



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 27.05.76 (P. 189905)

Pierwszeństwo: 27.05.75 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 28.03.77

Opis patentowy opublikowano: 15.07.1983

Int. Cl.⁸

H01L 29/74

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polski Patent 117 388

Twórca wynalazku: Earl Stauffer Schlegel

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

Tyrystor z bramką wzmacniającą wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączenie

1

Przedmiotem wynalazku jest tyrystor z bramką wzmacniającą wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączenie.

Wynalazek dotyczy przyrządów półprzewodnikowych, a w szczególności tyrystorów z bramką wzmacniającą mających możliwości bramkowego wspomagania wyłączania. Głównym ograniczeniem tyrystorów mocy była wartość dI/dt tzn. szybkość wzrostu prądu — czyli włączanie jako funkcja czasu. Trudność stanowi fakt, że tylko mała część przyrządu odpowiada na sygnał sterujący i wstępnie wchodzi w stan przewodzenia.

Działanie przyrządu jest zależne od dyfuzji nośników włączających pozostałe aktywne obszary, która wymaga znacznego czasu. Początkowo, w stanie włączania, napięcie anoda-katoda spada natychmiast do około 10% wartości napięcia w stanie zablokowanym i prąd płynie tylko przez te części przyrządu, które są w stanie przewodzenia, przez to osiąga bardzo duże gęstości i powoduje lokalne nagrzewanie oraz obniża jakość przyrządu. Aby uniknąć takich efektów oraz możliwego uszkodzenia tyrystora, typowy zewnętrzny obwód zawiera element indukcyjny ograniczający wzrost prądu przy przełączaniu tyrystora, co jednak powoduje straty mocy i ogólnie ogranicza możliwości obwodu.

Tyryistory z bramką wzmacniającą zostały opracowane dla uzyskania większej wartości dI/dt oraz dla zredukowania wymagań na wytrzymałość

2

prądową elementów obwodu bramki. Pomocniczy lub pilotujący tyrystor o kształcie pierścieniowym, umieszczony najlepiej centralnie względem głównego tyrystora, znajduje się w tej samej płytce półprzewodnika. Tyrystor pilotujący i tyrystor główny mają wspólne obszary anoda-emiter, anoda-baza i katoda-baza, a obszary katoda-emiter tyrystorów pilotującego i głównego sąsiadują wzdłuż tej samej głównej powierzchni płytki półprzewodnika. Elektroda bramki jest umieszczona najlepiej w środku tyrystora pilotującego po przeciwnej stronie względem tyrystora głównego, a elektroda ładująca leży na głównej powierzchni płytki półprzewodnika, po obu stronach złącza p-n między obszarami katody-emitera i katody-bazy tyrystora pilotującego.

Tego typu tyryistory mogą być wykorzystywane do szybkiego przełączania dużych mocy bez zauważalnych strat mocy. Konstrukcja ich zapewnia zwiększenie wartości dv/dt przez przewodzenie prądu anodowego bez potrzeby polaryzowania złącza katodowego w kierunku przewodzenia oraz przez wytwarzanie bocznego przepływu prądu, który szybciej polaryzuje złącze katodowe w kierunku przewodzenia.

Tyryistory znane są również z długich czasów wyłączania, to znaczy czasów potrzebnych do ustalenia wysokiej impedancji tyrystora, czyli stanu zablokowanego, przy przełączaniu ze stanu przewodzenia, o niskiej impedancji. W prostych struk-

turach tyrystorowych powrót do stanu zablokowanego może nastąpić tylko przez redukcję prądu anoda-katoda do wartości mniejszej od prądu podtrzymania, przez taki okres czasu, który umożliwi powrót do stanu normalnego warstwy zubożonej w centrum złącza blokująco-przewodzącego, gdy przyłożone jest napięcie w kierunku przewodzenia. W ten sposób czas wyłączania zależy bezpośrednio od czasu dyfuzji nośników — tak dziur jak i elektronów — przez obszary bazowe i od czasów życia nośników wewnątrz tych obszarów.

Tam, gdzie istniała potrzeba osiągnięcia krótkiego czasu wyłączania, stosowano dzieloną strukturę elektrody bramki, obszaru katody-emitera i elektrody katody. Ujemny sygnał sterujący przykładany był do elektrody lub elektrod bramki, o strukturze dzielonej, dla spowodowania przepływu prądu od katody oraz wstecznej polaryzacji złącza katodowego pomiędzy obszarami katody-bazy i katody-emitera. W ten sposób gęstość prądów w przyrządzie była zmniejszana po gwałtownym spadku do zera prądu obciążenia, w celu uniknięcia ponownego włączenia przyrządu przez nagłe, ponowne dołączenie napięcia obciążenia, na przykład przy dużych częstotliwościach pracy, 10 do 20 kHz albo też stan zablokowania o dużej impedancji mógł zostać ponownie wytworzony w tyrystorze, przy ciągłym przepływie prądu obciążenia, w warunkach niskiej częstotliwości lub pracy stałoprądowej. Tyrystory sterowane w pierwszy sposób są ogólnie zwane tyrystorami z pomocniczą bramką wyłączającą albo GATT, a tyrystory sterowane w drugi ze sposobów nazywane są zazwyczaj zaworami sterowanymi bramką albo GCS.

Szybko przełączające tyrystory mocy sterowane w oba z podanych sposobów potrzebują zarówno bramki wzmacniającej dla szybkiego włączania tyrystora bez dużych strat mocy, jak i bramki pomocniczej dla szybkiego i bezstratnego wyłączania. Znane konwencjonalne tyrystory z bramką wzmacniającą nie mogą zapewnić wystarczająco szybkiego włączania jak i wyłączania.

W tyrystorach z bramkami wzmacniającymi dla ich włączania niemożliwe jest skuteczne przeprowadzenie wyłączania wspomagane bramką bez wykorzystania oddzielonych bramek dla włączania i wyłączania. Obecnie znane bramki wzmacniające charakteryzują się wysoką rezystancją skrośną (np. 10 do 25 Ω) w kierunku, w którym prąd musi płynąć w stanie odcięcia. Prąd wyłączania musi mieć polaryzację przeciwną względem prądu bramki przy włączaniu, a złącze katodowe między obszarami katoda-emiter i katoda-baza tyrystora pilotującego spolaryzowane jest zaporowo. Prąd musi więc przepływać poprzez obszar katoda-baza pod obszarem katoda-emiter, aby dotrzeć do elektrody bramki. Wypadkowa, duża rezystancja bardzo zmniejsza efektywność prądu wyłączania bramki. Ponadto w przyrządzie wystąpić mogą zakłócenia spowodowane niejednorodnością zjawiska lawinowego w złączu katodowym między obszarami katoda-emiter i katoda-baza tyrystora pilotującego.

Stosownie do tego korzysta się z drugiej oddzielnej bramki wyłączającej, która bocznikuje

prąd bramki pomocniczej obejścia tyrystora pilotującego. Dioda jest użyta do utworzenia niskomomowego przejścia przez drugą bramkę, omijającą tyristor pilotujący w przypadku wyłączania, a z drugiej strony, aby uchronić prąd bramki przed ominięciem tyristora pilotującego w przypadku włączania. Dioda jest zazwyczaj wtopiona w elektrodę ładunkową, co zapewnia działanie tej elektrody na przemian z bramką wyłączającą. Wtopienie diody w elektrodę ładunkową uważa się za konieczne dla jej właściwego usytuowania oraz dla zapewnienia niskorezystancyjnego przejścia przy wyłączaniu. Dlatego trzeba było przedsięwziąć dodatkowe czynności związane z wytworzeniem tych specjalnych tyrystorów o krótkich czasach włączania i wyłączania, a nadto dla tych przyrządów wymagane były specjalne zestawy do montażu i zamykania w obudowie.

Według wynalazku tyristor z bramką wzmacniającą, wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączenie, zawiera płytkę półprzewodnikową z położonymi naprzeciw siebie, głównymi powierzchniami pierwszą i drugą. Tyristor obejmuje główne obszary katody-emitera, katody-bazy, anody-bazy i anody-emitera oraz pilotujący obszar katody-emitera. Elektrody katody i anody są przymocowane dla utworzenia kontaktu omowego odpowiednio z głównym obszarem katody-emitera i obszarem anody-emitera. Elektroda bramki jest przymocowana dla utworzenia kontaktu omowego z obszarem katody-bazy w sąsiedztwie ale oddalonym od pilotującego obszaru katody-emitera i od głównego obszaru katody-emitera.

Elektroda ładunkowa jest przymocowana na pierwszej, głównej powierzchni i jest umieszczona w sąsiedztwie elektrod bramki i katody dla wytworzenia kontaktu omowego z pilotującym obszarem katody-emitera i obszarem katody-bazy, pomiędzy głównym obszarem katody-emitera a pilotującym obszarem katody-emitera. Zestaw obudowujący jest przystosowany do wmontowania tyristora z bramką wzmacniającą. Według wynalazku zestaw obudowujący zawiera zespół lokalizujący dla usytuowania i zamocowania kontaktu bramki, tworzącego kontakt omowy z elektrodą bramki i przystosowanego do usytuowania i zamocowania diody współpracującej z elektrodą bramki dla wytworzenia kontaktu omowego z kontaktem bramki zespołu lokalizującego i elektrodą ładunkową tyristora, oraz diodę uformowaną w drugiej płytce półprzewodnikowej, której domieszkowane obszary katody i anody tworzą między sobą złącze p-n i przylegają odpowiednio do przeciwnych, głównych powierzchni drugiej płytki półprzewodnika. Ta dioda jest przymocowana do zespołu lokalizującego w zestawie obudowującym w określonym położeniu względem kontaktu bramki. Obszar katody tej diody tworzy kontakt omowy z kontaktem bramki zestawu obudowującego, obszar anody tworzy kontakt omowy z elektrodą anody zamocowaną na głównej powierzchni drugiej płytki półprzewodnikowej i przystosowaną do tworzenia kontaktu omowego z elektrodą ładunkową tyristora.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniiony w przy-

kładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia znany tyrystor z bramką wzmacniającą, wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączanie, w przekroju poprzecznym i w widoku z przodu, fig. 2 — tyrystor z bramką wzmacniającą, wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączanie, według wynalazku, w przekroju poprzecznym i w widoku z przodu i fig. 3 — powiększony fragment fig. 2.

Przedstawiony na fig. 1 tyrystor obejmuje tyrystor pilotujący 2 o kształcie pierścieniowym, umieszczony centralnie względem głównego tyrystora 1, przy czym oba tyrystory wykonane są w tej samej płytce półprzewodnikowej.

Oba tyrystory mają wspólne obszary anoda-emiter 3, anoda-baza 4 i katoda-baza 5, a obszary katoda-emiter 6 i 7 tyrystorów sąsiadują ze sobą wzdłuż tej samej głównej powierzchni płytki półprzewodnikowej. Elektroda bramki 8 umieszczona jest w środku pierścienia tyrystora pilotującego 2. Na złącze p-n między obszarami katoda-emiter 6 i katoda-baza 5 tyrystora pilotującego na główną powierzchnię płytki półprzewodnikowej nałożona jest elektroda ładunkowa 9.

Tyrystor pilotujący 2 włączany jest przez sygnał sterujący przyłożony do bramki 8, który wpływa do tyrystora, jak to pokazują strzałki 10, polaryzujące w kierunku przewodzenia złącze katodowe między obszarami katoda-emiter 5 i katoda-baza 6 oraz włączając tyrystor 2 od strony wewnętrznej krawędzi katody-emitera, gdzie wstrzykiwany jest prąd bramki. Prąd anodowy, jak pokazano strzałką 11, tyrystora pilotującego 2 wykorzystywany jest jako prąd bramki przy włączaniu tyrystora głównego 1. Prąd ten przepływa przez elektrodę ładującą 9 i obszar katoda-baza 5 do boczników katodowych 12 wzdłuż wewnętrznej krawędzi obszaru katoda-emiter 7 głównego tyrystora 1, jak wskazują strzałki 13. Zasadnicza część głównego tyrystora 1, zwłaszcza jeśli jego struktura jest wewnętrznie dzielona, zostaje w ten sposób wstępnie przelączona do stanu przewodzenia.

Z elektrodą ładunkową 9 stopiona jest dioda 14.

Zgodnie z fig. 2 i 3 tyrystor z bramką wzmacniającą wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączanie składa się z tyrystora ze wzmacniającą bramką 20, zestawu obudowującego 21 przystosowanego do umieszczenia tyrystora 20 i diody 22. Zestaw obudowujący 21 zawiera zespół lokalizujący 23, do którego przymocowana jest dioda 22 tworząca kontakt omowy z tyrystorem 20.

Tyrystor 20 jest wprowadzony w pierwszą płytkę półprzewodnikową 24 o pierwszej i drugiej głównych powierzchniach 25 i 26. Płytkę półprzewodnikową 24 jest krążkiem z monokrystalicznego krzemu o grubości około 0,2 do 0,5 mm.

Tyrystor z bramką wzmacniającą 20 ma pierwszy 27, drugi 28, trzeci 29 i czwarty 30 obszary domieszkowe o przemennym typie przewodności rozmieszczone w płytce 24 od pierwszej głównej powierzchni 25 do drugiej 26. Złącza p-n katodowe 31, blokujące 32 i anodowe 33 są więc utworzone między obszarami odpowiednio 27 i 28, 28 i 29 oraz 29 i 30. W ten sposób uformowany zostaje główny tyrystor 34.

Obszary domieszkowe 27 i 30 przylegają odpowiednio do pierwszej 25 i drugiej 26 powierzchni stanowiąc obszary odpowiednio katoda-emiter i anoda-emiter głównego tyrystora 34. Obszary domieszkowane 28 i 29 znajdują się wewnątrz płytki 24 przylegając do głównego obszaru katody-emitera i anody-emitera, tworząc obszary odpowiednio katody-bazy i anody-bazy tyrystora 34. Obszar domieszkowany 28 przylega także do pierwszej głównej powierzchni 25 centralnie i zewnętrznie wokół obszaru katody-emitera tyrystora głównego 34, a także do obszaru katody-emitera najlepiej w sposób nieciągły, dla utworzenia boczników katodowych (nie pokazane).

Tyrystor z bramką wzmacniającą 20 obejmuje również piąty obszar domieszkowany 35 przylegający do pierwszej głównej powierzchni 25, umieszczony w sąsiedztwie pierwszego obszaru domieszkowanego 27 o przeciwnym typie przewodności niż drugi obszar domieszkowany 28. Złącze p-n 36 jest więc utworzone pomiędzy drugim obszarem domieszkowanym 28 i piątym obszarem domieszkowanym 35. W ten sposób z obszarów katody-bazy, anody-bazy i anody-emitera, wspólnych z głównym tyrystorem 34, uformowany zostaje tyrystor pilotujący 37.

Zazwyczaj opisane wyżej obszary domieszkowane wytwarzane są w płytce półprzewodnika 24 standardową techniką dyfuzji. Można także je uzyskać w procesie wzrostu epitaksjalnego lub kombinując obie te metody. Po wytworzeniu w płytce półprzewodnikowej 24 obszarów domieszkowanych, płytka ta zostaje umieszczona na elektrodzie anody 38, przy czym druga główna powierzchnia 26 płytki styka się z główną powierzchnią elektrody. Zazwyczaj elektroda anody 38 wykonana jest z molibdenu lub wolframu, ma kształt kołowy, jest co najmniej tak duża jak płytka półprzewodnika 24 i ma 1,3 do 2 mm grubości. Elektroda anody 38 jest wtopiona w drugą główną powierzchnię 26 płytki półprzewodnika 24 przez podgrzanie dokładnie złączonych elektrody 38 i płytki 24 w obojętnej atmosferze np. w argonie, do temperatury około 680°C. W ten sposób elektroda 38 stanowi pożądaný niskoomowy kontakt z obszarem anody-emitera na całej drugiej powierzchni 26.

Tyrystor z bramką wzmacniającą 20 zawiera również elektrodę katody 39, elektrodę bramki 40 i elektrodę ładunkową 41. Elektroda katody 39 przytwierdzona jest na pierwszej głównej powierzchni 25 dając pożądaný niskoomowy kontakt z obszarem katody-emitera tyrystora głównego 34, w postaci pierwszego obszaru domieszkowanego 27. Elektroda 39 jest korzystnie elektrodą wymodelowaną w określony wzór, dla umożliwienia ukształtowania elektrody ładującej 41 w taki sposób, aby wnikała w obszary niepokryte elektrodą katody. Znaną tego rodzaju konstrukcję określa się mianem „płatek śniegu”. Elektroda katody 39 zapewnia również kontakt omowy z obszarem katody-bazy w postaci drugiego obszaru domieszkowanego 28, przy bocznikach katodowych 28A oraz przy zewnętrznych obrzeżach obszaru katody-emite-

tera, co nie zostało pokazane, dla zapewnienia zdolności szybkiego włączania.

Elektroda bramki 40 jest przymocowana na pierwszej głównej powierzchni 25 dla zapewnienia korzystnie niskoomowego kontaktu z obszarem katody-bazy 28 i umieszczona jest w sąsiedztwie obszaru katody-emitera 35 po przeciwnej stronie niż główny obszar katody-emitera 27. Elektroda ładująca 41 przymocowana jest do pierwszej głównej powierzchni 25 i umieszczona w sąsiedztwie elektrod katody i anody 39 i 40 aby zapewnić możliwe niskoomowy kontakt z obszarem pilotującym katody-emitera 35 i obszarem katody-bazy 28 pomiędzy obszarami katody-emitera zasadniczym i pilotującym 27 i 35. Elektroda ładująca 41 jest strukturą złożoną, z promieniście rozchodzącymi się częściami zachodzącymi na obszar katody-emitera 27 i wchodzącymi w przerwy elektrody katody 39. Promieniście rozchodzące się części tworzą niskoomowe kontakty z obszarem katody-bazy 28 przylegającym do obszaru głównej katody-emitera 27. Katoda 39, bramka 40 i elektroda ładująca 41 mogą być wykonane z dowolnego odpowiedniego metalu, na przykład z aluminium, zapewniającego niskoomowy kontakt z płytką półprzewodnika 24. Najlepiej, gdy daje się on — tak jak aluminium — rozpylać katodowo lub osadzać z gazu na płytce półprzewodnika. Najlepiej elektrody 39, 40 i 41 rozpylać katodowo lub osadzać z gazu do grubości typowo około 5 μm do 10 μm . Elektrody 39, 40 i 41 są formowane przez ich nałożenie na całej powierzchni, a następnie selektywne usuwanie warstwy napyłonej w standardowych procesach fotolitograficznego maskowania i wytrawiania. Uformowane w ten sposób elektrody 39, 40 i 41 tworzą niskoomowe kontakty opisane powyżej, jednakże w pewnych rozwiązaniach może być korzystne spiekanie, dla osiągnięcia jeszcze niższej rezystancji kontaktu.

Tyrystor z bramką wzmacniającą 20 jest zazwyczaj wykańczany przez docieranie w znany sposób bocznych powierzchni 42 płytki półprzewodnika 24 by były one skośne, dla ukształtowania pola elektrycznego w tyrystorze, i trawiony obrotowo dla zredukowania efektu upływu krawędziowego i ewentualnie lokalnych uszkodzeń powierzchniowych. Ukośne boczne powierzchnie 42 są następnie pokrywane odpowiednią powłoką pasywującą 43. Materiałem szczególnie użytecznym dla tego zastosowania jest alizaryna połączona z krzemem lub żywicą epoksydową. Powłoka pasywująca 43 znacznie redukuje wpływy atmosferyczne na płytkę półprzewodnika 24 i, co za tym idzie, na tyrystor 20.

Kompletny tyrystor z bramką wzmacniającą 20 jest umieszczony w zestawie obudowującym 21. Zestaw 21 składa się z dolnego zestyku mocującego 44, na przykład z miedzi pokrytej niklem, z dokładnie płaską górną powierzchnią 45 współpracującą z elektrodą anody 38. Zestyk mocujący ma również na obrzeżu kołnierz 46 przymocowany na przykład przez zgrzewanie lub lutowanie, który współpracuje z ceramicznym elementem rurowym 47 stanowiącym zewnętrzne zespółu 21. Do elementu rurowego przymocowany jest kołnierz 48,

typowo z miedzi, współpracujący z górnym zestykiem mocującym 69 zestawu 21, jak opisano poniżej.

Tyrystor z bramką wzmacniającą 20 jest umieszczony pośrodku i utrzymywany w tej pozycji na dolnym zestyku mocującym 44 przez cylindryczny odstępnik 50, który jest montowany na cylindrycznych powierzchniach dolnego zestyku mocującego 44 (jak pokazano) lub naprzeciw rurowego elementu ceramicznego 47 (nie pokazano). Odstępnik 50 wykonany jest zazwyczaj z politetrafluoroetylenu lub innych materiałów izolacyjnych o odpowiedniej sprężystości i odporności na wstrząsy.

Dioda 22, przymocowana do zespółu lokalizującego 23 przez zgrzewanie lub lutowanie, wykonana jest w drugiej płytce półprzewodnikowej 51, typowo z monokrystalu krzemu, o dwóch, położonych naprzeciw siebie, głównych powierzchniach 52 i 53. Obszary domieszkowane katody i anody 54 i 55 o przeciwnych typach przewodności przylegają do pierwszej i drugiej głównej powierzchni 52 i 53 i wnikają w płytkę 51 tworząc między sobą złącze p-n 56. Obszary katody i anody 54 i 55 powinny być wykonane w standardowym procesie dyfuzyjnym. Elektrody katody 57 i anody 58, najlepiej aluminiowe, są przymocowane do pierwszej 52 i drugiej 53 głównych powierzchni płytki 51, by zapewnić niskoomowy kontakt z właściwymi obszarami domieszkowanymi katody 54 i anody 55.

Zespół lokalizujący 23 jest cylindrycznym elementem z metalu, na przykład molibdenu lub wolframu, jeśli to możliwe pokrytym złotem lub czymś podobnym zapobiegającym utlenianiu. Zespół 23 ma wnękę 59 rozciągającą się od jego obrzeża do części centralnej z otworem 60 przez środek wnęki 59 służącym do podtrzymywania kontaktu bramki. Zespół lokalizujący 23 obejmuje również wgłębienie 61 umieszczone naprzeciw wnęki 59, przystosowane do umiejscawiania i mocowania diody 22 względem kontaktu bramki.

Dioda 22 jest przymocowana do zespółu lokalizującego 23 we wnękę 61 typowo przez zgrzanie lub przylutowanie elektrody katody 57. W pewnych przypadkach druga płytkę półprzewodnika 51 może być przymocowana bezpośrednio do zespółu lokalizującego 23 we wnękę 61, tak że zespół 23 stanowi kontakt omowy z domieszkowanym obszarem katody 54 będąc w ten sposób integralną elektrodą katody 57. Kontakt bramki 62 jest także umieszczony i uformowany w zespole 23 przez przeprowadzenie odizolowanego końca izolowanego przewodu 63 przez otwór 60 i zaprawienie tego końca drutu 63 jak pokazano na fig. 3. Koniec przewodu 63 zostaje następnie zaagięty we wnękę 59 zespółu lokalizującego 21 jak to będzie opisane.

W ten sposób dioda 22 zostaje umiejscowiona i zamocowana we wnękę 61 zespółu lokalizującego 23 względem kontaktu bramki 62. Odstęp pomiędzy elektrodą anody 58 i diody 22 i kontaktem bramki 62 jest taki, by odpowiadał odstępowi między elektrodą ładującą 41 i elektrodą bramki 40 tyrystora z bramką wzmacniającą 20, natomiast elektroda katody 57 diody 22 tworzy kontakt omo-

wy z kontaktem bramki 62 poprzez zespół lokalizujący 23.

Zespół lokalizujący 23 z wmontowanymi diodą 22 i kontaktem bramki 62 jest montowany na wcisk w izolującym elemencie trzymającym 64 z wyżłobieniem 65, odpowiadającym wnęce 59 w zespole lokalizującym 23, przez którą przewleczony jest izolowany przewód 63. Zespół lokalizujący 23 jest odsunięty od podstawy 66 elementu trzymającego 64 przez konwencjonalną pierścieniową przekładnię 67, która wywiera odpowiedni nacisk oraz zapewnia wstrząsoodporność zamocowania kontaktu bramki 62 i elektrody anody 58 względem elektrody bramki 40 i elektrody ładującej 41, jak to poniżej opisano.

Element trzymający 64 jest następnie umieszczany w centralnym wgłębieniu 68 górnego zestyku mocującego 69 zestawu obudowującego 21. Element trzymający 64 wraz z opisanymi powyżej elementami może być przytwierdzony we wgłębieniu 68 przez montowanie na wcisk, klejenie lub w inny odpowiedni sposób.

Zespół lokalizujący 23 z diodą 22 i wmontowanym kontaktem bramki 62 jest następnie umieszczony w zestawie obudowującym 21 przez ułożenie górnego zestyku mocującego 69 ponad otwarty koniec ceramicznego elementu rurowego 47. Górny zestyk mocujący 69 wykonany jest na przykład z miedzi dla zapewnienia jednakowej rozszerzalności cieplnej. Górny zestyk mocujący 69 zaopatrzony jest w kołnierz 70 przymocowany na obrzeżu, na przykład przez zgrzewanie lub lutowanie, który współpracuje z kołnierzem 48 elementu ceramicznego 47. Swobodny odizolowany koniec przewodu 63 jest przeciągnięty przez rowek 69A w zestyku montażowym 69 i izolującej tulei 71 w zewnętrznej elektrodzie przewodzącej 72, która przechodzi przez cylindryczną część ceramicznego elementu rurowego 47 tworząc z nią kontakt omowy.

Zestaw obudowujący 21 z tyrystorem z bramką wzmacniającą 20, diodą 22 i zespołem lokalizującym 23 jest następnie hermetycznie zamykany przez przylutowanie miękkie lub twarde kołnierza 70 górnego zestyku mocującego 69 do kołnierza 48 elementu ceramicznego 47. Po zamknięciu przewidziane jest łączenie ciśnieniowe przez zespół dociskający dla zapewnienia niskoomowych kontaktów — dolnego zestyku mocującego 44 do elektrody anody 38 tyrystora 20, elektrody anody 58 diody 22 do elektrody ładującej 41 tyrystora 20 i kontaktu bramki 62 do elektrody bramki 40 tyrystora z bramką wzmacniającą.

Zespół dociskowy w tym rozwiązaniu składa się z kołnierza 46 dolnego zestyku mocującego 44 i kołnierza 70 górnego zestyku mocującego 69, oba o kształcie litery s. Ciśnienie przyłożone do obudowy daje połączenie na wcisk przez wepchnięcie kołnierzy 46 i 70 do wewnątrz przez zewnętrzne obciążenia. Odpowiednio duże zewnętrzne ciśnienie przyłożone dla uformowania połączenia na wciski i zapewnienia niskoomowego połączenia odpowiednich kontaktów i elektrod nie powinno być aż tak duże, by spowodować pęknięcia płytek półprzewodnika podczas późniejszych działań nad

przyrządem i jego pracy. Typowa siła wywierana przez zespół dociskający ma dawać ciśnienia pomiędzy $6,896 \cdot 10^6$ a $34,48 \cdot 10^6$ N/m², a najlepiej $13,8 \cdot 10^6$ a $27,58 \cdot 10^6$ N/m². Siły te, biorąc pod uwagę większy zakres ciśnień, są uwarunkowane nieregularnościami powierzchni elektrod i kontaktów. Oczywiście im mniejszy jest całkowity obszar fizycznego kontaktu między elektrodami i kontaktami, tym większe jest ciśnienie wywierane na powierzchnię płytki półprzewodnika 24 dla danej siły nacisku.

Końcowym rezultatem jest tyrystor z bramką wzmacniającą wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączanie wykonany w sposób prosty i niedrogo przy wykorzystaniu konwencjonalnego tyrystora z bramką wzmacniającą. W ten sposób wynalazek eliminuje potrzebę użycia specjalnego tyrystora ze wzmacniającą bramką dla wyposażenia go w bramkę wspomagającą wyłączanie jak również wielu kosztownych czynności wytwórczych wymaganych uprzednio dla wytworzenia tyrystorów z bramką wzmacniającą, wyposażonych w bramkę wspomagającą wyłączanie.

Działanie urządzenia pokazane jest strzałkami na figurze 3. Dla włączenia, napięcie sterujące jest podawane pomiędzy zestyki mocujące 44 i 69 i elektrody anody 38 i katody 39, na tyrystor z bramką wzmacniającą 20. Dołączone napięcie obciążenia jest takie, że tyrystor ma dużą impedancję i jest w stanie zablokowania w kierunku przewodzenia. Następnie dodatni prąd, odpowiedni do włączania tyrystora pilotującego 37, doprowadzony jest do elektrody bramki 40 przez przewód 63 i kontakt bramki 62. Prąd ten rozplywa się na boki, jak to pokazują strzałki 73, polaryzując w kierunku przewodzenia złącze katodowe 36 tyrystora pilotującego 37. Taka polaryzacja złącza katodowego 36 powoduje wstrzyknięcie nośników w obszar katody-bazy 28 tyrystora pilotującego 37 i następnie przelacza tyrystor 37 w stan przewodzenia czyli niskoimpedancyjny, kiedy prąd anody, pokazany przez strzałki 74, od elektrod anody 38 wpływa w obszar katody-emitera pilota 35. Prąd anody z kolei rozplywa się z obszaru katody-emitera 35 przez elektrodę ładunkową 41, obszar katody-bazy 28 i boczniaki katodowe 28A, usytuowane wzdłuż wewnętrznej krawędzi głównego obszaru katody-emitera 27, do elektrody katody 39, jak to wskazują strzałki 75. Tenże boczny prąd anody płynący z tyrystora pilotującego 37 polaryzuje w kierunku przewodzenia złącze katodowe 31 głównego tyrystora 34 i powoduje wstrzyknięcie nośników w obszar katody-bazy 28 oraz przełączenie głównego tyrystora 34 ze stanu zablokowanego, o dużej impedancji, do stanu przewodzenia o małej impedancji. Prąd anody tego tyrystora wskazują strzałki 76.

Podczas włączania prąd nie płynie do elektrody ładunkowej 41 przez diodę 22, ponieważ jest ona spolaryzowana zaporowo.

Przy wyłączaniu tyrystora sterowanego w sposób GATT, np. przy wysokich częstotliwościach pracy, ponad 10 kHz, prąd anody jest przełączony do zera, a obszar anody-bazy 29 ma dużą gęstość nośników. Po przyłożeniu napięcia obciążenia w

kierunku przewodzenia ujemny prąd bramki wspomagającej płynie przez kontakt bramki 62 do diody 22 przez zespół lokalizujący 23. Złącze p-n 56 diody 22 jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia przez ujemny prąd bramki wspomagającej, co z kolei wywołuje boczny przepływ prądu od elektrody katody 39 przez boczники katodowe 28A, obszar katody-bazy 28, elektrodę ładującą 41, diodę 22, zespół lokalizujący 23 do końcówki przewodu 63, jak pokazują strzałki 77. Taki boczny przepływ prądu dąży do zaporowego spolaryzowania złącza p-n 31 i przeciwstawia się rozplywowi prądu istniejącemu w obszarze katody-bazy 28, który zmierza do spolaryzowania złącza p-n 31 w kierunku przewodzenia. W ten sposób bramka wspomagająca redukuje niebezpieczeństwo, że ponownie przyłożone napięcie w kierunku przewodzenia włączy przyrząd, w związku z czym napięcie w kierunku przewodzenia może być przyłożone w krótszym czasie po przełączeniu do zera prądu obciążenia anody — z definicji zmniejszając czas wyłączania przyrządu.

Dla wyłączenia tyrystora pracującego w sposób CGS (np. z niską częstotliwością lub stałoprądowo) do kontaktu bramki 62 i diody 22 ujemny prąd bramki doprowadza się przez zespół lokalizujący, podczas gdy napięcie obciążenia pozostaje przyłożone pomiędzy elektrodami anody 38 i katody 39. Ujemny prąd bramki polaryzuje złącze p-n 56 diody 22 w kierunku przewodzenia, powodując boczny rozplyw prądu, jak wskazuje strzałka 77 — od elektrody katody 38, przez boczники katodowe 28A, obszar katody-bazy 28, elektrodę ładującą 41, diodę 22 i zespół lokalizujący do końcówki przewodu 63. W ten sposób napięcie na złączu katodowym 31 jest zmniejszone do wartości poniżej 0,7 V i przerwane jest wewnętrzne sprzężenie zwrotne w ekwiwalentnych strukturach tranzystorowych głównego tyrystora. Daje to ponowne ustalenie stanu zablokowania o wysokiej impedancji w głównym tyrystorze 34, w momencie gdy napięcie obciążenia pozostaje w dalszym ciągu przyłożone do przyrządu.

Zastrzeżenie patentowe

Tyrystor z bramką wzmacniającą, wyposażony w bramkę wspomagającą wyłączanie, zawierający

plytkę półprzewodnikową z położonymi na przeciw siebie, głównymi powierzchniami pierwszą i drugą, przy czym ten tyrystor obejmuje główne obszary katody-emitera, katody-bazy, anody-bazy i anody-emitera oraz pilotujący obszar katody-emitera, elektrody katody i anody przymocowane dla utworzenia kontaktu omowego odpowiednio z głównym obszarem katody-emitera i obszarem anody-emitera, elektrodę bramki przymocowaną dla utworzenia kontaktu omowego z obszarem katody-bazy w sąsiedztwie ale oddalonym od pilotującego obszaru katody-emitera i od głównego obszaru katody-emitera, elektrodę ładunkową przymocowaną na pierwszej, głównej powierzchni, umieszczoną w sąsiedztwie elektrod bramki i katody dla wytworzenia kontaktu omowego z pilotującym obszarem katody-emitera i obszarem katody-bazy, pomiędzy głównym obszarem katody-emitera a pilotującym obszarem katody-emitera, zestaw obudowujący, przystosowany do wmontowania tyrystora z bramką wzmacniającą, **znamienny tym**, że zestaw obudowujący (21) zawiera zespół lokalizujący (23) dla usytuowania i zamocowania kontaktu bramki (62), tworzącego kontakt omowy z elektrodą bramki (40) i przystosowanego do usytuowania i zamocowania diody (22) współpracującej z elektrodą bramki (40) dla wytworzenia kontaktu omowego z kontaktem bramki (62) zespołu lokalizującego (23) i elektrodą ładunkową (41) tyrystora (20) oraz diodą (22) uformowaną w drugiej płytce półprzewodnikowej (51), której domieszkowane obszary katody (54) i anody (55) tworzą między sobą złącze p-n (56) i przylegają odpowiednio do przeciwnych, głównych powierzchni (52, 53) drugiej płytki półprzewodnikowej (51), przy czym dioda (22) jest przymocowana do zespołu lokalizującego (23) w zestawie obudowującym (21) w określonym położeniu względem kontaktu bramki (62), obszar katody (54) diody tworzy kontakt omowy z kontaktem bramki (62) zestawu obudowującego (21), obszar anody (55) tworzy kontakt omowy z elektrodą anody (58) zamocowaną na głównej powierzchni (53) drugiej płytki półprzewodnikowej (51) i przystosowaną do tworzenia kontaktu omowego z elektrodą ładunkową (41) tyrystora (20).

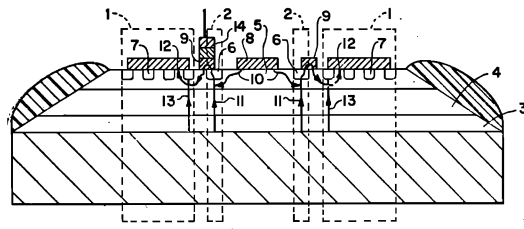


Fig. 1

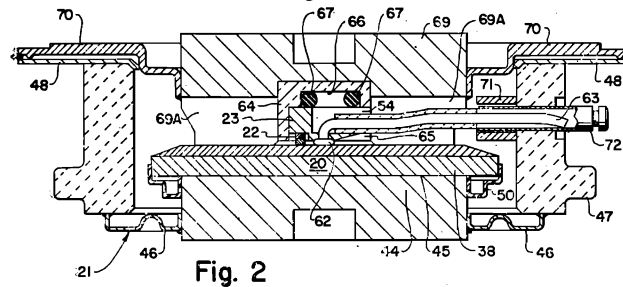


Fig. 2

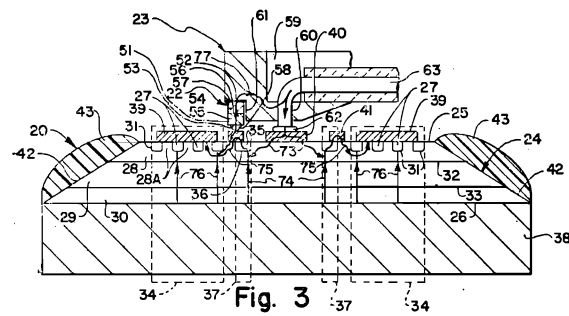


Fig. 3