunku złącza p-n.

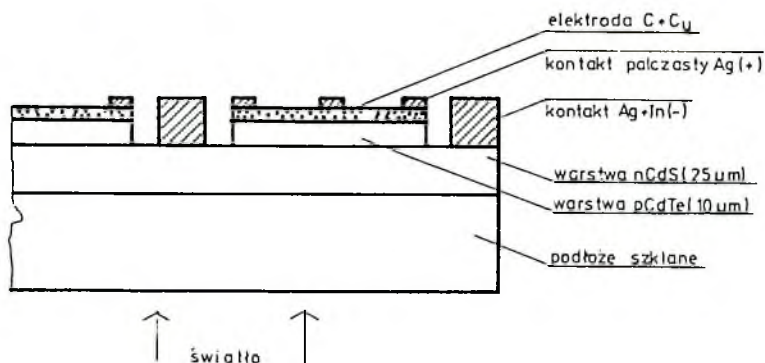
W celu uformowania BSF stosuje się technikę sito-

Inny powiększeniem jest drukowanie i wypalanie warstwy aluminium, a następnie kontaktów warstwy srebrnej. Dochodzi tu wprawdzie jeden proces sitodruku, ale obniżenie kosztu użytych materiałów czyni ten proces najbardziej atrakcyjnym.

Ogniwa słoneczne z warstwami aktywnymi wykonanymi sitodrukiem

Na tutejszym uwarunkowaniach zasługują pionierskie prace naukowców z firmy Matsushita Electric Industrial Company nad otrzymaniem ogniw słonecznych jedynie za pomocą sitodruku i wypalania w piecu tunelowym [15].

Przekrój ogniwa pokazano na rys. 10.



Rys. 10. Przekrój poprzeczny ogniwa CdS/CdTe wykonanego sitodrukiem
Fig. 10. Cross-sectional diagram of a screen printed CdS/CdTe solar cell

Ogniwo wykonano drukując kolejno warstwy CdS, CdTe i kontakty elektryczne. Pasta CdS do sitodruku została wykonana przez zmieszanie proszku CdS, CdCl₂ (topnik) i glikolu propylenowego (lepiszcze).

Pastę CdS nanoszono sitodrukiem na podłoże szklane, suszono w suszarce elektrycznej i wypalano przez godzinę w temperaturze 963 K w piecu tunelowym, w atmosferze azotu.

Pastę Cd+Te otrzymano z proszku Cd, proszku Te, CdCl₂ i glikolu propylenowego. Następnie pastę CdTe nanoszono sitodrukiem z odpowiednimi odstępami dla elektrod AgIn do warstwy CdS. Proces wypalania prowadzono w temperaturze 902 K. Elektrody z pasty węglowej i past srebrnych również nanoszono sitodrukiem.

Autorzy pracy [15] wykonali tą technologią ogniwa ze sprawnością wynoszącą 9%. Ogniwa następnie były poddawane próbie na stabilność. Niezabezpieczone ogniwa pracowały przez 206 dni na dachu nie wykazując zmiany parametrów.

Ponieważ sitodruk jest procesem bezpróżniowym, o skromnym wyposażeniu laboratoryjnym, pozbawionym strat stosowanych materiałów, ogniwa wykonane

tą technologią wymagają bardzo niskich kosztów. Masowa produkcja może być całkowicie zautomatyzowana. Obecne wysiłki badawcze skierowane są na poprawienie stabilności, sprawności i powtarzalności.

Podsumowanie

Technologia grubowarstwowa znalazła szerokie zastosowanie w produkcji tanich ogniw słonecznych. Sitodruk i wypalanie w piecu tunelowym znalazły zastosowanie do wytwarzania złącz dyfuzyjnych, warstw antyodblaskowych, metalizacji, pola warstwy dolnej.

Otrzymano ogniwa CdS/CdTe całkowicie wykonane sitodrukiem. Technologia grubowarstwowa jest procesem bezpróżniowym, o skromnym wyposażeniu laboratoryjnym, pozbawionym strat stosowanych materiałów. Masowa produkcja jest procesem całkowicie zautomatyzowanym, co dodatkowo obniża koszty produkcji.

Wymienione zalety spowodowały, że autor niniejszego artykułu wspólnie z Instytutem Technologii Elektronowej Politechniki Wrocławskiej, rozpoczął prace badawcze nad zastosowaniem technologii grubowarstwowej w produkcji ogniw słonecznych.

Osiągnięte dotychczas wyniki są obiecujące.

Literatura

- [1] Ohmic contact of conductive silver paste to silicon solar cells. Toshiro Nakajima et al. IMC Proceedings USA 1983.
- [2] Thick-film metallization for solar cells. K.R. Bube et al IMC Proceedings USA 1980.
- [3] Adhesion of ohmic contact electrodes formed by conductive silver paste to silicon. Junji Shimizu et al. IMC Proceedings Japan 1982.
- [4] Series resistance associated with thick-film contacts to solar cells. S.J. Hogan et al. 16 th. IEEE. Phot. Spec. Conf. California 1982.
- [5] A candidate low-cost processing for silicon solar cells Donald Bickler. JPL Low-cost Solar Array Project 1978.
- [6] Overview of thick-film technology as applied to solar cells. K. Firor, S. Hogan. IEEE ECC 1980.
- [7] Electro-optical properties of screen printed solar cells. K. Emery et al. 16 th IEEE Phot. Spec. Conf. San Diego 1982.
- [8] Polycrystalline silicon solar cells utilizing an integral screen printing technique. G. Cheek et al.
- [9] Screen printed metallization of silicon solar cells. L. Frisson et al. Electr. Science and Tech. 1980, vol. 7.
- [10] Screen printed metallization of silicon solar cells. L. Frisson et al. EHMC 1979, Ghent.
- [11] Solar cell contacts. D.L. Meier et al. 16 th. IEEE Phot. Spec. Conf. California 1982.

- [12] The integral screen printing solar cell technology in an industrial environment. L. Frisson et al. 5 th. Eur. Phot. Solar Energy Conf. Greece 1983.
- [13] High performance BSF silicon solar cell with fire through contacts printed on ARC. Tohru Nunoi et al. Japanesse Journal of Applied Physics, vol. 19 1980.
- [14] Screen printed contacts for solar cells made from various polycrystalline silicon ingots. J. Donon et al. 5 th. Eur. Phot. Solar Energy Conf. Greece 1983.
- [15] Entirely screen printed CdS CdTe solar cell. S. Ikegami et al. 5 th. Eur. Phot. Solar Energy Conf. Greece 1983.
- [16] The integral screen printing solar cell technology. L. Frisson et al. IEEE Trans. on Electron Devices. 1984 May.
- [17] Waczyński K.: Praca doktorska. Gliwice 1984.
- [18] Microelectronics Manufacturing and Testing. No 11 1984.

Recenzent: Doc. dr inż. Włodzimierz KALITA

Wpłynęło do Redakcji 16.05.1985 r.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОЛСТОПЛЕНОЧНОЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕШОВЫХ КРЕМНЕВЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ

Р е з ю м е

В работе приведены результаты использования толсто пленочной технологии в производстве кремневых солнечных фотоэлементов. Большое внимание уделено возможности получения толсто пленочного солнечного CdS/CdTe фотоэлемента.

THICK FILM TECHNOLOGY APPLICATION FOR PRODUCTION OF LOW COST SILICON SOLAR BATTERIES

S u m m a r y

Thick film technology offers advantages of low cost, production amenability and automation. Its use in hybrid circuit technology, where it offers additional advantages of reliability and miniaturization, is well known. The technology involves the screen printing of especially formulated pastes followed by firing at high temperatures. Recently this technology has also been successful in manufacture of silicon solar cells as well as in development of complete solar cells using CdS/CdTe heterojunctions. It enables the use of the same equipment in the various processes involved in manufacturing solar cells.

The thick film processing techniques are really attractive when used for diffusion of doping impurities, metallization and antireflection coatings.

Attempts to make CdS/CdTe heterojunctions using thick film techniques on a different substrate have already met with some success, so that complete solar cells can be made on glass using low cost thick film processing techniques. This opens new methods of solar cell production which are cost competitive and economically viable.