



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 19.07.77 (P. 199746)

Pierwszeństwo: 19.07.76 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 28.03.78

Opis patentowy opublikowano: 20.02.1982

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Int. Cl.² H01L 29/74

Twórca wynalazku: Philip Leland Hower

Uprawniony z patentu: Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh
(Stany Zjednoczone Ameryki)

Tyrystor wysokonapięciowy

1

Przedmiotem wynalazku jest tyrystor wysokonapięciowy.

Wiadomo, że zdolność złącza p-n do blokowania napięć uzależniona jest zarówno od własności objętościowych jak i powierzchniowych płytki półprzewodnikowej. Przebiecie powierzchniowe jest w znanych przyrządach półprzewodnikowych głównym czynnikiem ograniczającym wartość blokowanych napięć.

Jeden ze znanych tyrystorów zawiera płytkę z materiału półprzewodnikowego, na którą nałożone są trzy elektrody. Płytkę ma cztery obszary o występujących na przemian typach przewodnictwa: obszar katodowo-emiterowy typu n, usytuowany przy górnej, głównej powierzchni płytki, obszar katodowo-bazowy typu p, usytuowany podoblastwem katodowo-emiterowym, obszar anodowo-bazowy typu n, usytuowany pod obszarem katodowo-bazowym i obszar anodowo-emiterowy usytuowany pod obszarem anodowo-bazowym. Do górnej głównej powierzchni płytki przymocowana jest elektroda katodowa tak, że styka się z obszarem katodowo-emiterowym. Do dolnej głównej powierzchni płytki przymocowana jest elektroda anodowa tak, że styka się z obszarem anodowo-emiterowym.

Tyrystor ma stożkową powierzchnię boczną wytworzoną w znany sposób w celu zwiększenia wytrzymałości na przebiecie powierzchniowe. Jak wia-

2

domo fachowcom, stożkowe ukształtowanie bocznej powierzchni płytki powodują zwiększanie zdolności blokowania złącz p-n kończących się na tej powierzchni.

5 Znane jest rozwiązanie strukturalne diody półprzewodnikowej, w której osiągnięto zmniejszenie gęstości pola elektrycznego wokół pojedynczego blokującego złącza p-n w sąsiedztwie jego przecięcia z płaską główną powierzchnią półprzewodnika. Dioda ta zawiera płytkę półprzewodnikową człon zmniejszający gęstość pola, górną elektrodę i dolną elektrodę.

10 W płytce zawarty jest obszar typu n, usytuowany przy górnej głównej powierzchni i obszar typu p usytuowany przy dolnej głównej powierzchni. Złącze p-n znajduje się na granicy obszaru typu n i obszaru typu p. Do dolnej głównej powierzchni przymocowana jest elektroda tak, że styka się z obszarem typu p. Obszar typu p rozciąga się poza obszar typu n aż do zewnętrznego obrzeża górnej głównej powierzchni tak, że złącze p-n przecina tę górną główną powierzchnię. Człon zmniejszający gęstość pola jest usytuowany na 20 górnej głównej powierzchni tak, że pokrywa złącze p-n.

25 Celem wynalazku jest opracowanie tyrystora wysokonapięciowego zapewniającego zwiększenie wartości napięcia przebiecia powierzchniowego do poziomu porównywalnego z teoretycznie określo-

na wartością napięcia przebicia objętościowego.

Cel wynalazku osiągnięty został przez to, że w tyrystorze według wynalazku wokół obszaru katodowo-bazowego, aż do pierwszej głównej powierzchni płytki półprzewodnikowej, rozciąga się obszar anodowo-bazowy, wokół anodowo-bazowego obszaru rozciąga się, aż do pierwszej głównej powierzchni obszar anodowo-emiterowy, stykający się z drugą główną powierzchnią płytki, a na pierwszej głównej powierzchni usytuowany jest człon zmniejszający gęstość pola elektrycznego powstającego w stanie blokady.

Człon zmniejszający gęstość pola elektrycznego obejmuje korzystnie pierścieniowy element mostkujący obszar anodowo-bazowy dla zapewnienia połączenia rezystancyjnego między obszarem katodowo-bazowym i obszarem anodowo-emiterowym. Człon ten może zawierać warstwę izolacyjną naniesioną na pierwszą powierzchnię główną, pokrywającą obszar anodowo-bazowy i formującą zamkniętą pętlę na tej pierwszej powierzchni głównej, warstwę rezystancyjną usytuowaną na warstwie izolacyjnej i mającą ten sam kształt, pierwszy element łączeniowy dla połączenia elektrycznego wewnętrznej części warstwy rezystancyjnej z obszarem katodowo-bazowym, i drugi element łączeniowy dla połączenia elektrycznego zewnętrznej części warstwy rezystancyjnej z obszarem anodowo-emiterowym. Warstwa izolacyjna wykonana jest korzystnie z dwutlenku krzemu, a warstwa rezystancyjna z krzemu polikrystalicznego o rezystywności około $10^4 \Omega \text{cm}$ do około $10^9 \Omega \text{cm}$.

Obszar anodowo-emiterowy obejmuje korzystnie całą zewnętrzną krawędź płytki półprzewodnikowej.

Przedmiot wynalazku zilustrowany został przykładami wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia tyrystor z członami zmniejszającymi gęstość pola, w przekroju poprzecznym, fig. 2 — tyrystor z członami zmniejszającymi gęstość pola usytuowanymi na jednej z powierzchni głównych płytki półprzewodnikowej, a fig. 3 — tyrystor z fig. 2 w widoku z góry.

Na figurze 1 przedstawiony jest tyrystor 100 zawierający płytkę 102 z materiału półprzewodnikowego, metalowe elektrody 104, 106 i 108 oraz człony 110 i 112 zmniejszające gęstość pola elektrycznego. Płytkę 102 ma cztery obszary o rozmieszczonych na przemian typach przewodnictwa, oddzielone od siebie złączami p-n. Obszar katodowo-emiterowy 114 o przewodnictwie typu n usytuowany jest w płytce 102 przy jej górnej powierzchni głównej 115. Obszar katodowo-bazowy 116 o przewodnictwie typu p usytuowany jest w płytce 102 pod obszarem 114 i rozciąga się poza obszar 114 do głównej powierzchni 115. Obszar anodowo-bazowy 118 o przewodnictwie typu n usytuowany jest w płytce 102 poniżej obszaru 116 i rozciąga się poza ten obszar 116 aż do zewnętrznej części głównej powierzchni 115.

Obszar anodowo-emiterowy 120 o przewodnictwie typu p usytuowany jest w płytce 102 pod ob-

szarem 118 i przy dolnej powierzchni głównej 121. Obszar bazowy 118 typu n otacza obrzeże płytki 102 od głównej powierzchni głównej 115 do dolnej powierzchni głównej 121. Elektroda katodowa 104 jest przymocowana do górnej powierzchni głównej 115 tak, że styka się z obszarem emiterowym typu n 114. Elektroda bramki 106 przymocowana jest do górnej powierzchni głównej 115 tak, że styka się z obszarem bazowym typu p 116.

Elektroda anodowa 108 jest przymocowana do dolnej powierzchni głównej 121 tak, że styka się z obszarem emiterowym typu p 120. Złącze p-n 123, które oddziela obszary 114 i 116 przecina górną powierzchnię główną 115 wzdłuż kołowej lub zamkniętej pętli. Złącze p-n 125, które rozdziela obszary 116 i 118 przecina górną powierzchnię 115 wzdłuż kołowej lub zamkniętej pętli otaczającej pętlę wyznaczoną przez złącze p-n 123. Złącze p-n 127 rozdzielające obszary 118 i 120 przecina dolną powierzchnię główną 121 wzdłuż kołowej lub zamkniętej pętli. Człony 110 i 112 zmniejszające gęstość pola tworzą na powierzchniach 115 i 121 kołowe pierścienie pokrywające złącza p-n odpowiednio 125 i 127.

Człon 110 zmniejszający gęstość pola zawiera warstwę izolującą 130 z dwutlenku krzemu nałożoną na główną powierzchnię 115 tak, że nakrywa złącze p-n 125, rezystancyjną warstwę 132 z polikrystalicznego krzemu naniesioną na warstwę 130, wewnętrzny styk metalowy 134 usytuowany w obszarze 116 i zachodzący na wewnętrzną część warstwy 132 w sąsiedztwie przecięcia złącza p-n 125 z główną powierzchnią 115, i zewnętrzny metalowy styk 136 usytuowany w obszarze 118 i zachodzący na zewnętrzną część warstwy 132. Człon 112 zmniejszający gęstość pola realizuje połączenie rezystancyjne między obszarem bazowym typu n 118 i obszarem bazowym typu p 116, które to połączenie zwiększa wytrzymałość złącza p-n 125 na przebicie powierzchniowe w opisany wyżej znany sposób. Podobnie człon 112 zmniejszający gęstość pola zwiększa powierzchniową zdolność blokowania złącza p-n 127, przy czym odnośniki 140 i 142, 144 i 146 są odpowiednie do odnośników 130, 132, 134 i 136.

Przedstawiony na fig. 2 tyrystor 200 stanowi aktualnie najkorzystniejszy przykład realizacji wynalazku. Tyrystor 200 zawiera pastylkę lub płytkę 202 z materiału półprzewodnikowego, metalowe elektrody, 204 i 208 oraz człon 210 zmniejszający gęstość pola elektrycznego. Elektroda katodowa 204 nałożona jest na górną powierzchnię główną 215 płytki 202 tak, że styka się z obszarem katodowo-emiterowym 214 o przewodnictwie typu n. Obszar katodowo-bazowy 216 o przewodnictwie typu p usytuowany jest poniżej obszaru 214 i rozciąga się poza obszar 214 tak, aby oddzielić część górnej głównej powierzchni 215, jak to zostało pokazane. Obszar anodowo-bazowy 218 o przewodnictwie typu n usytuowany jest poniżej obszaru 216 i rozciąga się poza obszar 216 do górnej powierzchni głównej 215. Obszar anodowo-emiterowy 220 o przewodnictwie typu p usytuowany jest pod obszarem 218 przy dolnej głównej po-

wierzchni 221 płytki 202, gdzie styka się z elektrodą anodową 208.

Obszar anodowo-emiterowy typu p 220 otacza również całe obrzeże płytki 202 rozciągając się poza obszar 218 i kończąc się na obrzeżu górnej powierzchni głównej 215. Warte jest podkreślenia faktu, że wynalazek można zastosować w tyrystorze, którego obszary 214, 216, 218 i 220 są obszarami o przewodnictwie przeciwnego typu niż uwidoczniony na fig. 2.

Cztery obszary o występujących na przemian obszarach przewodzenia rozdzielone są trzema złączami p-n, z których każde sięga górnej powierzchni głównej 215. Obszary 214 i 215 rozdzielają złącze p-n 223, obszary 216 i 218 złącze p-n 225, a obszary 218 i 220 złącze p-n 227. Złącze p-n 225 pełni funkcję złącza blokującego przewodzenie a złącze p-n 227 pełni funkcję złącza wyłączającego tyrystora 200. W przeciwieństwie do złącz p-n 225 i 227, złącze p-n 223 nie stanowi wysokonapięciowego złącza blokującego; złącze p-n 223 pełni raczej funkcję złącza wymuszającego włączenie tyrystora 200. Jak to pokazano na fig. 2, człon 210 zmniejszający gęstość pola zachodzi na obydwie wysokonapięciowe złącza blokujące 225 i 227. Człon 210 zmniejszający gęstość pola zawiera warstwę izolacyjną 230 z dwutlenku krzemu naniesioną na górną główną powierzchnię 215, warstwę rezystancyjną 232 z polikrystalicznego krzemu nałożoną na i pokrywającą się z warstwą izolacyjną 230, i metalowe styki 234 i 236 częściowo zachodzące na warstwę rezystancyjną 232 i sąsiednie części powierzchni 215. Warstwa izolacyjna 230 pokrywa obszar anodowo-bazowy 218 formując zamkniętą pętlę na górnej głównej powierzchni 215.

Wewnętrzny styk 234 łączy elektrycznie warstwę rezystancyjną 232 z obszarem 216, przy czym styk 234 usytuowany jest ponad złączem p-n 225 w sąsiedztwie jego przecięcia z powierzchnią 215. Zewnętrzny styk 236 łączy elektrycznie warstwę rezystancyjną 232 z obszarem 220, przy czym styk 236 usytuowany jest ponad złączem p-n 227 i sąsiedztwie jego przecięcia z powierzchnią 215. Łatwo zauważyć, że nie jest potrzebne stosowanie oddzielnej elektrody bramki, gdyż elektroda 234 może pełnić również funkcję bramki.

Warstwa rezystancyjna 232 zapewnia połączenie elektryczne poprzez obszar bazowy typu n 218. Kiedy tyrystor 200 znajduje się w stanie blokady przewodzenia, złącze p-n 225 jest spolaryzowane zaporowo a złącze p-n 227 jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia. Jak wiadomo ze stanu techniki, wokół złącza blokującego istnieje warstwa zubożona, która rozszerza się wokół złącza w miarę zwiększania blokowanego napięcia. Wobec tego, kiedy przyrząd 200 znajduje się w stanie blokady przewodzenia, zubożona warstwa wokół złącza p-n 225 rozprzestrzenia się w płycie półprzewodnikowej 202 zgodnie z odpowiadającym temu złączu polem elektrycznym, wzdłuż głównej powierzchni 215 i w części tej powierzchni 215 znajdującej się pod członem 210 zmniejszającym gęstość pola.

Warstwa rezystancyjna 232 i wewnętrzny styk

metalowy 234 wymuszają zmniejszenie gęstości pola elektrycznego w znany sposób dla zmaksymalizowania napięcia przebicia powierzchniowego złącza blokującego 225. Podobnie, kiedy przyrząd 200 znajduje się w stanie wyłączenia złącze p-n 227 spolaryzowane jest zaporowo, a złącze p-n 225 spolaryzowane jest w kierunku przewodzenia. Wobec tego, w stanie wyłączenia człon 210 zmniejszający gęstość pola podobnie jak poprzednio służy maksymalizacji napięcia przebicia powierzchniowego złącza p-n 227, w którym to przypadku zewnętrzny styk metalowy 236 i warstwa rezystancyjna 232 wymuszają zmniejszenie gęstości pola elektrycznego.

Tyrystor o strukturze przedstawionej na fig. 1, wyposażony w pojedynczy człon zmniejszający gęstość pola, który skutecznie służy maksymalizacji wytrzymałości na przebicie powierzchniowe obydwu złączy blokujących zarówno w kierunku przewodzenia jak i zaporowym. Ponadto tyrystor 200 jest łatwy do wytworzenia przy wykorzystaniu znanych technik, ponieważ człon zmniejszający gęstość pola musi zostać nałożony na jedną tylko główną powierzchnię. W dodatku tyrystor 200 ma elektrodę anodową 208 stanowiącą element podtrzymujący płytkę półprzewodnikową 202 na jej kruchych obrzeżach, dzięki czemu uzyskuje się sztywny, wygodny do stosowania element.

Korzystnie jest, jeżeli płytka półprzewodnikowa 202 ma kształt koła lub dysku i jeżeli złącza p-n przecinają główną powierzchnię 215 wzdłuż koncentrycznych okręgów. W takim przypadku człon 210 zmniejszający gęstość pola ma postać kołowego pierścienia. Można jednak wyobrazić sobie wiele różnych kształtów równie odpowiednich dla realizacji wynalazku. Np. na fig. 3 przedstawiony jest w widoku z góry przyrząd 200, w którym płytka półprzewodnikowa 202 ma kształt czworokąta. W takim przypadku człon 210 ma prostoliniowe krawędzie i zaokrąglone rogi odpowiadające przecięciom blokujących złączy p-n z główną powierzchnią 215. Prostoliniowe krawędzie są niezbędne dla zmaksymalizowania aktywnego obszaru powierzchni dostępnej dla elektrody katodowej 204, a zaokrąglone rogi są niezbędne dla przeciwdziałania dużemu zagęszczeniu pola.

Odpowiedni promień krzywizny rogów powinien mieć długość około dwukrotnie większą od maksymalnego zakresu rozprzestrzenienia się warstwy zubożonej względem złączy blokujących. W każdym przypadku, jakikolwiek kształt geometryczny wybrany zostanie dla przyrządu 200, niezbędne jest jedynie by człon 210 zmniejszający gęstość pola formował na powierzchni półprzewodnika zamkniętą pętlę odpowiadającą usytuowanym pod nią zamkniętym pętlom wyznaczonym przez przecięcia złączy blokujących z górną główną powierzchnią 215.

Zastrzeżenia patentowe

1. Tyrystor wysokonapięciowy, zawierający płytkę półprzewodnikową, w której wzdłuż pierwszej

głównej powierzchni usytuowany jest obszar katodowo-emiterowy, a wokół obszaru katodowo-emiterowego aż do tej pierwszej powierzchni rozciąga się obszar katodowo-bazowy, **znamienny tym**, że wokół obszaru katodowo-bazowego (216), aż do pierwszej głównej powierzchni (215) płytki półprzewodnikowej (202), rozciąga się obszar anodowo-bazowy (218), wokół obszaru anodowo-bazowego (218) rozciąga się, aż do pierwszej głównej powierzchni (215), obszar anodowo-emiterowy (220), stykający się z drugą główną powierzchnią (221) płytki (202), a na pierwszej głównej powierzchni (215) usytuowany jest człon (210) zmniejszający gęstość pola elektrycznego powstającego w stanie blokady.

2. Tyristor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że człon (210) zmniejszający gęstość pola elektrycznego obejmuje pierścieniowy element mostkujący obszar anodowo-bazowy (218) dla zapewnienia połączenia rezystancyjnego (232) między obszarem katodowo-bazowym (216) i obszarem anodowo-emiterowym (220).

3. Tyristor według zastrz. 1 albo 2, **znamienny**

tym, że człon (210) zmniejszający gęstość pola obejmuje warstwę izolacyjną (230) naniesioną na pierwszą powierzchnię główną (215) pokrywającą obszar anodowo-bazowy (218) i formującą zamkniętą pętlę na tej pierwszej powierzchni głównej (215), warstwę rezystancyjną (232) usytuowaną na warstwie izolacyjnej (230) i mającą ten sam kształt, pierwszy element łączeniowy (234) dla połączenia elektrycznego wewnętrznej części warstwy rezystancyjnej (232) z obszarem katodowo-bazowym (216) i drugi element łączeniowy (236) dla połączenia elektrycznego zewnętrznej części warstwy rezystancyjnej (232) z obszarem anodowo-emiterowym (220).

4. Tyristor według zastrz. 3, **znamienny tym**, że warstwa izolacyjna (230) stanowi warstwę dwutlenku krzemu, a warstwa rezystancyjna (232) stanowi warstwę krzemu polikrystalicznego o rezystywności od około $10^6 \Omega \text{ cm}$ do około $10^8 \Omega \text{ cm}$.

5. Tyristor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obszar anodowo-emiterowy (220) obejmuje całą zewnętrzną krawędź płytki półprzewodnikowej (202).

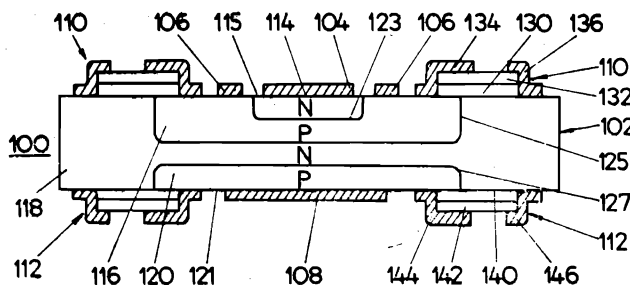


Fig. 1

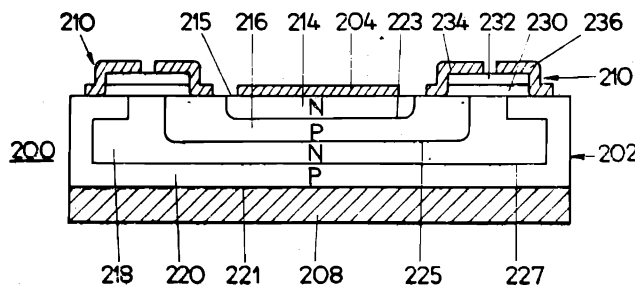


Fig. 2

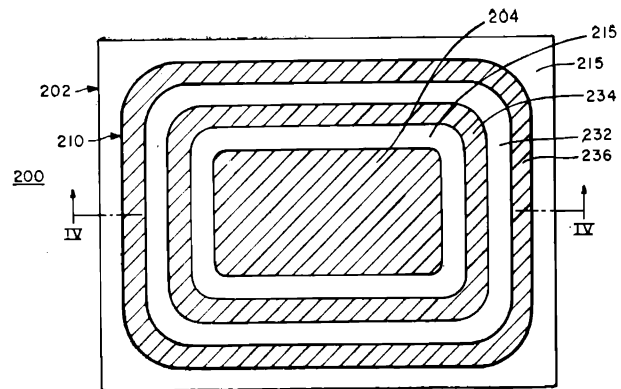


FIG. 3