

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

SLUŻBOWY

OPIS PATENTOWY 132 898

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 81 02 28 /P. 229947/

Pierwszeństwo: _____

Int. Cl.³ H01L 21/265
H01L 29/93

Zgłoszenie ogłoszono: 82 08 30

Opis patentowy opublikowano: 1986 06 30

Twórcy wynalazku: Irena Bryłowska, Paweł Mikołajczak,
Krzysztof Paprocki

Uprawniony z patentu: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
Lublin /Polska/

SPOSÓB OTRZYMYWANIA PÓŁPRZEWODNIKOWEJ DIODY POJEMNOŚCIOWEJ

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania półprzewodnikowej diody pojemnościowej, stanowiącej złącze prostujące metal - półprzewodnik, charakteryzującej się wysoką pojemnością C_1 i wysokim stosunkiem przestrajania $\frac{C_1}{C_2}$, szczególnie przydatnej w układach generacyjnych do przestrajania generatorów, w filtrach strojonych oraz tam, gdzie stosowane są kondensatory przestrajania o dużych pojemnościach, na przykład w radioodbiornikach pracujących na zakresie fal średnich i długich.

Z dotychczas znanych metod wytwarzania diod pojemnościowych należy wymienić przede wszystkim najczęściej stosowaną metodę dyfuzyjną, polegającą na wprowadzaniu domieszek do półprzewodnika typu n, którym są najczęściej płytki Si, za pomocą dyfuzji w wysokiej temperaturze, w atmosferze gazu ochronnego, zawierającego dużą koncentrację atomów domieszek. W wyniku dyfuzji domieszek w głąb płytki, zmienia się typ półprzewodnika na p. Tak otrzymane złącze p - n wyposaża się następnie w kontakty omowe.

Inna znana metoda, stopowa, polega na podgrzewaniu płytki półprzewodnika typu n z umieszczonym na jej powierzchni metalem domieszkowanym. W temperaturze około 160°C uzyskuje się stop tych metali, dający w procesie ochładzania w pobliżu obszaru typu n obszar typu p.

Znane jest także wytwarzanie złącz metodą epitaksji, polegającą na tworzeniu warstwy p na podłożu typu n w drodze reakcji chemicznej, transportu w fazie gazowej, w temperaturze poniżej temperatury topnienia półprzewodnika.

Wspomnieć jeszcze należy o sposobie wytwarzania diod pojemnościowych typu Schottky'ego, przez nałożenie na podłoże krzemowe typu n^+ epitaksjalnie cienkiej warstwy typu n, a następnie drugiej warstwy metalu. Uzyskane złącze wyposaża się w kontakty prądowe.

Do zasadniczych niedogodności opisanych sposobów należy trudność uzyskania dużych pojemności oraz dużego stosunku przestrajania $\frac{C_1}{C_2}$.

Celem wynalazku było opracowanie sposobu otrzymywania diod pojemnościowych, charakteryzujących się dużą zmianą wartości pojemności przy wzroście napięcia zaporowego na diodzie, wykazujących niejednorodny rozkład domieszek, o malejącym gradiencie koncentracji ze wzrostem głębokości od metalicznej bariery prostującej i posiadającej strukturę złącza prostującego metal - półprzewodnik. Cel ten osiągnięto sposobem według wynalazku, którego istota polega na wprowadzaniu do stanowiącego półprzewodnik typu - p monokryształu krzemu, substancji domieszkujących metodą implantacji.

Według wynalazku, stanowiący półprzewodnik monokryształ krzemu typu p, korzystnie jednostronnie polerowany, po uprzednim trawieniu i oczyszczeniu chemicznym poddaje się implantacji jonami domieszek akceptorowych, przy energii implantowanych jonów 30-160 keV, dawce jonów 10^{12} - 10^{13} j/cm², następnie po implantacji próbkę wygrzewa się w próżni w temperaturze 500-1000°C przez okres 0,5-2 godzin, po czym na podłożu nanosi się przez naparowanie próżniowe, przy ciśnieniu 5×10^{-6} - 5×10^{-7} mm Hg kontakt omowy Au i barierę prostującą z indu lub cyny w postaci warstw o grubości 0,3 - 0,5 μm. Barierę prostującą z indu lub cyny stanowią krążki o średnicy 0,9 - 2 mm. Jako domieszki akceptorowe w sposobie według wynalazku stosuje się zwłaszcza jony boru B⁺, glinu Al⁺, galu Ga⁺, indu In⁺ i talu Tl⁺. Diodę pojemnościową uzyskuje się po zamontowaniu wykonanej diody na podstawie i zahermetyzowaniu.

Uzyskane sposobem według wynalazku diody pojemnościowe wykazują własności prostownicze w zakresie napięć -12V ÷ +2V, posiadają duże pojemności, duży stosunek przestrajania $\frac{C_1}{C_2}$ oraz w pewnym obszarze napięć liniową zależność pojemności od napięcia.

P r z y k ł a d. Do wykonania diody użyto monokryształ krzemu typu p o grubości 300 μm. Płytkę oczyszczono najpierw przez zanurzenie na okres 1,5 minut w roztworze trawiącym zawierającym mieszaninę o składzie w stosunkach objętościowych: 5 części stężonego HF, 3 części stężonego HNO₃ oraz 9 części wody i następnie przez przemycie w 1 n HF.

Następnie płytkę umieszczono w komorze implantacyjnej i implantowano jonami talu Tl⁺ z energią 90 keV do momentu uzyskania dozy jonów 10^{13} j/cm². Po tym czasie płytkę umieszczono w układzie próżniowym i wygrzewano w temperaturze 600°C przez 2 godziny. Następnie naparowywano złoto w celu otrzymania kontaktu omowego oraz ind w celu otrzymania kontaktu prostującego. Po wyjęciu z próżni całość zamontowano na podstawie i przylutowano kontakty prądowe.

Uzyskana dioda posiadała następujące parametry: napięcie pracy 0 ÷ 12V, zakres pojemności 1600 pF ÷ 160 pF. Pojemność mierzono przy częstotliwości 0,5 MHz.

Załączona tabela przedstawia parametry diod pojemnościowych uzyskanych opisanym w przykładzie sposobem, po domieszkowaniu implantacyjnym krzemu typu - p atomami B, Al, Ga, In, Tl w zależności od warunków technologicznych otrzymywania.

Wynalazek jest dodatkowo objaśniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat diody w przekroju, fig. 2 - charakterystykę prądowo-napięciową, fig. 3 - charakterystykę napięciowo-pojemnościową. Jak uwidoczniło, diodę stanowi płytka półprzewodnika p 3 z wytworzoną implantacyjnie strukturą p⁺ - p. Na płycie 3 od strony niezaimplantowanej znajduje się napyłony kontakt omowy ze złota 2, natomiast od strony implantacyjnej znajduje się kontakt prostujący z indu lub cyny 1.

Fig. 2 przedstawia charakterystykę prądowo-napięciową diody przy następujących parametrach: energia jonów 90 keV Tl⁺ przy orientacji płytki krzemowej Si <111>, typ przewodnictwa - p, doza jonów 1×10^{13} j/cm², temperatura wygrzewania T_A 600°C, czas wygrzewania 2 godziny, kontakt omowy - złoto Au, kontakt prostujący - ind In, średnica złącza elektrody indowej 1,6 mm.

Fig. 3 pokazuje charakterystykę napięciowo-pojemnościową diody uzyskanej przy identycznych parametrach pomiarowych dla fig. 2, przy czym krzywa 4 obrazuje średnicę złącza indowego 0,9 mm, a krzywa 5 - średnicę złącza - 1,6 mm.

T a b e l a

Domieszka	Energia implantacji	Dawka jonów	Temp.wygrzewania	Czas wygrzewania	Zakres napięcia pracy	Zakres pojemności
B ⁺	30 keV	$2,5 \times 10^{12}$ j/cm ²	500°C	0,5 h	0 V-7,2 V	^x 800pF-100pF
Al ⁺	30 keV	$2,5 \times 10^{12}$ j/cm ²	400°C	0,5 h	0 V-4 V	^x 1100pF-100pF
Ga ⁺	60 keV	2×10^{12} j/cm ²	600°C	1 h	0 V-3 V	^x 600pF- 60pF
In ⁺	60 keV	3×10^{12} j/cm ²	500°C	2 h	0 V-2,1 V	^x 700pF-100pF
Tl ⁺	90 keV	1×10^{13} j/cm ²	600°C	2 h	0 V-4 V	^x 500pF-50pF
Tl ⁺	90 keV	1×10^{13} j/cm ²	600°C	2 h	0 V-12 V	^{xx} 1600pF-160pF
Tl ⁺	90 keV	1×10^{13} j/cm ²	600°C	2 h	0 V-12 V	^{xxx} 3500pF-600pF

x - średnica diody d = 0,9 mm, xx d = 1,6 mm, xxx d = 2,3 mm

Z a s t r z e ż e n i e p a t e n t o w e

Sposób otrzymywania półprzewodnikowej diody pojemnościowej, z n a m i e n n y t y m, że stanowiący półprzewodnik typu p - monokryształ krzemu, korzystnie jednostronnie polerowany, implantuje się jonami akceptorowymi, zwłaszcza B⁺, Al⁺, Ga⁺, In⁺, Tl⁺ z energią implantacji 30-160 keV, przy dawce jonów $10^{12} - 10^{13}$ j/cm², następnie próbę wygrzewa się w próżni w temperaturze 500 - 1000°C przez okres 0,5 - 2 godzin, po czym na podłoże nanosi się przez naporowanie próżniowe, przy ciśnieniu 5×10^{-6} mm Hg, kontakt omowy Au i barierę prostującą z indu lub cyny w postaci warstw o grubości 0,3-0,5 μm, oraz w przypadku bariery prostującej w kształcie krążków o średnicy 0,9 - 2 mm.

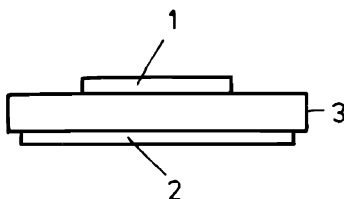


Fig. 1

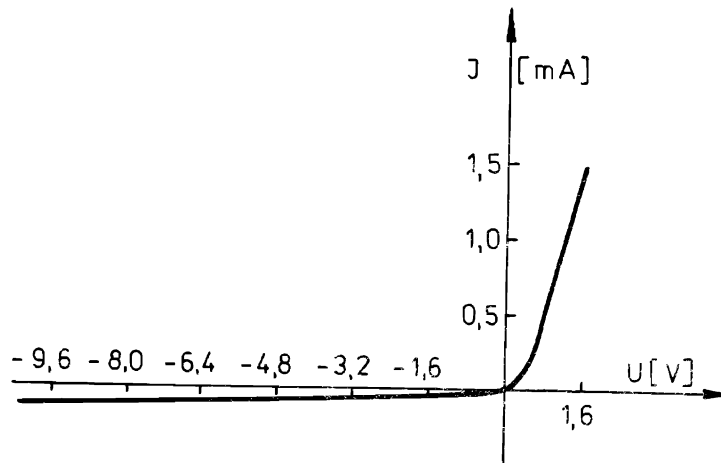


Fig. 2

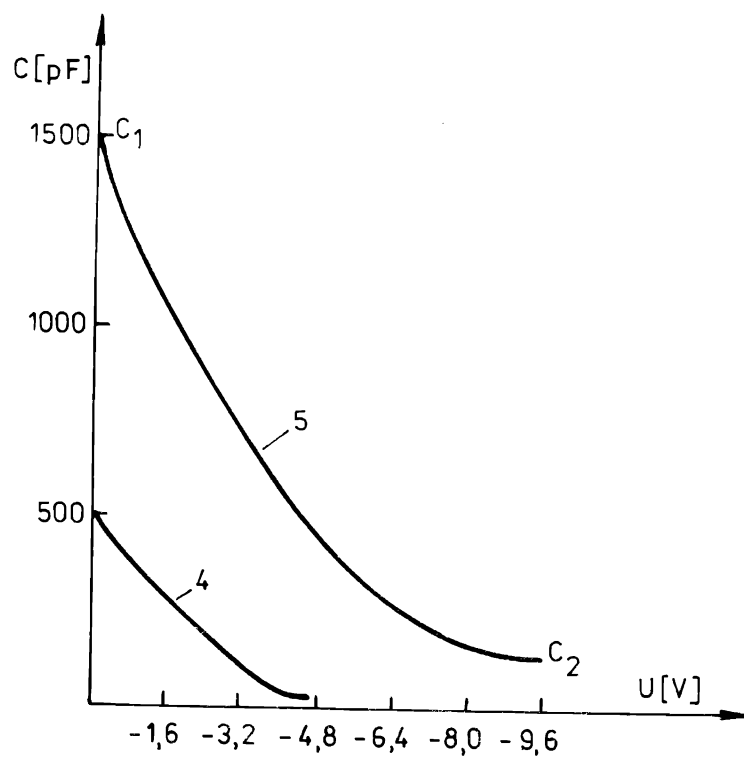


Fig. 3

Handwritten signature or initials.