

Patent dodatkowy
do patentu _____

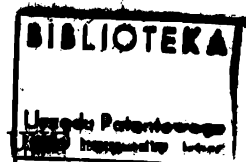
Zgłoszono: 05.II.1969 (P 131 570)

Pierwszeństwo: 23.XII.1968 Stany
Zjednoczone
Ameryki

Opublikowano: 1.VIII.1973

Kl. 21g,11/02

MKP H011 19/00



Właściciel patentu: Western Electric Company Incorporated, Nowy Jork
(Stany Zjednoczone Ameryki)

Półprzewodnikowy obwód scalony

1

Przedmiotem wynalazku jest półprzewodnikowy obwód scalony zawierający monolityczną półprzewodzącą płytkę, pewną ilość elementów funkcjonalnych w tej płytce i środki izolacji elektrycznie odizolowujące przynajmniej jeden z elementów funkcjonalnych.

W dziedzinie półprzewodnikowych obwodów scalonych, funkcje różnych czynnych i/lub biernych elementów elektronicznych takich jak tranzystory, diody, oporniki i kondensatory, są uzyskiwane na powierzchni lub wewnątrz korpusu materiału półprzewodnikowego. Zasadniczym w tej dziedzinie zagadnieniem jest potrzeba uzyskania jakiejś formy izolacji elektrycznej pomiędzy pewnymi funkcjonalnymi elementami elektronicznymi obwodu.

Dotychczas proponowano różnorodne techniki uzyskiwania izolacji elektrycznej pomiędzy elektronicznymi elementami wewnątrz korpusu. W jednej z szeroko przyjętych technik stosuje się pomiędzy elementami funkcjonalnymi parę diod w szeregowym połączeniu przeciwnym. Pary diod są usytuowane tak, że przynajmniej jedno z ich złączy jest w danym czasie spolaryzowane zaporowo, stanowiąc w ten sposób między elementami funkcjonalnymi przejście o dużej impedancji. Wytwarzanie takich obwodów zawierało co najmniej jeden, a często dwa, oddzielne etapy selektywnej dyfuzji w stanie stałym, w celu uformowania diod w połączeniu przeciwnym. Zagadnienie polega

2

na tym, że każdy etap wytwarzania składa się na ogólny koszt wyprodukowania obwodu.

Inną charakterystyczną dla takich obwodów niedogodnością jest to, że izolacja elektryczna nie jest całkowita, to jest, pomiędzy elementami funkcjonalnymi często zawarte jest jakieś niepożądane sprzężenie pojemnościowe poprzez wewnętrzną pojemność złącza p-n diod w połączeniu przeciwnym.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie niedogodności oraz wad znanych rozwiązań. Cel ten został osiągnięty przez zastosowanie środków izolacji, które zawierają parę złączy p-n rozciągających się w zasadzie równolegle do powierzchni płytki oraz zawierają przynajmniej jedną epitaksjalną cienką warstwę typu p lub n, posiadającą co najmniej jedno metaliczne doprowadzenie do elektrod, wprowadzone z elementu funkcjonalnego i nakładające się na jeden z obszarów w celu wytworzenia obszaru zubożenia rozciągającego się podczas pobudzenia przez epitaksjalną warstwę.

Struktura obwodu scalonego według wynalazku wymaga zmniejszonej ilości etapów wytwarzania i ma małe sprzężenie pojemnościowe pomiędzy sąsiednimi elementami funkcjonalnymi.

W pierwszym przykładzie rozwiązania obszary baz są ograniczone bocznie przez selektywne głębokie obszary kontaktowe usytuowane w nieselektywnej warstwie bazy. Izolacja poprzez wywołany efekt pola jest dostarczana przez pierścieniowaty

złączowy tranzystor z efektem pola. Izolujące, złączowe tranzystory z efektem pola zawierają kanał o przewodnictwie pierwszego typu umieszczony pomiędzy złączami p-n i tworzący te złącza z mającymi odmienny typ przewodnictwa, obszarem powierzchniowym i podłożem. Przy odpowiedniej zaporowej polaryzacji złączy p-n kanał jest całkowicie opróżniony ze swobodnych nośników ładunku, to jest całkowicie odcięty, przedstawiając zatem dla poprzedniego przepływu prądu przez niego dużą impedancję i tym samym tworząc elektryczną izolację.

W drugim przykładzie rozwiązania, obwód scalony izolowany poprzez efekt pola jest wytwarzany w procesie, który wymaga tylko co najwyżej trzech operacji maskowania i dwu selektywnych dyfuzji oraz zawiera etap wytwarzania pierwszej warstwy metalicznej jako doprowadzenie do elektrod. Na głównej wygładzonej powierzchni podłoża o drugim typie przewodnictwa formowana jest stosunkowo cienka warstwa o pierwszym typie przewodnictwa. W pierwszej operacji maskowania i dyfuzji utworzony zostaje pierwszy wzór obszarów o drugim typie przewodnictwa, przyległy do powierzchni warstwy. Niektóre z tych obszarów stanowią obszary oporników lub obszary baz tranzystorów dwuzłączowych, a przynajmniej jeden z tych obszarów ma konfigurację pierścieniową i otacza co najmniej jeden z innych obszarów. W drugiej operacji maskowania i dyfuzji utworzony zostaje drugi wzór obszarów o pierwszym typie przewodnictwa tworząc obszary emiterowe i obszary kontaktów kolektorowych. W trzeciej operacji maskowania utworzone zostają w pasywacyjnej warstwie powierzchniowej okienka kontaktowe, a w czwartej operacji maskowania utworzona zostaje pierwsza warstwa metaliczna doprowadzenia do elektrod.

Podczas pracy elementy funkcjonalne są dołączone do pierścieniowatych obszarów otaczających w ten sposób, że złącze uformowane między nimi a warstwą jest spolaryzowane zaporowo do takiego stopnia, że części warstwy znajdujące się pod spodem pierścieniowatych obszarów są opróżnione ze swobodnych nośników ładunku. W ten sposób zrealizowana jest izolacja.

Należy zauważyć, że w kontekście opisu niniejszego wynalazku, znaczenie słowa „pierścieniowy” i „pierścieniowaty” nie może być ograniczone do geometrii kołowej ale obejmuje też struktury tworzone przez wielorakie odcinki linii prostych.

W trzecim przykładzie rozwiązania, opisanym bardziej szczegółowo poniżej, izolacja poprzez efekt pola jest uzyskiwana w procesie wytwarzania, który wymaga tylko najwyżej trzech operacji maskowania i jednej selektywnej dyfuzji oraz zawiera etap nanoszenia pierwszej warstwy jako metalicznej doprowadzenia do elektrod.

W trzecim przykładzie rozwiązania, izolowany poprzez efekt pola dwuzłączowy tranzystor jest formowany w półprzewodnikowej płytce, która zawiera pierwszą warstwę o pierwszym typie przewodnictwa. Druga warstwa, której przeważająca część jest o drugim typie przewodnictwa, leży na pierwszej warstwie i tworzy z nią złącze p-n. Druga warstwa zawiera wzór obszarów o pierwszym ty-

pie przewodnictwa, które rozciągają się od powierzchni tej warstwy do pewnej głębokości w niej. Ten wzór obszarów w drugiej warstwie zawiera obszar emitera i pierścieniowaty obszar kontaktu kolektorowego, który otacza, ale nie pokrywa się z obszarem emitera. Pierścieniowaty obszar kontaktu kolektorowego ogranicza boczny zasięg obszaru bazy, który obejmuje część drugiej warstwy zawartą pomiędzy obszarem emitera a obszarem kontaktu kolektorowego. Elektrody są przyłączone do obszaru emitera, obszaru bazy i obszaru kontaktu kolektora, a dodatkowo do drugiego obszaru otaczającego pierścieniowy obszar przyłożona jest elektroda izolacji, leżąca na zewnątrz pierścieniowatego obszaru i oddalona od niego.

Podczas pracy, napięcie jest przyłożone przez metaliczne doprowadzenie do części drugiej warstwy, leżących na zewnątrz pierścieniowatego obszaru kolektora. Napięcie to jest takie, że złącze p-n pomiędzy pierwszą a drugą warstwą jest spolaryzowane zaporowo do takiego stopnia, że część pierwszej warstwy położona jest pod spodem doprowadzenia do elektrody i jest całkowicie pozbawiona swobodnych nośników ładunku co zapewnia izolację.

Ponieważ szerokość obszarów zubożenia w ładunki przestrzenne w elementach izolacji poprzez efekt pola jest na ogół większa niż szerokość obszarów zubożenia w ładunki przestrzenne w konwencjonalnych układach izolowanych złączem p-n urządzenia wytwarzane zgodnie z opisanymi powyżej przykładami wykazują jedynie małą wartość sprzężeń pojemnościowych pomiędzy elementami funkcjonalnymi.

Różne inne elementy funkcjonalne, na przykład diody, oporniki i kondensatory, również mogą być izolowane w wymieniony wyżej sposób. Element, który ma być izolowany jest otoczony przez tranzystor z efektem pola, którego kanał może być

przerwany w celu uzyskania izolacji elektrycznej. Wynalazek jest przykładowo wyjaśniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia dwuzłączowy tranzystor o izolacji wytwarzanej przez efekt pola według pierwszego przykładu wykonania w widoku z góry, fig. 2—5 przedstawiają obwód z fig. 1, w przekroju poprzecznym, ilustrując kolejne etapy wytwarzania układu według pierwszego przykładu rozwiązania wynalazku, fig. 6 przedstawia tranzystor z fig. 1 w przekroju poprzecznym, fig. 7 przedstawia dwuzłączowy tranzystor o izolacji wywołanej przez efekt pola według drugiego przykładu wykonania wynalazku w widoku z góry, fig. 8—11 przedstawiają obwód z fig. 7 w przekroju poprzecznym, ilustrując kolejne etapy wytwarzania układu według drugiego przykładu rozwiązania wynalazku, fig. 12 przedstawia obwód z fig. 7 w przekroju poprzecznym z napięciem polaryzacji przyłożonym do elementu izolacji wywołanej przez efekt pola, fig. 13 przedstawia dwuzłączowy tranzystor izolowany przez efekt pola i części sąsiednich podobnych tranzystorów według trzeciego przykładu rozwiązania wynalazku w widoku z góry, fig. 14—17 przedstawiają obwód z fig. 13 w przekroju poprzecznym ilustrując kolejne etapy wytwarzania według trzeciego przykładu rozwiązania wynalaz-

ku, fig. 18 przedstawia obwód z fig. 13 w przekroju poprzecznym z liniami przerywanymi wskazującymi granice istotnych obszarów zubożenia bez przyłożonych napięć zewnętrznych, a fig. 19 przedstawia obwód z fig. 13 w przekroju poprzecznym z liniami przerywanymi wskazującymi granice obszarów istotnego zubożenia występujących przy zaporowym spolaryzowaniu elementu izolacji wywołanej przez efekt pola i przy napięciu polaryzacji przyłożonym do elektrod kolektora.

Fig. 1 przedstawia schematycznie typowy izolowany efektem pola tranzystor 21 według pierwszego przykładu rozwiązania wynalazku. Linia ciągłą oznaczono metalizowane elektrody, które zapewniają elektryczny kontakt do obszarów tranzystora i do elementów izolacji poprzez efekt pola. Liniami przerywanymi oznaczono usytuowanie złączy p-n pod powierzchnią pasywacyjnej warstwy dielektryka, na przykład tlenku który pokrywa obszary półprzewodnika oprócz miejsc, gdzie elektrody są elektrycznie połączone z wymienionymi obszarami półprzewodnika. Tak więc, linia przerywana wskazuje granice różnych obszarów półprzewodzących, które składają się na tranzystory.

Tranzystor 21 zawiera prostokątny obszar emitera wewnątrz przerywanej linii 22, w którym znajduje się metaliczna elektroda 23, obszar bazy wewnątrz przerywanej linii 24, skontaktowany elektrycznie przez metaliczną elektrodę 25 oraz pierścieniowy obszar kolektora ograniczony liniami przerywanymi 24 i 26, elektrycznie skontaktowany metalicznymi elektrodami 27 i 28. Metaliczne doprowadzenia elektrod 29 i 30 tworzą elektryczny kontakt z materiałem półprzewodzącym otaczającym pierścieniowy obszar kolektora, w celu umożliwienia izolowania poprzez efekt pola.

Fig. 2—5 przedstawiają płytkę z fig. 1 w przekroju poprzecznym, obrazując kolejne etapy wytwarzania obwodów według pierwszego przykładu rozwiązania.

Jak pokazano na fig. 2, wytwarzanie zaczyna się od monokrystalicznego półprzewodnikowego podłoża 41, które może być częścią płytki krzemowej typu p, wytworzonej przez domieszkowanie borem, w celu otrzymania zasadniczo jednolitej rezystywności około 10 Ω cm. Podłoże 41 zazwyczaj ma grubość od kilku do kilkuset mikrometrów i jest przygotowywane do dalszej obróbki przez mechaniczne polerowanie lub przez trawienie, które są powszechnie znane w technice.

W następnym etapie formuje się — wdyfundowany obszar 42 kolektora typu n^+ na drodze procesu selektywnego, takiego jak dyfuzja lub wszczepianie jonów przez odpowiednią maskę. Po uformowaniu obszaru 42, na powierzchni podłoża 41 formowana jest, na drodze procesów osadzania dobrze znanych w technice, epitaksjalna warstwa 43 typu n. Do celów niniejszego wynalazku, grubość warstwy 43 będzie zazwyczaj mniejsza niż około 2 μ m, a w konkretnym przykładzie wynosi około 1 μ m, przy czym warstwa ta domieszkowana jest, w celu uzyskania zasadniczo jednolitej rezystywności około 0,1 Ω cm, antymonem. Ponieważ proces epitaksjalnego wzrostu wymaga obróbki cieplnej, może nastąpić częściowo oddyfundowanie z obsza-

ru 42 do warstwy 43. Fakt ten tłumaczy wyraźną niejednorodność grubości warstwy 43, jak to pokazano na fig. 2.

Następnie, jak to pokazano na fig. 3 formowany jest za pomocą selektywnego procesu takiego jak dyfuzja lub wszczepianie jonów przez maskę, pierścieniowy obszar 44 zagłębionego kontaktu typu n^+ , sięgający co najmniej do części głębokości epitaksjalnej warstwy 43. Przy grubości epitaksjalnej warstwy 1 μ m, obszar 44 zazwyczaj powinien być dyfundowany do początkowej głębokości około 0,6 μ m. Dalsza dyfuzja nastąpi nieuchronnie podczas następnych obróbek termicznych. Oczywiście obszar 44 może być dyfundowany przez całą warstwę 43 aż do fizycznego połączenia z zagłębionym obszarem 42. Jednakże może to wymagać dłuższego czasu trwania dyfuzji i nie jest niezbędne przy większości zastosowań, ponieważ główną korzyścią z głębszej dyfuzji jest jedynie bardzo mały procentowo wzrost rezystancji szeregowej kolektora.

Następnie jak pokazano na fig. 4, wykonana jest nieselektywna dyfuzja typu p bazy w całą powierzchnię epitaksjalnej warstwy 43, w celu utworzenia obszaru 45 bazy typu p i obszaru 46 typu p dookoła pierścieniowego obszaru kolektora. Ta nieselektywna dyfuzja typu p jest korzystnie tak regulowana, że uzyskana koncentracja domieszek jest dostatecznie niska, by uniknąć zamiany przewodnictwa obszaru 44 na typ p lub samoistne półprzewodnictwo i zazwyczaj może być przeprowadzana do głębokości około 0,5 μ m. Ten nieselektywny proces typu p może być oczywiście równie dobrze przeprowadzony na drodze wszczepiania jonów.

Jak pokazano na fig. 5, ostateczna selektywna dyfuzja formuje obszar 47 emitera typu n^+ . Dyfuzja ta zazwyczaj polega na domieszkowaniu fosforu, w celu wytworzenia koncentracji powierzchniowej większej niż około 10^{20} atomów fosforu na centymetr sześcienny. Do formowania obszaru emitera może być oczywiście zastosowane również selektywne wszczepianie jonów. Zważywszy, że formowanie emitera tak czy inaczej zawiera proces selektywny, przy zaledwie nieznacznym wzroście stopnia złożoności procesu, można jednocześnie wprowadzić dodatkowe domieszki typu n do części powierzchniowej obszarów 44 zagłębionego kontaktu, w celu zniwelowania skutku nieselektywnej dyfuzji typu p do tych stref. Jest to korzystne w przypadkach, gdy dąży się do uzyskania jak najmniejszej rezystancji szeregowej kolektora.

Fig. 6 przedstawia otrzymaną strukturę z izolującą warstwą 48 tlenku na powierzchni i metalicznymi kontaktami do stref krzemu, jak to opisano w wyjaśnieniu do fig. 1. Należy zauważyć, że oprócz układowych kontaktów do powierzchni czołowej płytki, do tylnej jej powierzchni przyłożona jest metaliczna elektroda 31 dla umożliwienia bezpośredniego elektrycznego kontaktu z podłożem 41. Elektroda 31 jest zastosowana w celu umożliwienia polaryzacji metalicznych doprowadzeń do elektrody wywołującej izolację poprzez efekt pola. Elektroda 31 może być pominięta a także może być użyty rodzaj polaryzacji pośredniej, opisany poniżej w omówieniu drugiego i trzeciego przykładu rozwiązania.

Jest oczywiste, że dla zrealizowania elektrycznego kontaktu obszarów półprzewodnikowych i dla zrealizowania połączenia scalonych obszarów elementów funkcjonalnych między sobą, w celu utworzenia układu scalonego mogą być stosowane różne rozwiązania.

Należy zauważyć, że część warstwy 43 typu n, leżąca poza pierścieniowym obszarem 44 i usytuowana pomiędzy obszarem 46 typu p a podłożem 41 typu p, może być traktowana jako kanał złączeniowy tranzystora z efektem pola. Wskutek tego, gdy odpowiedni potencjał ujemny ($-V_1$) względem warstwy 43 (V_2), jest przyłożony albo do obszaru 46 typu p albo do podłoża 41 typu p lub do obu jednocześnie, odpowiednio przez metaliczne doprowadzenie do elektrod 29, 30 i 31, obszary zubożenia w ładunek przestrzenny, od zaporowo spolaryzowanych złączy p-n, rozciągają się całkowicie przez warstwę 43, powodując przerwanie kanału. Gdy kanał jest przerwany, przedstawia on dla wzdłużnego przepływu prądu dużą impedancję, przez co jest zrealizowana elektryczna izolacja pomiędzy dwoma sąsiednimi elementami.

Poniższa uproszczona analiza wskazuje, że ta forma izolacji jest ułatwiona przez zastosowanie stosunkowo cienkiej epitaksjalnej warstwy 43. Przy formowaniu epitaksjalnej warstwy typu n o grubości 1 μm i rezystywności około 0,5 Ωcm , koncentracja zjonizowanych domieszek wynosi w niej około $1,2 \times 10^{18}$ atomów na centymetr sześcienny. Przy dyfuzji typu p, o koncentracji powierzchniowej około 5×10^{19} atomów na centymetr sześcienny i przeprowadzanej do głębokości około 0,5 μm w epitaksjalną warstwę, powstałe złącze p-n będzie miało przy spolaryzowaniu zaporowym napięciem około 3 V, całkowitą grubość warstwy zubożonej około 0,5 μm . Ponieważ wdyfundowany obszar typu p jest o wiele silniej domieszkowany niż warstwa epitaksjalna, grubość zubożenia rozciąga się prawie wyłącznie do mającej wyższą rezystywność części typu n. Tak więc, przy zaporowym spolaryzowaniu obu złączy napięciem 3 V, złączowy tranzystor z efektem pola będzie odcięty i będzie stanowił skuteczną izolację zanim któreś z przyległych złączy p-n nie ulegnie przebicciu lawinowemu.

W drugim przykładzie rozwiązania niniejszego wynalazku, zilustrowanym na fig. 7—12, obwód scalony o izolacji poprzez efekt pola jest otrzymywany w procesie wytwarzania, który wymaga mniej operacji maskowania i selektywnych dyfuzji, niż w pierwszym przykładzie rozwiązania. Fig. 7 przedstawia dwuzłączowy tranzystor 121 izolowany poprzez efekt pola według drugiego przykładu rozwiązania. Jak w przykładzie pierwszym linia ciągła wskazuje granice metalizowanych elektrod a linie przerywane obrazują usytuowanie złączy p-n pod spodem powierzchni płytki.

Tranzystor 121 zawiera obszar emitera ograniczony przerywaną linią 122, w którym znajduje się metaliczna elektroda 123, obszar bazy zawarty wewnątrz przerywanej linii 124 z metaliczną elektrodą 125 oraz obszar kontaktu kolektora, zawarty wewnątrz przerywanej linii 127 z metaliczną elektrodą 128. Obszar kolektora jest faktycznie ograniczony do kształtu zawartego wewnątrz przery-

wanej linii 126. Pierścieniowy wdyfundowany obszar zawarty jest pomiędzy wzorami utworzonymi przez przerywane linie 126 i 131 i otacza obszary emitera, bazy i kontaktu kolektora, stanowiąc część elementu izolacji wytworzonego poprzez efekt pola. Metaliczne doprowadzenia do elektrod 129 i 130 zabezpieczają kontakt elektryczny do powierzchniowej części elementu izolacji.

Jak pokazano na fig. 8, wytwarzanie zaczyna się od monokrystalicznego półprzewodzącego podłoża 141, które może stanowić część płytki krzemowej typu p, wytworzonego przez domieszkowanie borem, w celu otrzymania zasadniczo jednolitej rezystywności około 10 Ωcm . Jak w omówionym wyżej przykładzie rozwiązania, podłoże 141 zazwyczaj ma grubość od kilku do kilkuset mikrometrów i jest przygotowywane do dalszego procesu przez mechaniczne ścieranie i polerowanie lub przez trawienie.

W następnym etapie, na głównej płaszczyźnie podłoża 141 formowana jest warstwa 142 typu n o odpowiednio mniejszej rezystywności. Warstwa 142 typu n może być formowana na drodze nie-selektywnej dyfuzji domieszek donorowych w całą powierzchnię podłoża 141, za pomocą dobrze znanej techniki wzrostu epitaksjalnego, wszczepiania jonów lub innego znanego procesu, w celu zmiany typu przewodnictwa materiału półprzewodzącego. Rezystywność i grubość warstwy 142 mają być różne, w zależności od zastosowania, ale zazwyczaj rezystywność wynosi około 0,5 Ωcm , a grubość około 2 μm .

Jak pokazano na fig. 9, następny etap wymaga operacji maskowania dla umożliwienia selektywnego formowania obszaru 143 bazy typu p i obszaru 144 izolacji typu p. Te obszary typu p mogą być tworzone przez selektywną dyfuzję domieszek boru poprzez maskę 145 z tlenku krzemu, zazwyczaj do końcowej głębokości około 1 μm w warstwę 142 i do uzyskania powierzchniowej koncentracji większej niż około 10^{18} atomów boru na centymetr sześcienny. Obszary 143 i 144 mogą być również formowane przez selektywne wszczepianie jonów, przy czym maska 145 powinna być dobrana tak, by stanowiła dostateczną barierę dla uderzających jonów. Do wykonania maski może być użyta, na przykład, warstwa metalu takiego jak złoto lub platyna o grubości 0,3 do 1 μm .

Jak pokazano na fig. 10, następny etap zawiera operację maskowania, co ma na celu umożliwienie selektywnego tworzenia obszaru 146 emitera typu n i obszaru 147 kolektorowego kontaktu. Jak pokazano, emiterowy obszar 146 jest zagłębiony w obszarze 143 bazy. Obszar 147 kolektorowego kontaktu usytuowany pomiędzy obszarem 144 izolacji a obszarem 143 bazy jest tworzony w sąsiedztwie powierzchni warstwy 142 aby umożliwić dalsze formowanie na niej metalicznego kontaktu o małej rezystancji. Jak przy wyżej wspomnianym selektywnym formowaniu obszaru, obszary 146 i 147 typu n mogą być formowane przez dyfuzję w stanie stałym poprzez tlenkową maskę 148 lub za pomocą innych procesów, zbliżonych do wyżej opisanych. Jeżeli obszary 146 i 147 są formowane na drodze dyfuzji w stanie stałym domieszek donorowych, ta-

kich jak fosfor, zazwyczaj głębokość wynosi około $0,7 \mu\text{m}$ a koncentracja powierzchniowa wynosi około 10^{20} atomów na centymetr sześcienny lub więcej. Jak pokazano na fig. 11, ostatnim etapem jest pokrycie obwodu pasywacyjną, izolującą warstwą 151 i formowanie metalicznych doprowadzeń do elektrod 129 i 130 i elektrod 123, 125, 128 o małej rezystancji do obszarów funkcjonalnych. Pasywacyjna warstwa może być takiego typu jak opisana poniżej w objaśnieniu do trzeciego przykładu rozwiązania. Podobnie jak w poprzednim przykładzie rozwiązania metaliczne elektrody mogą być wytwarzane za pomocą procesów dobrze znanych w technice.

Jak dobrze wiadomo, obszar zubożenia w ładunek przestrzenny jest związany z każdym złączem p-n, nawet gdy do tego złącza nie jest przyłożone napięcie zewnętrzne. Zgodnie z zasadą niniejszego wynalazku, fig. 12 ilustruje zastosowanie obszaru zubożenia związanego ze złączem 152, uformowanym pomiędzy obszarem 144 izolacji a warstwą 142, w celu utworzenia izolacji dla dwuzłazowego tranzystora 121.

Na fig. 12 pokazano, że pierwsze napięcie V_1 jest przyłożone do elektrody 125 bazy, a drugie napięcie V_2 jest przyłożone do metalicznych doprowadzeń do elektrod 129 i 130. Jeżeli napięcie V_2 jest dostatecznie ujemne względem napięcia V_1 , złącze 152 jest spolaryzowane zaporowo a gdy wartość ujemnego napięcia wzrasta obszar zubożenia rozszerza się prostopadłe do złącza 152 poprzez całą warstwę 142, realizując izolację. Oczywiście zubożona część warstwy 142 może być uważana za przerwany kanał izolującego tranzystora z efektem pola.

W trzecim przykładzie rozwiązania, zilustrowanym na fig. 13—19, izolacja obwodów scalonych efektem pola uzyskiwana jest w procesie wytwarzania, który jest uproszczony w stosunku do drugiego przykładu. Fig. 13 przedstawia izolowany poprzez efekt pola, dwuzłazowy tranzystor 221 i części sąsiednich podobnych tranzystorów. Jak w poprzednich przykładach ciągłą linią oznaczono elektrody a linią przerywaną usytuowanie złączy p-n.

Jak pokazano na fig. 13, dwuzłazowy tranzystor zawiera obszar emitera zawarty wewnątrz przerywanej linii 222, w którym znajduje się metaliczna elektroda 223, obszar bazy, wewnątrz przerywanej linii 224, z metaliczną elektrodą 225 oraz pierścieniowy obszar kontaktu kolektora, zawarty pomiędzy liniami 224 i 226 z metaliczną elektrodą 228 i 229. Metaliczne doprowadzenia do elektrod 230 i 231 stanowią elektryczny kontakt do części półprzewodnika otaczającej obszar kolektora, w celu umożliwienia przyłożenia napięcia polaryzacji do elementu izolacji wywołanego poprzez efekt pola.

Fig. 14—17 przedstawiają płytkę z fig. 13, obrazując kolejne etapy wytwarzania według niniejszego trzeciego przykładu rozwiązania.

Jak pokazano na fig. 14, wytwarzanie zaczyna się od podłoża 241 typu p, na którym wytwarza się odpowiednio cienką, epitaksjalną warstwę 242 typu n, podobnie jak w pierwszym i drugim przykładzie rozwiązania. W następnym etapie, jak pokazano na fig. 15, formowana jest przez epitaksjalne osadzanie na warstwie 242 lub przez nieselektywną dy-

fuzję czy też wszczępienie jonów w całą powierzchnię warstwy 242, warstwa 243 typu p o stosunkowo małej rezystywności. Epitaksjalna warstwa 242 zazwyczaj jest formowana do grubości około $4 \mu\text{m}$ i zasadniczo jednolitej rezystywności około $0,5 \Omega\text{cm}$. W takim wypadku, warstwa 243 zazwyczaj może być formowana przez nieselektywną dyfuzję lub wszczępienie jonów domieszki akceptorowej, takiej jak bor, do końcowej głębokości około $1 \mu\text{m}$ w epitaksjalnej warstwie i do koncentracji powierzchniowej większej niż około 10^{18} atomów boru na centymetr sześcienny.

Końcowy etap dyfuzji, jak pokazano na fig. 16, zawiera selektywne formowanie obszaru 246 emitera i pierścieniowego obszaru 247 kontaktu kolektorowego dookoła niej. Obszary 246 i 247 typu n^+ formowane są przez proces selektywny, taki jak dyfuzja w stanie stałym domieszek fosforu przez tlenkową maskę 248 lub wszczępienie jonów, przy czym maska 248 powinna być tak dobrana, aby stanowiła odpowiednią barierę jonów.

Fig. 17 przedstawia kompletną płytkę powleczoneą pasywacyjną izolującą warstwą 251 i metaliczne doprowadzenia do elektrod. W niniejszym przykładzie rozwiązania, a również w pierwszym i w drugim przykładzie, zazwyczaj jako warstwa izolująca stosowane są tlenek krzemu, azotek krzemu, tlenek glinu, tlenek cyrkonu lub też stosowane są złożone warstwy zawierające połączenie tych izolatorów. Oczywiście, mogą one być zastąpione innymi odpowiednimi pasywacyjnymi izolatorami. Jak i w poprzednich przykładach, metaliczne elektrody mogą być wytwarzane przez zastosowanie procesów dobrze znanych w technice.

Na fig. 18 przedstawiono obszary zubożone w ładunek przestrzenny, które są ważne dla wyjaśnienia działania wynalazku, bez przyłożonych do płytki napięć polaryzujących. Przerwane linie 261 i 262 określają granice obszarów o stosunkowo małym zubożeniu, otaczających odpowiednio obszary 246 i 247 typu n. Ponieważ obszary 246 i 247 typu n zazwyczaj mają dużo mniejszą rezystywność niż warstwa 243 typu p, obszary zubożenia rozciągają się głównie w warstwie typu p a tylko nieznacznie w obszarach typu n^+ . Przerwane linie 264 i 265 określają granice obszaru zubożenia, rozciągającego się od złącza p-n pomiędzy warstwą 242 i warstwą 243, a przerywane linie 266 i 267 określają granice obszaru zubożenia rozciągającego się od złącza p-n pomiędzy podłożem 241 i warstwą 242. Dla wyjaśnienia należy zauważyć, że części warstwy 242 leżące pod metalicznymi doprowadzeniami do elektrod 230 i 231 odgrywają rolę kanału izolującego tranzystora z efektem pola, który ma być przerywany w celu utworzenia izolacji.

Fig. 19 przedstawia tranzystor z fig. 13 z przyłożonymi napięciami izolacji. Pierwsze napięcie polaryzacji V_1 przyłożone jest do elektrody 225 bazy a drugie napięcie polaryzacji V_2 przyłożone jest do metalicznych doprowadzeń do elektrod 230 i 231. Podczas normalnej pracy, trzecie napięcie $+V_3$ zazwyczaj jest dołączone do kolektorowych elektrod 228 i 229, aby utrzymać złącze kolektor-baza w polaryzacji zaporowej, będzie więc ono działało jako kolektor wolnych nośników, które przechodzą przez

obszar bazy. Jeżeli V_2 jest ujemne w stosunku do V_1 część złącza pomiędzy warstwami 242 i 243, które leży pod metalicznymi doprowadzeniami do elektrod 230 i 231 jest spolaryzowane zaporowo. Gdy wartość tego ujemnego napięcia wzrasta, obszar zubożenia od tej części złącza rozprzestrzenia się prostopadle przez całą warstwę 242. W ten sposób, ta część warstwy 242 jest całkowicie opróżniona ze swobodnych nośników ładunku i izolujący tranzystor z efektem pola jest nieprzewodzący. Części materiału półprzewodnikowego, które nie są ukośnie zakreskowane obrazują przybliżony kształt obszarów zubożenia gdy element izolacji jest nieprzewodzący. W stanie nieprzewodzenia części funkcjonalne (emiter, baza i kolektor) dwuzłazczowego tranzystora 221 są całkowicie otoczone przez obszar zubożenia wewnątrz materiału półprzewodnikowego, przez co uzyskane jest elektryczne odizolowanie od sąsiednich elementów funkcjonalnych.

Należy zauważyć, że prąd z obszaru 246 emitera do obszaru 247 kontaktu kolektorowego przepływa przez obszary zubożone w ładunek przestrzenny w dwu różnych punktach. Jeden z tych punktów znajduje się pomiędzy obszarem emitera a częścią warstwy 242 położoną pod obszarem emitera, a drugi znajduje się pomiędzy obszarem 247 kontaktu kolektorowego a częścią warstwy 242 położoną pod spodem obszaru kontaktu kolektorowego. W rezultacie prąd roboczy tego tranzystora będzie przepływał przez dwa obszary w ograniczonym ładunku przestrzennym. Z tego powodu jak również dlatego, że cienka warstwa 242 typu n stanowi stosunkowo dużą rezystancję szeregową kolektora dla poprzecznego przepływu prądu z emitera do kolektora, jest oczywiste, że niniejszy wynalazek jest najbardziej przydatny przy stosunkowo niskich poziomach prądu, na przykład w półprzewodnikach układach scalonych bardzo małej mocy.

Metody formowania izolowanych poprzez efekt

pola oporników, diod i kondensatorów nie zostały omówione, ponieważ metody formowania tych, a także innych elementów funkcjonalnych, wynikają z powyższych opisów.

5 Podobnie, stosowanie półprzewodnika typu p zamiast typu n i typu n zamiast typu p dla umożliwienia formowania dwuzłazczowych tranzystorów p-n-p i uzupełniających struktur jest również oczywiste.

10

Zastrzeżenia patentowe

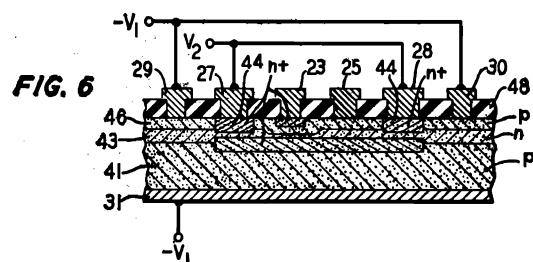
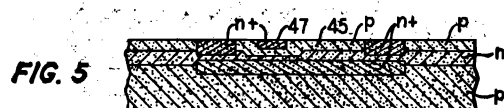
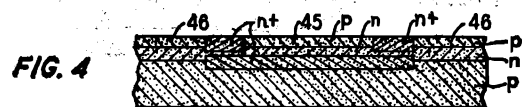
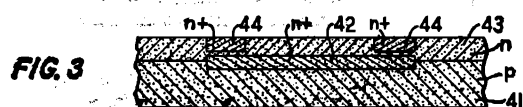
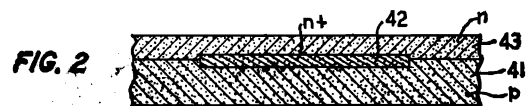
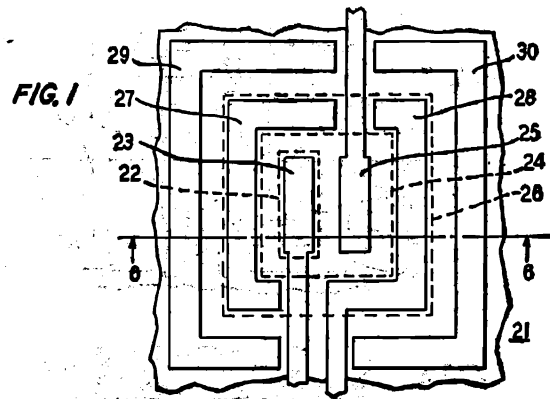
1. Półprzewodnikowy obwód scalony zawierający monolityczną półprzewodzącą płytkę z co najmniej jednym elementem funkcjonalnym w tej płytce i środki izolacji elektrycznej izolujące ten element funkcjonalny, **znamienny tym**, że środki izolacji zawierają parę złączy p-n (41, 43, 46, 141, 142, 144, 241, 242, 243), rozciągających się równolegle do powierzchni płytki oraz zawierają przynajmniej jedną epitaksjalną cienką warstwę (43, 142, 242) typu n lub p ograniczoną z każdej strony obszarem o przeciwnej przewodności p lub n, posiadającą co najmniej jedno metaliczne doprowadzenie do elektrod (29, 129, 230) wyprowadzone z tranzystora (21, 121, 221) i nakładające się na jeden z obszarów w celu wytworzenia obszaru zubożenia rozciągającego się podczas pobudzania przez epitaksjalną warstwę.

2. Półprzewodnikowy obwód scalony, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że złącza p-n całkowicie otaczają element funkcjonalny.

3. Półprzewodnikowy obwód scalony według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że warstwa środkowa jest dodatkowo częścią funkcjonalnego elementu i znajduje się pod działaniem potencjału przyłożonego do metalicznej elektrody (27, 125, 225).

4. Półprzewodnikowy obwód scalony według zastrz. 1—3, **znamienny tym**, że ma dodatkową metaliczną elektrodę (31).

40



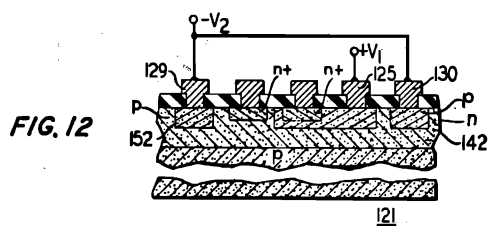
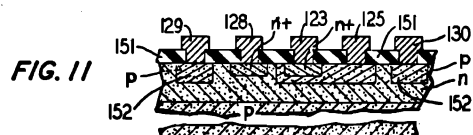
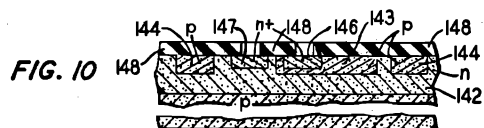
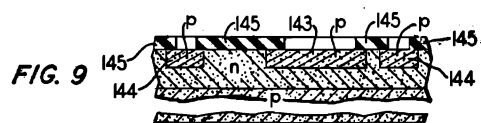
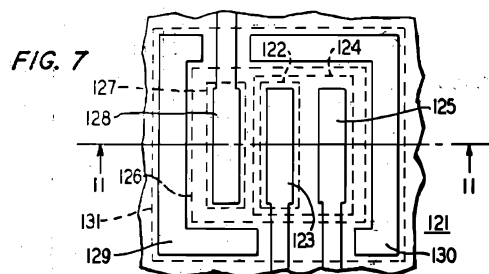


FIG. 13

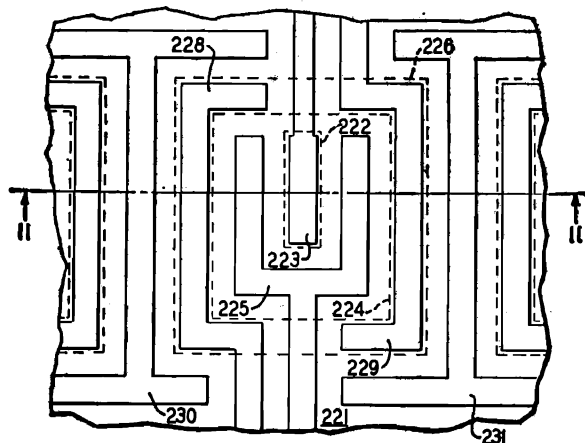


FIG. 14

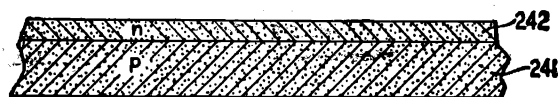


FIG. 15

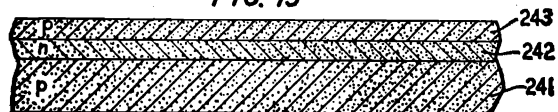


FIG. 16

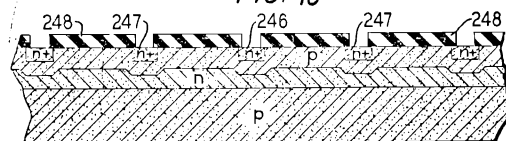


FIG. 17

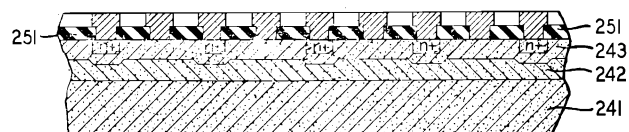


FIG. 18

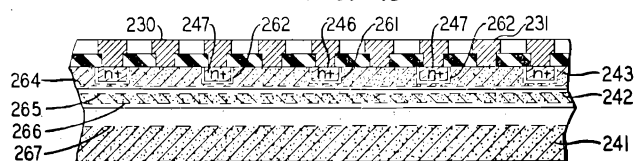
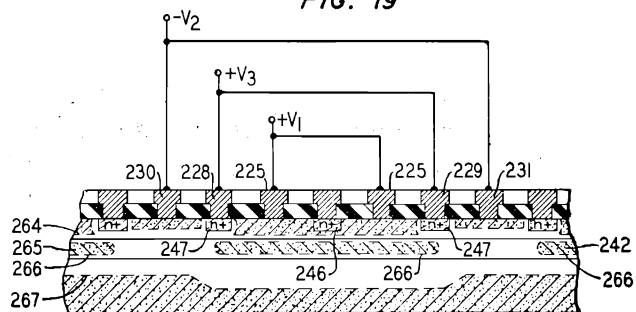


FIG. 19



Typo Łódź, zam. 337.73 — 105 egz.

Cena zł 10,—