

Institut Fizyki UMCS
Zakład Fizyki Doświadczalnej
Kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Subotowicz

Irena BRYŁOWSKA, Piotr MAZUREK,
Krzysztof PAPROCKI, Mieczysław SUBOTOWICZ,
Halina ŚCIBIOR

**Własności elementów fotowoltaicznych,
otrzymanych metodą implantacji jonów na GaAs**

Properties of the photovoltaic GaAs-cells produced by implantation method

Свойства фотовольтаических элементов построенных на GaAs методом
внедрения ионов

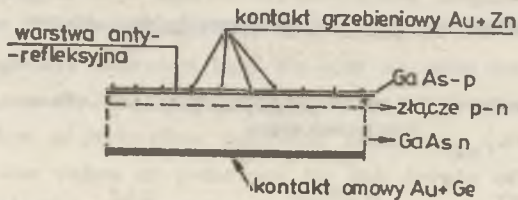
WSTĘP

Szerokość przerwy energetycznej w kryształach arsenku galu wynosi $E_g = 1,424$ eV (300 K). Przy absorpcji promieniowania elektromagnetycznego przejścia są proste. Dlatego GaAs jest jednym z najbardziej interesujących materiałów półprzewodnikowych do konstrukcji baterii słonecznych. Obecnie wytwarzane ogniwa fotowoltaiczne na heterozłączach typu $Ga_xAl_{1-x}As - GaAs$ p - GaAs osiągają sprawności konwersji energii promieniowania elektromagnetycznego na energię elektryczną do 27 - 29 % [1]. W niniejszej pracy opisano technologię otrzymywania i własności ogniw fotowoltaicznych zbudowanych na homozłączu GaAs metodą implantacji jonów Zn do GaAs typu-n.

**TECHNOLOGIA OTRZYMYWANIA OGNIW
FOTOWOLTAICZNYCH**

W doświadczeniach użyto GaAs typu-n wyjściowo domieszkowanego Te do koncentracji $(0,5 \div 2) \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ w postaci monokrystalicznych płytek o grubości 300 μm , wyciętych w płaszczyźnie (100).

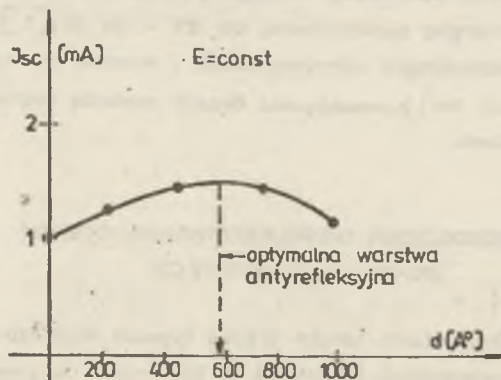
Przed implantacją próbki myto i trawiono w roztworze $H_2SO_4 + H_2O_2 + H_2O$ oraz płukano w wodzie dejonizowanej i rozpuszczalnikach organicznych. W ten sposób przygotowano próbki implantowano jonami Zn o energii 100 keV w zakresie dawek $10^{13} \div 10^{16} j/cm^2$. Po implantacji jonów próbki obustronnie pokrywano ochronną warstwą SiO_2 o grubości 0,3 μm i wygrzewano w atmosferze helu w zakresie temperatur 700–850°C w czasie 0,5 h. Po wygrzaniu tlenek krzemu strawiono w roztworze wodnym HF i kilkakrotnie płukano w wodzie. Następnie naparowywano kontakty omowe: stop Au+Ge od strony GaAs typu-n oraz stop Au+Zn od strony GaAs typu-p w postaci kontaktu grzebieniowego (ryc. 1).



POWIERZCHNIA $0.2 \pm 0.6 cm^2$

Ryc. 1. Schemat elementu fotowoltaicznego, zbudowanego na GaAs

Na kontakt grzebieniowy metodą naparowywania osadzono warstwę antyrefleksyjną SiO_2 , której optymalną grubość określono, mierząc prąd zwarcia J_{sc} w zależności od grubości warstwy antyrefleksyjnej "d" przy stałym natężeniu oświetlenia (ryc. 2).

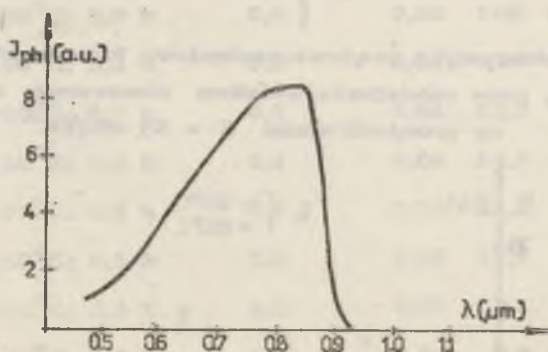


Ryc. 2. Zależność natężenia prądu zwarcia J_{sc} od grubości warstwy antyrefleksyjnej, sporządzonej z SiO_2

Z przedstawionego wykresu widać, że optymalna grubość warstwy antyrefleksyjnej wynosi $600\text{\AA} \pm 100\text{\AA}$, gdyż przy tej grubości prąd zwarcia ma maksymalną wartość. Diody miały powierzchnie aktywne od 0,2 do 0,6 cm^2 .

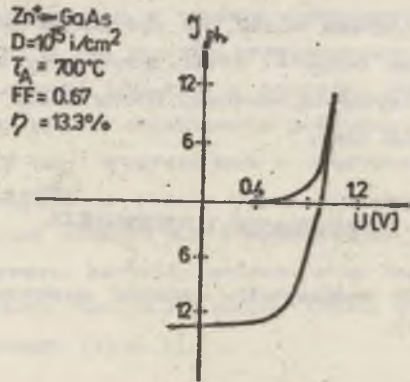
REZULTATY I DYSKUSJA

Wykonane diody wykazywały czułość spektralną w zakresie 0,4 - 0,9 μm (ryc. 3).

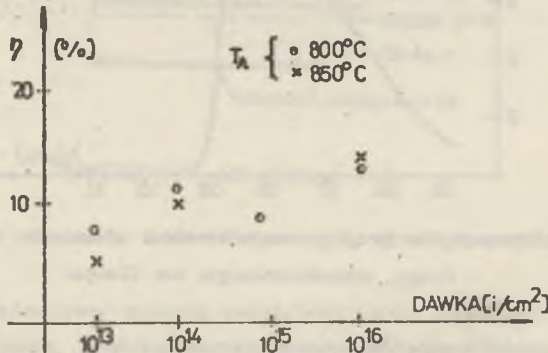


Ryc. 3. Charakterystyka prądowo-spektralna elementu fotowoltaicznego, zbudowanego na GaAs

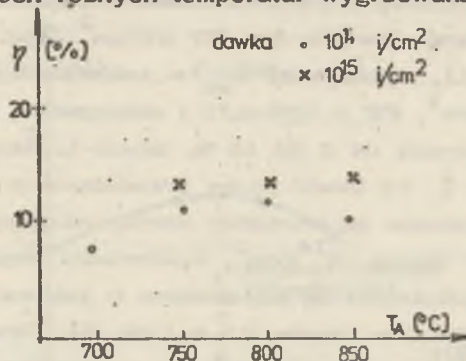
W celu określenia napięcia fotowoltaicznego U_{oc} , prądu zwarcia j_{sc} i współczynnika wypełnienia FF wykonano pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych przy oświetleniu światłem słonecznym o gęstości mocy promieniowania $E = 53 \text{ mW/cm}^2$ (ryc. 4). Najlepsze diody (tabela 1), wykazywały U_{oc} w zakresie $0,60 \div 0,83 \text{ V}$, $j_{sc} = 12 - 23 \text{ mA/cm}^2$, $FF = 0,50-0,71$ i maksymalną sprawność konwersji η w zakresie od 8 do 15 %, tabela 1. Zależność współczynnika konwersji η od dawki jonów przedstawiona jest na ryc. 5. Współczynnik η wzrasta ze wzrostem dawki, osiągając wartości powyżej 13 % przy dawce 10^{16} j/cm^2 . Sprawności rzędu 13 % omawianych ogniw fotowoltaicznych są uzyskiwane w zakresie temperatur wygrzewania $750-850^\circ\text{C}$ w czasie 0,5 h (ryc. 6). Otrzymane ogniwa fotowoltaiczne mają własności zbliżone do cienkowarstwowych homołącz $\text{GaAs } n^+/p/p^+$, otrzymywanych metodą CVD, w których osiągnięto sprawności 15,3 % przy oświetleniu AM 1 [2].



Ryc. 4. Charakterystyka prądowo-napięciowa fotoelementu, zbudowanego na GaAs, przy oświetleniu światłem słonecznym o gęstości mocy promieniowania $E = 53 \text{ mW/cm}^2$



Ryc. 5. Zależność współczynnika konwersji η (%) od dawki jonów Zn^+ dla dwóch różnych temperatur wygrzewania w czasie 0,5 h



Ryc. 6. Zależność współczynnika konwersji η (%) od temperatury wygrzewania, T_A dla dwóch dawek jonów Zn^+ , różniących się o jeden rząd wielkości

Tabela 1

Własności ogniw słonecznych na GaAs
 Oświetlenie: światło słoneczne, $E = 53 \text{ mW/cm}^2$
 $\text{Zn} \rightarrow \text{GaAs} (n)$, $N_d = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, (100)

| Nr | Dawka (i/cm^2) | Temp. wygrzewa- nia T_A czas (h) | Powierz- chnia (cm^2) | U_{oc} (V) | j_{sc} ($\frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$) | FF | η (%) |
|-----|------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|---|--------------------|--------------------|
| 19 | 10^{13} | 800°C; 0,5 h | 0,6 | 0,50 | 14,0 | 0,59 | 7,8 |
| 185 | 10^{13} | 850°C; 0,5 h | 0,6 | 0,64 | 7,83 | 0,58 | 5,5 |
| 27 | 10^{14} | 700°C; 0,5 h | 0,3 | 0,66 | 12,3 | 0,5 | 7,7 |
| 275 | 10^{14} | 750°C; 0,5 h | 0,4 | 0,68 | 16,6 | 0,52 | 11,1 |
| 28 | 10^{14} | 800°C; 0,5 h | 0,6 | 0,72 | 13,3 | 0,63 | 11,4 |
| 285 | 10^{14} | 850°C; 0,5 h | 0,6 | 0,58 | 17,5 | 0,53 | 10,1 |
| 37 | 10^{15} | 700°C; 0,5 h | 0,3 | 0,78 | 15,1 | 0,53 | 11,7 |
| 38 | 10^{15} | 800°C; 0,5 h | 0,5 | 0,72 | 9,2 | 0,71 | 8,9 |
| 47 | 10^{16} | 700°C; 0,5 h | 0,6 | 0,83 | 12,7 | 0,67 | 13,3 |
| 48 | 10^{16} | 800°C; 0,5 h | 0,3 | 0,67 | 22,3 ^{*)} | 0,47 ^{*)} | 13,3 ^{*)} |
| 485 | 10^{16} | 850°C; 0,5 h | 0,2 | 0,75 | 14,0 | 0,69 | 13,7 |

Uwaga: *) Interesujący jest przypadek diody Nr 48, gdzie gęstość prądu zwarcia j_{sc} jest bardzo duża, współczynnik wypełnienia FF jest bardzo mały, natomiast współczynnik konwersji η jest stosunkowo wysoki.

W doświadczeniach gęstość mocy promieniowania określano za pomocą aktynometru typu M-3 produkcji radzieckiej.

PISMIENNICTWO

1. Alfierow Zh., Andriev W., Jegorow B. W. et al.: International Meeting on Photoelektric and Optical Phenomena in Solid State, Varna, 29.V-2.VI.1983 (Abstract, p. 7).
2. Bozdar C. O., Fan J. C.: Appl. Phys. Lett., 31,629 (1977).

SUMMARY

Applying the Zn-ions into GaAs-n implantation method the photocells of the spectral sensitivity in the range from 0,4 up to 0,9 μm were produced. The following values of their different parameters were obtained: U_{oc} - from 0,60 to 0,83 V, j_{sc} - from 12 to 23 mA/cm^2 , FF - from 0,50 to 0,71 and conversion coefficient η - from 8 to 15 %. The dependence of η on ion doses and annealing temperatures was measured.

РЕЗЮМЕ

Получено фотовольтаические элементы со спектральной чувствительностью в области длины волны 0,4 + 0,9 и методом внедрения ионов Zn в монокристаллический GaAs-n. Были измерены следующие значения параметров этих фотоэлементов: $U_{oc} = 0,60 + 0,83$ в, $j_{sc} = 0,12 + 0,23$ mA/cm , FF = 0,50 + 0,71 коэффициент конверсии $\eta = 8 + 15\%$. Исследовалась зависимость η от дозы внедряемых ионов и температуры отжига.

Złożono w Redakcji 16 VIII 1983 roku.