



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

229 728

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita

(22) Přihlášeno 15 03 82

(21) PV 1783-82

(51) Int. Cl.³

H 01 L 29/08

(40) Zveřejněno 28 10 83

(45) Vydáno 01 05 86

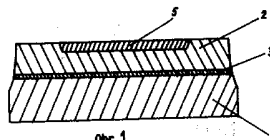
(75)
Autor vynálezu

BOŘEK PETR, STŘÍTEŽ NAD BEČVOU,
VODIČKA JIŘÍ ing., ROŽNOV POD RADHOŠTĚM

(54)

Uspořádání struktury výkonového tranzistoru

Účelem vynálezu je zvýšení odolnosti výkonového tranzistoru proti druhému průrazu. Uvedeného účelu se dosáhne uspořádáním struktury výkonového tranzistoru, které spočívá v tom, že v bázevé vrstvě je umístěna další vrstva stejného typu elektrické vodivosti jako má bázevá vrstva, ale s vyšší koncentrací aktivních příměsí než má bázevá vrstva. Tloušťka této další vrstvy je menší než tloušťka bázevé vrstvy a tato další vrstva buď přímo tvoří kolektory P-N přechod nebo se nachází v jeho blízkosti, přičemž vzdálenost této další vrstvy od kolektorového P-N přechodu je menší než vzdálenost této vrstvy od emitorového P-N přechodu. Kromě uvedených znaků předmětu vynálezu existují i další možné varianty. Vynález lze využít především u výkonových tranzistorů.



Vynález se týká uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází, které řeší problém odolnosti proti druhému průrazu.

Charakteristickým parametrem výkonového tranzistoru je maximální kolektorová ztráta, což je v podstatě výkon, který se při provozu tranzistoru mění v teplo a který je dán velikostí procházejícího proudu kolektorovým přechodem při určitém napětí mezi kolektorem a emitorem. Maximální velikost tohoto výkonu je závislá na konstrukčním uspořádání výkonového tranzistoru jako celku, přičemž se klade největší důraz na dokonalý odvod tepla z polovodičového čipu do okolního prostředí. Pro danou velikost polovodičového čipu výkonového tranzistoru a zvolené konstrukční uspořádání je však velikost maximálního výkonu závislá i na velikosti napětí mezi kolektorem a emitorem, a to tak, že s rostoucí velikostí tohoto napětí se maximální výkon snižuje. Snížení výkonu je způsobeno tzv. druhým průrazem. Mechanismus druhého průrazu je obvykle vysvětlován tak, že v důsledku geometrických rozměrů aktivní báze výkonového tranzistoru dochází k nerovnoměrnému rozložení proudu, procházejícího kolektorovým přechodem. Toto nerovnoměrné rozložení proudu je způsobeno existencí příčného elektrického pole v bázi, které vzniká průchodem bázevého proudu. Podle toho, zda výkonový tranzistor pracuje v režimu s kladným nebo se záporným vnějším předpětím báze, způsobuje příčné elektrické pole v bázi soustředování emitorového proudu buď na hrany nebo do středu emitorové vrstvy. Emitorový proud je tak koncentrován do úzkých svazků, které na odpovídajících místech kolektorového přechodu vytvářejí místa s vysokou proudovou hustotou a tudíž i s vysokou teplotou. Při vyšším napětí mezi kolektorem a emitorem se v důsledku rozšiřování oblasti prostorového náboje do bázevé vrstvy zmenšuje efektivní tloušťka aktivní báze,

což vede ke zvětšení příčného elektrického pole v bázevé vrstvě a tím i k větší koncentraci emitorového proudu ve svazcích, takže se na odpovídajících místech kolektorového přechodu podstatně zvyšuje proudová hustota a tím i teplota. Zejména u tranzistorových struktur s bázevou vrstvou o nízké koncentraci aktivních příměsí je tento jev výrazný. Zvýšení teploty v těchto horkých místech nad kritickou mez způsobí destrukci tranzistorové struktury.

Znamé způsoby zlepšení odolnosti proti druhému průrazu spočívají buď v omezení velikosti příčného pole aktivní vrstvy báze, např. zvýšením koncentrace aktivních příměsí v bázevé vrstvě nebo v omezení vlivu svazkování emitorového proudu na kolektorový přechod, např. zvětšením tloušťky aktivní bázevé vrstvy. Protože na vlastnostech aktivní bázevé vrstvy závisí řada dalších elektrických parametrů výkonového tranzistoru, dosahuje se zlepšení odolnosti proti druhému průrazu obvykle na úkor jiných elektrických parametrů, a to zejména proudových a dynamických parametrů výkonového tranzistoru.

Výše uvedené nedostatky jsou podstatně omezeny uspořádáním struktury výkonového tranzistoru podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že bázevá vrstva obsahuje další vrstvu téhož typu elektrické vodivosti, jako má bázevá vrstva, ale s vyšší koncentrací aktivních příměsí, než má bázevá vrstva, přičemž tloušťka této další vrstvy je menší, než tloušťka bázevé vrstvy. Tato další vrstva je uvnitř bázevé vrstvy umístěna tak, že buď tvoří s funkční kolektorovou vrstvou kolektorový P-N přechod, nebo je kolektorový P-N přechod vytvořen spojením bázevé vrstvy a kolektorové vrstvy a další vrstva je uvnitř bázevé vrstvy umístěna v blízkosti kolektorového P-N přechodu. Vzdálenost další vrstvy v bázevé vrstvě od kolektorového P-N přechodu je menší než vzdálenost této vrstvy od emitorového P-N přechodu. Koncentrace aktivních příměsí v povrchové vrstvě je vyšší nebo stejná jako v bázevé vrstvě, ale menší než v další vrstvě a tloušťka povrchové vrstvy je menší než tloušťka emitorové vrstvy. Další vrstva s vyšší koncentrací příměsí je plošně omezena na velikost srovnatelnou s průmětem aktivní oblasti báze ve vodorovné rovině. Bázevá vrstva má nerovnoměrné rozložení koncentrace aktivních příměsí, při němž se směrem od povrchu k další vrstvě koncentrace těchto příměsí zmenšuje.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že další vrstva s vysokou koncentrací aktivních příměsí výrazně zmenšuje rozšíření prostorového náboje v bázové vrstvě při vyšším napětí mezi kolektorem a emitorem, takže velikost příčného pole v bázi a tím i teplota horkých míst na kolektorovém P-N přechodu se s rostoucím napětím mezi kolektorem a emitorem téměř nemění. Kromě toho přítomnost vrstvy s vysokou koncentrací aktivních příměsí v těsné blízkosti kolektorového P-N přechodu zlepšuje rovnoměrnost v rozložení emitorového proudu, protože převážná část rekombinační složky bázevého proudu vzniká až v blízkosti kolektorového P-N přechodu. Dále se ukazuje, že svazkování emitorového proudu působením příčného elektrického pole v bázi je závislé i na koncentrací aktivních příměsí v bázové vrstvě v bezprostřední blízkosti emitorového přechodu. Proto je žádoucí, aby koncentrace aktivních příměsí v povrchové oblasti báze, t.j. v povrchové vrstvě byla co nejblíže koncentrací aktivních příměsí v bázové vrstvě.

Vynález výrazným způsobem zvyšuje odolnost výkonových tranzistorů s epitaxní bází proti druhému průrazu a omezuje tak nutnost redukce povolené kolektorové ztráty při vyšších napětích mezi kolektorem a emitorem při současném zachování výhodných proudových i dynamických parametrů výkonového tranzistoru.

Příklady uspořádání struktury výkonového tranzistoru podle vynálezu jsou na připojených obrázcích 1 až 4, kde na obr. 1 je řez strukturou výkonového tranzistoru s další vrstvou s vyšší koncentrací aktivních příměsí tvořící s kolektorovou funkční vrstvou kolektorový P-N přechod, na obr. 2 je řez strukturou výkonového tranzistoru, kde je vrstva s vyšší koncentrací aktivních příměsí v blízkosti kolektorového P-N přechodu, na obr. 3 je řez strukturou výkonového tranzistoru podle obr. 1, přičemž bázová vrstva je doplněna povrchovou vrstvou stejného typu elektrické vodivosti, na obr. 4 je řez strukturou výkonového tranzistoru podle obr. 1, kde je další vrstva s vyšší koncentrací příměsí plošně omezena průmětem aktivního povrchu báze v horizontální rovině.

Na obr. 1 je v řezu znázorněno uspořádání struktury výkonového tranzistoru, kde vrstva 1 představuje funkční kolektorovou vrstvu s koncentrací aktivních příměsí menší nebo stejnou jako má epitaxní bázová vrstva 2 s opačným typem elektrické vodivosti. Styk bázové vrstvy 2 s kolektorovou vrstvou 1 představující kolektorový P-N přechod je uskutečněn prostřednictvím další vrstvy 3

stejného typu elektrické vodivosti jako má bázevá vrstva 2, ale s vyšší koncentrací aktivních příměsí než má bázevá vrstva 2, přičemž tloušťka vrstvy 3 je menší, než tloušťka bázevé vrstvy 2. Vrstva 3 zaujímá celou plochu kolektorového P-N přechodu.

Na obr. 2 je v řezu znázorněno obdobné uspořádání struktury výkonového tranzistoru, ve kterém je vrstva 3 s vyšší koncentrací aktivních příměsí umístěna v bázevé vrstvě 2 tak, že se nachází v blízkosti kolektorového P-N přechodu.

Na obr. 3 je v řezu znázorněno obdobné uspořádání struktury výkonového tranzistoru, kde je proti uspořádání v obr. 1 a 2 povrchová vrstva báze doplněna další vrstvou 4 stejného typu elektrické vodivosti jako má bázevá vrstva 2, přičemž koncentrace aktivních příměsí ve vrstvě 4 je větší než v bázevé vrstvě 2, ale menší než ve vrstvě 3 a tloušťka této vrstvy 4 je menší než tloušťka emitorové vrstvy 5.

Na obr. 4 je v řezu znázorněno obdobné uspořádání struktury výkonového tranzistoru, kde je na rozdíl od obr. 1 až obr. 3 vrstva 3 plošně omezena průmětem aktivního povrchu báze, který představuje plošně omezená vrstva 4.

Další možnosti v uspořádání struktury výkonového tranzistoru vzniknou kombinací způsobů, uvedených v obr. 1 až obr. 4.

Vynález nalezne uplatnění především u výkonových tranzistorů s epitaxní bází pro všechny aplikace s vysokými nároky na odolnost proti druhému průrazu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

229 728

1. Uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází, sestávající z funkční kolektorové vrstvy o koncentraci aktivních příměsí menší nebo stejné jako má bázevá vrstva s opačným typem elektrické vodivosti, z povrchově obohacené bázevé vrstvy tvořící s funkční kolektorovou vrstvou kolektorový P-N přechod a z emitorové vrstvy, vytvářející s bázevou vrstvou emitorový P-N přechod, vyznačené tím, že bázevá vrstva /2/ obsahuje další vrstvu /3/ téhož typu elektrické vodivosti, jako má bázevá vrstva /2/, ale s vyšší koncentrací aktivních příměsí než má bázevá vrstva /2/, přičemž tloušťka této další vrstvy /3/ je menší než tloušťka bázevé vrstvy /2/ a tato další vrstva /3/ je uvnitř bázevé vrstvy /2/ umístěna tak, že buď tvoří s funkční kolektorovou vrstvou /1/ kolektorový P-N přechod, nebo je kolektorový P-N přechod vytvořen spojením bázevé vrstvy /2/ a kolektorové vrstvy /1/ a další vrstva /3/ je uvnitř bázevé vrstvy /2/ umístěna v blízkosti kolektorového P-N přechodu.
2. Uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází dle bodu 1, vyznačené tím, že vzdálenost další vrstvy /3/ v bázevé vrstvě /2/ od kolektorového P-N přechodu je menší než vzdálenost této vrstvy /3/ od emitorového P-N přechodu.
3. Uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází dle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že koncentrace aktivních příměsí v povrchové vrstvě /4/ je vyšší nebo stejná jako v bázevé vrstvě /2/, ale menší než v další vrstvě /3/ a tloušťka povrchové vrstvy /4/ je menší než tloušťka emitorové vrstvy /5/.
4. Uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází dle bodů 1 až 3, vyznačené tím, že další vrstva /3/ s vyšší koncentrací příměsí je plošně omezena na velikost srovnatelnou s průmětem aktivní oblasti báze /2/ ve vodorovné rovině.
5. Uspořádání struktury výkonového tranzistoru s epitaxní bází dle bodů 1 až 4, vyznačené tím, že bázevá vrstva /2/ má nerovnoměrné rozložení koncentrace aktivních příměsí, při němž se směrem od povrchu k další vrstvě /3/ koncentrace těchto příměsí zmenšuje.

