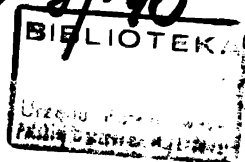


HOLC 2/46



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 46681

Kl. 21 g, 11/02
Kl. internat. H 01 I

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Eindhoven, Holandia

Sposób wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego oraz przyrząd półprzewodnikowy wytwarzany tym sposobem

Patent trwa od dnia 17 lutego 1962 r.

Pierwszeństwo: 20 lutego 1961 r. (Wielka Brytania).

Wynalazek dotyczy sposobu wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego, przy czym na warstwie przynależnej do elementu (płytki) półprzewodnikowego jednego typu przewodnictwa, która tworzy z dalszą częścią elementu półprzewodnikowego złącze p — n (warstwę przejściową), zostaną umieszczone elektrody półprzewodnikowa i zwykła, przeważnie obok siebie, przez roztopienie z warstwą pewnej ilości materiału elektrodowego oraz przyrządu półprzewodnikowego, który zostanie wykonany tym sposobem.

Dotychczasowy sposób na przykład w elemencie germanowym dla umieszczenia elektrody prostownikowej na warstwie przynależnej do elementu półprzewodnikowego, zostanie utworzony przez sposób stopowo — dyfuzyjny. W sposobie tym pewna ilość materiału elektrody zostanie roztopiona na warstwie, przy czym przez przeważającą dyfuzję zanieczyszczeń jednego typu przewodnictwa zostanie otrzymana

zdyfuzjowana strefa tego typu, a przez przeważającą segregację zanieczyszczeń odmiennego typu przewodnictwa zostanie osiągnięta zrekrytalizowana strefa odmiennego typu przewodnictwa. Ponieważ strefa zdyfuzjowana zostanie otrzymana przez dyfuzję zanieczyszczeń ze stopu albo z już zrekrytalizowanej warstwy, to ilość i koncentracja zanieczyszczeń w tej strefie zdyfuzjowanej jest dokładnie określona. Dyfuzujące zanieczyszczenia, jak np. aluminium i arsen, w przypadku germanu zostaną dodane do roztopionego materiału, albo w późniejszej fazie zostaną pobrane z otoczenia i wprowadzone do roztopionego materiału elektrody..

Chociaż taki sposób w przypadku germanu i wspomnianych zanieczyszczeń jest zadawalający, to przy innych materiałach półprzewodnikowych, jak na przykład krzemie, występują różne trudności, ponieważ rozpuszczalność zanie-

czyszczeń, które ze względu na ich korzystne właściwości należałoby zastosować w materiale elektrody, jest tak duże, że niemożliwe jest dokładne dozowanie tych zanieczyszczeń w materiale elektrody. Trudności te występują na przykład przy stosowaniu zanieczyszczeń boru w przypadku elektrody krzemowej, wskutek dużej rozpuszczalności boru w materiale elektrody, natomiast przez dyfuzję boru mogą być otrzymane warstwy dyfuzyjne o niskiej oporności właściwej.

Dalej wymagana jest prosta technologiczna metoda, pozwalająca zaopatrzyć warstwę w styk galwaniczny oraz w przypadku budowy tranzystora w styk bazy.

Wspomniany na wstępie sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że z warstwą przynależną do elementu półprzewodnika zostanie roztopiony materiał elektrodowy o tym samym składzie i przeważnie o tej samej wartości, przy czym pod roztopionym materiałem elektrodowym powstaje strefa dyfuzyjna jednego typu przewodnictwa przez dyfuzję zanieczyszczeń tego typu, które w zasadzie zostaną otrzymane z części warstwy rozpuszczonych w materiale elektrodowym. A więc przy pierwszym materiale elektrodowym powstaje zrekrytalizowana strefa odmiennego typu przewodności, wskutek obecności zanieczyszczeń tego typu w roztopionym materiale elektrodowym, a przy innym materiale elektrodowym powstaje dlatego zrekrytalizowana strefa pierwszego typu przewodności, bowiem w tym materiale elektrodowym zostanie wchłonięta większa ilość zanieczyszczeń pierwszego typu przewodności, która zostanie wchłonięta przez roztopiony materiał elektrodowy, zwłaszcza przez pierwszy materiał elektrodowy, dokładnie uwarunkowana przez zawartość tych zanieczyszczeń we wspomnianej warstwie.

Warstwa ta może być otrzymana na przykład przez dyfuzję tak, że zawartość zanieczyszczeń tej warstwy można dokładnie ustalić. Następnie na warstwie zostanie utworzona w technologicznie łatwy sposób jednocześnie z elektrodą prostownikową, elektroda zwykła.

Podczas roztopiania materiału elektrodowego, otrzymany ciekły metal przenika przeważnie przez warstwę tak, że na otrzymaną zdyfuzjowaną strefę nie oddziałuje istniejąca jeszcze część warstwy.

Różnica między typami przewodności strefy zrekrytalizowanej może być dlatego osiągnięta,

że obydwa materiały elektrodowe zostaną roztopione w miejscach warstwy, gdzie zawartość zanieczyszczeń jednego typu przewodności w warstwie jest różna, na przykład gdy warstwa wykazuje miejscowe różnice grubości. Pierwszy materiał elektrodowy zostanie roztopiony na cieńszej części warstwy niż drugi materiał elektrodowy.

Szczególnie prosty sposób dla osiągnięcia różnicy między typami przewodności dwóch zrekrytalizowanych stref jest według wynalazku znamienny tym, że do wprowadzonego drugiego materiału elektrodowego zostaną dodane dodatkowe zanieczyszczenia jednego typu przewodności, przeważnie kiedy materiał elektrodowy zostanie najpierw przytwierdzony do warstwy na przykład przez stopienie, po czym dodatkowe zanieczyszczenia zostaną naniesione na drugi materiał elektrodowy, na przykład w postaci zawiesiny w cieczy, kiedy materiały elektrodowe zostaną czasowo roztopione, aby uzyskać zdyfuzjowane i zrekrytalizowane strefy. Sposób ten nadaje się doskonale do masowego wytwarzania.

Istnieje możliwość, że obydwa typy zanieczyszczeń w roztopionym materiale elektrodowym tworzą między sobą związek chemiczny. Aby ograniczyć możliwość powstawania takiego związku, sposób według wynalazku zostanie przeprowadzony tak, aby roztopiony materiał elektrodowy był neutralny, to znaczy, aby nie zawierał zanieczyszczeń, natomiast zanieczyszczenia odmiennego typu przewodności zostaną dodane do roztopionego materiału elektrodowego z otaczającej atmosfery. W ten sposób można regulować dodanie tych zanieczyszczeń, a tym samym możliwość tworzenia związku między obydwoma typami zanieczyszczeń.

Jeżeli możliwość takiego związku jest bardzo znikoma, materiał elektrodowy, który zostanie roztopiony, zawiera przeważnie już w całości lub częściowo roztopione zanieczyszczenia odmiennego typu przewodności.

Aczkolwiek sposób według wynalazku może być korzystnie przeprowadzony przez zastosowanie elementu półprzewodnikowego, na przykład z germanu, to jest on jednak przeważnie stosowany w krzemowym elemencie półprzewodnikowym. Wzmiankowana warstwa jest przy tym przeważnie warstwą, otrzymaną przez dyfuzję boru do elementu półprzewodnikowego. Roztopiony materiał elektrodowy może składać się z cyny lub ze stopu cynowego, podczas gdy

do drugiego materiału elektrodowego zostanie dodane aluminium i (albo) bor w postaci zawiesiny lub cieczy.

Na części elementu półprzewodnikowego, nie przynależnej do wzmiankowanej warstwy, może być umieszczony styk galwaniczny, tak aby została otrzymana konstrukcja tranzystora.

Wynalazek dotyczy również przyrządu półprzewodnikowego, który zostanie wykonany sposobem według wynalazku.

Wynalazek zostanie przykładowo bliżej objaśniony na rysunku.

Fig. 1, 3 i 5 są przekrojami poprzecznymi przyrządu półprzewodnikowego w różnych etapach wytwarzania pierwszej postaci wykonania sposobu według wynalazku, a fig. 6 przedstawia widok z góry przyrządu półprzewodnikowego w etapie wytwarzania pierwszej postaci wykonania sposobu według wynalazku, fig. 2 przedstawia wykres, na podstawie którego zostanie częściowo objaśniony sposób według wynalazku, fig. 4 przedstawia przekrój poprzeczny przyrządu do stosowania sposobu według wynalazku, fig. 7 — przekrój przez przyrząd prostownikowy przy drugiej postaci wykonania sposobu według wynalazku, a fig. 8 do 11 przedstawiają przekroje przez przyrząd prostownikowy w różnych etapach wytwarzania przy trzeciej odmianie sposobu wykonania według wynalazku.

Jednokryształowa tarcza krzemowa typu — n o wymiarach $3 \times 2 \times 0,15$ mm zawiera pewną zawartość zanieczyszczeń fosforu i oporność wzdłużną 2Ω cm. Bor z fazy gazowej przenika do tarczy.

Następnie tarcza zostanie umieszczona w piecu, przez który przepływa strumień czystego azotu nad glikolem dwuetylu o zawartości 4 procent wody w stosunku wagowym w temperaturze 0° . Zawartość pary wodnej w azocie jest w ten sposób wyregulowana, że azot z parą wodną przepływa ponad czołowym członkiem o powierzchni $1,5 \text{ cm}^2$ z czystym, będącym w sprzedaży borem, który faktycznie zawiera małą zawartość dwutlenku boru. Źródło par boru i tarcza zostaną umieszczone w temperaturze około 1200° przez okres dwóch godzin, pod strumieniem azotu o przepływie 0,5 litra na minutę tak, że zostanie utworzona na powierzchni tarczy warstwa dyfuzyjna typu — p, o głębokości około 6μ i średniej koncentracji 5×10^{19} atomów boru na cm^3 .

Jedna strona tarczy zostanie wytrawiona przez środek trawiący, złożony na przykład ze stężonego kwasu azotowego, 40% fluowodoru i kwasu octowego lodowatego w stosunku objętościowym 20:12:24, przez co powstaje element według fig. 1, który składa się z części 1 typu — n, z warstwy 2 typu — p o zdyfuzjonowanej powierzchni. Fig. 2 przedstawia logarytmiczny rozkład stężenia nośników ładunku na cm^3 (log c) mierzony w stosunku do odstępu (S) od powierzchni elementu. Stężenie akceptorów jest wskazane przez krzywą 3 a donorów przez linię 4. Odstęp 5 to znaczy głębokość złącza — pn (warstwy przejściowej) wynosi około 6μ .

Następnie na miejsce wyznaczone przez linię 6 (fig. 1) zostanie nałożona warstwa maskująca, a całość zostanie zanurzona w środowisku trawiącym, złożonym ze stężonego kwasu azotowego, 40% fluowodoru i z kwasu octowego lodowatego w stosunku objętościowym 20 : 12 : 12 w temperaturze pokojowej przez około 35 sekund dla usunięcia około 12μ elementu 1, 2 z wyjątkiem miejsca pokrytego warstwą maskującą.

Potem na miejsce wyznaczone przez linię 7 na fig. 1 zostanie nałożona warstwa maskująca, a całość zostanie umieszczona w kąpeli trawiącej, która składa się ze stężonego kwasu azotowego, 40 % fluowodoru i z kwasu octowego lodowatego w stosunku objętościowym 20 : 12 : 24, w temperaturze pokojowej przez okres około 25 sekund dla usunięcia około 2μ elementu 1, 2 z wyjątkiem miejsca pokrytego warstwą maskującą.

Odpowiednim materiałem na warstwę maskującą jest воск, znany w handlu pod nazwą Aprizon i który rozpuszcza się w dwumetylobenzenie. Po umieszczeniu roztworu na żądanym obszarze powierzchni, воск zostanie ogrzany do temperatury 40°C przez okres 10 minut. Po każdym trawieniu warstwa maskująca zostanie rozpuszczona w trójchloroetylenie.

Po każdym wymienionym trawieniu następuje przemycanie elementu zdejonizowaną wodą.

Powstały kryształ jest uwidoczniiony na fig. 3. Górna powierzchnia ma trzy płaszczyzny 8, 9 i 10. Powierzchnia płaszczyzny 8 nie jest skodowana przez trawienie i stężenie powierzchniowe zanieczyszczeń akceptorami, odpowiada $S=O$ na fig. 2 a na płaszczyźnie 10 pierwotna powierzchnia dla osiągnięcia nowej płaszczyzny

jest wytrawiona i przeważa tu zanieczyszczenie donorami, które odpowiada wartości $S >$ od odstępu 5.

Tarcza Sn As (99% cyny w stosunku wagowym) o średnicy około 0,4 mm i grubości około 0,1 mm jest umieszczona po środku każdej płaszczyzny 8, 9 i 10, po czym całość zostanie ogrzana w atmosferze arsenowodorowej.

Fig. 4 przedstawia instalację aparatu do ogrzewania, w której można wygodnie przeprowadzić ogrzewanie. Urządzenie to jest już opisane w angielskim patencie nr 12625/59. Urządzenie zawiera trzy części 12, 13, 14, które są między sobą połączone za pomocą stożkowej części pośredniej.

Pierścieniowa nasadka 15 na ścianie ze szkła borokrzemianowego części 12 jest zamocowana za pomocą cylindra platynowego 16 i lutu złotego 17 na rurze palladowej. Część 12 ma rurę wlotową 19 dla wprowadzenia wodoru, otwór do spalania 20 oraz nawinięte zwoje oporowe grzejnika 21.

Część 13 składa się z kwarcu i na ścianę zewnętrzną 22, na której za pomocą pierścieniowej nasadki 23 jest przymocowana długa rura 24, która na fig. 4 jest przedstawiona poziomo i ma między swymi końcami część tworzącą zagłębienie 25 i która wolnym końcem wpada do cylindrycznej części 26, której przekrój na fig. 4, jest przedstawiony wzdłuż osi podłużnej. Rura wylotowa 27 po prawej stronie nasadki 23 (fig. 4) służy do połączenia z układem pompy próżniowej.

Część 14 jest rurową kolbą, która na jednym końcu przechodzi w część zamkniętą 28, a na drugim końcu w rozszerzoną część 29, aby osiągnąć następnie część końcową ściany 22 części 13.

Urządzenie pracuje jak następuje. Część 13 jest zamocowana na wsporniku; do rury 24 zostanie wprowadzone w czółenku kwarcowym (nie uwidoczonym) 1 gm metalicznego arsenu 30, który zostanie umieszczony w zagłębieniu 25. Tarcza z pojedynczego kryształu 1, 2 z płaszczyznami 8, 9 i 10 wykonanymi sposobem jak wyżej zostanie umieszczona w części 26. Tarcze 31, 32, 33 wykonane z Sn As zostaną umieszczone po środku w stosunku do każdej płaszczyzny. Otwarty koniec części 26 zostanie nakryty tarczą kwarcową 36 z centralnie umieszczonym otworem.

Rura 27 zostanie połączona z nie przedstawionym układem pomp próżniowych, który składa

się z pompy próżniowej, pompy rtęciowej oraz pochłaniacza rtęciowego.

Części 12 i 14 zostaną nałożone na stożkowe zamknięcia części 13. Rura 19 zostanie połączona ze źródłem wodoru, natomiast wypływający z otworu 20 wodór zostanie zapalony. Grzejniki oporowe 34 i 35 zostaną umieszczone naokoło części 14 dla ogrzania arsenu 30 i tarczy 1, 2.

Układ pomp zostanie uruchomiony, aby zmniejszyć ciśnienie w częściach 12, 13 i 14, do wartości mniejszej od 2μ Hg, po czym rura 27 zostanie połączona za pomocą zwężonej części z układem pomp.

Rura palladowa 18 zostanie następnie ogrzana za pomocą zwoi grzejnych, przez co wodór może przepływać przez rurę 18 do części 12 i do części 13, skąd przez rurę 24 poprzez tarczę 1, 2 i przez otwory w tarczy 36 do komory zewnętrznej, która zostanie utworzona między ścianami części 13 i 14 i rurą 27. Urządzenie jest tego rodzaju, że ciśnienie przy tarczy 1, 2 po uruchomieniu pomp wynosi około 500μ Hg.

Grzejniki 34 i 35 zostaną włączone i arsen 30 zostanie ogrzany do temperatury 170°C , a tuż przed tarczą 1, 2 temperatura wzrośnie do temperatury 1000°C . Temperatury 170°C i około 1000°C zostaną utrzymane przez około 22 minuty, po czym grzejniki 34 i 35 zostaną wyłączone, a tarcza może chłodzić się. Strumień wodoru przy przepływaniu przez rurę 18 jest oczyszczany.

Po ochłodzeniu dopływ wodoru zostanie wstrzymany. Część 14 i tarcza 36 zostaną rozdzielone, a tarcza 1, 2 zostanie wyjęta z części 26.

Fig. 5 przedstawia przekrój przez powstałe chodki tarczy, po wyjęciu tarczy 1, 2 z części 26.

Tarcze 31, 32 i 33 wykonane z Sn As mają przy tym strefy zrekrystalizowane w tarczy podstawowej 1, 2, a części 40, 41 i 42 ze stałego materiału elektrodowego.

Strefy 38 i 39 składają się z krzemu typu — n, a strefa 37 składa się z krzemu typu — p.

Skoro tarcza 31 i leżąca pod nią część warstwy 2 na której jest ona umieszczona, zostaną stopione to przy rekrytalizacji, przeważa w ciekłym metalu bor, mimo obecności arsenu w tarczy 31 i arsenu w środowisku podczas ogrzewania, przez co po ochłodzeniu strefa 37 zostanie strefą typu — p, która z warstwą typu — p daje styk galwaniczny.

Po stopieniu się tarczy 32 i części leżącej pod

nią warstwy 2, przy rekryształizacji przeważa arsen, ponieważ w tym przypadku zawartość boru w stopionej części warstwy 2 jest mniejsza. Strefa 38 rekryształizuje w postaci strefy typu — n, która powoduje z warstwą 2 typu — p, złącze — pn.

Tarcza 33 stapia się z częścią 1 typu — n, tarczy 1, 2 i tworzy styk galwaniczny (omowy) z częścią 1.

Temperatura i czas obróbki stapiającej są tak wybrane, że roztopiony metal przenika przez pierwotną warstwę dyfuzyjną 2 pod miejscami tarcz 31 i 32. Dalsza dyfuzja zachodzi ze strefy zakrzepniętego metalu. Dyfuzja jest przeważnie dyfuzją boru ze stopionego materiału elementu 1, 2. Bor dyfunduje do krzemu łatwiej niż arsen tak, że poniżej roztopionych elektrod, po dyfuzji tworzy się dalej warstwa 2 typu — n. Warstwa 2 typu — n poniżej roztopionych elektrod jest więc całkowicie uwarunkowana od wymienionej wyżej dyfuzji.

Cyna w tarczach cynowo — arsenowych nie odgrywa poważniejszej roli i stanowi w zasadzie środek rozcieńczający arsen. Arsen w atmosferze arsenowo — wodorowej przeciwdziała w czasie ogrzewania stratom arsenu w tarczach cynowo — arsenowych.

Cała powierzchnia tarczy kryształowej zostanie następnie oczyszczona przez wytrawienie w kąpieli, która składa się ze stężonego kwasu azotowego, 40% fluowodoru i kwasu octowego lodowatego w stosunku objętościowym 20 : 12 : 24, w czasie około 5 sekund w temperaturze pokojowej. W ten sposób zostanie usunięta warstwa o grubości 0,3 μ .

Tak otrzymana struktura jest strukturą tranzystora krzemowego npn, przy czym część 40 i strefa zrekrystalizowana 37 tworzą połączenie ze strefą bazy 2, natomiast część 41 tworzy połączenie ze strefą zrekrystalizowaną 38, która tworzy złącze — np ze strefą bazy 2; część 42 i strefa zrekrystalizowana 39 tworzą połączenie z częścią 1 kolektora, który tworzy złącze — np. ze strefą bazy.

Powierzchnia między częściami 40 i 41 zostanie pokryta w sposób wyżej opisany warstwą maskującą R, tak jak to jest uwidocznione na fig. 6. Obszar przejścia, baza — kolektor zostanie przez wytrawienie tej części warstwy 2 zmniejszony, bowiem nie został on pokryty przez warstwę 4 i części 40 i 41, a mianowicie w temperaturze pokojowej przez okres około 20 sekund w kąpieli trawiącej, która składa się ze stężonego kwasu azotowego, 40% fluowodoru

i kwasu octowego lodowatego w stosunku objętościowym 20 : 12 : 12. Linia przerywana R' (fig. 5) wskazuje w przybliżeniu zarys powierzchni po procesie trawienia. Warstwa maskująca R zostanie potem usunięta i całość dla osiągnięcia czystej powierzchni typu — p między częściami 40 i 41 zostanie przez krótki okres wytrawiona. Drućki połączeniowe 40a, 41a i 42a z niklu zostaną potem umieszczone na częściach 40, 41 i 42 za pomocą lutowni cynowo — ołowianego. Tak wykonany tranzystor zostanie umieszczony w znany sposób w obudowie. Jest oczywiste, że położenia tarcz 31 i 32 zostaną tak przygotowane, aby stężenie zanieczyszczeń w warstwie 2 w tych miejscach wykazywały wystarczającą różnicę, ze względu na ilość zanieczyszczeń (bor i arsen) w każdym położeniu i o utrzymaniu strefy zrekrystalizowanej o przeciwnym typie przewodnictwa. Ponieważ bor dyfunduje do krzemu szybciej jak arsen, czas obróbki cieplnej zostanie tak wybrany, że zostanie utworzona nieprzerwana warstwa 2 między strefą zrekrystalizowaną 37 i 38 a częścią 1 krzystalu krzemu.

Tranzystor przedstawiony na fig. 5, w którym strefa przejściowa baza — kolektor jest zmniejszona w sposób opisany na podstawie fig. 6, ma wyższą oporność baza — kolektor niż odmiana tranzystora według fig. 7, chociaż ostatni zresztą praktycznie jest podobny do tranzystorów uwidoczniionych na fig. 5 i 6. Złącze kolektora w przykładzie wykonania według fig. 7 zostanie umieszczone na stronie tarczy przeciwnej do strony, na której są umieszczone złącza bazy i emitera.

Według powyższego położenie tarczy 32 zostanie przygotowane dla roztopienia dlatego, że materiał warstwy 2 został usunięty, przez co zostanie osiągnięta płaszczyzna, gdzie stężenie powierzchniowe i całkowita zawartość boru w warstwie jest wystarczająco mała, aby arsen jako zanieczyszczenie przeważające oddziałował w zrekrystalizowanej strefie 38 o przewodności typu — n, natomiast położenie dla roztopienia tarczy 33 zostanie przygotowane przez usunięcie całej warstwy 2 w odpowiednim miejscu. Położenia dla roztopienia mogą być także dlatego przygotowane, że dyfuzja boru zostanie przeprowadzona stopniowo i w znany sposób część powierzchni tarczy z krzystalu krzemu typu: — n zostanie osłonięta przez warstwę tlenków podczas każdego stopnia dyfuzji. W pierwszym stopniu na oddziaływanie gazowego boru jest

wystawiona jedynie część powierzchni odpowiadająca płaszczyźnie 8 na fig. 5, w drugim stopniu są wystawione jedynie powierzchnie odpowiadające płaszczyznom 8 i 9 tak, że powierzchnia tarczy nie ma różnych płaszczyzn, gdzie dyfuzja dla każdego położenia jest różna, przy czym warstwa jest gruba, a krzywa według fig. 2 wyznaczona przez pełną linię odpowiada stanowisku, które odpowiada płaszczyźnie 8 według fig. 5, podczas, gdy cieńsza warstwa odpowiednio do stanu wskazanego po prawej stronie kreskowanej linii na fig. 2 zostanie otrzymana w miejscach odpowiadających płaszczyźnie 9 na fig. 5, natomiast warstwy dyfuzyjnej nie otrzyma się w miejscu, które odpowiada albo płaszczyźnie 10 na fig. 5, albo powierzchni leżącej naprzeciwko elementu półprzewodnikowego, co odpowiada stanowi opisanemu na fig. 7.

Następnie zostanie opisana odmiana sposobu wykonania według wynalazku. Tarcza krzemowa w postaci pojedynczego kryształu zawierająca zanieczyszczenia fosforowe o wymiarach $3 \times 2 \times 0,15$ mm. ma oporność właściwą 2Ω cm. Bor z fazy gazowej dyfunduje do tarczy w sposób opisany przy omawianiu fig. 1, przy czym zostanie otrzymane średnie stężenie około 4×10^{18} nośników ładunku typu — p na cm^3 w zdyfuzjonowanej warstwie typu p o grubości około 6 μ . Warunki dyfuzji boru są następujące. Zawartość wody w glikolu dwuetylenowym wynosi 1%, a jego temperatura 0°C. Azot przepływa w ilości 0,5 litra na minutę. Powierzchnia czółenka wynosi 0,6 cm^2 , a źródła par boru i tarcza są utrzymywane przez okres dwóch godzin w temperaturze 1200°C.

Wszystkie powierzchnie tarczy zostaną następnie wytrawione, z wyjątkiem jednej z dwóch większych powierzchni, aby usunąć warstwę zdyfuzjonowaną i otrzymać element, który składa się z części 43 typu — n z warstwą zdyfuzjonowaną typ — p 44 według fig. 8.

Dwie tarcze z cyny o średnicy około 0,4 mm i grubości 0,1 mm zostaną umieszczone oddzielnie w odległości około 0,6 mm od ich osi; prawie po środku warstwy typu — p 44, następnie całość zostanie ogrzana do temperatury około 1000°C przez okres 5 minut w piecu opisanym na fig. 4. W tym przypadku nie zostaną doprowadzone pary arsenu.

Otrzymany po ochłodzeniu wyrób jest przedstawiony na fig. 9, części 45 i 46 są przylgnięte każda nad zkrystalizowaną strefą 47 do war-

stwy 44. Dla złączenia potrzebne jest teraz znaczne stopienie tych elementów, ponieważ cyna lekko przylega do powierzchni warstwy 44.

Potem na powierzchni części 46 zostanie naniesione aluminium i bor na przykład przez pomalowanie za pomocą szczotki zawieszoną w toluenie, złożoną z 50% aluminium i 50% boru w stosunku wagowym.

Całość zostanie ponownie wprowadzona do pieca, podczas gdy arsen 30 zostanie umieszczony w zagłębieniu 25 (fig. 4), a następnie przez rurę 24 przepłynie strumień wodoru i par arsenu.

Arsen zostanie ogrzany do temperatury około 200°C nim element 44 i 43 osiągnie temperaturę około 1080°C, w której to temperaturze element zostanie przetrzymany przez 22 minuty.

Fig. 10 przedstawia wyrób po ochłodzeniu całości. Podczas ogrzewania zachodzi roztopienie i dyfuzja, przy czym arsen zostanie pobrany przez roztopiony metal z powietrza.

Po lewej stronie zostaje roztopiona część, która zawiera cynę, krzem, bor i arsen. Arsen ma przeważający wpływ w strefie zrekrytalizowanej 48, która powstaje przy ochłodzeniu tak, że strefa 48 wykazuje przewodność typu — n.

Po prawej stronie powstaje roztopiona część, która zawiera cynę, krzem, bor i arsen. W strefie zrekrytalizowanej 50, która powstaje przy ochładzaniu przeważa działanie boru i aluminium tak, że strefa 50 ma przewodność typu — p.

Części 49 i 51 składające się z zakrzepniętego materiału elektrodowego zostaną utworzone jednocześnie po ochłodzeniu.

Podczas roztopiania, roztopiony metal przenika przez warstwę dyfuzyjną 44 i następuje dalsza dyfuzja z powierzchni granicznej między roztopionym i zakrzepniętym metalem albo z części zrekrytalizowanej. W każdym tym przypadku przeważająca jest dyfuzja zanieczyszczeń akceptorów, ponieważ one szybciej dyfundują do krzemu niż arsen i dalsza dyfuzja tworzy tego rodzaju warstwę typu — p pod zrekrytalizowaną strefą 48 i 50, że na nowo zostanie otrzymana nieprzerwana warstwa dyfuzyjna 44 typu — p. Warstwa dyfuzyjna pod strefą zrekrytalizowaną 48 zostanie w zasadzie utworzona przez dyfuzję boru, który zostanie otrzymany z roztopionego materiału elementu 1, 2.

Miedzy warstwami 49 i 51 (fig. 10) zostanie umieszczona w sposób opisany przy omawianiu

fig. 6 warstwa maskująca, a długość przejścia baza — kolektor zostanie zmniejszona przez wytrawienie.

Trzeci styk zostanie umieszczony albo w sposób opisany na fig. 7, albo przez roztopienie położonej płytki niklowej, przy czym w każdym z tych przypadków zostanie wytworzone połączenie ze spodnią stroną tarczy 43, 44, jak to jest uwidocznione na fig. 11. W tym przypadku jest przedstawiona płytka niklowa 52 z przynależną do niej strefą 53 typu — n. Fig. 11 przedstawia oprócz tego wynik trawienia.

Wreszcie z częściami 49 i 50 zostaną utworzone połączenia przez przyłutowanie lutowni drucików niklowych 49a i 50a. Tak otrzymany tranzystor może być zaopatrzony w znany sposób w obudowę.

Przy wytworzeniu przyrządu należy zwrócić uwagę nie tylko na grubość umieszczonych przed roztopieniem warstw dyfuzyjnych, lecz także na stężenie boru w tych częściach warstwy, które podczas roztopiania rozplývają się, ponieważ będąca do dyspozycji całkowita ilość boru ma znaczenie przy wyznaczaniu typu przewodnictwa otrzymywanych zrekrytalizowanych stref.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego, w którym na warstwie przynależnej do elementu półprzewodnikowego jednego typu przewodnictwa, która tworzy z dalszą częścią elementu półprzewodnikowego złącze p — n, zostaną umieszczone elektrody prostownikowa i zwykła, przeważnie obok siebie, przez roztopienie na warstwie pewnej ilości materiału elektrodowego, znamieny tym, że na warstwie przynależnej do elementu półprzewodnika zostaną roztopione dwie drobiny materiału elektrodowego o tym samym składzie i przeważnie o tej samej wartości, przy czym pod roztopionym materiałem elektrodowym powstaje strefa dyfuzyjna jednego typu przewodnictwa przez dyfuzję zanieczyszczeń tego typu, które w zasadzie zostaną otrzymane z części warstwy rozpuszczonych w materiale elektrodowym i tak, przy pierwszej partii materiału elektrodowego, powstaje zrekrytalizowana strefa odmiennego typu przewodności, wskutek obecności zanieczyszczeń tego typu, w roztopionym materiale elektrodowym, a przy drugiej partii materiału elektrodowego powstaje dlatego zrekrytalizowana strefa jednego typu

przewodnictwa, ponieważ przez ten materiał elektrodowy zostanie wchłonięta większa ilość zanieczyszczeń jednego typu przewodności niż przez pierwszy materiał elektrodowy.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że materiał elektrodowy zostaje roztopiony jednocześnie, przy czym ciekły metal przenika przez warstwę.
3. Sposób według zastrz. 1 do 3, znamieny tym, że różnice między typami przewodności dwóch zrekrytalizowanych stref uzyskuje się przez roztopienie dwóch ilości materiału elektrodowego, w miejscach warstwy, gdzie zawartość zanieczyszczeń jednego typu przewodności w warstwie jest różna.
4. Sposób według zastrz. 3, znamieny tym, że miejsca warstwy, gdzie zawartość zanieczyszczeń jest różna, zostanie uzyskana przez miejscowe usunięcie części powierzchni warstwy, przy czym pierwszy materiał elektrodowy zostanie roztopiony na cieńszej części warstwy niż drugi materiał elektrodowy.
5. Sposób według zastrz. 4, znamieny tym, że miejsca warstwy, gdzie zawartość zanieczyszczeń jest różna zostaną otrzymane dlatego, że warstwę w elemencie półprzewodnikowym uzyskuje się przez dyfuzję, przy czym głębokość dyfuzji jest miejscami większa, jeżeli pierwszy materiał elektrodowy zostanie roztopiony na cieńszej części warstwy niż drugi materiał elektrodowy.
6. Sposób według zastrz. 1 do 3, znamieny tym, że różnicę między typami przewodności między dwoma zrekrytalizowanymi strefami uzyskuje się przez wprowadzenie do drugiego materiału elektrodowego dodatkowych zanieczyszczeń jednego typu przewodności.
7. Sposób według zastrz. 1 — 6, znamieny tym, że materiał elektrodowy zostanie przytwierdzony do warstwy przez krótkotrwałe roztopienie, po czym dodatkowe zanieczyszczenia zostaną naniesione na drugi materiał elektrodowy a następnie materiały elektrodowe zostaną ponownie czasowo roztopione, aby otrzymać strefy dyfuzyjne i zrekrytalizowane.
8. Sposób według zastrz. 1 — 7, znamieny tym, że zanieczyszczenia odmiennego typu przewodności zostaną dodane do roztopionego materiału elektrodowego z otaczającej atmosfery.
9. Sposób według zastrz. 1 — 7, znamieny tym, że materiał elektrodowy przeznaczony do roz-

topienia zawiera już w całości lub częściowo zanieczyszczenia odmiennego typu przewodności.

10. Sposób według zastrz. 1—9, znamieny tym, że element półprzewodnikowy z warstwą jednego typu przewodnictwa, do której materiał elektrodowy ma być wprowadzony, składa się z krzemu.
11. Sposób według zastrz. 10, znamieny tym, że warstwa jednego typu przewodnictwa, do której materiał elektrodowy ma być wprowadzony jest otrzymywana przez dyfuzję boru do elementu półprzewodnikowego.
12. Sposób według zastrz. 10 i 11, znamieny tym, że stosowane ilości materiału elektrodo-

wego, składającego się z cyny albo stopu arsenowo — cynowego stapia się.

13. Sposób według zastrz. 6, 7, 10, 11, 12, znamieny tym, że do materiału elektrodowego dodaje się aluminium i (albo) bor, na przykład w postaci zawiesiny w cieczy.
14. Sposób według zastrz. 1—4, znamieny tym, że część elementu półprzewodnikowego, nie przynależna do warstwy, zaopatruje się w styk oporowy tak, że powstaje konstrukcja tranzystora.

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Zastępca: mgr Józef Kamiński
rzecznik patentowy

