



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 21 07 72

(21) (PV 5204—72)

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno 30 04 82

201581
(11) (B1)

(51) Int. Cl³

H 01 L 11/10

21/82

(75)

Autor vynálezu

VALČÍK OTTO ing. CSc., PRAHA

(54) Řídicí vrstva čtyřvrstvé nebo vícevrstvé polovodičové součástky a způsob její výroby

Předmětem vynálezu je řešení řídicí vrstvy čtyřvrstvé nebo vícevrstvé polovodičové součástky vytvořené na bázi monokrystalického materiálu a způsob její výroby.

Známá řešení čtyřvrstvých a vícevrstvých součástek, zejména tyristorů, používají jednoduchý koncentrační profil aktivních příměsí v řídicí vrstvě, získaný difúzí vhodně volené aktivní příměsí. Takové řešení vede buď k velikému koncentračnímu gradientu na blokovacím PN přechodu a následně se získává relativně menší blokovací napětí, nebo k malému koncentračnímu gradientu a následně potom malé účinnosti emitorových mikrosvodů, což vede ke špatné teplotní závislosti, malému du/dt a snížení úrovně napětí vlivem špatné závislosti proudového zisku celé soustavy.

Uvedené nedostatky je možno odstranit řídicí vrstvou podle vynálezu, která je tvořena nízkokoncentrační oblastí a vysokokoncentrační oblastí, přičemž nízkokoncentrační oblast sousedící s vysokokoncentrační oblastí zaujímá takovou šířku, při které je celkové množství aktivních příměsí v této oblasti větší nebo rovno množství aktivních příměsí v bázi, přičemž vysokokoncentrační oblast má koncentraci aktivních příměsí menší nebo rovnou 1/50 povrchové koncentrace aktivních příměsí v emitorové vrstvě a na

rozhraní s nízkokoncentrační oblastí je gradient koncentrace aktivních příměsí větší než 10^{18}cm^{-4} . Šířka vysokokoncentrační oblasti může být 15 – 60 μm . V monokrystalickém křemíku se nízkokoncentrační oblast vytváří difúzí hliníku, zatímco vysokokoncentrační oblast difúzí nebo epitaxiálním růstem boru nebo galia.

Šířka d vysokokoncentrační oblasti je složitou funkcí řady faktorů a je volena v závislosti na geometrii mikrosvodů tak, aby při nejvyšší požadované teplotě a rychlosti nárůstu blokovacího napětí bylo rozložení potenciálu podél přechodu PN mezi emitorovou vrstvou a vysokokoncentrační oblastí takové, že injekční účinnost tohoto přechodu PN je v celé ploše menší než je hodnota postačující k sepnutí. Tato podmínka je splněna pro

$$d \geq \frac{j \bar{\rho}}{2} \left[R_2^2 - R_1^2 \left(1 - 1u \frac{R_1}{R_2} \right) \right],$$

kde j — proudová hustota,
 $\bar{\rho}$ — střední měrný odpor ve vysokokoncentrační oblasti,
 R_2 — poloměr mikrosvodu a
 R_1 — polovina vzdálenosti mikrosvodů
Reálné hodnoty odpovídají šířce 30 až 60 μm .

Na připojeném obr. je znázorněn příklad provedení čtyřvrstvé struktury s koncentračním profilem aktivních příměsí podle vynálezu. Horní část a) obr. schematicky znázorňuje sled vrstev struktury a jejich zapojení mezi hlavní vývody součástky, dolní část b) obr. znázorňuje koncentrační profil aktivních příměsí podél celé struktury jako absolutní hodnotu rozdílu donorů a akceptorů. Šrafováním je rozlišen typ elektrické vodivosti vrstev.

Řídicí vrstva **1** je rozdělena na dvě oblasti: nízkokoncentrační oblast **11** sousedící s bází **2** a vysokokoncentrační oblast **12** sousedící s emitorovou vrstvou **3** s mikrosvodou **M**. Nízkokoncentrační oblast **11** se vyznačuje minimálním gradientem koncentrace aktivních příměsí **a1**, zejména poblíž přechodu PN mezi touto oblastí a bází **2**. Velikost gradientu koncentrace aktivních příměsí **a1** je volena v souladu s koncentrací aktivních příměsí v bází **2** a s potřebným mezním blokovačím napětím. Šířka nízkokoncentrační oblasti **11** je volena tak, aby byla přibližně rovna oblasti prostorového náboje při přiloženém maximálním blokovačím napětí. Tato podmínka odpovídá přibližně šířce, při níž je celková koncentrace aktivních příměsí nízkokoncentrační oblasti **11** rovna celkové koncentraci aktivních příměsí v bází **2**. Vyskokoncentrační oblast **12** je potřeba volit tak, aby koncentrace **N1** podél celé vrstvy byla maximální a konstantní nebo pozvolně klesající, nejvýše však rovná povrchové koncentraci **N03** emitorové vrstvy **3**. Gradient koncentrace aktivních příměsí **a2** ve vysokokoncentrační oblasti **12** na rozhraní nízkokoncentrační oblasti **11** je vhodné volit maximální a větší než 10^{18}cm^{-4} . S bází **2** dále sousedí další emitorová vrstva **4**. Znázorněná čtyřvrstvá struktura je opatřena vnějšími elektrickými kontakty **51**, **61**, které jsou připojeny k hlavním vývodům **5**, **6** součástky.

Výše popsaným uspořádáním je dosaženo maximální efektivity mikrosvodu **M** při minimální šířce vysokokoncentrační oblasti **12**. Šířku vysokokoncentrační oblasti **12** je nutno volit v závislosti na geometrii mikrosvodu **M** tak, aby při nejvyšší požadované teplotě a rychlosti nárůstu blokovačím napětím bylo rozložení potenciálu podél přechodu PN mezi emitorovou vrstvou **3** a vysokokoncentrační oblastí **12** takové, že injekční účinnost tohoto přechodu PN je v celé ploše menší, než je hodnota postačující k sepnutí struktury.

Popsaný koncentrační profil lze vytvořit kombinovanou difúzí nebo kombinací difúze a epitaxiálního růstu. V případě křemíku se základní vodivostí typu N je vhodná například kombinovaná difúze hliníku a galia nebo boru. Ideálního, téměř obdélníkového koncentračního profilu vysokokoncentrační oblasti **12** lze dosáhnout například epitaxiálním růstem.

Rozdělením řídicí vrstvy na dvě části a

řešením koncentračního profilu podle vynálezu je umožněno jednak vhodně upravit průběh intenzity elektrického pole v oblasti prostorového náboje v okolí přechodu PN mezi bází a řídicí vrstvou a dosáhnout tak maximálních blokovačích napětí, jednak zvýšit účinnost mikrosvodů a tím zamezit nežádoucímu sepnutí v důsledku zvýšení teploty, rychlého nárůstu blokovačím napětím nebo jiných vlivů. Zvýšení provozní teploty může vést k případnému zvýšení proudové zatížitelnosti součástky.

Příklad

Pro případ křemíkového tyristoru je možno řídicí vrstvu podle vynálezu rozdělit na nízkokoncentrační a vysokokoncentrační oblast vhodnou volbou výrobního postupu, při němž je nízkokoncentrační oblast vytvořena difúzí hliníku, zatímco vysokokoncentrační oblast následnou difúzí galia a fosforu. Protože dosažitelná povrchová koncentrace fosforu v křemíku leží při dále uvedeném postupu v úrovni 10^{20} až 10^{21}cm^{-3} , je vhodné volit povrchovou koncentraci galia v úrovni pod 2 až $6 \cdot 10^{18}\text{cm}^{-3}$, přitom ale co nejvyšší. Pro dosažení potřebného gradientu koncentrace aktivních příměsí, konkrétně hliníku, na přechodu PN mezi řídicí vrstvou a bází tyristoru je vhodné, aby hloubka tohoto přechodu byla zhruba nad $70\text{ }\mu\text{m}$. Protože povrchová koncentrace hliníku je obvykle v úrovni 3 až $6 \cdot 10^{16}\text{cm}^{-3}$ a potřebná tloušťka emitorové vrstvy je 10 až $20\text{ }\mu\text{m}$, je potřeba, aby rozhraní nízkokoncentrační a vysokokoncentrační oblasti řídicí vrstvy leželo v hloubce větší než 20 až $30\text{ }\mu\text{m}$, přitom co nejhlouběji. Konkrétní výrobní postup tyristoru a uspořádání řídicí vrstvy, potom lze charakterizovat jako příklad následovně:

- difúze hliníku z lihového nebo vodního roztoku $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ při teplotě cca 1250 až 1320°C po dobu 13 až 7 hod.,
- difúze galia ze slitiny galium-křemík nebo Ga_2O_3 při teplotě 1200 až 1320°C po dobu 6 až 3 hod., přičemž teplota difúzantu je zhruba 1050 až 1180°C ,
- jednostranná difúze boru při teplotě cca 1230 až 1250°C po dobu zhruba 3 až 1 hod.,

— jednostranná difúze fosforu z P_2O_5 nebo niklfosforové vrstvy při teplotě cca 1230 až 1300°C po dobu zhruba 2 až $1,5$ hod.

Tím vznikne struktura řídicí vrstvy o celkové tloušťce 55 až $100\text{ }\mu\text{m}$, u níž je splněna zásadní podmínka, že v žádném místě řídicí vrstvy není koncentrace vyšší než $1/50$ povrchové koncentrace emitorové vrstvy, a přitom se vyznačuje jak vysokou efektivností mikrosvodů, respektive vysokou odolností proti du/dt , vysokou provozní teplotou a nízkou vypínací dobou i odolností proti di/dt , tak nízkým gradientem koncentrace aktivních příměsí potřebným pro dosažení vysokých blokovačích napětí.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Řídicí vrstva čtyřvrstvé nebo vícevrstvé polovodičové součástky se střídavým typem vodivosti a mikrosvody na přechodu PN mezi emitorovou vrstvou a řídicí vrstvou, vyznačená tím, že je tvořena nízkokoncentrační oblastí (11) a vysokokoncentrační oblastí (12), přičemž nízkokoncentrační oblast (11) sousedící s vysokohmickou bází (2) zaujímá takovou šířku, při které je celkové množství aktivních příměsí v této oblasti větší nebo rovno množství aktivních příměsí v bázi (2), přičemž vysokokoncentrační oblast (12) má koncentraci aktivních příměsí menší nebo rovnou 1/50 povrchové koncentrace aktivních příměsí v emitorové vrstvě (3) a na rozhraní s nízkokoncentrační oblastí (11) je gradient koncentrace aktivních příměsí větší než 10^{18}cm^{-4} .
2. Řídicí vrstva podle bodu 1, vyznačená tím, že šířka vysokokoncentrační oblasti (12) je 15 až 60 μm .
3. Způsob výroby řídicí vrstvy podle bodu 1 a 2, vyznačený tím, že v monokrystalickém křemíku se nízkokoncentrační oblast vytváří difúzí hliníku, zatímco vysokokoncentrační oblast difúzí nebo epitaxiálním růstem boru nebo galia.

2 výkresy

