

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

52967

Patent dodatkowy
do patentu _____

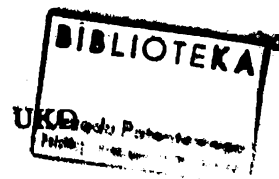
Zgłoszono: 14.VIII.1962 (P 99 501)

Pierwszeństwo: 17.VIII.1961 Holandia

Opublikowano: 28.II.1967

Kl. 21 g, 11/02

MKP H 011 5/00



Właściciel patentu: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven
(Holandia)

Przyrząd półprzewodnikowy i sposób jego wytwarzania

1

Wynalazek dotyczy przyrządu półprzewodnikowego zawierającego co najmniej jedną strukturę tranzystorową, a w szczególności odnosi się do takiego przyrządu półprzewodnikowego, w którym struktura tranzystorowa wraz z innym elementem obwodu jest wytworzona na tej samej wyjściowej płytce materiału półprzewodnikowego. Poza tym wynalazek dotyczy sposobu wytwarzania takiego przyrządu półprzewodnikowego.

Pod pojęciem struktury tranzystorowej rozumie się tu szeroko pojęte istnienie w wyjściowym materiale półprzewodnikowym trzech lub więcej warstw, których przewodnictwo jest na przemian przeciwnego typu, przy czym przynajmniej trzy warstwy posiadają elektryczne połączenia z następnym elementem obwodu, na przykład w postaci połączeń istniejących w obrębie płytki wyjściowej lub też kontaktu pozwalającego na przylutowanie wyprowadzenia.

Najczęściej spotykaną strukturą tranzystorową jest tranzystor złożony z trzech warstw n-p-n lub p-n-p o kolejno po sobie następujących warstwach emitera, bazy i kolektora. Należy wspomnieć również o innych znanych strukturach tranzystorowych złożonych z czterech warstw p-n-p-n, w których poza warstwami zewnętrznymi, przynajmniej jedna z warstw pośrednich musi posiadać elektryczny kontakt.

Przy dotychczas spotykanych takich strukturach tranzystorowych, łączy p-n między sąsiednimi

2

warstwami rozciągają się równolegle jedno w stosunku do drugiego, to też w przypadku małych grubości warstw pośrednich występują często trudności przy wytwarzaniu w prosty i skuteczny sposób elektrycznych kontaktów zarówno do warstw zewnętrznych jak i do jednej lub kilku warstw pośrednich bez równoczesnego utrudniania wytwarzania tych warstw.

Trudność ta występuje szczególnie przy wytwarzaniu przyrządów półprzewodnikowych, w których oprócz struktury tranzystorowej istnieje kilka innych elementów obwodu tworząc w ten sposób pewien funkcjonalny zespół o określonych zadaniach. Dodatkowy element obwodu jak np. oporność lub pojemność, dioda lub też druga struktura tranzystorowa lub układ kaskadowy elementów tego rodzaju musi być w sposób celowy i prosty umieszczony na wyjściowej płytce materiału półprzewodnikowego i połączony przez warstwę pośrednią z odpowiednią warstwą struktury tranzystorowej, przy czym musi istnieć możliwość wykonania w łatwy sposób innych kontaktów do innych warstw.

W wielu przypadkach istnieje także trudność w połączeniu wewnątrz, lub za pomocą zewnętrznych połączeń dwóch warstw struktury tranzystorowej z dalszymi elementami obwodu w ramach płytki materiału półprzewodnikowego. Przy umieszczeniu dwóch lub więcej struktur tranzystorowych na tym samym podłożu zachodzi często konieczność

połączenia ze sobą dwóch odpowiednich warstw tych struktur, przy czym warstwa wepólna oraz inne warstwy muszą być łatwo dostępne w celu umieszczenia na nich kontaktów. Może zaistnieć także potrzeba połączenia ze sobą dwóch nie od-
 5 wiadających sobie warstw pośrednich obu struktur tranzystorowych.

Problemy tego rodzaju nie dają się rozwiązać w sposób prosty i łatwy przy zachowaniu konwen-
 10 cjonalnej konstrukcji struktur tranzystorowych.

Wynalazek stawia sobie między innymi za zadanie stworzenie celowego i łatwego w wykonaniu układu struktury tranzystorowej, w którym trud-
 15 ności związane z kontaktami elektrycznymi zosta-
 na w znacznym stopniu usunięte, a ponadto wynalazek podaje specjalne możliwości zastosowania takich struktur tranzystorowych w przyrządach półprzewodnikowych, które są umieszczone w płytce wyjściowej materiału półprzewodnikowego wraz z innymi elementami obwodu. Wynalazek ma
 20 również na celu stworzenie szczególnie skutecznego sposobu wytwarzania takich przyrządów półprzewodnikowych zawierających struktury tranzystorowe.

Według wynalazku, przyrząd półprzewodnikowy posiada przynajmniej jedną strukturę tranzystorową na płytce wyjściowej materiału półprzewodnikowego, zawierającej dwa obszary, które są od siebie oddzielone przez złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie w stosunku do podstawo-
 25 wych powierzchni płytki, które to złącze rozgranicza dwie różne powierzchnie płytki, przy czym wskutek miejscowego odchylenia tego złącza p-n od wyżej wymienionego kierunku, co najmniej jeden z wymienionych obszarów zachodzi na obszar drugi, przez co tworzy strefę wyjściową na drugim obszarze a strefa ta stanowi przynajmniej częściowo pośrednią warstwę struktury tranzystorowej, która jest połączona przynajmniej z częścią jedno-
 30 go przylegającego do niej obszaru i posiada ten sam typ przewodnictwa co ta część przyległa.

Pod pojęciem czynnej warstwy pośredniej struktury tranzystorowej, rozumie się tu jak zwykle części warstwy rozdzielającej dwie warstwy o pewnym określonym typie przewodnictwa, która
 45 sama posiada przeciwny typ przewodnictwa i przez którą występuje ruch nośników, najczęściej nośników mniejszościowych, między obu pozostałymi warstwami, na przykład w przypadku tranzystora stopowego pnp lub npn z lokalną warstwą emitera na warstwie bazy o większej powierzchni będzie to część warstwy bazy położona między warstwą emitera i warstwą kolektora poniżej lokalnej warstwy.

Chociaż taką strukturę tranzystorową o podobnych zaletach można wytworzyć również w tran-
 50 zystorze składającym się z więcej niż trzech warstw, jest ona szczególnie istotna w przyrządzie półprzewodnikowym według wynalazku, w którym strukturę tę stanowi tranzystor trzywarstwowy z warstwą emitera, warstwą bazy i warstwą kolektora, z których warstwa kolektora jest utworzona przez wspomniany inny obszar noszący strefę wyjściową, lub przynajmniej przez część tego obszaru przyległą do wspomnianego złącza p-n,
 60 przy czym warstwa emitera znajduje się na tej

stronie strefy wyjściowej, która jest oddalona od wspomnianego innego obszaru, a strefa wyjściowa zawiera czynną część warstwy bazy.

Ta szczególna konstrukcja struktury tranzystorowej według wynalazku stanowi wyjątkowo ko-
 5 rzystną kombinację dwóch zalet. Po pierwsze, dzięki miejscowemu odchyleniu złącza p-n, czynna część warstwy pośredniej może być umieszczona w strefie wyjściowej, co pozwala na dostosowanie jej konstrukcji, niezależnie od pozostałej części struktury do wymogów odnośnie wymiarów, jak na przykład grubości.

Po drugie, płytka wyjściowa, dzięki złączu p-n jest podzielona na dwa obszary o dowolnych kształtach i wielkości, przy czym jeden obszar połączony jest z aktywną częścią warstwy pośredniej a drugi połączony jest z inną warstwą tranzystora. Konstrukcja kontaktów na wyżej wymienionych obszarach jest ułatwiona ze względu na łatwy do-
 15 stęp do powierzchni tych obszarów. Ułatwione jest także połączenie dalszych elementów obwodu.

Wynalazek można stosować z korzyścią w przyrządzie półprzewodnikowym, którego płytka zawiera tylko jedną strukturę tranzystorową, przy
 25 czym kontakty można umieścić w poszczególnych obszarach w prosty sposób, na przykład obok siebie na tej samej powierzchni płytki. Wynalazek ma jednak szczególne znaczenie w przypadku przyrządów półprzewodnikowych, w których struktura tranzystora jest połączona na jednej płytce z co
 30 najmniej jednym dalszym elementem obwodu.

Wynalazek umożliwia umieszczenie w prosty sposób w jednym z dwóch obszarów jednego lub więcej elementów obwodu oraz łączenie ich także
 35 w przypadku, gdy zostaną umieszczone w różnych obszarach. Ponieważ co najmniej jeden z dalszych elementów obwodu lub jego część może być w razie potrzeby umieszczony w pierwszym z wymienionych obszarów (tworzącym strefę wyjściową) przeto wynalazek umożliwia połączenie w prosty sposób często cienkiej warstwy pośredniej tran-
 40 zystora z innymi elementami obwodu i umieszczenie tych elementów w pierwszym z wymienionych obszarów, którego kształt i wielkość mogą być do-
 wolne.

Także drugi obszar przylegający do innej warstwy struktury tranzystorowej, daje podobnie duże możliwości umieszczenia kontaktu na jednym lub
 45 wielu dalszych elementach obwodu. Jako dalsze elementy obwodu mogą być użyte np. oporniki, kondensatory i diody.

Przy rozpatrywaniu przykładów wykonania wykaże się, że struktura tranzystora według wynalazku nadaje się szczególnie dobrze do połączenia jej z drugą strukturą tranzystorową w jednej płytce,
 50 do którego to celu, co najmniej w jednym z wymienionych obszarów jest umieszczona co najmniej jedna dodatkowa struktura tranzystorowa, która w razie potrzeby może się różnić od struktury według wynalazku.

W celu uzyskania specjalnej budowy struktury tranzystorowej według wynalazku w płytce wyjściowej, można stosować różne sposoby. Przy szczególnie korzystnym sposobie według wynalazku,
 65 przynajmniej jedna z wymienionych struktur tran-

zrystorowych o częściowo poprzecznie przebiegającym złącze p-n wytwarzana jest tak, że w części przeciętej poprzecznie przez złącze p-n, po jednej stronie złącza p-n, płytka wyjściowa zostaje wyposażona w określonym miejscu w tworzącą strefę wyjściową warstwę o przeciwnym typie przewodnictwa, która otrzymuje wygięte złącze p-n i przylega do drugiej strony złącza p-n, przy czym strefa wyjściowa przynajmniej lokalnie otrzymuje warstwę o przewodnictwie przeciwnego typu. Złącze p-n przecinające poprzecznie płytkę wyjściową jest wytwarzane przez wprowadzanie domieszek ze stopu lub pary materiału półprzewodnikowego, na przykład podczas wyciągania monokryształu lub stapianiu strefowym.

Warstwa tworząca strefę wyjściową może być wytworzona ze stopu materiału elektrody przez wtapianie czynnej domieszki danego typu w materiał elektrody i przez następującą po tym rekrytalizację, po czym reszta materiału elektrody zostaje usunięta. Okazało się szczególnie korzystne wytwarzanie strefy wyjściowej przez dyfuzję domieszki z fazy ciekłej lub gazowej do płytki wyjściowej, lub przez działanie parą np. materiał półprzewodnikowy, albo przez rozkład pary materiału półprzewodnika.

Obie techniki pozwalają na wytworzenie w prosty sposób strefy wyjściowej o dokładnych wymiarach. Na strefie wyjściowej można umieszczać później drugą warstwę za pomocą dodatkowych operacji, na przykład przez stapianie. W innych odmianach wykonania, strefa wyjściowa oraz warstwa dodatkowa są wytwarzane sposobem stopowo-dyfuzyjnym. W tym celu zostaje stopiony materiał elektrody w określonym miejscu na jednej stronie płytki obok złącza p-n, przy czym przed czołem roztopionej strefy tworzy się warstwa dyfuzyjna w wyniku dyfuzji domieszki jednego typu, przeciwnego do typu przewodnictwa materiału leżącego pod czołem roztopionej strefy.

Przy ochładzaniu, w wyniku podziału domieszki innego typu oddzieliła się na tej warstwie dyfuzyjnej warstwa rekrytalizacyjna o typie przewodnictwa odwrotnym do przewodnictwa warstwy dyfuzyjnej. Razem z tą warstwą rekrytalizacyjną oddzielona zostaje również reszta materiału elektrody, która może służyć jako kolektor. Część strefy wyjściowej leżąca po drugiej stronie złącza p-n jest utworzona również przez dyfuzję.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładach wykonania przedstawionych na rysunku. Fig. 1, 2, 3 i 4, przedstawiają schematycznie w widoku z góry względnie w przekroju różne odmiany wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku. Fig. 5a, 6a, 7a, 9a i 11a przedstawiają różne schematy połączeń układów z dwoma tranzystorami. Fig. 5b, 5c, 6b, 6c, 7b, 7c, 9b, 9c, 10b, 10c, 11b i 11c przedstawiają różne odmiany wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z dwiema strukturami tranzystorowymi. Fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 i 24 przedstawiają rozbudowane układy odmian przyrządu półprzewodnikowego wraz z ich schematami połączeń.

Fig. 1 i 2 przedstawiają przyrząd półprzewodnikowy według wynalazku wykonany jako pojedynczy tranzystor, w widoku z góry względnie w przekroju. Wyjściowa płytka materiału półprzewodnikowego 1 jest podzielona na dwa obszary przez częściowo poprzecznie przebiegające w płytce złącze pn 2, które przecina dwie leżące naprzeciw siebie powierzchnie płytki, to znaczy na obszar 3 o przewodnictwie typu n i na obszar 4 o przewodnictwie typu p. Złącze p-n 2 ma na górnej stronie płytki zwężoną część 5, w wyniku czego obszar 3 tworzy na drugim obszarze 4 strefę wyjściową 6, która łączy się z obszarem 3 i ma ten sam typ przewodnictwa, to znaczy typ przewodnictwa n.

W ogólnym przypadku część złącza p-n 2 przebiegająca poprzecznie zajmuje większą część grubości płytki. W strefie wyjściowej 6 o przewodnictwie typu n znajduje się elektroda emitera tranzystora, która składa się z warstwy 7 o przewodnictwie typu p i części 8 stanowiącej kontakt metalowy. Tranzystor trzywarstwowy z warstwą emitera, warstwą bazy i warstwą kolektora zostaje w ten sposób utworzony przez warstwę emitera 7, strefę wyjściową 6 z przyłączonym obszarem 3 i drugim obszarem 4.

Skuteczna część warstwy bazy jest utworzona przez część 27 strefy wyjściowej 6 leżącą między warstwą emitera 7 i drugim obszarem 4 jako warstwą kolektora, na przykład przez część strefy wyjściowej 6 leżącą po prawej stronie linii przerywanej (fig. 2), ponieważ ta część przyczynia się głównie do przenoszenia nośników mniejszościowych z warstwy emitera 7 do warstwy kolektora.

Fig. 1 pokazuje wyraźnie, że złącze p-n 2 tworzy na górnej stronie płytki wykrój 5, tak że strefa wyjściowa 6 wymaga tylko nieznacznej części górnej powierzchni nie tylko w kierunku wzdłużnym lecz także w kierunku poprzecznym. Chociaż przedstawioną odmianę wykonania należy uznać za szczególnie korzystną, ponieważ złącze p-n ma stosunkowo małą powierzchnię, to jest także możliwe, w przypadku gdy pojemność tego złącza nie ma większego znaczenia, aby strefa wyjściowa zajmowała całą szerokość górnej powierzchni, np. tak, aby złącze p-n 2 przecinało górną powierzchnię nie wzdłuż linii meandrowej 2, 5 lecz według prostej kreskowanej 10 (fig. 1).

Aczkolwiek w ogólnym przypadku złącze p-n przecina dwie leżące naprzeciw siebie powierzchnie płytki, to jednak w ramach wynalazku jest także możliwe, w przypadku, gdy przebiegająca poprzecznie część 2 złącza p-n znajduje się bliżej brzegu płytki, rozciągnięcie strefy wyjściowej aż do tego brzegu, tak że złącze p-n przetnie nie górną powierzchnię, lecz przynajmniej miejscami przetnie powierzchnie boczne. W tym przypadku spodnia powierzchnia drugiego obszaru 3 służy w całości do umocowania na niej kontaktów.

Fig. 1 i 2 pokazuje, że wynalazek umożliwia wykonanie w szczególnie prosty sposób kontaktów, na przykład w postaci pasków 11 i 12 umieszczonych na obszarze 3 z czynną warstwą bazy 27 i na drugim obszarze 4 z warstwą kolektora. Kontakty 11 i 12 w przedstawionym na fig. 1 i 2 tranzystorze mogą być umieszczone na górnej i /albo na dolnej

powierzchni. Ponieważ złącze p-n 2 przecina zawsze dwie różne powierzchnie, a w ogólnym przypadku dwie powierzchnie leżące naprzeciw siebie, przeto w zależności od potrzeby, mogą być rozszerzone niezależnie od siebie oba obszary, zarówno obszar 3 jak i obszar 4, na przykład w kierunku wzdluznym.

W ten sposób staje się możliwe równoczesne umieszczenie w każdym z tych obszarów, w miarę potrzeby dalszych elementów obwodu a zwłaszcza elementów dających się dołączyć do czynnej strefy bazy 27 w obszarze 3, względnie umieszczenie na tych obszarach kontaktów. Kontakty te w miarę potrzeby mogą mieć dużą powierzchnię, co jest często pożądane na przykład przy tranzystorach mocy.

Aczkolwiek w przedstawionych na fig. 1 i 2, jak również w przedstawionych na wielu dalszych figurach przykładów wykonania, złącze p-n 2 tworzy tylko jedną strefę wyjściową 6 i chociaż występuje w nich tylko jedna elektroda emitera 7, 8, to jednak można tworzyć w podobny sposób, np. obok strefy wyjściowej na górnej albo na dolnej powierzchni jedną lub więcej dalszych identycznych stref wyjściowych, przez wykonanie podobnych wygięć 5 złącza p-n 2. Na tych dalszych strefach wyjściowych można umieszczać także elektrody emitera i w ten prosty sposób tworzyć wielokrotne struktury tranzystorów.

W odmianach wykonania przedstawionych na fig. 1 i 2 a także i na innych figurach rysunku, które będą dalej omawiane, strefa wyjściowa tworzy zawsze czynną strefę bazy tranzystora trójwarstwowego. Chociaż wynalazek nadaje się szczególnie dobrze do tranzystorów trójwarstwowych, można go stosować także przy zachowaniu tych samych korzyści również i w tranzystorach wielowarstwowych (np. w tranzystorze czterowarstwowym).

Tranzystor wielowarstwowy tworzy się przez umieszczenie na przykład w tranzystorze trójwarstwowym według fig. 1 i 2, obszaru o przewodnictwie typu n pomiędzy kontaktem 8 i warstwą emitera 7, względnie przez umieszczenie na powierzchni obszaru 4, naprzeciw elektrody emitera 7, 8 warstwy o przewodnictwie typu n i zaopatrzenie jej w kontakt do przyłutowania wyprowadzenia. W przypadku tworzenia wielowarstwowych tranzystorów tego rodzaju, wynalazek umożliwia także wyposażenie w prosty sposób dwóch warstw pośrednich w kontakty i /albo połączenie tych warstw pośrednich z dalszymi elementami obwodu.

W odmianie wykonania według fig. 2 powierzchnia płytki 1, w miejscu, gdzie znajduje się strefa wyjściowa 6 jest praktycznie zupełnie płaska a strefa wyjściowa 6 leży pod tą powierzchnią. Takie położenie strefy wyjściowej można otrzymać dlatego, że w płytce ze złączem p-n przecinającym ją początkowo całkowicie w kierunku poprzecznym, przez miejscową dyfuzję zostaje umieszczona w obszarze 4 o przewodnictwie typu p strefa wyjściowa 6 o przewodnictwie typu n, podczas gdy leżąca obok strefy wyjściowej 6 powierzchnia drugiego obszaru 4 zostaje osłonięta w znany sposób

za pomocą warstwy maskującej przed tą dyfuzją.

Fig. 3. przedstawia inną odmianę wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, która w istocie swej różni się od odmiany wykonania według fig. 1 i 2 przez to, że strefa wyjściowa 28 i wygięta część złącza p-n wystaje nad położoną obok powierzchnię 17 drugiego obszaru 4 a strefa emitera 7 i kontakt emitera 8 znajdują się na brzegu strefy wyjściowej 28. Linie przerywane 18 i 19 wskazują schematycznie, że w obszarze 3 i w drugim obszarze 4 może być umieszczony jeden lub więcej elementów obwodu, względnie mogą być umieszczone także kontakty do przyłutowania wyprowadzeń 20 i 21.

Wspomniane dalsze elementy obwodu zostaną jeszcze bliżej objaśnione na przykładach. Odmiana wykonania według fig. 3 może być wytworzona na przykład w ten sposób, że w płytce wyjściowej przeciętej w kierunku poprzecznym przez złącze p-n warstwa o przewodnictwie n zostaje utworzona w znany sposób tylko w miejscu obszaru o przewodnictwie p przeznaczonym na strefę wyjściową.

W odmianach wykonania według fig. 2 i 3 elektroda emitera 7, 8 jest otrzymywana przez stopienie zanieczyszczeń akceptorowych w specjalnym procesie. Fig. 4 dotyczy odmiany wykonania według wynalazku, w której strefa wyjściowa 26, 28 oraz warstwa 7 o przewodnictwie typu p z kontaktem 8 jest wytworzona na drodze obróbki stopowo dyfuzyjnej. Ponieważ przy obróbce stopowo dyfuzyjnej, leżąca pod elektrodą 7, 8 czynna część 26 strefy wyjściowej jest utworzona na skutek dyfuzji domieszki, przez czoło strefy stopionej tego samego stopu materiału elektrody, z którego po ochłodzeniu, wskutek rekrytalizacji i segregacji domieszki przeciwnego typu przewodnictwa tworzy się elektroda 7, 8, przeto część 26 leży głębiej pod powierzchnią niż łącząca się z nią część 28 strefy wyjściowej.

Ta część 28 strefy wyjściowej tworzy się przez dyfuzję od strony powierzchni. Część 26 leży głębiej niż łącząca się z nią część 28, ponieważ przylegająca część 28 jest wytwarzana przez dyfuzję wstępną, a więc czoło strefy stopionej w sposób właściwy dyfuzji stopowej sięga co najmniej na głębokość na jaką sięga warstwa dyfuzji wstępnej, przy czym przy równoczesnej dyfuzji od strony powierzchni tworzy się część 28 podczas procesu stopowo dyfuzyjnego.

Zastosowanie techniki stopowo dyfuzyjnej do płytki przeciętej poprzecznie przez złącze p-n umożliwia w prosty sposób wytworzenie czynnej niżej położonej części 26, tak że zawiera ona korzystny rozkład koncentracji domieszek, a poza tym umożliwia w prosty sposób utrzymanie części 28 łączącej się z obszarem 3. Dyfundujące i/albo segregujące się domieszki mogą być wprowadzone do materiału elektrody przed roztopieniem lub mogą być wprowadzone z otoczenia w postaci pary podczas topnienia.

W przypadku warstwy wstępnie dyfundującej mogą być one pobrane całkowicie lub częściowo z warstwy dyfuzji wstępnej. Część warstwy dyfuzyjnej leżąca na innym obszarze 4 poza strefą wyjściową 26, 28 może być usunięta przez wytrawianie,

wskutek czego powierzchnia 29 tej części jest położona nieco niżej niż pozostała część górnej płaszczyzny płytki. Poza tym, w odniesieniu do odmiany wykonania według fig. 4 obowiązuje wszystko to samo co dotyczyło odmian przedstawionych na fig. 1 do 3.

W dalszym ciągu zostaną bliżej objaśnione specjalne odmiany wykonania przyrządów półprzewodnikowych według wynalazku, w których w przynajmniej jednym z obszarów oddzielonych łączem p-n są umieszczone dalsze elementy obwodu. Struktura tranzystorowa według wynalazku pozwala na wprowadzenie w jedną płytkę półprzewodnikową dwóch lub więcej tranzystorów połączonych w zależności od potrzeby w różny sposób.

Struktura tranzystorowa według wynalazku pozwala także na umieszczenie w jednym lub w obu obszarach oddzielonych łączem p-n innej struktury tranzystorowej, która może być różna od struktury według wynalazku, lub też może być zestawiona w ten sam sposób. Oba tranzystory mogą mieć przewodnictwo tego samego typu, to znaczy, że dla przypadku tranzystora trójwarstwowego mogą być oba typu pnp lub oba typu npn. Oba tranzystory mogą mieć też przewodnictwo różnego typu to znaczy jeden może być typu pnp a drugi typu npn.

Fig. 5a przedstawia układ połączeń dwóch tranzystorów jednakowego typu przewodnictwa, na przykład typu p-n-p z elektrodami emitera 30a względnie 31a i elektrodami kolektora 32a względnie 33a oraz wspólną elektrodą bazy 34a. Taki układ połączeń dwóch tranzystorów o jednakowym typie przewodnictwa jest znany i jest stosowany między innymi we wzmacniaczach przeciwsobnych w układzie ze wspólną bazą lub w przekształtnikach przeciwsobnych napięcia stałego.

W celu uzyskania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku zawierającego układ połączeń podany na fig. 5a, należy połączyć, tworząc strefę wyjściową, czynną warstwę pośrednią 35b względnie 35c struktury tranzystorowej według wynalazku z odpowiednią warstwą pośrednią 38b względnie 38c innej struktury tranzystorowej istniejącej w tym obszarze i posiadającej ten sam typ przewodnictwa p-n-p. Połączenie takie odbywa się przez część obszaru o tym samym typie przewodnictwa 37b względnie 37c.

Z fig. 5b wynika, że budowa drugiej struktury tranzystorowej z elektrodą emitera 33b, elektrodą kolektora 32b i warstwą kolektora 40b, może się różnić od wcześniej omówionej struktury tranzystorowej z elektrodą emitera 31b warstwą emitera 41b, przebiegającym częściowo poprzecznie łączem pn 3yb, elektrodą kolektora 33b i warstwą kolektora 4wb. Ta druga struktura tranzystorowa może być wytwarzana np. przez stapianie lub przez dyfuzję.

Według wynalazku jest jednak korzystne nadanie drugiej strukturze tranzystorowej takiej samej budowy jaką ma pierwsza struktura (fig. 5c). W ten sposób obszar pierwszej struktury tranzystorowej 35c zostaje podzielony na dwie części 37c i 44c przez dalsze złącze p-n 43c przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie pierwszego obszaru, przy czym część 37c przyle-

gająca do wymienionego poprzednio złącza 36c tworzy przez miejscowe wygięcie złącza 43c dalszą strefę wyjściową 38c w części 44c odwróconej od pierwszego złącza 36c. Strefa 38c zawiera czynną warstwę pośrednią dalszej struktury tranzystorowej. Ta dalsza struktura tranzystorowa jest więc w pozostałej części utworzona przez elektrodę emitera 30c, warstwę emitera 45c, elektrodę kolektora 32c i warstwę kolektora 44c. Na fig. 5b i 5c kontakt 34b względnie 34c jest wspólny dla obu tranzystorów. Tranzystory te mogą być na przykład oba tego samego typu p-n-p i mogą być w razie potrzeby wytwarzane w ten sam sposób w jednym procesie produkcyjnym.

Fig. 6a przedstawia układ połączeń z dwoma tranzystorami o przewodnictwie różnego typu. W układzie tym kolektor 50a jednego z tranzystorów n-p tranzystora p-n-p z elektrodą emitera 51a i elektrodą bazy 52a jest połączony z bazą 53a drugiego tranzystora na przykład tranzystora typu n-p-n z elektrodą emitera 51a i elektrodą kolektora 55a. Kolektor 50a pierwszego tranzystora ma wspólny kontakt 56a z bazą 53a drugiego tranzystora. Taki układ połączeń dwóch tranzystorów o różnym typie przewodnictwa jest znany i jest stosowany między innymi w kaskadowych wzmacniaczach napięcia stałego.

W odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku przedstawionej na fig. 6a jak również na fig. 6b i 6d, tworząc strefę wyjściową warstwa pośrednia 57b względnie 57d struktury tranzystorowej jest połączona przez tworzącą strefę wyjściową, część obszaru 58b względnie 58d o przewodnictwie tego samego typu, ze strefą kolektora 59b względnie 59d drugiej struktury tranzystorowej o przewodnictwie przeciwnego typu, umieszczonej w tym obszarze.

Na fig. 6b pokazano, że budowa drugiej struktury tranzystorowej typu p-n-p z elektrodą emitera 51b, warstwą emitera 60b, strefą bazy 61b i elektrodą bazy 52b, może się różnić od struktury tranzystorowej typu n-p-n z elektrodą emitera 62b, częściowo poprzecznie przebiegającym łączem p-n 63b i warstwą kolektora 64b z elektrodą kolektora 55b. Strefa bazy 61b może być wytworzona na przykład przez dyfuzję donoru a elektrodą emitera 51b i 60b oraz elektrodą bazy 52b mogą być wytworzone przez stopienie aktywnej domieszki.

W innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku zbudowanego według schematu podanego na fig. 6a, tak jak to przedstawiono na fig. 6c i na fig. 6d, część 59c względnie 59d drugiego obszaru 58c względnie 58d noszącego strefę wyjściową 66c względnie 66d graniczącą ze łączem p-n 65c względnie 65d struktury tranzystorowej według wynalazku, jest połączona z czynną warstwą pośrednią 57c względnie 57d dalszej struktury tranzystorowej o przeciwnym typie przewodnictwa umieszczonej w tym drugim obszarze.

Jak wynika z fig. 6c, budowa drugiej struktury tranzystorowej na przykład typu n-p-n z elektrodą emitera 54c, warstwą emitera 62c, elektrodą kolektora 55c, warstwą kolektora 64c i oddzielną elektrodą bazy 53c, może się różnić od pierwszej

struktury tranzystorowej na przykład typu p-n-p z elektrodą emitera 51c warstwą emitera 60c, warstwą bazy 66c i kontaktem bazy 52c. Emiter 54c, 62c i kolektor 55c, 64c można otrzymać na przykład przez stopienie materiału zawierającego donor.

Jeżeli strefa wyjściowa 66c i emiter 51c, 60c są wytwarzane przez dyfuzję stopową przy zastosowaniu domieszki jednego typu o właściwościach głównie dyfundujących oraz domieszki drugiego typu o właściwościach głównie segregujących, wówczas elektrody 54c, 62c i 64c, 55c są wytwarzane równocześnie przez stopienie materiału elektrody z domieszką tego samego typu co domieszka użyta do wytwarzania strefy wyjściowej 66c.

Wytwarzanie przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z układem połączeń podanym na fig. 6a jest bardzo korzystne w przypadku, gdy struktura obu tranzystorów jest jednakowa. Przyrząd półprzewodnikowy, w którym oba tranzystory mają jednakową strukturę został przedstawiony na fig. 6d. Jak widać na rysunku, drugi obszar noszący strefę wyjściową 66d jest podzielony na dwie części 58d, 64d przez złącze p-n 63d przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające powierzchnię tego obszaru, przy czym część 58d granicząca ze złączem p-n 65d pierwszego tranzystora tworzy dalszą strefę wyjściową 57d na części 64d.

Oba tranzystory, z których jeden na przykład typu p-n-p składa się z kontaktu emitera 51d, warstwy emitera 60d, warstwy bazy 66d, kontaktu bazy 52d i warstwy kolektora 59d, oraz drugi tranzystor na przykład typu n-p-n składający się z kontaktu emitera 54d, warstwy emitera 62d, warstwy bazy 57d, warstwy kolektora 64d i kontaktu kolektora 55d, mają wspólny kontakt 56d, który przez obszar 58d jest połączony z warstwą kolektora 58d pierwszej struktury tranzystorowej, a poza tym jest połączony z warstwą bazy 57d drugiej struktury tranzystorowej. Tranzystory te mogą być wytwarzane oddzielnie przy zastosowaniu jednego lub kilku rodzajów techniki używanych zwykle przy wytwarzaniu struktur tranzystorowych (stapianie, dyfundowanie, naparowanie).

Fig. 7a przedstawia układ z dwoma tranzystorami o tym samym typie przewodnictwa na przykład p-n-p, z elektrodą emitera 70a względnie 71a, elektrodą bazy 72a względnie 73a oraz wspólną elektrodą kolektora 74a. Taki układ połączeń dwóch tranzystorów tego samego typu jest znany i jest stosowany między innymi we wzmacniaczach przeciwobrotnych w układzie ze wspólnym kolektorem.

W odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, którego układ połączeń jest przedstawiony na fig. 7a, a którego widok w częściowym przekroju podają fig. 7b i 7c, część 76b względnie 76c przylega do złącza p-n 75b względnie 75c pierwszej struktury tranzystorowej i przynależy do drugiego obszaru noszącego strefę wyjściową 77b względnie 77c jest połączona przez część o tym samym typie przewodnictwa ze strefą kolektora 78b względnie 78c drugiego tranzystora o tym samym typie przewodnictwa umieszczonego w tym drugim obszarze.

Z fig. 7b widać, że budowa drugiej struktury tranzystorowej z emiterem 71b, 79b, warstwą bazy

80b i kontaktem bazy 73b, może się różnić od budowy pierwszego tranzystora z kontaktem emitera 70b, warstwą emitera 83b, warstwą bazy 77b, kontaktem bazy 72b i warstwą kolektora 76b. Elektroda emitera 71b, 79b i warstwa bazy 80b oraz kontakt bazy 73b mogą być uzyskane na przykład w procesie stopowo dyfuzyjnym, w razie potrzeby równocześnie z wytwarzaniem strefy wyjściowej 77b i elektrod 70b i 71b również w procesie stopowo dyfuzyjnym.

W innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według schematu podanego na fig. 7a druga struktura tranzystorowa ma budowę podobną do pierwszej. Jak pokazano na fig. 7c, obszar 76c noszący strefę wyjściową 77c pierwszego tranzystora jest podzielony na dwie części przez drugie złącze p-n 81c przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie powierzchnie, przy czym jedna z tych części 80c odwrócona od złącza p-n 75c pierwszego tranzystora tworzy na drugiej części 76c, 78c przyległej do złącza 75c, dalszą strefę wyjściową 82c, która zawiera odpowiednią warstwę pośrednią drugiej struktury tranzystorowej o tym samym przewodnictwie. Zgodnie z fig. 7b i 7c oba tranzystory mają wspólny kontakt kolektora 74b względnie 74c, który przez wspólną część 76b względnie 76c jest połączony omowo z warstwami kolektora obu tranzystorów.

W objaśnionych przyrządach półprzewodnikowych według wynalazku, przynajmniej jeden z obszarów rozdzielonych złączem pn tworzy połączenie między warstwą o określonym typie przewodnictwa jednej struktury tranzystorowej z warstwą o tym samym typie przewodnictwa dalszego elementu obwodu. Często jednak żąda się, aby w obrębie jednego przyrządu półprzewodnikowego wykonać układ połączeń, przy którym warstwa o określonym typie przewodnictwa przynależna do jednej struktury tranzystorowej była połączona szeregowo z warstwą dalszego elementu obwodu o przeciwnym typie przewodnictwa.

W innej odmianie przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku zostało to uzyskane w prosty i celowy sposób. Odmiana ta jest przedstawiona schematycznie w przekroju na fig. 8. Zgodnie z rysunkiem przynajmniej jeden z obszarów struktury tranzystorowej według wynalazku, to jest tworzący strefę wyjściową obszar 3 i/albo noszący strefę wyjściową obszar 4 ciągnie się dalej od częściowo poprzecznie przebiegającego złącza p-n 2, 5 poza złącze pomocnicze p-n 85 i/albo 86 do części 87 względnie 88 o przeciwnym typie przewodnictwa, przy czym w tej ciągnącej się dalej części jest umieszczony przynajmniej częściowo dalszy element obwodu (zaznaczony schematycznie linią przerywaną 89).

Właściwości zaporowe złącza pomocniczego 85 względnie 86 są praktycznie do pominięcia. Odpowiadające sobie części z fig. 8 i z fig. 2 są oznaczone tymi samymi cyframi. Układ jest specjalnie korzystny, kiedy tak jak to przedstawiono na fig. 8, pomocnicze złącza 85, 86 przebiegają w płycie równoległe do poprzecznie przebiegających części 2 innych złącz p-n i w razie potrzeby przecinają również płytkę poprzecznie, ponieważ w tym przypad-

ku mogą być one umieszczone w płytce wyjściowej przez osadzenie ze stopu lub pary.

Złącza pomocnicze 85, 86 (oznaczone na fig. 8 za pomocą dwóch ukośnych kresek) można wykonać w prosty sposób jako bezzaporowe i praktycznie omowe. W tym celu należy zbocznikować odpowiednie złącze p-n taśmą przewodzącą i/albo uszkodzić powierzchnię płytki w miejscu przecięcia złącza p-n na przykład przez zadrapanie, lub strumieniem piasku. Praktycznie bezzaporowe złącze p-n można wytworzyć również w inny znany sposób, na przykład przez miejscowe wzniesienie płytki w okolicach złącza p-n, w wyniku czego napięcie przebicia staje się bardzo niskie i powstaje praktycznie bezzaporowy obszar napięciowy.

Pojęcie „praktycznie bezzaporowy” należy rozumieć w szerokich granicach, obejmuje ono również złącza p-n, których resztkowe właściwości zaporowe nie powodują zakłóceń w danym układzie.

W ten sposób można na przykład połączyć warstwę kolektora struktury tranzystorowej o przewodnictwie typu p z częścią o przewodnictwie n diody p-n, przy czym ta strona stanowi część rozciągającego się dalej obszaru 88. Ta specjalna odmiana wykonania otwiera możliwości wykonania w prosty sposób dalszego układu połączeń między dwiema strukturami tranzystorowymi.

Fig. 9a przedstawia często stosowany układ dwóch tranzystorów, na przykład o przewodnictwie typu p-n-p z kontaktami emitera 90a względnie 91a, kontaktem bazy 92a pierwszego tranzystora i kontaktem kolektora 93a drugiego tranzystora, przy czym kolektor pierwszego tranzystora i baza drugiego tranzystora mają wspólny kontakt 94a. Taki układ połączeń dwóch tranzystorów tego samego typu jest często stosowany w kaskadowych wzmacniaczach napięcia stałego.

W odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z układem połączeń przedstawionym na fig. 9a i budowie pokazanej schematycznie na fig. 9b i 9d, tworzący strefę wyjściową 95b względnie 95d obszar 96b względnie 96d pierwszego tranzystora ciągnie się dalej w części 97b o przeciwnym typie przewodnictwa poza bezzaporowe złącze pomocnicze 98b względnie 98d przy czym część 97b względnie 97d tworzy przynajmniej częściowo strefę kolektora 99b względnie 99d dalszej struktury tranzystorowej o tym samym typie przewodnictwa.

Jak widać z fig. 9b, budowa dalszej struktury tranzystorowej utworzonej z emitera 90b, 100b, warstwy bazy 101b z kontaktem bazy 92b oraz z warstwy kolektora 99b, może się różnić od pierwszej struktury tranzystorowej utworzonej z emitera 91b, 102, strefy bazy 95b i warstwy kolektora 103b z kontaktem kolektora 93b. Dalsza struktura tranzystorowa według fig. 9b może być wytworzona w płytce w łatwy sposób podczas wytwarzania strefy wyjściowej 95b i elektrody 91b, 102b na przykład w jednym procesie stopowo dyfuzyjnym.

W innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku układ połączeń z fig. 9a zostaje uzyskany w sposób przedstawiony na fig. 9c i 9d. Zgodnie z rysunkiem, drugi obszar 97c względnie 97d struktury tranzystorowej

noszący strefę wyjściową 101c względnie 101d rozciąga się dalej w części 96c względnie 96d o przeciwnym typie przewodnictwa poza praktycznie bezzaporowym złączem pomocniczym 98c względnie 98d, przy czym część 96c względnie 96d zawiera przynajmniej częściowo skuteczną warstwę pośrednią 95c względnie 95d struktury tranzystorowej tego samego typu przewodnictwa.

Jak to widać na przykład z fig. 9c, budowa dalszej struktury tranzystorowej utworzonej przez emiter 91c, 102c, warstwę bazy 95c, warstwę kolektora 103c i kontakt kolektora 93c może się różnić od pierwszej struktury tranzystorowej utworzonej przez elektrodę emitera 90c, 100c warstwę bazy 101c, kontakt bazy 92c, i warstwę kolektora 99c. Dalszą strukturę tranzystorową można otrzymać na przykład w ten sposób, że w ciągnącej się dalej części 96c umieszcza się naprzeciw siebie przez dyfuzję i/albo stapianie dwie warstwy 102c i 103c przeciwnego typu wraz z kontaktami 91c i 93c.

W jeszcze innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, układ połączeń z fig. 9a można uzyskać w sposób przedstawiony na fig. 9d. Zgodnie z rysunkiem ciągnąca się dalej poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze 98d część 96d jest oddzielona od drugiej ciągnącej się dalej części 103d przez drugie złącze p-n 104 przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie części 96d, przy czym przez miejscowe wygięcie złącza p-n 104d tworzy się w części 103d dalsza strefa wyjściowa 95d, która zawiera czynną warstwę pośrednią 95d drugiej struktury tranzystorowej o przewodnictwie tego samego typu.

Obie struktury tranzystorowe, z których jedna jest utworzona przez emiter 100d, 90d, warstwę bazy 101d kontakt bazy 92d i warstwę kolektora 99d a druga przez emiter 91d, 102d, warstwę bazy 95d, warstwę kolektora 95d, warstwę kolektora 103d i kontakt kolektora 93d, mogą być wbudowane w płytkę w ten sam sposób i w razie potrzeby mogą być wytworzone równocześnie w płytce wyjściowej z trzema poprzecznie przebiegającymi złączami p-n, na przykład przez zastosowanie obróbki stopowo dyfuzyjnej.

Na fig. 9b, 9c i 9d warstwy kolektora 99b, 99c względnie 99d tranzystora są połączone z czynnymi warstwami pośrednimi 95b, 95c względnie 95d drugiego tranzystora praktycznie omowo i mają wspólny kontakt 94b, 94c, względnie 94d.

Fig. 10a przedstawia układ z dwoma tranzystorami o różnym typie przewodnictwa, przy czym jeden tranzystor jest na przykład typu n-p-n z elektrodą emitera 110a oraz elektrodą kolektora 111a a drugi tranzystor jest typu p-n-p z elektrodą emitera 112a oraz elektrodą kolektora 113a, przy czym warstwy bazy obu tranzystorów mają wspólną elektrodę 114a. Taki układ połączeń dwóch tranzystorów o przeciwnym typie przewodnictwa jest znany i jest stosowany między innymi we wzmacniaczach przeciwsobnych w układzie ze wspólnym emiterem.

W specjalnie korzystnej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku można uzyskać układ połączeń według fig. 10a w

sposób przedstawiony schematycznie na fig. 10b i 10c. Zgodnie z rysunkiem tworzący strefę wyjściową 115b względnie 115c obszar 116b względnie 116c jednej struktury tranzystorowej rozciąga się poprzez praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n 117b względnie 117c dalej w części 113b względnie 118c obszaru o przewodnictwie przeciwnego typu, przy czym część 118b zawiera czynną warstwę pośrednią 119b względnie 119c drugiej struktury tranzystorowej o przewodnictwie przeciwnego typu.

Jak to widać z fig. 10b budowa drugiej struktury tranzystorowej utworzonej przez kontakt emitera 110b, warstwę emitera 120b, warstwę bazy 119b warstwę kolektora 121b z kontaktem kolektora 111b może się różnić od pierwszej struktury tranzystorowej utworzonej przez elektrodę emitera 112b, 122b, warstwę bazy 115b, warstwę kolektora 123b i kontakt kolektora 113b. Emiter 110b, 120b i kolektor 111b, 121b można otrzymać na przykład przez stapianie materiału elektrody zawierającej donor.

Jeżeli strefa wyjściowa 115b i emiter 112b, 122b są otrzymywane metodą stopowo dyfuzyjną przy zastosowaniu głównie dyfundującej domieszki jednego typu na przykład donoru i domieszki oddzielającej się przeciwnego typu, wówczas elektrody drugiego tranzystora mogą być łatwo wykonane równocześnie przez stopienie materiału elektrody z domieszką tego samego typu, najlepiej z tą samą domieszką, jaka była użyta przy dyfuzji strefy wyjściowej 115c.

Inna odmiana wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z układem połączeń według fig. 10a jest przedstawiona schematycznie na fig. 10c. Tworząca strefę wyjściową 115c i ciągnąca się dalej poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze 117c część 118c obszaru 116c jest oddzielona od drugiej ciągnącej się dalej części 121c przez dalsze złącze p-n 124c przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie płaszczyzny części 118c, przy czym pierwsza 118c z wymienionych części wskutek wygięcia wspomnianego dalszego złącza 124c tworzy drugą strefę wyjściową 119c na drugiej 121c z wymienionych części.

Strefa 119c zawiera skuteczną warstwę pośrednią dalszej struktury tranzystorowej o przewodnictwie przeciwnego typu. Oba tranzystory, z których jeden jest utworzony przez emiter 110c, 120c, warstwę bazy 119c, warstwę kolektora 121c i kontakt kolektora 111c a drugi jest utworzony przez emiter 112c, 122c, warstwę bazy 115c, warstwę kolektora 123c i kontakt kolektora 113c są zbudowane w ten sam sposób na częściach o przewodnictwie przeciwnego typu i można je wytwarzać oddzielnie na przykład przez nakładanie lub dyfundowanie strefy wyjściowej i stapianie elektrody emitera. Tak jak to pokazano na fig. 10b i 10c, kontakt 114b względnie 114c jest wspólny dla warstw pośrednich 119b i 115b względnie 119c i 115c, które praktycznie są połączone ze sobą omowo.

Na fig. 11a jest przedstawiony układ z dwoma tranzystorami o przewodnictwie różnego typu, przy czym jeden tranzystor jest na przykład typu p-n-p i ma kontakt bazy 130a i kontakt emitera 131a

a drugi tranzystor jest typu n-p-n i ma kontakt emitera 132a i kontakt bazy 133a. Warstwy kolektora obu tranzystorów mają wspólny kontakt kolektora 134a. Tego rodzaju układ dwóch tranzystorów jest znany i jest stosowany między innymi we wzmacniaczach przeciwsobnych w układzie ze wspólnym kolektorem.

Układ połączeń według fig. 11a można uzyskać w przyrządzie półprzewodnikowym według wynalazku w sposób przedstawiony schematycznie na fig. 11b i 11c. Zgodnie z rysunkiem drugi obszar 136b względnie 136c struktury tranzystorowej ze strefą wyjściową 135b względnie 135c rozciąga się poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze pn 137b względnie 137c dalej w części 138b względnie 138c o przewodnictwie przeciwnego typu.

Część ta tworzy warstwę kolektora drugiej struktury tranzystorowej o przewodnictwie innego typu. Z fig. 11b widać, że budowa drugiej struktury tranzystorowej składającej się z emitera 132b, 140b warstwy bazy 141b, kontakty bazy 133b i warstwy kolektora 139b może się różnić od pierwszej struktury tranzystorowej utworzonej przez emiter 131b, 142b, warstwę bazy 135b, kontakt bazy 130b i warstwę kolektora 143b. Druga struktura tranzystorowa może być umieszczona na płytce oddzielnie przez dyfuzję lub osadzanie warstwy bazy 141b przy równoczesnym wtapieniu elektrod 132b i 133b.

W innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z układem połączeń według fig. 11a, tak jak to jest przedstawione schematycznie na fig. 11c, ciągnąca się dalej poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n 137c część 138c drugiego obszaru 142c noszącego strefę wyjściową 135c jest oddzielona od części 141c przez złącze p-n 144c przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie powierzchnie tej części 138c, przy czym część 141c tworzy przez wygięcie wspomnianego złącza 144c na części 138c strefę wyjściową, która zawiera czynną warstwę pośrednią 141c drugiej struktury tranzystorowej o przewodnictwie odmiennego typu.

Obie struktury tranzystorowe mają tym samym podobną budowę ale ich przewodnictwo jest przeciwnego typu. Jeden z tranzystorów jest utworzony przez emiter 131c, 142c, warstwę bazy 135c, kontakt bazy 130c i warstwę kolektora 143c a drugi przez emiter 132c, 140c warstwę bazy 141c, kontakt bazy 133c i warstwę kolektora 139c. Części oddzielone przez złącze pomocnicze p-n 137c mogą być na przykład uprzednio wytworzone osobno a następnie związane razem przez dodanie cienkiej warstwy materiału wiążącego o niskiej temperaturze topnienia. Jak widać na fig. 11b i 11c, warstwy kolektora 139b i 143b względnie 139c i 143c są połączone ze sobą omowo i mają wspólny kontakt kolektora 134b względnie 134c.

Biorąc pod uwagę opisane poprzednio figury rysunku należy zaznaczyć, że chociaż odnoszą się one do przyrządów półprzewodnikowych złożonych z dwóch tranzystorów, to jednak można łączyć ze sobą w ten sposób większą ich ilość. Poza tym te elementarne przyrządy półprzewodnikowe mogą stanowić część składową bardziej złożonych przyrządów półprzewodnikowych, przy czym w różnych

obszarach tranzystorów mogą być umieszczane dalsze elementy obwodu względnie dwa lub więcej tych przyrządów półprzewodnikowych może być połączone z innymi elementami obwodu.

To ostatnie odnosi się szczególnie do tych przyrządów półprzewodnikowych, w których także i druga struktura tranzystorowa jest zbudowana w ten sam sposób co pierwsza struktura tranzystorowa, ponieważ ta dalsza struktura tranzystorowa jest zaopatrzona także w kontakty umożliwiające wykonanie połączeń z pozostałymi elementami obwodu. Chociaż jak to widać na fig. 5c, 6c, 7c, 9c, 10c, i 11c, obie strefy wyjściowe leżą zawsze po tej samej stronie płytki, można również łatwo umieścić jedno złącze p-n, przez wygięcie strefy wyjściowej, na jednej stronie płytki, a drugie złącze p-n na jej drugiej stronie.

Aby uchronić się od wzajemnego oddziaływania na siebie dwóch struktur tranzystorowych lub oddziaływania na nie innych elementów obwodu, czynne części są umieszczone w płytce w odległości od siebie większej od długości na jakiej zachodzi dyfuzja (na przykład trzykrotnie większej) względnie poszczególne elementy rozmieszcza się w taki sposób, aby nośniki mniejszościowe ładunków jednego elementu nie mogły praktycznie osiągnąć innego.

W odmianach wykonania przyrządów półprzewodnikowych według wynalazku zawsze jeden z obszarów oddzielonych przez złącze p-n tworzy jedną lub kilka stref wyjściowych na drugim obszarze. W dalszej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku przedstawionej schematycznie na fig. 12, obszar 146 przez wygięcie 147 złącza p-n 148 tworzy w pobliżu powierzchni płytki strefę wyjściową 149 na drugim obszarze 150, przy czym na tej samej powierzchni lub na przeciwległej powierzchni, drugi obszar 150 tworzy dalszą strefę wyjściową 152 na obszarze 146 przez dalsze wygięcie 151 tego samego złącza p-n 148.

Jedna strefa wyjściowa 149 o przewodnictwie jednego typu zawiera czynną warstwę pośrednią jednego tranzystora na przykład typu p-n-p a druga strefa wyjściowa 152 o przewodzie odmiennego typu zawiera czynną warstwę pośrednią tranzystora przeciwnego typu na przykład n-p-n, przy czym pierwszy tranzystor składa się z emitera 153, 154, 158, warstwy bazy 149, 146, 150, kontaktu bazy 159 i warstwy kolektora 150, 152 z kontaktem kolektora 156 a drugi tranzystor składa się z emitera 157, 153, warstwy bazy 152, 150 z kontaktem bazy 156 oraz z warstwy kolektora 146, 149 z kontaktem kolektora 155.

Ten przyrząd półprzewodnikowy według wynalazku zawiera zatem dwa tranzystory o przewodnictwie odmiennego typu w jednym układzie połączeń, przy czym baza względnie kolektor jednego tranzystora jest połączona z kolektorem względnie bazą drugiego tranzystora. Tego rodzaju układ połączeń z dwoma oddzielnymi tranzystorami jest jak wiadomo stosowany między innymi jako przełącznik elektronowy działający podobnie jak tyratron. Płytką, w której jest umieszczony przyrząd półprzewodnikowy według wynalazku może stano-

wić część większego elementu półprzewodnikowego, który jako całość może stanowić inną konstrukcję.

Płytką podobnie jak i przebiegające w niej złącze pomocnicze pn oraz częściowo poprzecznie przebiegające złącze pn nie musi posiadać żadnego określonego kształtu. Może mieć na przykład częściowo postać pierścienia wzdłuż którego są umieszczone kolejno jedno lub więcej złącz pn.

W szczególnie korzystnej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku posiadającego więcej niż jedno złącze pn, tak jak to jest przedstawione w widoku z góry na fig. 13 i w przekroju na fig. 14, płytkę stanowi przynajmniej częściowo praktycznie płaska taśma 160, w której przebiegają przynajmniej dwa złącza w rodzaju omawianych złącz pomocniczych pn 161, 162 i albo częściowo poprzecznie przebiegające złącza pn 163, 164, przy czym części poprzeczne złącz 163, 164 i złącza pomocnicze 161, 162 przebiegają równolegle do siebie i poprzecznie do wzdłużnego kierunku taśmy. Tego rodzaju budowa posiada tę zaletę, że jest przejrzysta i łatwa do wykonania. Płytkę wyjściową wykonuje się w postaci pręta monokrystalicznego przez wyciąganie ze stopu, po czym umieszcza się na niej kolejno po sobie następujące złącza w kierunku wzdłużnym pręta.

Fig. 15 i 16 przedstawia inną odmianę wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku posiadającego więcej niż jedno z wspomnianych złącz. Odmiana ta różni się od poprzednio omawianej według fig. 13, 14 jedynie kształtem płytki i układem złącz p-n. Zgodnie z fig. 15, 16, co najmniej dwa złącza z grupy złącz pomocniczych pn 161, 162 oraz poprzecznie przebiegające części 163, 164, przebiegających częściowo poprzecznie złącz, leżą na wspólnej płaskiej powierzchni (fig. 15: 161, 163, 162, 164) lub na wspólnej powierzchni walca (fig. 16: 161, 163, 162, 164) przy czym złącza p-n są oddzielone od siebie przez wycięcia 165 a części o przewodnictwie przeciwnego typu oddzielone przez te złącza p-n połączone są ze sobą szeregowo w zygzak. Na fig. 13 do 16, odpowiadające sobie części są oznaczone tymi samymi cyframi.

Układy według fig. 13 i 16 są przejrzyste a przez umieszczenie wycięć umożliwiają ograniczenie liczby złącz p-n w przecie wyjściowym, jak również pozwalają uniknąć w razie potrzeby podłużnego układu według fig. 13 i 14. Układ według fig. 15 można otrzymać w prosty sposób przez wycięcie z pręta wyjściowego ze złączem pn płaskiej płytki i następnie przez zrobienie w niej wycięć. Układ według fig. 16 jest utworzony na tarczy ze współosiowym złączem p-n ciętej ze specjalnego pręta. Pręt taki ze współosiowym złączem p-n można wytworzyć w łatwy sposób.

Przy strefowym stapianiu na przykład pręta o przewodnictwie p, strefa stopiona przez odpowiednią regulację dopływu ciepła, wnika tylko częściowo do pręta a po dodaniu akceptora przemienia się w materiał o przewodnictwie typu n. Chociaż w przyrządach półprzewodnikowych według fig. 15 i 16 wszystkie złącza p-n 161, 162, 163, 164 leżą na jednej wspólnej powierzchni to jednak w pewnych przypadkach może się okazać korzystna kombinacja tych układów z układami z fig. 13 i 14,

przy czym między dwoma kolejnymi wycięciami 165 umieszcza się nie jedno złącze p-n, lecz umieszcza się kolejno po sobie różne równoległe złącza p-n.

Z pomocą fig. 13 do 18 zostaną teraz opisane bardziej złożone przyrządy półprzewodnikowe, których budowa jest podobna do budowy przyrządów z fig. 9b i 9d. Opisany zostanie także sposób wytwarzania tych przyrządów. Fig. 17 przedstawia istotną część układu połączeń tranzystorowego wzmacniacza napięcia stałego z trzema tranzystorami na przykład typu p-n-p w układzie kaskadowym.

Układ taki znajduje zastosowanie na przykład w aparatach dla słabo słyszących. Kontakt bazy 166 i kontakt emitera 167 tworzą wejście wzmacniacza. Elektrody emiterów 167, 168, 169 są połączone ze sobą i mają wspólny kontakt 179. Kolektory 170 i 171 są połączone odpowiednio z bazą 173 względnie 174 następnego tranzystora a kolektor 172 tworzy wyjście wzmacniacza.

Niezależnie od tego każdy z trzech kolektorów 170, 171, 172, jest połączony z jednym z oporników 175, 176, 177 zaopatrzonych we wspólny kontakt 178. Wzmocniony sygnał otrzymuje się na zaciskach 178 i 172. Fig. 13, 15 i 16 przedstawiają w widoku z góry trzy różne odmiany wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, które realizują układ według fig. 17, z wyjątkiem oporników 175, 176, i 177. Na fig. 14 jest pokazany przekrój podłużny przyrządu półprzewodnikowego według linii przerywanej XIV—XIV z fig. 13.

Na fig. rysunku 13 do 16 oznaczono części odpowiadające częściom z układu według fig. 17 tymi samymi cyframi. Ponieważ odmiany wykonania według fig. 13, 15 i 16 różnią się od siebie tylko kształtem płytki i sposobem rozmieszczenia geometrycznego złącz p-n 161, 162, 163, 164, przeto nie przedstawiono dalszych przekrojów przyrządu półprzewodnikowego według fig. 15 i 16, gdyż można je odtworzyć z fig. 14.

Figure 14 można traktować jako przekrój płytki według fig. 15 wzdłuż linii przerywanej 181, względnie jako przekrój płytki według fig. 16 wzdłuż linii przerywanej 182. Fig. 13 do 16 w szczególności przekrój według fig. 14 wskazują, że część płytki leżąca po lewej stronie złącza pomocniczego p-n 162 odpowiada budowie przyrządu półprzewodnikowego według fig. 9b. Tworzący strefę wyjściową 183 obszar 173, który stanowi warstwę bazy tranzystora p-n-p ciągnie się praktycznie przez zaporowe złącze pomocnicze 161, dalej w części 184 o przewodnictwie typu p, która przynajmniej częściowo tworzy strefę kolektora innego tranzystora p-n-p z kontaktem bazy 166, kontaktem emitera 167 i warstwą bazy 185.

Część płytki leżąca po prawej stronie złącza pomocniczego 161 odpowiada budowie przyrządu półprzewodnikowego według fig. 9d. Część 174 o przewodnictwie typu n, ciągnąca się dalej przez bezaporowe złącze 162 jest oddzielona przez złącze p-n 164 od części 186 o przewodnictwie typu p, przy czym część 174 tworzy na części 186 strefę wyjściową 187 o przewodnictwie typu n z czynną warstwą bazy tranzystora p-n-p i z kontaktem emitera 169. Na dolnej stronie płytki, jak to widać na fig. 14,

są umieszczone kontakty kolektorów 170, 171, 172 w celu połączenia oporników 175, 176 i 177. Kontakty emiterów są połączone ze sobą przewodem 179.

Fig. 18 przedstawia w widoku z góry inną bardziej złożoną odmianę wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku z układem połączeń według fig. 17. Ta odmiana wykonania różni się od odmiany według fig. 15 jedynie tym, że zawiera dodatkowo oporniki 175, 176, 177, które po przeciwnych stronach złącz p-n 161, 162, 163, 164 są połączone ze sobą omowo.

Opornik 176 składa się z dwóch części. Ponieważ oporniki 175, 176, 177 są umieszczone na płytce przeto zbędne stają się oddzielne kontakty kolektora 170, 171, 172 (patrz fig. 14). W podobny sposób można umieścić oporniki 175, 176 i 177 w układach według fig. 13 i 14. To samo można przeprowadzić w razie potrzeby przy konfiguracji według fig. 9c. W szczególnych przypadkach może okazać się korzystne miejscowe zwiększenie oporności właściwej elementów oporowych i połączenie tych elementów za pomocą warstwy o niższej oporności właściwej z dalszymi elementami obwodu, na przykład ze złączem kolektorowym tranzystora.

Dlatego też okazuje się korzystne w dalszym rozwinięciu przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku objaśnionego na fig. 9b, 9c i 9d, zaopatrzenie co najmniej jednej ale najlepiej wszystkich części płytki przyległych do warstwy kolektora w dodatkową jednolitą część tworzącą element opornościowy. W tym celu kontakt połączeniowy jest umocowany do końca wystającej części odwróconej od złącza kolektora.

W przyrządzie półprzewodnikowym tego rodzaju, w którym istnieją co najmniej dwie jednolite części tworzące dwa elementy opornościowe, końce tych elementów odwrócone od złącza kolektora są połączone ze sobą i mają wspólny kontakt. Z fig. 17 widać, że wynalazek umożliwia wykonanie rozbudowanego układu w jednym przyrządzie półprzewodnikowym. Taki przyrząd półprzewodnikowy ma bardzo mało wyprowadzeń co stanowi jego cenną zaletę.

Niżej zostanie opisany szczegółowo sposób wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku przedstawionego na fig. 18. Sposób ten znajduje również zastosowanie po wprowadzeniu ewentualnych zmian, do wytwarzania także innych odmian wykonania. Z roztopionego germanu wytwarza się w zwykły sposób pręt monokrystaliczny, który przez dodanie indu, w pewnej części swej długości uzyskuje przewodnictwo typu p i oporność właściwą 10Ω cm, natomiast przez dodanie antymonu w pozostałej części swej długości uzyskuje przewodnictwo typu p i oporność właściwą około $0,5\Omega$ cm. Z pręta tego wycina się płytki równoległe do jego osi wzdłużnej.

Jedną z tych płytek zanurza się w roztworze siarczany miedziowego w celu wykrycia złącza p-n, przy czym miedź osadza się tylko na części o przewodnictwie typu p. Następnie płytce tej nadaje się kształt przedstawiony na fig. 18. Wysokość płytki wynosi około 8 mm a szerokość około 5 mm. Złącze p-n znajduje się w odległości około 1,5 mm od dol-

nej krawędzi płytki. Dolna część płytki stanowi materiał o przewodnictwie typu n, a górna jej część stanowi materiał o przewodnictwie typu p. Wycięcia 165 i 180 wykonuje się przez wiercenie ultradźwiękowe.

Wycięcia 165 mają szerokość około 0,3 mm i ciągną się do około 1,5 mm od górnej krawędzi płytki natomiast przy dolnej krawędzi sięgają przez złącze p-n do obszaru o przewodnictwie n na głębokość około 0,2 mm. Wycięcie 180 ma szerokość około 1,3 mm i zbliża się do złącza p-n 162, 163 na odległość około 1,5 mm. Z tak wykonanej płytki usuwa się miedź w rozcieńczonym roztworze HNO_3 po czym wytrawia się ją na głębokość około 150μ w chemicznej kąpeli wytrawiającej złożonej z 14 cm³ HF (38%), 10 cm³ (60%) i 1 cm³ alkoholu.

W miejscach przeznaczonych na kontakty 166, 167, 168, 169 (fig. 18) umieszcza się kuleczki z ołowiu zawierające wagowo około 2% antymonu, o średnicy około 250μ , które mocuje się przez krótkotrwałe ogrzanie do temperatury 600°C. Na kuleczkach 167, 168, 169 przeznaczonych na elektrody emitera umieszcza się za pomocą pędzelka niewielką ilość farby zawierającej aluminium. Całość ogrzewa się następnie w piecu około 15 minut do temperatury około 800°C w celu przeprowadzenia procesu stopowo dyfuzyjnego.

Podczas tego procesu substancje zawarte w kuleczkach 166, 167, 168 i 169 przenikają w głąb płytki, co widać na fig. 14, przy czym powstają czoła strefy stopionej 188, 189, 190 i 191. Poniżej tych powierzchni czołowych tworzą się strefy o przewodnictwie typu n, na skutek przeważającej dyfuzji antymonu, przy czym przez dyfuzję powierzchniową i odparowanie antymonu ze stopów tworzy się również na powierzchni sąsiednich części płytki przylegająca do nich warstwa o przewodnictwie n wnika głębiej w płytkę.

Warstwą tą zostaje pokryta zarówno powierzchnia o przewodnictwie p jak i powierzchnia o przewodnictwie n. Podczas ochładzania płytki, na skutek rekrytalizacji, w kulkach 167, 168, 169 mających stanowić kontakt emitera osadzają się warstwy o przewodnictwie p, na których tworzą się kontakty 167, 168, 169 z przeważającym udziałem ołowiu. Ze stopu 166 przewidzianego jako baza powstaje na warstwie dyfuzyjnej kontakt omowy, ponieważ brak tam aluminium.

W celu usunięcia nadmiaru warstwy o przewodnictwie n można wykonać zwykłą obróbkę przez trawienie. W tym celu pokrywa się płytkę, na przykład woskiem lub lakierem w miejscu bazy 185 między kontaktami 166, 167, jak również tworzące strefy wyjściowe części 183, 187 i przylegające do nich powierzchnie 173 i 174 o przewodnictwie n a w razie potrzeby również i kontakty po czym zanurza się tak przygotowaną płytkę do wspomnianej kąpeli wytrawiającej na przeciąg jednej minuty.

Po usunięciu warstwy maskującej wykonuje się rysy igłą diamentową na złączach p-n 161, 162 na górnej i na dolnej stronie płytki przez co złącza te stają się praktycznie bezaporowe. Za pomocą lutu indowego przylutowuje się następnie na dolnej

stronie dwie taśmy niklowe 178, 172, po czym za pomocą lutu ołowio-cynowego lutuje się przewody połączeniowe 179 do kontaktów 166, 167, 168, 169.

Po krótkotrwałej kąpeli w roztworze H_2O_2 , a następnie po wypłukaniu w zdejonizowanej wodzie i po wysuszeniu całość jest gotowa do umieszczenia w obudowie. Możliwość umieszczenia w jednym przyrządzie półprzewodnikowym oprócz jednej lub kilku struktur tranzystorowych także i innych elementów obwodu została zilustrowana na fig. 19 do 24.

Fig. 19 przedstawia układ połączeń inwertera w wykonaniu konwencjonalnym, który jest często stosowany między innymi w maszynach matematycznych do odwracania fazy i wzmacniania impulsu, na przykład do przemiany impulsu dodatniego na wzmocniony impuls ujemny. Wejście stanowią zaciski 200 i 202 zaś wyjście stanowią zaciski 203 i 202. Obwód bazy zawiera oprócz opornika 204 na przykład 600 Ω diodą Zenera 207 między punktami 205 i 206 a poza tym zwykłą diodę 208 włączoną między bazą 206 i kolektor 203 w celu zabezpieczenia kolektora. Dioda Zenera 207 i/albo 208 nie zawsze jest konieczna.

Opornik 209 ustala punkt pracy tranzystora. Fig. 20 do 22 przedstawiają schematycznie w przekroju trzy różne odmiany wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, które realizują częściowo układ z fig. 19, zaś fig. 23 i 24 przedstawiają w przekroju i w widoku z góry dwie odmiany wykonania, w których układ połączeń według fig. 19 jest wykonany całkowicie.

Elementy z fig. 20 do 24 odpowiadające elementom z fig. 19 są oznaczone tymi samymi cyframi. Na fig. 20 pokazano tytułem przykładu, że opornik 209 jest połączony z tranzystorem w przyrządzie półprzewodnikowym w ten sposób, że tworzący strefę wyjściową 211 o przewodnictwie typu n obszar 212 ma oprócz omowego kontaktu bazy 206 jednorodną część tworzącą opornik 209 zaopatrzoną kontaktem omowym 210. Warstwa emitera 213 o przewodnictwie typu p ma kontakt 202 zaś warstwa kolektora 214 ma kontakt 203.

W innej odmianie wykonania przyrządu półprzewodnikowego według wynalazku, dioda Zenera 207 jest połączona razem z tranzystorem w ten sposób, (fig. 21), że warstwa 215 o przeciwnym typie przewodnictwa tworząca jedną część diody Zenera, jest umieszczona swym kontaktem 205 w obszarze 212 tworzącym strefę wyjściową. Obszar 212 tworzy przy tym drugą warstwę diody Zenera zaś ta warstwa jest połączona na płycie z warstwą bazy tranzystora.

Aby osiągnąć żadaną wartość napięcia przebicia diody Zenera można dobrać w zwykły sposób wystarczająco małą oporność właściwą warstwy 215 stanowiącej na przykład zrekrystalizowany obszar elektrody stopowej o przewodnictwie typu p oraz wystarczająco małą oporność właściwą pierwszego obszaru. W innej odmianie wykonania, warstwa 215 jest umieszczona w strefie 216 o mniejszej oporności właściwej. Strefa ta przechodzi w strefę wyjściową 211.

Na fig. 21 pokazano linią przerywaną 217 ograniczenie strefy 216. Oporność właściwa obszaru 212

może być większa na przykład w celu równoczesnego wytworzenia na płycie opornika 200. Opornik 205 z kontaktem 210 może być złączony z kontaktem 210 i może być dołączony do kontaktu 200. Fig. 22 ilustruje sposób w jaki łączy się dioda 205 z tranzystorem. Podobnie z wynalazkiem, drugi obszar 214 noszący strefę wyjściową zawiera dwie części o przeciwnym typie przewodnictwa, na przykład obszar 214 typu p i oddzielony przez linię p-n 206 drugi obszar 210 typu n.

Na obszarze 218 o przewodnictwie typu n jest umieszczony kontakt emisyjny 219. Przedstawiony na fig. 22 przykład półprzewodnikowy ma poza tym podobną budowę do przyrządu z fig. 21. Fig. 22 wskazuje także na możliwość równoczesnego umieszczenia w przyrządzie półprzewodnikowym diody Zenera 208, 210, 212 i/lub opornika 209.

Na fig. 23 i 24 pokazano, że w innej odmianie wykonania wynalazku, dioda 208 i opornik 204 mogą być połączone falami z tranzystorem, przy czym do odwróconej od emisyjnej półprzewodnikowej części dioda p-n 220 części 210 jest dołączona dodatkowa jednolita część 204 z kontaktem 206.

Poza tym jak widać na fig. 23 i 24, kontakt 205 części warstwy 216 tworzącej diodę Zenera może być połączony z kontaktem 210 za pomocą przewodu 201, w wyniku czego zostaje zredukowany całkowity układ z fig. 19. Odmiana wykonania według fig. 23 jest poza tym podobna do odmiany z fig. 22. Element opornicowy 209 i/lub dioda Zenera 207 mogą być w razie potrzeby wykonane poza przyrządem półprzewodnikowym. Odmiana wykonania według fig. 23 stanowi płaską prostoliniową płytkę.

W celu uzyskania bardziej zwartej budowy przyrząd półprzewodnikowy może mieć również kształt dwuramiennego skośnego taśmy tak jak to widać na fig. 24, przy czym poprzecznie przebiegająca część złącza p-n 220 leży w jednym ramieniu 209 i w tej samej płaszczyźnie co złącze diody p-n 208 umieszczone w drugim ramieniu 204. Poza tym odmiana wykonania według fig. 24 jest taka sama jak odmiana według fig. 23. Fig. 23 można traktować jako przekrój wzdłuż linii kreskowanej 224 z fig. 24.

Przy wytwarzaniu odmiany wykonania według fig. 24 można stosować proces stopów dyfuzyjnych do obróbki płytki wyjściowej, co niżej zostanie opisane szczegółowo. Przez kombinację wyciągania ze stopu, pilnowania i wiercenia ultradźwiękowego, podobnie jak przy wytwarzaniu przyrządu półprzewodnikowego, według fig. 18, tworzy się płytka wyjściowa o kształcie przedstawionym na fig. 24 z zupełnie poprzecznie przebiegającym złączem p-n 208 i złączem p-n 206.

Części narysowane u dołu (fig. 24) leżące po tej stronie płytki co i złącza 220 i 208 są wykonane z germanu o przewodnictwie n i oporności właściwej około $10 \Omega \text{ cm}$, a położona po drugiej stronie część p-n 220 i 208 skośna część 214 jest wykonana z germanu o przewodnictwie p i oporności właściwej około $1 \Omega \text{ cm}$. Długość i szerokość długiego ramienia 209 aż do złącza p-n 220 wynoszą odpowiednio około 5,5 mm i 1 mm a długość i szerokość krótszego ramienia 204 aż do złącza p-n 208 wynoszą obie około 2 mm.

Szerokość wyścięcia wynosi około 1 mm, przy czym wyścięcie to sięga poza powierzchnię złącza p-n 220 i 208 około 0,5 mm. Po wytrawieniu płytki wyjściowej w opisany poprzednio sposób do grubości 150μ , umieszcza się w miejscach przeznaczonych na kontakty 210, 205, 202 i 219 kuleczki ołowiane przez krótkotrwałe ogrzanie do 600°C . Kulczki zawierają wagowo dwa procenty antymonu i mają średnicę około $250 \mu\text{m}$.

Następnie umieszcza się na kulczkach przeznaczonych na kontakty diody Zenera 205 i kontakt elektrody emitera 202 małe ilości falty zawierającej aluminium. Czynniki te są pomocą pędzla. Całość ogrzewa się w piecu przez około 15 minut do temperatury 800°C . Przy tym wskutek dyfuzji antymonu poniżej czola stopu kulczek 210, 205, 202, 219 tworzą się w germanie o przewodnictwie typu n strefy o zwiększonej koncentracji donorów, które pod kontaktami 210 i 219 zapewniają niskomowe połączenie z płytką, a poniżej czola stopu kontaktu diody Zenera 205 tworzy się strefa 216 (patrz fig. 23) o mniejszej oporności właściwej.

Poniżej czola stopu kulczki przeznaczonych na kontakt emitera 202 tworzy się przez dyfuzję antymonu w położonym niżej germanie typu p czarna część 211 obszaru bazy o przewodnictwie typu n. Poza tym na powierzchni, przynajmniej w częściach płytki graniczących z kontaktami 210, 205, 209, 219 a praktycznie na całej powierzchni płytki, tworzy się warstwa o przewodnictwie n, która powstaje z antymonu wyparowanego z kulczek lub z antymonu dyfundującego wzdłuż powierzchni. Oczywiście, że parę antymonu można dodawać do atmosfery względnie umieścić na powierzchni warstwę dyfundującą wstępnie z antymonem.

Przy ochładzaniu w kulczkach przeznaczonych na diodę Zenera 205 i kontakt emitera 202 osadza się ze stopu na dyfuzyjnych strefach typu n warstwy o przewodnictwie typu p powstające na skutek rekrytalizacji, po czym reszta kulek składająca się przeważnie z ołowiu zostaje wydzielona jako kontakty 205, 220. Z kulczek przewidzianych jako ołówowe kontakty 210, 219 tworzy się ze względu na brak aluminium warstwa rekrytalizacyjna typu n oraz pozostaje reszta metalu tworząca kontakt.

Abu usunąć zbędne części warstwy o przewodnictwie typu n, pokrywa się płytkę woskiem w miejscu strefy wyjściowej 223 i na powierzchni oznaczonej linią przerywaną 217 przy kontakcie diody Zenera 205 (w razie potrzeby również na kontaktach i w ich otoczeniu) po czym wytrawia się płytkę w sposób opisany przy omawianiu fig. 18. W końcu umieszcza się po usunięciu wosku, naprzeciw kontaktu emitera 202, po drugiej stronie płytki elektrodę indową 203 (patrz fig. 23) i przyłącza się taśmą niklową 200 za pomocą lutu ołowio-tynowego.

Następnie stosuje się w znany sposób do kontaktów 205 i 219 niklowy przewód doprowadzeniowy 221. Przewody doprowadzeniowe i elektrody można umieścić również przed procesem wytrawiania. Po podobnym krótkotrwałym wytrawieniu w roztworze H_2O_2 , wypłukaniu i wysuszeniu, całość jest gotowa i może być umieszczona w obudowie.

Należy zauważyć, że wynalazek nie ogranicza się do przedstawionych przykładów, lecz w jego ramach znaleźć można wiele innych odmian. Można na przykład używać w podobny sposób innych materiałów półprzewodnikowych zamiast germanu, na przykład krzem lub arsenek galu. Poza tym użyty typ przewodnictwa różnych części opisanych przyrządów może być odwrotny bez konieczności wprowadzania zmiany zasadniczej struktury przyrządu.

Należy również wyjaśnić, że środki opisane w odniesieniu do układu iwertera mogą być stosowane oddzielnie lub razem, również w przyrządach półprzewodnikowych i układach przeznaczonych do innych celów. Również przy wytwarzaniu możliwe jest stosowanie różnych odmian sposobu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd półprzewodnikowy zawierający co najmniej jedną strukturę tranzystorową, **znamienny tym**, że ma dwa obszary, które oddzielone są od siebie poprzez złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie w płytce, przy czym to złącze przecina dwie różne powierzchnie płytki a przez miejscowe wygięcie tego złącza p-n od kierunku poprzecznego, przynajmniej jeden ze wspomnianych obszarów tworzy strefę wyjściową na drugim obszarze i przynajmniej czynna część pośredniej warstwy struktury tranzystorowej znajduje się w wymienionej strefie wyjściowej, przy czym wspomniana warstwa pośrednia jest połączona co najmniej z częścią pierwszego obszaru przylegającą do strefy wyjściowej i ma ten sam typ przewodnictwa co ta część przyległa.
2. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przynajmniej w jednym z obszarów rozdzielonych przez częściowo poprzecznie przebiegające złącze p-n jest umieszczony przynajmniej częściowo inny element obwodu.
3. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2, **znamienny tym**, że we wspomnianym pierwszym obszarze tworzącym strefę wyjściową jest umieszczony przynajmniej częściowo inny element obwodu.
4. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2 lub 3, **znamienny tym**, że przynajmniej w jednym ze wspomnianych obszarów jest umieszczona co najmniej jedna dalsza struktura tranzystorowa, której budowa może być w danym przypadku odmienna od budowy pierwszej struktury tranzystorowej.
5. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 4, **znamienny tym**, że czynna warstwa pośrednia struktury tranzystorowej umieszczona w strefie wyjściowej jest połączona w płytce przez część o tym samym typie przewodnictwa przynależną do obszaru tworzącego strefę wyjściową z odpowiednią warstwą pośrednią drugiej umieszczonej w tym samym obszarze struktury tranzystorowej o takim samym typie przewodnictwa.
6. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 5, **znamienny tym**, że inna struktura tranzystoro-

wa jest zbudowana podobnie jak pierwsza, przy czym obszar tworzący strefę wyjściową pierwszej struktury tranzystorowej jest podzielony na dwie części przez złącze dodatkowe p-n przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie pierwszego obszaru, z których to części, część przylegająca do pierwszego ze wspomnianych złącz p-n wskutek miejscowego wygięcia drugiego złącza p-n tworzy dalszą strefę wyjściową na części odwróconej od pierwszego ze wspomnianych złącz p-n, która to strefa wyjściowa zawiera czynną warstwę pośrednią innej struktury tranzystorowej.

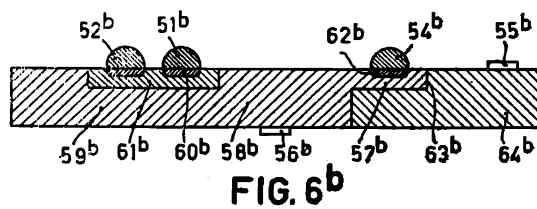
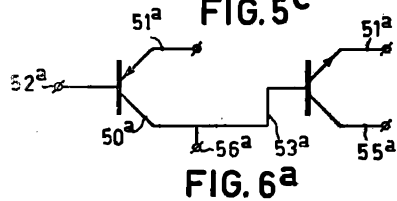
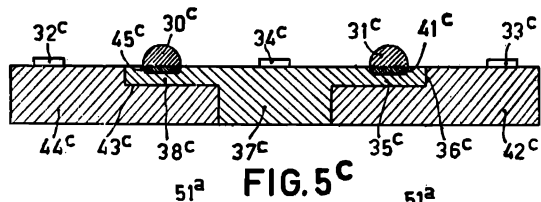
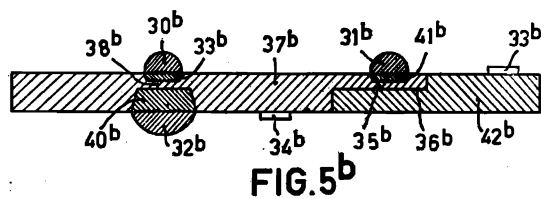
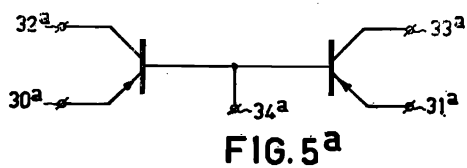
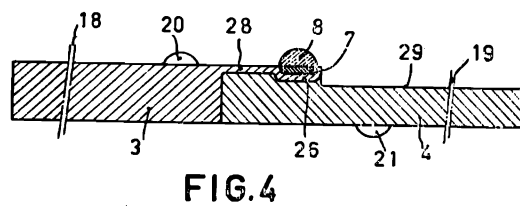
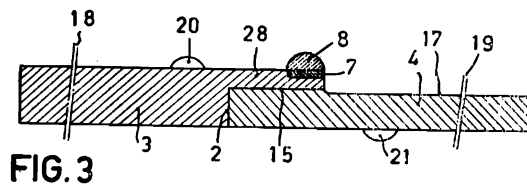
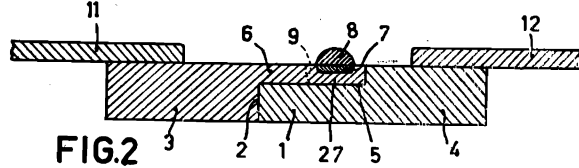
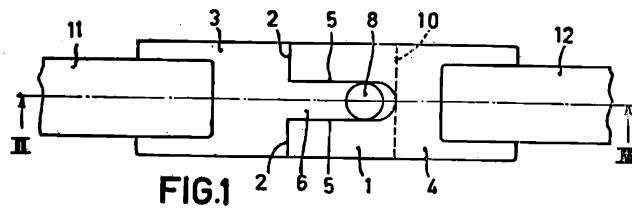
7. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 4, **znamienny tym**, że stanowiąca strefę wyjściową czynna warstwa pośrednia struktury tranzystorowej jest połączona w płytce przez część o takim samym typie przewodnictwa jak obszar tworzący tę strefę wyjściową, ze strefą kolektora drugiej umieszczonej w tym obszarze struktury tranzystorowej o przeciwnym typie przewodnictwa.
8. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 4, **znamienny tym**, że część drugiego obszaru nosząca strefę wyjściową i przylegająca do przebiegającego częściowo poprzecznie złącza p-n pierwszej struktury tranzystorowej jest połączona w płytce z czynną warstwą pośrednią dalszej struktury tranzystorowej o przeciwnym typie przewodnictwa i umieszczonej w drugim obszarze.
9. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 8, **znamienny tym**, że dalsza struktura tranzystorowa jest zbudowana podobnie jak pierwsza, przy czym noszący strefę wyjściową drugi obszar jest podzielony na dwie części przez dalsze złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające różne powierzchnie drugiego obszaru przy czym część przylegająca do złącza p-n pierwszego tranzystora tworzy drugą strefę wyjściową w części odwróconej od tego tranzystora, a strefa ta zawiera czynną warstwę pośrednią drugiej struktury tranzystorowej.
10. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 4, **znamienny tym**, że nosząca strefę wyjściową część drugiego obszaru przylegająca do przebiegającego częściowo poprzecznie złącza p-n pierwszej struktury tranzystorowej, jest połączona w płytce przez część o tym samym typie przewodnictwa ze strefą kolektora innej, umieszczonej w drugim obszarze, struktury tranzystorowej o tym samym typie przewodnictwa.
11. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 10, **znamienny tym**, że noszący strefę wyjściową pierwszej struktury tranzystorowej drugi obszar jest podzielony na dwie części przez drugie złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie, z których to części część odwrócona od złącza p-n pierwszej struktury tranzystorowej tworzy strefę wyjściową w drugiej części graniczącej ze złączem p-n, przy czym ta strefa wyjściowa zawiera odpowiednią warstwę pośrednią innej struktury tranzystorowej o takim samym typie przewodnictwa.

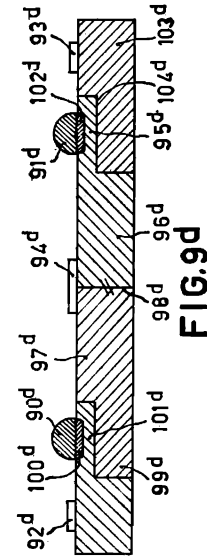
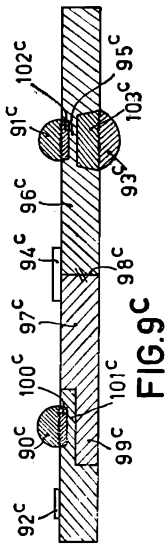
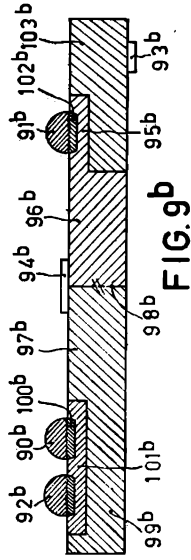
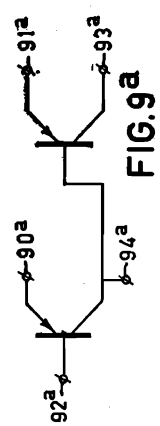
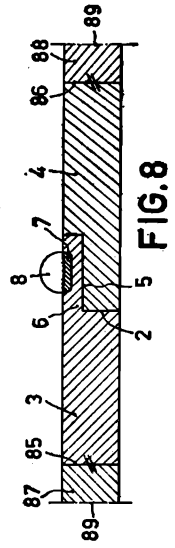
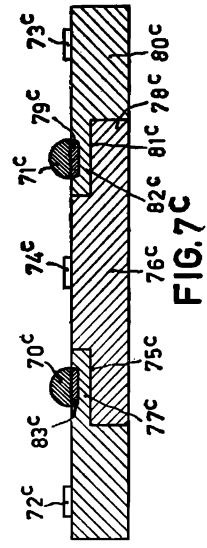
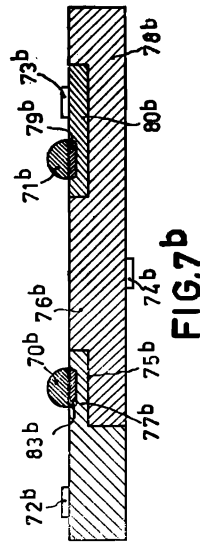
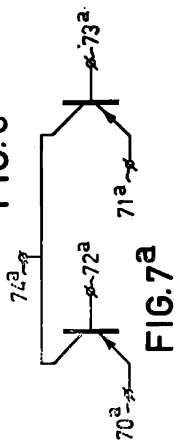
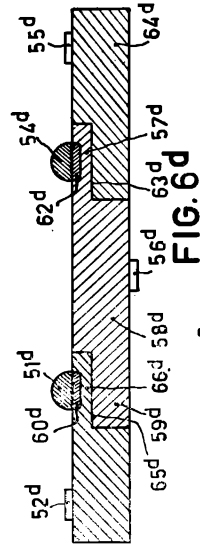
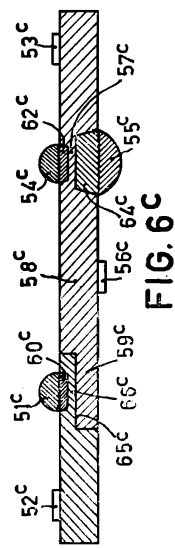
12. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2—4, **znamienny tym**, że przynajmniej jeden z obszarów struktury tranzystorowej według wynalazku, to znaczy obszar tworzący strefę wyjściową i obszar noszący strefę wyjściową, ciągnie się dalej w części o przeciwnym typie przewodnictwa, począwszy od przebiegającego częściowo poprzecznie złącza p-n przez praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n, przy czym w tej ciągnącej się dalej części jest umieszczony przynajmniej częściowo inny element obwodu.
13. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 12, **znamienny tym**, że tworzący strefę wyjściową obszar struktury tranzystorowej ciągnie się dalej w części o przeciwnym typie przewodnictwa poza bezzaporowe złącze pomocnicze p-n przy czym część ta tworzy przynajmniej częściowo strefę kolektora drugiej struktury tranzystorowej o tym samym typie przewodnictwa.
14. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 12 lub 13, **znamienny tym**, że drugi obszar struktury tranzystorowej noszący strefę wyjściową, ciągnie się dalej w części o przeciwnym typie przewodnictwa poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n, przy czym ta część zawiera przynajmniej częściowo czynną warstwę pośrednią drugiej struktury tranzystorowej o takim samym typie przewodnictwa.
15. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 14, **znamienny tym**, że część ciągnąca się dalej poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n jest oddzielona od ciągnącej się dalej części przez dodatkowe złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie tej pierwszej z wymienionych części, przy czym pierwsza z wymienionych części, przy czym pierwsza z wymienionych części, wskutek miejscowego wygięcia drugiego złącza p-n tworzy na drugiej ciągnącej się dalej części dodatkową strefę wyjściową, która zawiera czynną warstwę pośrednią dalszej struktury tranzystorowej o tym samym typie przewodnictwa.
16. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 12, **znamienny tym**, że obszar struktury tranzystorowej, tworzący strefę wyjściową, ciągnie się dalej w części o przeciwnym typie przewodnictwa, poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n, przy czym ta część zawiera czynną warstwę pośrednią drugiej struktury tranzystorowej o przeciwnym typie przewodnictwa.
17. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 16, **znamienny tym**, że część obszaru tworzącego strefę wyjściową, ciągnąca się poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n jest oddzielona od drugiej części przez dodatkowe złącze p-n, przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie ciągnącej się dalej części, przy czym pierwsza z wymienionych części, wskutek miejscowego wygięcia wspomnianego dodatkowego złącza p-n tworzy dalszą strefę wyjściową na drugiej z wymienionych części a ta strefa zawiera czynną warstwę pośrednią dalszej struktury tranzystorowej o przeciwnym typie przewodnictwa.

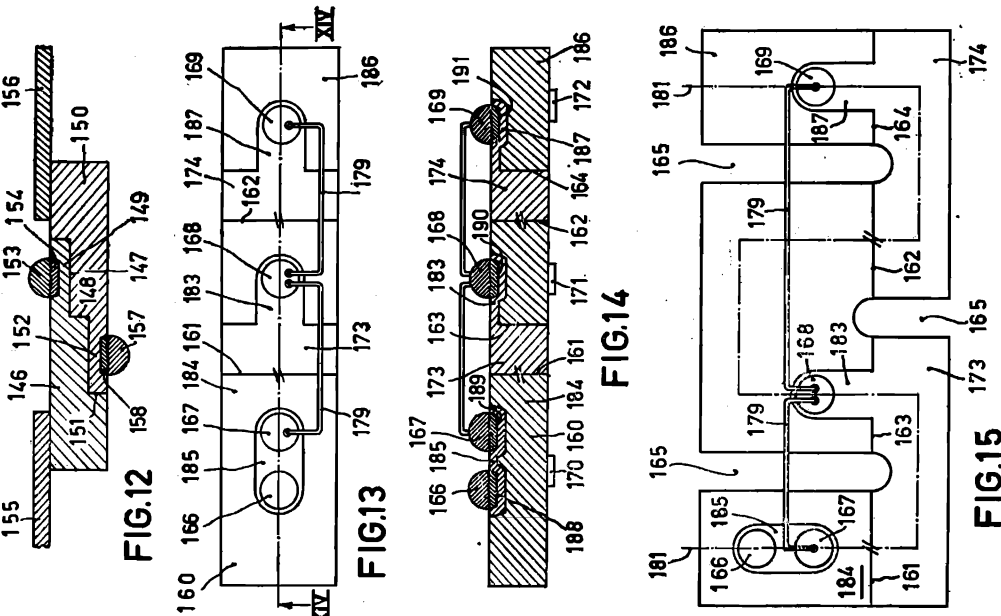
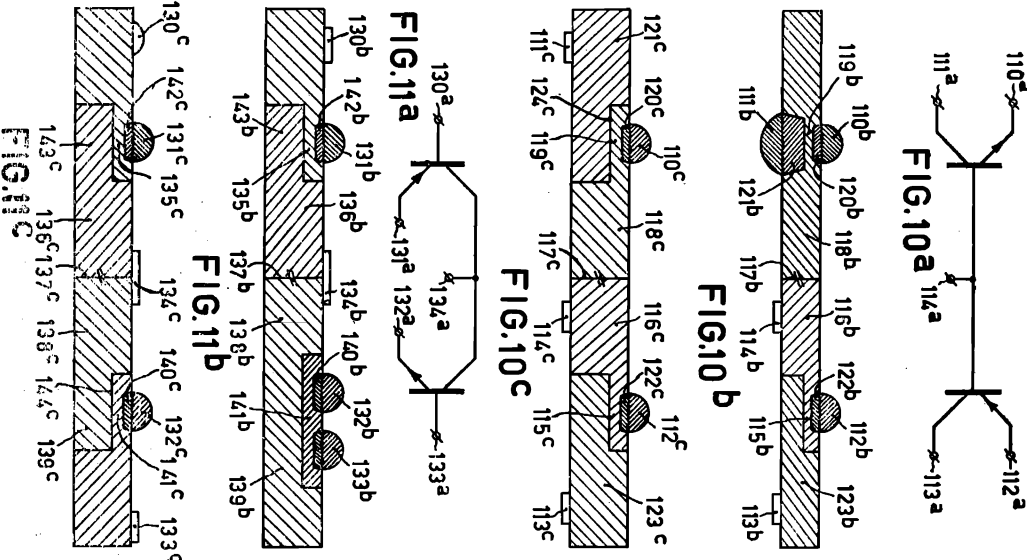
18. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 12, **znamienny tym**, że drugi obszar struktury tranzystorowej, noszący strefę wyjściową, ciągnie się w części o przeciwnym typie przewodnictwa, poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n przy czym ta część tworzy warstwę kolektora dalszej struktury tranzystorowej o różniącym się typie przewodnictwa.
19. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 18, **znamienny tym**, że ciągnąca się dalej poza praktycznie bezzaporowe złącze pomocnicze p-n, część drugiego obszaru noszącego strefę wyjściową, jest oddzielona od drugiej ciągnącej się dalej części, przez drugie złącze p-n przebiegające częściowo poprzecznie i przecinające dwie różne powierzchnie tej pierwszej ciągnącej się dalej części, przy czym druga z wymienionych części wskutek wygięcia drugiego złącza p-n, tworzy na pierwszej z wymienionych części strefę wyjściową, która zawiera czynną warstwę pośrednią drugiej struktury tranzystorowej o różniącym się typie przewodnictwa.
20. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2—19, z więcej niż jednym ze wspomnianych złącz p-n, **znamienny tym**, że płytka składa się przynajmniej częściowo z wyciągniętej, praktycznie prostoliniowej, płaskiej taśmy, w której przebiegają przynajmniej dwa złącza z wspomnianych pomocniczych złącz p-n równoległe do poprzecznie przebiegających części wspomnianych złącz p-n, przebiegających częściowo poprzecznie, a poprzecznie do wzdłużnego kierunku taśmy.
21. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2—19, z więcej niż jednym ze wspomnianych złącz p-n, **znamienny tym**, że przynajmniej dwa złącza p-n z grupy istniejących złącz pomocniczych p-n i z poprzecznie przebiegających części złącz p-n przebiegających częściowo poprzecznie, są położone na wspólnej prawie płaskiej powierzchni lub na wspólnej powierzchni walca, które to złącza p-n są oddzielone od siebie przez wycięcia a części oddzielone przez te złącza p-n posiadają przeciwny typ przewodnictwa i umieszczone są w płytce w zygzak.
22. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 13—15, **znamienny tym**, że przynajmniej jedna a w szczególności wszystkie części płytki, przylegające do warstwy kolektora, posiadają drugą część ciągnącą się dalej, stanowiącą element opornościowy.
23. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 22, posiadający przynajmniej dwie ciągnące się dalej części i stanowiące dwa elementy opornościowe, **znamienny tym**, że końce ciągnących się dalej części, odwrócone od złącza kolektorowego, są połączone ze sobą i posiadają wspólny kontakt.
24. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2 lub 3, **znamienny tym**, że obszar tworzący na przykład strefę wyjściową o przewodnictwie n posiada oprócz omowego kontaktu bazy, dodatkową część ciągnącą się dalej, która stanowi oporność i na swym końcu ma kontakt omowy.
25. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2, 3 i 24, **znamienny tym**, że warstwa tworząca

- część diody Zenera o przeciwnym typie przewodnictwa jest umieszczona z przynależnym do niej kontaktem na obszarze tworzącym strefę wyjściową.
26. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 25, **znamienny tym**, że wspomniana warstwa jest umieszczona w strefie o niższej oporności właściwej, która przechodzi w strefę wyjściową. 5
27. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 2, 3, 24, 25 i 26, **znamienny tym**, że drugi obszar noszący strefę wyjściową, zawiera dwie części przeciwnego typu przewodnictwa, które są rozdzielone przez złącze p-n diody. 10
28. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 27, **znamienny tym**, że w części wspomnianej diody, odwróconej od złącza p-n, przebiegającego częściowo poprzecznie, jest umieszczona ciągnąca się dalej część, która tworzy oporność a która na końcu ma kontakt na przykład w postaci taśmy. 15
29. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 27 lub 28, **znamienny tym**, że płytka jest wykonana w postaci dwuramiennej zaokrąglonej taśmy, przy czym przebiegająca poprzecznie część złącza p-n, przebiegającego częściowo poprzecznie leży w jednym z ramion w tej samej płaszczyźnie, co złącze p-n diody znajdującej się w drugim ramieniu. 20
30. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 1—29, **znamienny tym**, że pierwsza ze wspomnianych struktur tranzystorowych, jest tranzystorem trzywarstwowym, przy czym warstwa kolektora jest utworzona przez wspomniany drugi obszar noszący strefę wyjściową, lub przynajmniej przez część tego obszaru przyległą do wspomnianego złącza p-n, natomiast warstwa emitera znajduje się na tej stronie strefy wyjściowej, która jest odwrócona od tego drugiego obszaru, a strefa wyjściowa zawiera czynną część warstwy bazy. 25
31. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 1—4, **znamienny tym**, że pierwsza ze wspomnianych struktur tranzystorowych, jest tranzystorem czterowarstwowym, przy czym warstwy zewnętrzne są utworzone przez warstwę umieszczoną na strefie wyjściowej i przez warstwę naniesioną na powierzchnię drugiego obszaru położoną naprzeciw tej warstwy, które to warstwy posiadają typ przewodnictwa przeciwny niż strefa wyjściowa względnie drugi obszar. 30
32. Przyrząd półprzewodnikowy według zastrz. 1—4, **znamienny tym**, że pierwszy obszar, przez wygięcie częściowo poprzecznie przebiegającego złącza p-n tworzy na drugim obszarze strefę wyjściową w pobliżu powierzchni płytki, przy czym przy tej samej powierzchni lub przy po-

- wierzchni naprzeciwległej, drugi obszar tworzy dodatkową strefę wyjściową na pierwszym obszarze wskutek dodatkowego wygięcia tego samego złącza pn, przy czym jedna strefa wyjściowa jednego typu przewodnictwa zawiera czynną warstwę pośrednią pierwszego tranzystora o określonym układzie przewodnictwa, na przykład pnp, a druga strefa wyjściowa o innym typie przewodnictwa zawiera czynną warstwę pośrednią struktury tranzystorowej o przeciwnym układzie przewodnictwa na przykład npn.
33. Sposób wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego według zastrz. 1—32, **znamienny tym**, że przynajmniej jedną ze wspomnianych struktur tranzystorowych ze złączem p-n przebiegającym częściowo poprzecznie wytwarza się tak, że w części płytki przeciętej poprzecznie przez złącze p-n, po jednej stronie tego złącza p-n, nanosi się warstwę o przeciwnym typie przewodnictwa, tworzącą strefę wyjściową, stanowiącą wygięte złącze p-n przylegające do części złącza p-n przebiegającej poprzecznie przez płytkę a następnie na strefie wyjściowej nanosi się przynajmniej miejscowo warstwę o typie przewodnictwa przeciwnym niż strefa wyjściowa.
34. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że złącze pn przecinające poprzecznie płytkę wyjściową wytwarza się przez dokładanie domieszek (zanieczyszczeń) podczas przyrostu elementu półprzewodnikowego z roztopionej substancji lub pary materiału półprzewodnikowego, szczególnie przy wyciąganiu kryształu, stapianiu strefowym, lub osadzaniu pary.
35. Sposób według zastrz. 33 lub 34, **znamienny tym**, że strefę wyjściową wytwarza się w półprzewodnikowej płytce wyjściowej przez dyfuzję domieszki lub działanie parą na materiał półprzewodnikowy lub przez rozkład pary materiału półprzewodnikowego.
36. Sposób według zastrz. 33—35, **znamienny tym**, że strefę wyjściową i dodatkową warstwę wytwarza się tak, że miejscowo na jednej stronie złącza p-n topi się substancję materiału elektrody, przy czym poza czołem strefy roztopionej, przez przeważającą dyfuzję domieszki, o typie przeciwnym niż poniżej czoła strefy, tworzy się warstwę dyfuzyjną, a przy ochładzaniu przez przeważającą segregację domieszki innego typu, na tej warstwie dyfuzyjnej, wydziela się warstwę rekrytalizacyjną o typie przewodnictwa przeciwnym do warstwy dyfuzyjnej, a wraz z nią wydziela się resztę materiału elektrody służącą jako kontakt, natomiast część strefy wyjściowej przylegającą do drugiej strony złącza p-n tworzy się również przez dyfuzję.







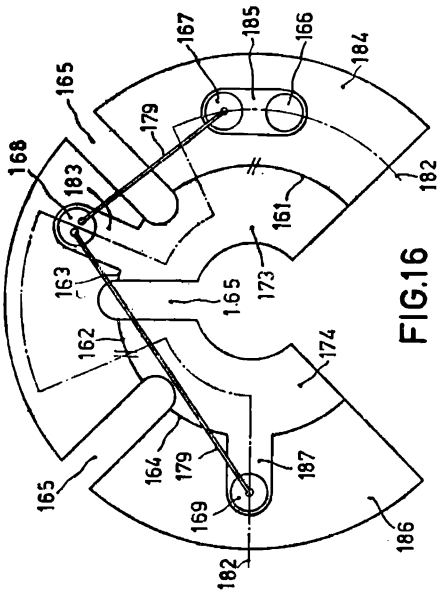


FIG. 16

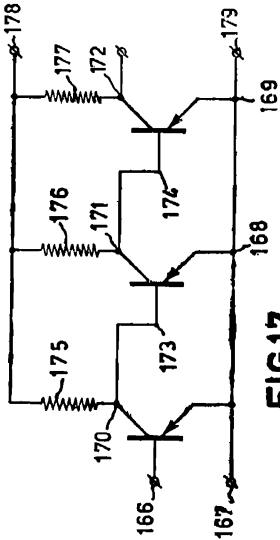
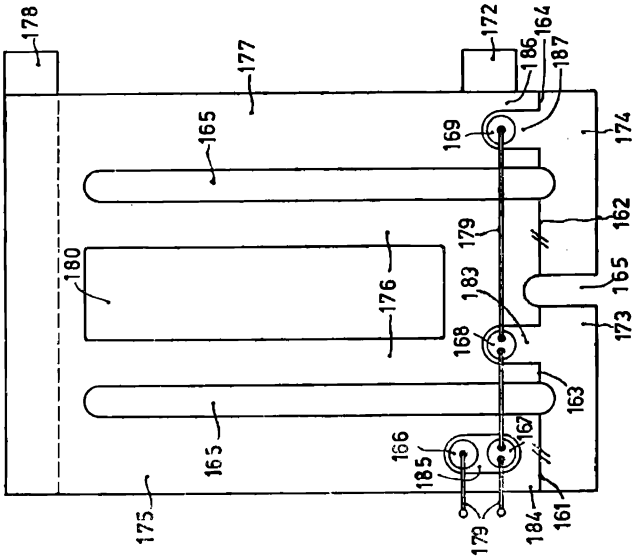


FIG. 17



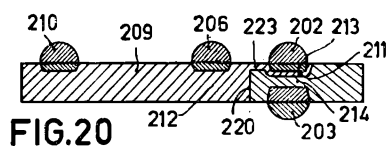


FIG. 20

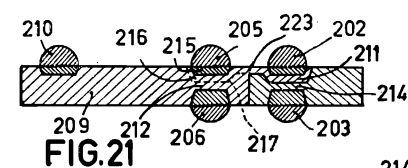


FIG. 21

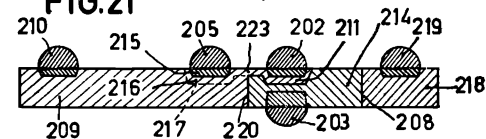


FIG. 22

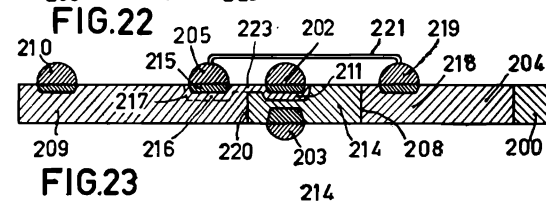


FIG. 23

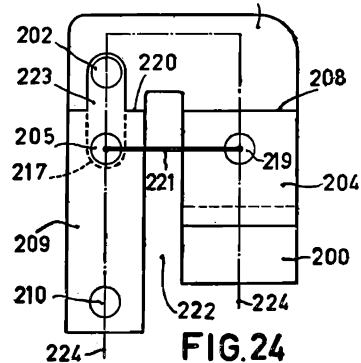


FIG. 24