



URZĄD
PATENTOWY
PRL

Patent dodatkowy
do patentu nr ———

Int. Cl.³ H01L 29/747
H01L 21/603

Zgłoszono: 25.11.78 (P. 211225)

Pierwszeństwo ———

Zgłoszenie ogłoszono: 14.07.80

Opis patentowy opublikowano: 30.09.1983



Twórcy wynalazku: Viktor Efimowicz Mišanin, Vsevolod Aleksandrowicz Żuravlev,
Jurij Ivanowicz Kozlov, Leonid Nikolaewicz Krylov,
Vladimir Denisowicz Gorodenskij, Gennadij Wasilewicz Gorbunov

Uprawniony z patentu: Vsesojuznyj Elektrotechničeskij Institut im. V.I. Lenina,
Moskwa (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Sposób wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego

Niniejszy wynalazek dotyczy przyrządów półprzewodnikowych, a zwłaszcza sposobu wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego.

Znany jest sposób wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego, opisany w patencie angielskim nr 1 225 088, klasa H01 11/14, opublikowanym 17 03 1971. r., obejmujący wykonanie następujących operacji: nałożenie na powierzchnię struktury krzemowej tyrystora symetrycznego po stronie, przeciwległej do tej strony, na której jest utworzona elektroda sterująca, warstwy materiału przekładki, zdolnego tworzyć połączenie eutektyczne z krzemem, nałożenie warstwy materiału termokompensującego i nagrzewanie otrzymanej struktury do temperatury równej lub nieco przewyższającej temperaturę eutektyki układu materiał przekładki-krzem.

Nałożenie warstwy przekładki według wymienionego wyżej patentu realizowane jest w sposób następujący. Na powierzchnię struktury krzemowej, na której ma być utworzone złącze, mającej co najmniej dwa obszary o odmiennym typie przewodnictwa (obszar o przewodnictwie typu p i obszar o przewodnictwie typu n) sposobem próżniowym nakładana jest warstwa aluminium o grubości 10–40 μm , a na powierzchnię złączową materiału termokompensującego sposobem rozpylenia w próżni nakładana jest warstwa stopu aluminium-krzem o grubości 30–80 μm .

Następnie powierzchnie złączowe struktury krzemowej i materiału termokompensującego z nałożonymi warstwami dociska się do siebie, nagrzewa się do temperatury 577–600°C. Przy tym między obszarem struktury krzemowej o przewodnictwie typu p i warstwą materiału termokompensującego tworzy się złącze rezystancyjne o małej warstości rezystancji. Między obszarem struktury krzemowej o przewodnictwie typu n i warstwą materiału termokompensującego tworzy się złącze rezystancyjne o zwiększonej rezystancji, ponieważ w procesie stapiania zachodzi częściowe rozpuszczenie się materiału obszaru struktury krzemowej o przewodnictwie typu n, i na granicę ze stopem przekładki wychodzą warstwy krzemu o mniejszej koncentracji domieszek. Istnienie połączenia rezystancyjnego o zwiększonej rezystancji na obszarze powierzchni pod elektrodą sterującą wymaga zwiększonych wartości natężenia prądu i napięcia sterującego do przełączenia tyrystora symetrycznego na pracę zgodnie z gałęzią charakterystyki prądowo-napięciowej odwzorowywanej w trzecim kwadrancie, co z kolei, powoduje niepotrzebne straty mocy w obwodzie sterowania tyrystora symetrycznego.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego, który by zapewniał zachowanie koncentracji powierzchniowej domieszek w obszarze pod elektrodą sterującą tyrystora o przewodnictwie typu n w tym celu, aby wartości natężenia prądu i napięcia sterującego dla gałęzi charakterystyki prądowo-napięciowej tyrystora symetrycznego odwzorowywanej w trzecim kwadrancie nie przewyższały wartości natężenia prądu i napięcia sterującego dla gałęzi charakterystyki prądowo-napięciowej, odwzorowanej w pierwszym kwadrancie.

Zadanie zostało rozwiązane w wyniku opracowania sposobu wytwarzania złącza rezystancyjnego, polegającego na tym, że na powierzchnię struktury krzemowej tyrystora symetrycznego po stronie, przeciwległej do strony, na której jest utworzona elektroda sterująca, najpierw nakładana jest warstwa przekładki z materiału, zdolnego tworzyć połączenie eutektyczne z krzemem, a następnie warstwę materiału termokompensującego, po czym otrzymaną strukturę poddaje się nagrzewaniu do temperatury równej lub nieco przewyższającej temperaturę eutektyki układu materiał przekładki-krzem. Zgodnie z wynalazkiem warstwę materiału przekładki nakłada się, pozostawiając swobodny obszar powierzchni pod elektrodą sterującą, a następnie ten obszar wypełnia się materiałem, zapobiegającym rozpuszczeniu się w nim krzemu przy temperaturze nagrzewania.

Celem uproszczenia procesu technologicznego korzystnym jest, gdy swobodny obszar napelnia się materiałem poprzez umieszczenie na warstwie przekładki dodatkowej warstwy materiału, zdolnego wytwarzać z materiałem podstawowej warstwy przekładki ciekły stop przy temperaturach nagrzewania.

Sposób wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego, realizowany zgodnie z wynalazkiem, pozwala zapewnić w wytwarzanych tyrystorach symetrycznych znaczne zmniejszenie natężenia prądu i napięcia sterującego przy pracy tyrystora w warunkach, odwzorowywanych przez charakterystykę prądowo-napięciową tyrystora symetrycznego, usytuowaną w trzecim kwadrancie, co powoduje zmniejszenie strat mocy w obwodzie sterowania tyrystora symetrycznego.

Sposób według wynalazku odznacza się dużą powtarzalnością parametrów technicznych wytwarzanych tyrystorów symetrycznych w warunkach produkcji masowej, co jest spowodowane jego prostotą technologiczną.

Wynalazek jest objaśniony w przykładach jego realizacji w oparciu o załączony rysunek, na którym fig. 1 przedstawia strukturę krzemową tyrystora symetrycznego z warstwą przekładki, w której pozostawiono swobodny obszar; fig. 2 — taką samą strukturę, jak na fig. 1 z wypełnionym obszarem swobodnym; fig. 3 — taką samą strukturę, jak na fig. 2 z warstwą termokompensatora; fig. 4 — taką samą strukturę, jak na fig. 1 z dodatkową warstwą przekładki i z warstwą termokompensatora.

Sposób wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego według niniejszego wynalazku polega na tym, że na powierzchnię struktury krzemowej 1 (fig. 1) nakłada się warstwę 2 przekładki po stronie przeciwległej od strony, na której utworzona jest elektroda sterująca 3. Struktura krzemowa 1 tyrystora symetrycznego składa się z następujących obszarów o na przemian zmieniającym się typie przewodnictwa, wytworzonych na przykład, metodą dyfuzji, przy czym na powierzchni struktury krzemowej po stronie, przeciwległej do strony, na której jest utworzona elektroda sterująca 3, znajdują się obszary o przewodnictwie typu p i n. Warstwa 2 przekładki przedstawia sobą pierścień o grubości 10–30 μm z otworem środkowym 4, którego średnica jest równa lub nieco większa od średnicy obszaru elektrody sterującej 3. Otwór 4 ogranicza obszar swobodny struktury krzemowej 1 pod elektrodą sterującą 3. Jako materiał warstwy 2 przekładki mogą być wykorzystywane pierwiastki, które mogą tworzyć z krzemem stopy eutektyczne, na przykład: aluminium, srebro-złoto lub stopy, otrzymywane na podstawie tych pierwiastków. Następnie otwór 4 w warstwie 2 przekładki wypełnia się materiałem 5 (fig. 2), w którym nie rozpuszcza się krzem przy temperaturach równych lub nieco większych od temperatury tworzenia się stopów eutektycznych układu materiał przekładki-krzem. Jako materiał 5 wykorzystuje się na przykład, wolfram, molibden lub stopy eutektyczne aluminium, srebra lub złota z krzemem, ukształtowane w postaci krążka o grubości 10–30 μm i średnicy, równej średnicy otworu 4. Następnie na warstwę 2 przekładki i wypełniony materiałem 5 otwór nakładana jest warstwa 6 materiału termokompensującego, utworzona w postaci krążka o grubości 1,5–2,0 mm. Jako materiał warstwy 6 materiału termokompensującego mogą być wykorzystywane, na przykład, wolfram, molibden lub stopy otrzymywane na ich podstawie.

Montaż elementów składowych tyrystora symetrycznego wygodnie jest przeprowadzać w kasecie (na rysunku nie pokazanej) w następującej kolejności: warstwa 6 materiału termokompensującego, warstwa 2 przekładki, materiał 5, struktura krzemowa 1. Pozostałą objętość kasety wypełnia się proszkiem grafitowym, który zaprasowuje się celem zapewnienia dobrego przylegania do siebie składowych elementów tyrystora symetrycznego. Zmontowaną kasetę umieszcza się w piecu celem stopienia warstw. Proces stapiania przeprowadzany jest w próżni, atmosferze wodoru lub w innym środowisku ochronnym przy temperaturze równej lub nieco większej od temperatury eutektyki układu materiał przekładki-krzem.

W procesie stapiania następuje zwilżenie powierzchni złączowej struktury krzemowej 1 i częściowe rozpuszczenie się tej struktury w obszarze pod warstwą 2 przekładki. Materiał 5 wypełniający otwór 4, przy temperaturach stapiania znajduje się w stanie ciekło-twardym, przy tym zwilża on obszar struktury krzemowej 1 pod elektrodą sterującą 3, lecz nie rozpuszcza struktury krzemowej 1, ponieważ materiał 5 jest przesycony krzemem. W przypadku wypełnienia otworu 4 materiałem 5, otrzymanym na przykład, na podstawie wolframu lub molibdenu, również nie występuje rozpuszczenie się struktury krzemowej 1 pod elektrodą sterującą 3, ponieważ przy temperaturach stapiania te materiały nie rozpuszczają krzemu. W wyniku otrzymywana jest struktura tyrystora symetrycznego, w którym wartości natężenia prądu i napięcia sterującego odpowiadające charakterystyce prądowo-napięciowej odwzorowywanej w trzecim kwadrancie nie są większe od wartości natężenia prądu i napięcia sterującego, odpowiadających charakterystyce prądowo-napięciowej, odwzorowywanej w pierwszym kwadrancie.

Możliwy jest również inny przykład realizacji operacji wypełnienia otworu 4 (fig. 4) w warstwie 2 przekładki. W tym przykładzie realizacji sposobu na warstwę 2 przekładki nakłada się dodatkową warstwę 7 przekładki z materiału, zdolnego tworzyć związki eutektyczne z krzemem a z materiałem warstwy podstawowej 2 przekładki – ciekły stop przy temperaturach nagrzewania. Warstwa 7 przedstawia sobą krążek o grubości 10–30 μm . Jako materiał warstwy 7 wykorzystuje się, na przykład, stopy eutektyczne aluminium, srebra lub złota z krzemem. Następnie na warstwę 7 przekładki nakładana jest warstwa 6 materiału termokompensującego. Montaż elementów składowych tyrystora symetrycznego realizuje się w kasecie w następującej kolejności: warstwa 6 materiału termokompensującego, dodatkowa warstwa 7 przekładki, warstwa 2 przekładki, struktura krzemowa 1, obciążenie. Jako obciążenie można wykorzystać krążki materiału termokompensującego. Następnie proces stapiania jest realizowany w ten sam sposób, jak zostało opisane powyżej. W procesie stapiania zwilżanie powierzchni złączowej struktury krzemowej 1 i częściowe rozpuszczenie się jej ma miejsce w obszarach pod warstwą 2 przekładki. Warstwa dodatkowa 7 przekładki tworzy z materiałem warstwy 2 przekładki stop ciekły, który pod wpływem obciążenia wypełnia otwór 4. W wyniku uzyskuje się tyrystor symetryczny, który odznacza się tym, że wartości natężenia prądu i napięcia sterującego są tego samego rzędu, jak w przypadku tyrystora, wytwarzanego zgodnie z pierwszym przykładem realizacji sposobu według wynalazku.

Celem bardziej dokładnego wyjaśnienia istoty wynalazku poniżej podane są konkretne przykłady realizacji sposobu według wynalazku.

Przykład I. Do wytworzenia złącza rezystancyjnego wykorzystana została struktura krzemowa 1 tyrystora symetrycznego o średnicy 30 mm. Jako materiał warstwy 2 przekładki wykorzystana została folia aluminiowa o średnicy 30 mm, grubości 12–15 μm , z otworem środkowym 4 o średnicy 8 mm. Wkładka z materiału 5, wypełniającego otwór 4 jest wykonana ze stopu, zawierającego 80% aluminium i 20% krzemu. Wkładka ma średnicę 8 mm, a jej grubość wynosi 12–15 μm . Jako materiał warstwy 6 termokompensacyjnego wykorzystany został krążek wolframowy o średnicy 30 mm i grubości 1,8–2,0 mm.

Układanie elementów składowych tyrystora symetrycznego w kasecie, w której ten tyrystor poddawany jest stapianiu realizowane jest w następującej kolejności: warstwa wolframowa 6 termokompensatora, warstwa 2 przekładki z aluminium z otworem 4, wkładka 5 do wypełnienia otworu 4 ze stopu, zawierającego 80% aluminium i 20% krzemu, struktura krzemowa 1. Pozostałą objętość kasety wypełniono proszkiem grafitowym, który poddawany jest prasowaniu z naciskiem 200 kg. Po sprasowaniu kasety umieszczano w piecu próżniowym celem stapiania. Stapiani było przeprowadzane przy temperaturze 590°C.

Po zakończeniu procesu obróbki ostatecznej tyrystora symetrycznego natężenia prądu i napięcia sterowania miały następujące wartości odpowiednio:

w pierwszym kwadrancie — $I = 100 - 120 \text{ mA}$

— $U = 1 - 1,5 \text{ V}$

w trzecim kwadrancie — $I = 100 - 130 \text{ mA}$

— $U = 1,5 - 2,0 \text{ V}$

Przykład II. Do kasety celem stapiania umieszczano w następującej kolejności: warstwę wolframową 6 termokompensatora o średnicy 30 mm, grubości 1,8–2,0 mm, warstwę 7 przekładki ze stopu zawierającego 80% aluminium i 20% krzemu o średnicy 30 mm, grubości 20–25 μm , warstwę 2 przekładki z aluminium o średnicy 30 mm, grubości 12–15 μm z otworem o średnicy 8 mm, strukturę krzemową 1 i obciążenie.

Kasetę z zawartością umieszczono w piecu próżniowym celem stapiania struktury. Stapianie odbywało się przy temperaturze 590°C.

Po zakończeniu procesu obróbki ostatecznej zmierzone wartości natężenia prądu i napięcia sterującego były tego samego rzędu, jak w przypadku tyrystorów wytworzonych zgodnie z przykładem I realizacji wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania złącza rezystancyjnego tyrystora symetrycznego, polegający na tym, że na powierzchnię struktury krzemowej tyrystora symetrycznego po stronie przeciwległej do strony, na której została utworzona elektroda sterująca, najpierw nakłada się warstwę przekładki z materiału, zdolnego tworzyć stop eutektyczny z krzemem, następnie warstwę termokompensacyjną, po czym otrzymaną strukturę poddaje się nagrzewaniu do temperatury równej lub nieco większej od temperatury eutektyki układu materiał przekładki-krzem, **znamienny tym**, że warstwę (2) przekładki nakłada się, pozostawiając swobodnym obszar powierzchni pod elektrodą sterującą (3), a następnie ten obszar wypełnia się materiałem (5), w którym nie rozpuszcza się krzem przy temperaturach nagrzewania.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wypełnienie obszaru swobodnego materiałem realizowane jest poprzez umieszczenie na warstwie (2) przekładki dodatkowej warstwy (7) przekładki z materiału, zdolnego tworzyć z materiałem warstwy podstawowej przekładki ciekły stop przy temperaturach nagrzewania.

