



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

212292

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
H 01 L 29/00

(22) Přihlášeno 18 03 74
(21) (PV 1941-74)

(40) Zveřejněno 31 07 81

(45) Vydáno 15 11 84

(72) Autor vynálezu YAGI HAJIME, TOKIO, TSUYUKI TADAHARU, KANAGAWA-KEN (Japonsko).
(73) Majitel patentu SONY CORPORATION, TOKIO (Japonsko)

(54) Polovodičové zařízení

1

Vynález se týká polovodičového zařízení s první polovodičovou oblastí prvního typu vodivosti, s druhou polovodičovou oblastí druhého typu vodivosti, která tvoří s první polovodičovou oblastí první přechod PN, s třetí oblastí prvního typu vodivosti, se čtvrtou polovodičovou oblastí druhého typu vodivosti, která tvoří s první polovodičovou oblastí druhý přechod PN, a s prostředky pro předpínání přechodu mezi první a druhou oblastí směrem dopředu a pro dopravování majoritních nosičů v první polovodičové oblasti do třetí oblasti.

Dosud bylo obvyklé opatřovat tranzistory silně dotovanou emitorovou oblastí. Jsou také již známy tranzistory, které jsou určeny pro vysokofrekvenční provoz a mají nízkou koncentraci příměsí v emitorové oblasti a v kolektorové oblasti. Takový tranzistor je popsán v pat. spisu USA č. 3 591 430. V tomto spisu je kromě toho navrhováno, aby značná část emitorové oblasti byla pokryta oblastí s vysokou koncentrací příměsí a právě tak kolektorová oblast byla pokryta druhou oblastí s vysokou koncentrací příměsí. V tomto spisu však není vysvětleno, že difúzní délka nebo difúzní hloubka minoritních nosičů musí být větší než šířka nebo rozsah emitorové oblasti, ani tam není uvedeno, že minoritní nosiče odražené zabudovaným polem mají v podstatě vyrovnávat difúzní proud vstřikovaných minoritních nosičů, tekoucích od báze emitorem.

Shora uvedený pat. spis USA také neuvádí, jak má být vytvořen definitivní profil nebo rozložení koncentrace příměsí, ani tam není řečeno, jakou šířku, popřípadě jaký rozsah má mít báze nebo emitor. Nejsou tam také udány podmínky pro epitaxiální růst (například teplota nebo srážená množství, popřípadě usazovaná množství a rychlosti). Je tam pouze zřejmě zmíněna podmínka předběžné difúze, avšak z toho nelze usoudit na definitivní strukturu.

Při výrobě dosavadních bipolárních tranzistorů bylo dosud obvyklé užít pro vytvoření přechodu emitor-báze techniky dvojí difúze. Z teoretického hlediska a také na základě pokusů se dotovací koncentrace pro emitor volí vyšší než pro bázi. Když se tento rozdíl zvětšuje, zvyšuje se také působení emitoru nebo jeho účinnost a blíží se jednotce. Vyšší dotování však zvětšuje vady mřížky a dislokace v polovodičovém substrátu. Následkem silné dotace klesá délka difúze nebo difúzní hloubka minoritních nosičů v dotované oblasti. Snížení dotace podobně jako u dosud známých provedení tranzistorů vede však k poklesu zisku.

Vynález proto vychází z úlohy vytvořit polovodičové zařízení, které by mělo značně dokonalejší charakteristické vlastnosti a které především by mělo velmi podstatně zvýšený činitel proudového zisku při silně zlepšených šumových charakteristikách. Přitom je především myšleno na polovodičové zařízení s mnoha přechody, které by při nepatrných odchylkách charakteristických vlastností v důsledku změněné teploty mělo současně vysoké průrazné napětí. Konečně je účelem vynálezu dimenzovat nové polovodičové zařízení tak, aby je bylo možné vyrábět a užívat jako integrovaný spínací obvod společně s dosavadními tranzistory, včetně doplňkových tranzistorů.

Daná úloha je u polovodičového zařízení podle vynálezu v podstatě řešena tak, že vzdálenost mezi prvním přechodem PN a druhým přechodem PN je menší než difúzní délka minoritních nosičů v první polovodičové oblasti.

Podle výhodného provedení vynálezu jsou druhá polovodičová oblast a čtvrtá polovodičová oblast elektricky spojeny a oba přechody PN probíhají na protilehlých stranách první polovodičové oblasti a jsou k sobě přilehlé.

Podle dalšího provedení vynálezu je difúzní délka minoritních nosičů mezi 50 a 100 μm a vzdálenost mezi oběma přechody PN je v rozmezí mezi 2 až 5 μm .

Tím se především dosáhne v podstatě rovnoměrné koncentrace minoritních nosičů napříč první polovodičové oblasti.

Polovodičové zařízení s mnoha přechody podle vynálezu má dále nepatrnou koncentraci příměsí v emitorové oblasti a má účinnou difúzní délku minoritních nosičů značně větší než je šířka emitorové oblasti. Toto polovodičové zařízení s několika přechody, jak se vyskytují například u bipolárního tranzistoru nebo tyristoru, je kombinováno se zabudovanou bariérou, která vytváří minoritní nosiče vstřikované do emitorové oblasti, které v podstatě vyrovnávají minoritní nosiče vstřikované do emitorové oblasti z oblasti báze, a tak udržují v podstatě plochý profil vstřikovaných minoritních nosičů. Koncentrace příměsí kolektorové oblasti se zvolí nízká, aby se zaručilo vysoké průrazné napětí.

Pro dosavadní tranzistory se předpokládá, že difúzní délka minoritních nosičů je velikostního řádu 1 až 2 μm . Pro polovodičové zařízení s mnoha přechody podle vynálezu je naproti tomu difúzní délka minoritních nosičů 50 až 100 μm . Stupeň zesílení dosavadního tranzistoru je obvykle přibližně 500, kdežto u polovodičového zařízení podle vynálezu lze dosáhnout hodnot 3 000 nebo vyšší.

Lze tedy konstatovat toto: vynález vytváří polovodičové zařízení s mnoha přechody, které má vysokou hodnotu h_{FE} stupně proudového zesílení při nepatrné hodnotě šumu. Toto polovodičové zařízení má nepatrnou koncentraci příměsí v emitorové oblasti a takovou difúzní délku minoritních nosičů, která je značně větší než šířka emitoru a při které se nastaví pouze rekombinační rychlost.

Vynález bude popsán na několika provedeních v souvislosti s výkresy. Obr. 1 znázorňuje částečný řez tranzistorem NPN podle vynálezu. Obr. 2 je příklad profilu příměsí pro polovodičové zařízení podle obr. 1, jakož i nárys koncentrace minoritních nosičů v emitorové oblasti. Obr. 3 je částečný řez integrovaným obvodem v podobě čipu a tranzistorem NPN podle

vynálezu a přidavným tranzistorem PNP obvyklé konstrukce, jež oba společně tvoří doplňkovou dvojici tranzistorů v integrovaném čipovém obvodu. Obr. 4, 5 a 6 jsou v částečném řezu podobné pohledy jako v obr. 1 pro jiná provedení vynálezu. Obr. 7 znázorňuje graficky ve funkci kolektorového proudu zesílení h_{FE} emitorového proudu pro emitor vztažený na masu. Obr. 8 znázorňuje činitel šumu jako funkci kmitočtu při vstupní impedanci 1 000 ohmů. Obr. 9 znázorňuje činitele šumu jako funkci kmitočtu při vstupní impedanci 30 ohmů. Obr. 10 znázorňuje hodnotu šumu pro ozřejmění činitele šumu ve funkci kolektorového proudu. Obr. 11 znázorňuje graficky průběh činitele Δh_{FE} v závislosti na teplotě.

Jako výhodné provedení vynálezu je v obr. 1 znázorněn tranzistor NPN. Substrát 1, zejména křemíkový substrát, je silně dotován příměsími typu N, v případě křemíkového substrátu je tento substrát silně dotován antimonem. Koncentrace dotace je s výhodou $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. To dává specifický odpor přibližně 0,01 ohm.cm. Bylo zjištěno, že tato hodnota při uvedeném dotování může kolísat mezi 0,008 a 0,012 ohm.cm. Tloušťka substrátu 1 je s výhodou přibližně 250 μm .

Epitaxiální vrstva 2 z křemíku typu N^- se na substrátu 1 vytvoří za účelem použití jako kolektor společně se substrátem typu N^+ . Epitaxiální vrstva 2 je poměrně slabě dotována antimonem, avšak přece do té míry, aby se dosáhlo dotovací koncentrace $7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$. Specifický odpor je přitom 8 až 10 ohm.cm. Epitaxiální vrstva má s výhodou tloušťku 20 μm .

Potom se na vrstvě 2 typu N^- vytvoří jako aktivní báze pro tranzistor epitaxiální vrstva 3, tj. druhá polovodičová oblast, z křemíku typu P^- . Jako příměsí, popřípadě donoru lze užít boru v tak dostatečném množství, že se dostane dotovací koncentrace $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Specifický odpor přitom je 1,5 ohm.cm. Tloušťka vrstvy 3 je přibližně 5 μm .

Potom se na vrstvě 3 typu P^- vytvoří jako emitor křemíková epitaxní vrstva 4, z křemíku typu N^- . Tato vrstva 4 je slabě dotována antimonem, přičemž koncentrace dotování je přibližně $5,5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Specifický odpor je asi 1 ohm.cm. Tloušťka této vrstvy 4 je přibližně 2 až 5 μm . Na vrstvě 4 typu N^- se pak jako kontaktní emitorová oblast nanese difúzní vrstva typu N. Tato vrstva 5 je dotována fosforem, přičemž plošná koncentrace příměsí je $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ a hloubka vrstvy je asi 1,0 μm .

Pak se jako obal pro kolektorovou oblast vytvoří silně dotovaná difúzní oblast 6, která proniká vrstvou 3 báze typu P^- až do kolektorové vrstvy 2 typu N^- . Jako příměsí se užije fosforu a dotování má plošnou koncentraci přibližně $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Difundovaná oblast 7 typu P proniká emitorovou vrstvou 4 typu N^- do vrstvy 3 báze typu P^- , která obklopuje a ohraničuje emitor 4. Jako příměsí je užito boru, přičemž se dostane plošná koncentrace $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Difundovaná oblast 8 typu P se v oblasti 7 vytvoří jako kontaktní oblast báze, přičemž difundovaná oblast 8 je silně dotována borem a má plošnou koncentraci přibližně $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Hloubka vniknutí oblasti 8 je přibližně 1,8 μm .

Horní plochu zařízení obklopuje pasivující vrstva 9 z kysličníku křemičitého.

Na substrátu 1 typu N^+ je vytvořena kolektorová elektroda 2 sestávající z hliníku. Na kontaktní oblasti 8 báze je umístěna elektroda 10 báze z hliníku. Na emitorové oblasti 5 je vytvořena emitorová elektroda 11 z hliníku. Do emitoru 4 typu N^- je vdifundována oblast 200 typu P, tj. čtvrtá polovodičová vrstva, aby se vytvořil přechod PN mezi touto oblastí a emitem 4. Oblast 200 je dotována borem a vytvoří se současně při vytváření kontaktní oblasti báze. Koncentrace dotace je $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ a hloubka vrstvy 200 je asi 1,8 μm .

Z hořejšího vyplývá, že vrstva 2 typu N^- a vrstva 3 typu P^- tvoří přechod 12 kolektor-báze. Vrstva 3 typu P^- a vrstva 4 typu N^- tvoří první přechod 13 emitor-báze a vrstva 4 typu N^- a přidavná oblast 200 typu P tvoří, jak již uvedeno, přidavný druhý přechod 14 typu PN. Odstup mezi prvním přechodem 13 emitor-báze a přidavným druhým přechodem 14 typu PN je s výhodou 2 až 5 μm .

Obr. 3 znázorňuje druhé provedení vynálezu, u něhož tranzistor NPN podle obr. 1 je upraven v integrovaném obvodu s jinými polovodičovými prvky, například s tranzistorem PNP. Znárodný integrovaný obvod má dva různé typy tranzistorů, například jako doplňkové tranzistory tranzistor 21 typu NPN a tranzistor 22 typu PNP. Tyto oba tranzistory se vytvoří v křemíkovém substrátu 20 typu P. Jak již bylo vysvětleno v souvislosti s obr. 1, má tranzistor 21 typu NPN silně dotovanou kolektorovou oblast 1, málo dotovanou kolektorovou oblast 2, slabě dotovanou oblast 3 báze, slabě dotovaný emitor 4, silně dotovanou emitorovou kontaktní oblast 5, kolektorovou připojovací oblast 6, kolektorovou kontaktní oblast 15, připojovací oblast 7 báze, kontaktní oblast 8 báze, přídavnou oblast 200, kolektorovou elektrodu 9, elektrodu 10 báze a emitorovou elektrodu 11.

Tranzistor 22 typu PNP má kolektor 33 typu P⁻, bázi 34 typu N⁻, emitor 38 typu P, kolektorovou připojku 37 typu P, kolektorovou oblast 48 typu P⁺, kontaktní oblast 35 báze typu N⁺, kolektorovou elektrodu 39, elektrodu 40 báze a emitorovou elektrodu 41.

Tranzistory 21 a 22 jsou navzájem elektricky izolovány přechody PN. Izolační oblast 50 typu P je spojena se substrátem 20 typu P a obklopuje tranzistor 21 typu NPN, popřípadě tranzistor 22 typu PNP.

Tři oblasti 31, 32 a 36 typu N tvoří pohárkovitou izolační oblast, která obklopuje pouze tranzistor 22 typu PNP. V tomto integrovaném obvodu se současně vytvoří velký počet dvojic nebo trojic, například se vytvoří oblasti 1 a 3 typu N⁺ selektivní difúzí do substrátu 20 typu P. Oblasti 2 a 32 typu N⁻ se vytvoří epitaxiálním růstem. Oblast 3 typu P⁻ tranzistoru 21 typu NPN a oblast 33 typu P⁻ tranzistoru 22 typu PNP se vytvoří buď epitaxiálním růstem nebo selektivní difúzí. Oblast 4 typu N⁻ tranzistoru 21 typu NPN a oblast 34 typu N⁻ tranzistoru 22 typu PNP se vytvoří epitaxiálním růstem. Oblasti 6 a 36 typu N⁺ se vytvoří difúzí. Oblasti 7 a 37 typu P se vytvoří difúzí typu P. Oblast 8 typu P⁺ tranzistoru 21 typu NPN, přídavná oblast 200 tranzistoru 21 a oblast 38 typu P⁺ tranzistoru 22 typu PNP se vytvoří difúzí typu P. Oblasti 2, 15 a 35 typu N⁺ se vytvoří difúzí.

Obr. 4 znázorňuje třetí provedení vynálezu, u něhož je přídavná oblast 201 spojena s připojnou oblastí 7 báze a s bází 3. Elektroda 10 báze nemůže být umístěna pouze na připojné oblasti 7 báze, nýbrž kromě toho na přídavné oblasti 201. Efektivní odpor báze se sníží, jelikož díry jsou k bázi 3 dopravovány jak přes emitor 4, tak i přes připojnou oblast 7 báze.

Obr. 5 znázorňuje čtvrté provedení vynálezu, u něhož je na povrchu slabě dotovaného emitoru 4 nanesen útvar "MIS" (metal-insulator-semiconductor, tj. kov-izolátor-polovodič). Hradlová elektroda 47 z hliníku a vrstva 41 z kyslíčnicku křemičitého tvoří společně s emitem 4 útvar MIS. Připojením určitého napětí na hradlovou elektrodu 42 vznikne pod izolující vrstvou 41 bariéra 202. Z toho vznikne hradlicí vrstva, ochuzená vrstva nebo obohacená vrstva.

Obr. 6 znázorňuje páté provedení vynálezu, u něhož se na povrchu slabě dotovaného emitoru 4 vytvoří Schottkyho bariérová vrstva 203. K vytvoření Schottkyho bariérové vrstvy se na emitor 4 typu N⁻ uloží vhodný kov 51, například platina.

Obr. 2 znázorňuje profil příměsí a koncentrací minoritních nosičů emitoru zařízení podle obr. 1. Horní část vyobrazení ukazuje křemíkový substrát 1 dotovaný N⁺, kolektor 2 typu N⁻, bázi 3 typu P⁻, emitor 4 a oblast 200 typu P. Koncentrace příměsí z každé z těchto oblastí je nanášena ve středním úseku vyobrazení, zatímco v dolní části je znázorněna koncentrace vstříknutých minoritních nosičů v emitoru, což jsou kombinované vstříknuté minoritní nosiče z oblasti 3 báze, z oblasti přechodu PN, který odděluje oblast 200 typu PN od emitoru 4. Šikmá čára 101 naznačuje složku minoritních nosičů vstříkovanou z prvního přechodu 13 emitor-báze, zatímco šikmá čára 102 znázorňuje složku způsobenou proudem vstříkovaných minoritních nosičů z přídavného druhého přechodu 14. Jelikož vstříkované minoritní

nosiče proudí v opačných směrech, projeví se výsledek jako v podstatě plochá nebo rovinná čára 103. Tento charakteristický znak je především příčinou toho, že v zařízení je velmi nízká úroveň šumu při velmi vysokém zesílení h_{FE} . Aby to bylo podrobněji vysvětleno, je třeba poznamenat, že minoritní nosiče (díry), které jsou vstřikovány prvním přechodem 13 emitor-báze, dostávají se k přidavnému druhému přechodu 14, aby vstoupily do přidavné oblasti 200. Kromě toho vstřikuje také oblast 200 typu P díry do emitoru 4 typu N^- a tyto díry procházejí emitorem a přicházejí k prvnímu přechodu 13 emitor-báze, jelikož šířka emitoru, tj. W_E , je menší než difúzní délka v emitoru 4 typu N^- . Je-li vstřikování děr z oblasti 200 typu P dosti veliké, kompenzuje proud děr od přidavného druhého přechodu 14 k prvnímu přechodu 13 děrový proud od prvního přechodu 13 k přidavnému druhému přechodu 14. Tato kompenzace vede v podstatě k plochému rozložení děr v emitoru typu N^- a snižuje proud děr od báze 3 k emitoru 4.

Uspořádání vysvětlené v souvislosti s obr. 1 dává při nepatrném šumu vysokou hodnotu koeficientu h_{FE} . Pro vysvětlení tohoto získaného výsledku budiž především poznamenáno, že zesílením emitorového proudu (h_{FE}) pro emitor vztažený na masu je jedním z nejdůležitějších parametrů tranzistoru. Tato veličina je obecně dána vztahem

$$h_{FE} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (1)$$

kde α je proudový zisk pro bázi spojenou s masou. Proudový zisk α je dán vztahem

$$\alpha = \alpha^x \cdot \beta \cdot \gamma \quad (2)$$

kde α^x je násobící poměr kolektoru, β je přenášecí činitel báze a γ účinnost emitoru.

Například pro tranzistor typu NPN je účinnost emitoru dána vztahem

$$\gamma = \frac{J_n}{J_n + J_p} = \frac{1}{1 + J_p/J_n} \quad (3)$$

kde J_n označuje hustotu elektronového proudu daného elektrony vstřikovanými od emitoru k bázi přes přechod emitor-báze a J_p je hustota proudu oněch děr, které jsou přes stejný přechod vstřikovány v opačném směru od báze k emitoru.

Snížení hodnoty J_p vede k tomu, že hodnota pro γ podle rovnice (3) je přibližně jednotka, hodnota pro α podle rovnice (2) je velmi vysoká a hodnota pro h_{FE} podle rovnice (1) se rovněž velice zvětší.

Nízké hodnoty činitele šumu se dají vysvětlit takto:

Mřížková vada nebo dislokace se silně snižují, jelikož přechod 13 emitor-báze je vytvořen slabě dotovaným emitorem 4 a rovněž slabě dotovanou bází 3. Koncentrace příměsí nízko dotovaného emitoru 4 měla by s ohledem na činitel šumu, na životnost τ_p a na difúzní délku L_p minoritních nosičů být omezena na hodnotu, která je poněkud menší než 10^{18} cm^{-3} .

Vysoké zesílení emitorového proudu (h_{FE}) při emitoru vztaženém na masu pro zařízení podle obr. 1 je v obr. 7 znázorněno dvěma křivkami 104 a 105. Obě křivky reprodukuji pokusné hodnoty, které byly získány na dvou různých tranzistorech. Rozdíly v obou křivkách vyplývají pouze z různé rovinné konfigurace emitoru. Obě křivky však jeví velmi vysoké zesílení emitorového proudu.

Obr. 8 znázorňuje šumovou charakteristiku ve funkci kmitočtu pro zařízení podle obr. 1,

když vstupní impedance je 1 000 ohmů, kolektorový proud je 1 mA a předpětí kolektoru a emitoru je 6 voltů. Hodnota činitele šumu je naznačena čarou 106. Naproti tomu znázorňuje křivka 107 činitel šumu pro typický dosavadní tranzistor s mimořádně nízkými hodnotami šumu.

Obr. 9 je podobné znázornění jako obr. 8, přičemž křivka 108 znázorňuje chování zařízení podle obr. 1 a křivka 109 činitel šumu pro známé polovodičové zařízení. Křivky na obr. 9 jsou vztaženy na vstupní impedanci 30 ohmů, přičemž však kolektorový proud a napětí mezi kolektorem a emitorem jsou stejné jako v případě znázorněném v obr. 8.

Obr. 10 znázorňuje šumový diagram pro typický známý tranzistor a pro zařízení podle obr. 1, přičemž křivka 110 reprodukuje poměry u typického známého polovodičového zařízení a křivka 111 poměry u zařízení podle obr. 1. Obě znázornění se vztahují na šumovou hodnotu 3 dB.

Obr. 11 konečně znázorňuje hodnoty závislosti Δh_{FE} na teplotě.

Toto znázornění je jasné bez dalšího vysvětlování, poukáže-li se na to, že čára 112 se týká známého zařízení a čára 113 polovodičového zařízení podle obr. 1.

Při pozorování a srovnání obr. 7, 8, 9, 10 a 11 je odborníkovi ihned jasné, že vynálezem bylo docíleno zcela podstatného zdokonalení oproti známému stavu techniky.

Výrazu "v podstatě plochý", kterého bylo použito pro popsání poměrů koncentrace minoritních nosičů na aktivní oblasti emitoru, je třeba rozumět tak, že kombinovaná hodnota minoritních nosičů vstříkovaných z aktivní oblasti báze do aktivní emitorové oblasti a minoritních nosičů pohybujících se v emitoru v důsledku zabudovaného pole v opačném směru, je v aktivní oblasti emitoru poměrně ve stejné úrovni. To je pro emitorovou část v obr. 2 reprodukováno čarou 103, která probíhá v podstatě vodorovně.

U předmětu vynálezu se dosáhne nízké povrchové rekombinační rychlosti nejen v důsledku shora uvedené bariéry, nýbrž také v důsledku pole zabudovaného v emitoru. Vysvětlení tohoto jevu je toto: hustota J_n elektronového proudu je dána vztahem

$$J_n = \frac{q \cdot D_n \cdot n_p}{L_n} \cdot \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \quad (4)$$

Hustota proudu děr naproti tomu je dána vztahem

$$J_p = \frac{q \cdot D_p \cdot P_n}{L_p} \cdot \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \quad (5)$$

kde L_n je difúzní délka elektronů v bázi typu P, L_p je difúzní délka děr v emitoru typu N^- , D_n je konstanta difúze elektronů, D_p je difúzní konstanta děr, n_p je koncentrace minoritních elektronů v bázi typu P v rovnovážném stavu, P_n je koncentrace minoritních děr v emitoru typu P v rovnovážném stavu, V je napětí připojené na přechod emitor-báze, T je teplota, q je náboj elektronů a k je Boltzmannova konstanta.

Hodnota δ poměru J_p a J_n je dána vztahem:

$$\delta = \frac{J_p}{J_n} = \frac{L_n}{L_p} \cdot \frac{D_p}{D_n} \cdot \frac{P_n}{n_p} \quad (6)$$

z toho dále vyplývá

$$\delta = \frac{W}{L_p} \cdot \frac{D_p}{D_n} \cdot \frac{N_A}{N_D} \quad (7)$$

Jestliže se do obou poměrů dosadí, vyplývá

$$\frac{P_n}{n_p} = \frac{N_A}{N_D}$$

kde N_A označuje koncentraci příměsí v oblasti báze, N_D koncentraci příměsí v emitorové oblasti a W šířku báze, která v oblasti báze omezuje difúzní délku L_n elektronů.

Difúzní konstanty D_n a D_p pro nosiče jsou funkcemi pohyblivosti nosičů a teploty a mohou být v podstatě předpokládány konstantní.

Zabudované pole se v emitoru vytvoří mezi slabě dotovanou vrstvou 4 a silně dotovanou vrstvou 2 a působí v takovém směru, že proud děr od prvního přechodu 13 emitor-báze se odráží k druhému přechodu 14. Je-li zabudované pole dostatečně veliké, kompenzuje se difúzní proud děr směrem k vrstvě 2 a stane se přibližně rovným driftovému proudu děr vyvozanému polem.

Přídavná bariéra a zabudované pole přispívají tedy k tomu, aby bylo na mezilehlé ploše dosaženo nízké rekombinační rychlosti, tj. hodnota pro L_p v rovnici (7) není omezena šířkou emitoru, popř. jeho rozsahem.

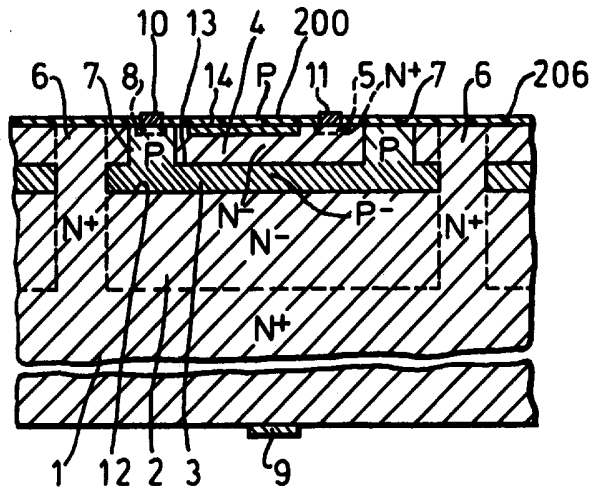
I když je vynález v souvislosti s obr. 1 vysvětlen pro případ tranzistoru NPN, je pro odborníka snadné provést příslušnou konstrukci i pro tranzistor PNP a pro jeho charakteristické faktory. Je vhodné také poukázat na to, že vynálezu lze s výhodou použít také u polovodičového tyristoru typu NPNP.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polovodičové zařízení s první polovodičovou oblastí prvního typu vodivosti, s druhou polovodičovou oblastí druhého typu vodivosti, která tvoří s první polovodičovou oblastí první přechod PN, s třetí oblastí prvního typu vodivosti, se čtvrtou polovodičovou oblastí druhého typu vodivosti, která tvoří s první polovodičovou oblastí druhý přechod PN, a s prostředky pro předpínání přechodu mezi první a druhou oblastí směrem dopředu a pro dopravování majoritních nosičů v první polovodičové oblasti do třetí oblasti, vyznačující se tím, že vzdálenost mezi prvním přechodem PN (13) a druhým přechodem PN (14) je menší než difúzní délka minoritních nosičů v první polovodičové oblasti (4).

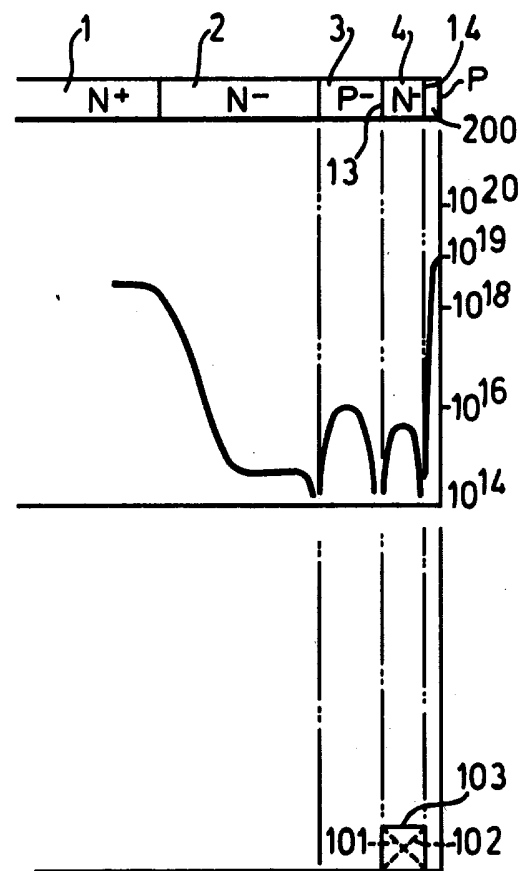
2. Polovodičové zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že druhá polovodičová oblast (3) a čtvrtá polovodičová oblast (200) jsou elektricky spojeny a že oba přechody PN (13 a 14) probíhají na protilehlých stranách první polovodičové oblasti (4) a jsou k sobě přilehlé.

3. Polovodičové zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že difúzní délka minoritních nosičů je mezi 50 a 100 μm a vzdálenost mezi oběma přechody PN (13, 14) je v rozmezí mezi 2 až 5 μm .

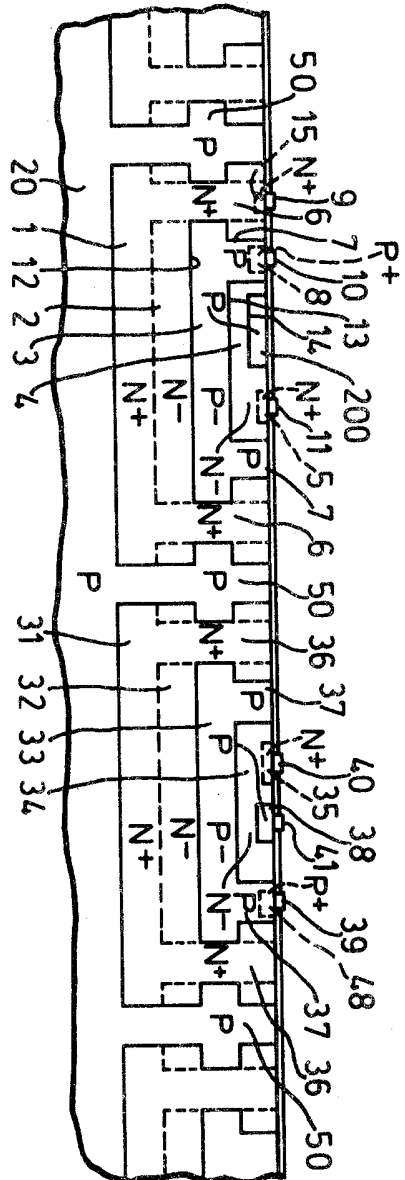


0br. 1

0br. 2



Ob. 3



Ob. 4

