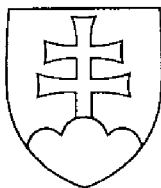


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) **SK**



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

PATENTOVÝ SPIS

- (21) Číslo prihlášky: **5024-2011**
(22) Dátum podania prihlášky: **29. 4. 2011**
(31) Číslo prioritnej prihlášky:
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky:
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority:
(40) Dátum zverejnenia prihlášky: **3. 12. 2012**
Vestník ÚPV SR č.: **12/2012**
(45) Dátum oznámenia o udelení patentu: **2. 5. 2018**
Vestník ÚPV SR č.: 05/2018
(47) Dátum sprístupnenia patentu verejnosti: **16. 4. 2018**
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(67) Číslo pôvodnej prihlášky úžitkového vzoru v prípade odbočenia:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(96) Číslo podania európskej patentovej prihlášky:

(11) Číslo dokumentu:

288552

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl. (2018.01):

H01L 29/00

H01L 27/00

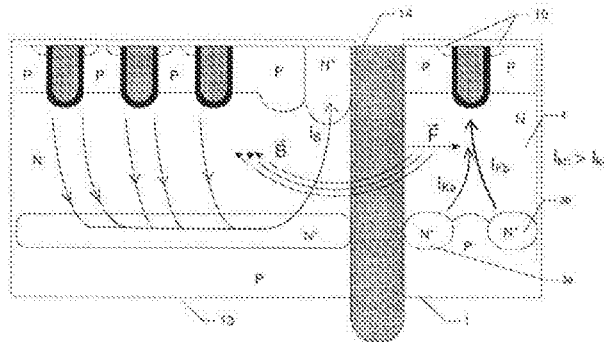
H01L 21/00

(73) Majiteľ: **Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava, SK;**
NanoDesign, s. r. o., Bratislava, SK;

(72) Pôvodca: **Donoval Martin, Ing., PhD., Bratislava, SK;**
Marek Juraj, Ing., PhD., Bratislava, SK;
Daříček Martin, Ing., PhD., Bratislava, SK;
Donoval Daniel, prof. Ing., DrSc., Bratislava, SK;
Stopjaková Viera, prof. Ing., PhD., Chorvátsky Grob, SK;

(54) Názov: **Magnetickým poľom ovládaný tranzistor a spôsob merania veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku**

(57) Anotácia:
Magnetickým poľom ovládaný tranzistor (1) na meranie veľkosti spínacieho prúdu elektronického výkonového prvku pomocou magnetického poľa generovaného spínaným prúdom s oblasťami (3a) a (3b) utopených kolektorov, oblasťou emitora (10) a hradla (6) na riadenie kolektorového prúdu I_K , pričom oblasti (3a) a (3b) utopených kolektorov sú navzájom oddelené, obsahuje vodivý kanál (8) orientovaný vertikálne vzhľadom na rovinu rozhrania epitaxnej vrstvy (4) a oblasti (P) jamy (5) a driftovú oblasť nachádzajúcu sa v epitaxnej vrstve (4) na odklon nosičov náboja vplyvom magnetického poľa. Pri meraní veľkosti spínaného prúdu sa snímajú jednotlivé zložky vertikálneho kolektorového prúdu magnetickým poľom ovládaného tranzistora (1) umiestneného v tesnej blízkosti výkonového prvku (13) oddeleného hlbokou priepaťou (14) pretekajúcej cez jednu oblasť (3a) utopeného kolektora a najmenej druhú oblasť (3b) utopeného kolektora do emitora (10) a následne sa vyhodnocujú pomery týchto vertikálnych prúdov. Magnetické pole B , generované vertikálnym výkonovým prvkom (13) smerujúce kolmo na rovinu definovanú priečnym rezom magnetickým poľom ovládaného tranzistora (1) sa sníma vzhľadom na substrát (2) pozdĺž vodivého kanála (8) naprieč oboma oblasťami (3a) a (3b) utopených kolektorov.



Oblasť techniky

Vynález sa týka magnetickým poľom ovládaného tranzistora na meranie veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku pomocou magnetického poľa a spôsobu merania veľkosti spínaného prúdu týmto tranzistorom.

Doterajší stav techniky

Magnetické senzory sú využívané v mnohých oblastiach priemyslu. V oblasti elektroniky a elektrotechniky sú magnetické senzory využívané najčastejšie na meranie magnetických polí, vytvorených elektrickým prúdom. Mnohé elektronické zariadenia využívajú detekciu prítomnosti magnetického poľa.

Na meranie magnetického toku a magnetického poľa sa využíva množstvo typov integrovaných senzorov. Magnetické senzory premieňajú magnetický tok na signál vo forme diferenčného napätia, ktoré môže byť následne spracované pomocou dostupných metód spracovania signálu. Magnetické poľom ovládané tranzistory sú dobre známe a veľmi efektívne pri určovaní sily magnetického poľa.

Meranie veľkosti pretekajúcich prúdov vo výkonových aplikáciách predstavuje problém. Vo výkonových aplikáciách dochádza ku využívaniu výkonových MOS tranzistorov vďaka ich známym vlastnostiam, akými sú vysoká vstupná impedancia, krátke spínacie časy a tepelná stabilita. Výkonové tranzistory plnia funkciu výkonového spínača. Súčasné integrované výkonové elektronické prvky dosahujú veľmi nízky odpor v zopnutom stave a riadia prúdy jednotiek až desiatok ampérov. Vzhľadom na lepšie využitie plochy čipu sú v súčasnosti v praxi často využívané vertikálne výkonové štruktúry. Vznik lokálneho defektu takejto štruktúry môže pod vplyvom veľkého spínaného prúdu prerásť do celkovej deštrukcie, čo má v praxi vážne následky. Zavedenie prúdového senzora priamo do prúdovej cesty pri veľkých prúdoch spôsobuje neželaný nárast odporu a výkonovej straty na prvku, zaradenie paralelného senzora vnáša nežiaduci šum. Meranie veľkosti spínaného prúdu preto predstavuje vážnu otázku. Na základe toho vzniká dopyt po citlivom a bezúbytkovom senzore veľkosti pretekajúceho prúdu.

V doterajšom stave techniky nie je známy a využívaný žiadny elektronický prvok, ktorý by splňal parametre, vhodné na snímanie veľkosti prúdu. Existujúce prvky, vhodné na realizáciu meraní, sú navrhnuté iba pre laterálny smer. Takouto štruktúrou je napríklad senzor magnetickým poľom ovládaný tranzistor, ktorý je dosiaľ taktiež navrhnutý iba na fungovanie v laterálnom smere.

Podstata vynálezu

Nedostatky doterajšieho stavu techniky sú odstránené magnetickým poľom ovládaným tranzistorom na meranie veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku pomocou magnetického poľa, generovaného spínaným prúdom, obsahujúcim oblasti utopených kolektorov, oblasť emitora a hradla, na riadenie kolektorového prúdu I_K , pričom oblasti utopených kolektorov sú navzájom oddelené, ktorého podstata spočíva v tom, že ďalej obsahuje kanál orientovaný vertikálne vzhľadom na rovinu rozhrania epitaxnej vrstvy a oblasti jamy. Epitaxná vrstva je driftovou oblasťou na odklon nosičov elektrického náboja.

Predložený vynález rieši aj spôsob merania veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku magnetickým poľom ovládaným tranzistorom, ktorého podstata spočíva v tom, že magnetickým poľom ovládaný tranzistor je umiestnený v tesnej blízkosti výkonového prvku oddelený hlbokou priepast'ou a snímajú sa jednotlivé zložky vertikálneho kolektorového prúdu, pretekajúce cez jeden utopený kolektor a najmenej druhý utopený kolektor do emitorovej oblasti a vyhodnocujú sa pomery týchto vertikálnych prúdov.

V ďalšom výhodnom uskutočnení sa sníma magnetické pole B , generované vertikálnym výkonovým prvkom, smerujúce kolmo na rovinu, pretínajúcu oba utopené kolektory v kolmom smere.

V ďalšom výhodnom uskutočnení sa vertikálny výkonový prvok a magnetickým poľom ovládaný tranzistor navzájom izolujú na zabezpečenie izolácie nízkonapäťových častí integrovaného obvodu od výkonového spínacieho prvku a zabránenie vzniku tzv. latch-up efektu.

Pretože táto štruktúra je kompatibilná so štandardnými CMOS a BiCMOS technológiami, takýto druh senzora je možné využívať ako štandardný knižničný prvok pri návrhu integrovaných obvodov. Integrácia prúdových monitorov, založených na princípe magnetickým poľom ovládaného tranzistora a elektrického obvodu pripraveného CMOS technológiou na jednom čipe si nevyžaduje žiadne špeciálne a dodatočné technologické operácie.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Príklady vynálezu, ilustrujúce vynález, sú zobrazené na priložených nákresoch, na ktorých:

obrázok 1a zobrazuje pohľad z boku na štruktúru vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora;

obrázok 1b zobrazuje pohľad zhora na štruktúru vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora s vyznačenými osami virtuálnych rezov, zobrazených na ďalších obrázkoch;

obrázok 1c zobrazuje pohľad na štruktúru vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora v reze, vedenom podľa roviny A-A, zobrazenom na obrázku 1b;

obrázok 1d zobrazuje pohľad na štruktúru vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora v reze, vedenom podľa roviny B-B, zobrazenom na obrázku 1b;

obrázok 1e zobrazuje pohľad na štruktúru vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora v reze, vedenom podľa roviny C-C, zobrazenom na obrázku 1b;

obrázok 2a schematicky zobrazuje princíp činnosti magnetického polom ovládaného tranzistora za prítomnosti nulového magnetického poľa podľa obrázka 1a;

obrázok 2b schematicky zobrazuje princíp činnosti magnetického polom ovládaného tranzistora za prítomnosti nenulového magnetického poľa podľa obrázka 1a;

obrázok 3 ilustratívne zobrazuje spôsob merania prúdu príkladného vertikálneho výkonového polovodičového prvku pomocou integrácie vertikálneho magnetického polom ovládaného tranzistora.

Príklady uskutočnenia vynálezu

Magnetickým polom ovládaný tranzistor je prvok, ktorý funguje ako magneticky citlivý MOSFET tranzistor, pričom sníma magnetické pole a zabezpečuje na výstupe príslušný elektrický signál, obvykle napätie alebo prúd. Fyzikálna štruktúra tohto senzora je založená na rozdelených príľahlých kolektoroch MOS tranzistora. Magnetickým polom ovládaný tranzistor sníma magnetické pole, kolmé na kanál tranzistora.

Základným charakteristickým prvkom vynálezu je vertikálna realizácia senzora štruktúry magnetického polom ovládaného tranzistora na snímanie magnetického poľa, vytváraného prúdom, spínaným vertikálne orientovaným výkonovým prvkom. Vertikálny magnetickým polom ovládaný tranzistor obsahuje najmenej dve rozdelené oblasti utopených kolektorov a, umiestnené v dopovanej vrstve, driftovú oblasť, vznikajúcu v epitaxnej vrstve pod hradlom, umiestneným medzi oblasťami emitora a oblasťami utopených kolektorov. Hradlo ovláda kolektorový prúd, smerujúci od emitora ku najmenej jednému z kolektorov. Pomocou takejto konštrukcie je štruktúra schopná snímania magnetického poľa, rovnobežného s rovinou povrchu substrátu. Na rozdiel od laterálneho magnetickým polom ovládaného tranzistora tak dochádza ku snímaniu magnetického poľa kolmého na rovinu, ktorá v kolmom smere pretína oba utopené kolektory.

Ďalším charakteristickým znakom vynálezu je neinvazívny spôsob merania prúdu vo vertikálnych výkonových polovodičových prvkoch pomocou snímania veľkosti magnetického poľa, generovaného spínaným prúdom, pretekajúcim cez výkonový prvok. Spôsob zahŕňa umiestnenie snímacieho prvku s dopovanou oblasťou najmenej dvoch rozdelených oblastí kolektora, driftovou oblasťou, oblasťou kanála, dopovanou oblasťou emitora, ovládaného hradlom tak, aby bola dosiahnutá potrebná citlivosť na snímanie uvedeného parametra.

Obrázky 1a-1e zobrazujú príklad štruktúry snímacieho vertikálneho magnetickým polom ovládaného tranzistora 1. Vertikálny magnetickým polom ovládaný tranzistor 1 môže byť technologicky vytvorený v substráte 2 polovodiča p-typu alebo n-typu. Z hľadiska funkčnosti sú štruktúry, vytvorené v iných typoch polovodičového substrátu 2 takmer identické, líšia sa iba rozdielom konečnej citlivosti. Príklad uskutočnenia vynálezu bude obmedzený iba na jeden typ základného substrátu 2 (p-typ) a odvíjajúcej sa štruktúry magnetickým polom ovládaného tranzistora 1. Osobe poznajúcej problematiku je zrejmé, že je rovnako možný návrh a realizácia štruktúry, vytvorenej v opačnom type substrátu 2 (n-typ).

Ako je zobrazené na obrázkoch 1a-1e, magnetickým polom ovládaný tranzistor 1 je vytvorený v substráte 2 p-typu. V rámci substrátu 2 sú vytvorené oblasti 3a a 3b utopených kolektorov pomocou implantácie a následnou difúziou v difúznej peci (nezobrazenej). Na takto pripravený substrát 2 je narastená epitaxná vrstva 4 tvoriaca driftovú oblasť toku prúdu tečúceho cez tranzistor. Do epitaxnej vrstvy 4 je pomocou implantácie a difúzie vytvorená oblasť 5 p-jamy a hradlo 6 z polykryštalického kremíka, oddeleného izolačnou vrstvou 7 hradlového oxidu. Pri aplikácii napätia na hradlo 6 dochádza k indukovaniu vodivého kanála 8 v oblasti 5 p-jamy v tesnej blízkosti izolačnej vrstvy 7 hradlového oxidu. Prúd preteká z oblastí 9a a 9b povrchových kolektorov do oblastí 3a a 3b utopených kolektorov, a potom cez epitaxnú vrstvu 4 a vodivý kanál 8 do emitora 10. Oblasti 9a a 9b povrchových kolektorov, ako aj oblasti 3a a 3b utopených kolektorov, sú mimo aktívnej oblasti 11 senzora oddelené izolačnou vrstvou vytvorenou vyleptaním izolačnej priepasti 12.

Obrázok 2a zobrazuje prípad, kedy je magnetické pole nulové. Magnetickým polom ovládaný tranzistor 1 funguje ako bežný vertikálny polom ovládaný tranzistor MOSFET. Napätie privedené na hradlo 6 otvára

tranzistor a riadi veľkosť prúdu, pretekajúceho cez vodivý kanál 8. Prúd elektrónov (označený opačnou šípkou), vteká rovnomerne do jednotlivých oblastí 3a a 3b utopených kolektorov, odkiaľ smeruje ďalej do oblastí 9a a 9b povrchových kolektorov, zobrazených na obr. 1. Smer toku elektrónov je opačný vzhľadom na medzinárodne dohodnuté a uznávané značenie smeru prúdu.

Obrázok 2b rozoberá prípad nenulového magnetického poľa B, smerujúceho kolmo na rovinu pretínajúcu obe oblasti 3a a 3b utopených kolektorov v kolmom smere, kedy dochádza v driftovej oblasti epitaxnej vrstvy 4 ku vplyvu Lorentzovej sily na elektróny, tečúce z emitora 10 do oblastí 3a a 3b utopených kolektorov a odtiaľ do oblastí 9a a 9b povrchových kolektorov (zobrazených na obr. 1b). Elektróny sú vplyvom Lorentzovej sily vychyľované a vtekajú do oblastí 9a a 9b povrchových kolektorov v nerovnovážnom množstve a prúd, pretekajúci cez jednu oblasť povrchového kolektora, je väčší ako prúd, pretekajúci cez druhú oblasť povrchového kolektora. Ku odklonu elektrónov dochádza predovšetkým v epitaxnej vrstve 4, v ktorej je koncentrácia elektrónov v jednej polovici oblasti väčšia ako koncentrácia elektrónov v druhej polovici oblasti. V závislosti od smeru vektora magnetického poľa, vstupujúceho kolmo na určenú rovinu magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1 dochádza ku odklonu prúdu ku jednotlivým oblastiam 9a a 9b povrchových kolektorov. Veľkosť rozdielu jednotlivých prúdov, pretekajúcich cez oblasti 9a a 9b povrchových kolektorov, je úmerná veľkosti externého magnetického poľa a môže byť využitá na vyhodnotenie veľkosti externého magnetického poľa. Na obrázku 3 je zobrazený spôsob využitia snímacieho vertikálneho magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1 na neinvazívne meranie prúdu vertikálnych výkonových polovodičových prvkov. V prípade, keď výkonovým prvkom 13 preteká spínaný prúd I_s , vytvára sa veľké magnetické pole B. Spínané prúdy výkonových prvkov sa obvykle pohybujú v rozmedzí jednotiek až desiatok ampérov. Generované magnetické pole B dosahuje preto v minimálnej vzdialenosti od kanála výkonového prvku relatívne vysoké hodnoty. Pomocou hlbkej priepasti 14 je vytvorená tenká izolačná vrstva na okraji výkonového prvku 13. Táto hlboká priepasť je vytvorená v jednom technologickom kroku s izolačnou priepasťou 12 rozdeľujúcou oblasti 9a a 9b povrchových kolektorov magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1. Pomocou integrácie magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1 v tesnej vzdialenosti výkonového prvku 13 je možné realizovať bezkontaktné a nerušivé meranie veľkosti pretekajúceho spínaného prúdu I_s , generujúceho magnetické pole B. Hlboká priepasť 14 izoluje výkonový prvok 13 od magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1 a vznikajúcich parazitných efektov.

Pri pretekaní prúdu I_s výkonovým prvkom 13 dochádza ku vytváraniu magnetického poľa B, znázorneného pomocou ilustratívnych siločiar. Magnetické pole je generované okolo celého kompaktného prvku, prípadne okolo jednotlivých buniek, cez ktoré preteká parciálny spínaný prúd. Magnetickým poľom ovládaný tranzistor 1 je umiestnený v takej polohe vzhľadom na výkonový prvok 13, že generované magnetické pole vstupuje v kolmom smere na rovinu, pretínajúcu obe oblasti 3a a 3b utopených kolektorov vo vertikálnom smere. Vektory smeru spínaného prúdu výkonového prvku 13 a kolektorového prúdu magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1 sú rovnaké. Pri pretekaní spínaného prúdu cez výkonový prvok 13 dochádza na základe pôsobenia sily F k vytváraniu rozdielného prúdu, pretekajúceho cez jednotlivé oblasti 3a a 3b utopených kolektorov. Jednotka na spracovanie signálu (nezobrazená), s ktorou sú vodivo prepojené výstupné kovové kontakty oblasti 9a a 9b povrchových kolektorov, ďalej spracováva a vyhodnocuje veľkosť rozdielu medzi jednotlivými hodnotami parciálnych prúdov, ktoré v súčte tvoria celkový pretekajúci kolektorový prúd I_k magnetickým poľom ovládaného tranzistora 1.

Na ďalšie spracovanie signálu môže byť využitý akýkoľvek dostupný spôsob z mnohých známych metód osobám poznajúcim problematiku. Jednotka spracovania signálu nie je predmetom tohto vynálezu. Integrácia na obrázku 3 predstavuje jedno z možných príkladných vyhotovení spôsobu na meranie prúdu vo vertikálnych výkonových polovodičových prvkoch.

V ďalšom z možných príkladných vyhotovení (nezobrazené) je viacero magnetickým poľom ovládaných tranzistorov umiestnených v bezprostrednej vzdialenosti od výkonového prvku, pričom každý z magnetických poľom ovládaných tranzistorov je umiestnený na inom mieste v tesnej blízkosti s kolektorom výkonového prvku.

V ešte ďalšom z možných vyhotovení (nezobrazené) je viacero snímacích magnetickým poľom ovládaných tranzistorov umiestnených v rôznych vzdialenostiach od kolektora, napríklad paralelne vedľa seba. Takéto zapojenie sa vyznačuje väčším rozsahom citlivosti.

Tento vynález nie je limitovaný rozmermi magnetickým poľom ovládaného tranzistora ani výkonového prvku. Ďalej tento vynález nie je limitovaný množstvom využitých magnetickým poľom ovládaných tranzistorov, integrovaných na jednom čipe s výkonovými prvkami.

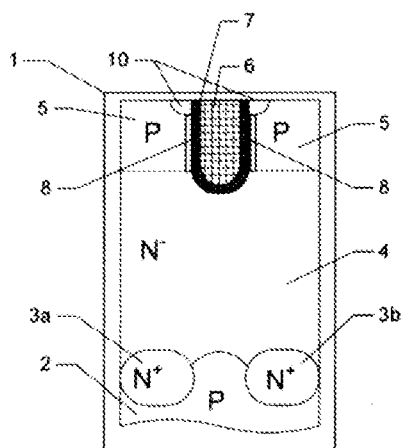
Tento vynález ďalej nie je limitovaný využitím vertikálneho magnetickým poľom ovládaného tranzistora, nárokovanie v patentových nárokoch, výhradne na snímanie magnetického poľa, generovaného výkonovými prvkami.

Osobe poznajúcej problematiku je zrejmé, že v rámci využitia vynálezu je možná akákoľvek kombinácia uvedených i neuvedených variantov použitia vertikálneho magnetickým poľom ovládaného tranzistora.

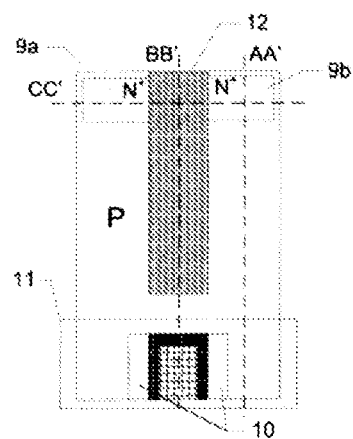
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Magnetickým poľom ovládaný tranzistor (1) na meranie veľkosti spínaného prúdu elektronického výkonového prvku pomocou magnetického poľa, generovaného spínaným prúdom, obsahujúci oblasti (3a, 3b) utopených kolektorov, oblasť emitora (10) a hradla (6), na riadenie kolektorového prúdu I_K , pričom oblasti (3a, 3b) utopených kolektorov sú navzájom oddelené, **vyznačujúci sa tým**, že obsahuje vodivý kanál (8) orientovaný vertikálne vzhľadom na rovinu rozhrania epitaxnej vrstvy (4) a oblasti (5) P jamy a driftovú oblasť nachádzajúcu sa v epitaxnej vrstve (4) na odklon nosičov náboja vplyvom magnetického poľa.
2. Spôsob merania veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku magnetickým poľom ovládaným tranzistorom podľa nároku 1, **vyznačujúci sa tým**, že sa snímajú jednotlivé zložky vertikálneho kolektorového prúdu magnetickým poľom ovládaného tranzistora (1), umiestneného v tesnej blízkosti výkonového prvku (13) oddeleného hlbokou priepaťou (14), pretekajúce cez jednu oblasť (3a) utopeného kolektora a najmenej druhú oblasť (3b) utopeného kolektora do emitora (10) a vyhodnocujú sa pomery týchto vertikálnych prúdov.
3. Spôsob merania veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku magnetickým poľom ovládaným tranzistorom podľa nároku 2, **vyznačujúci sa tým**, že sa sníma magnetické pole B, generované vertikálnym výkonovým prvkom (13), smerujúce kolmo na rovinu, definovanú priečnym rezom magnetickým poľom ovládaného tranzistora (1) vzhľadom na substrát (2) pozdĺž vodivého kanála (8) naprieč oboma oblasťami (3a, 3b) utopených kolektorov.

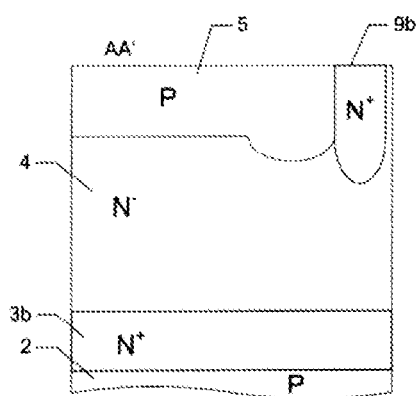
3 výkresy



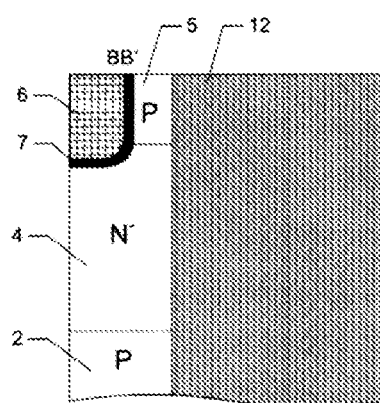
Obr. 1a



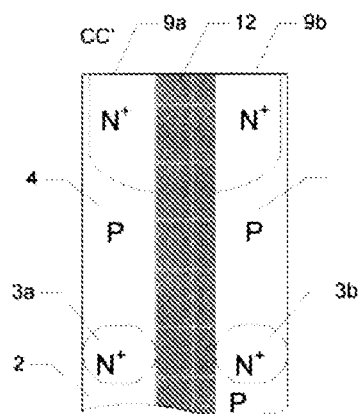
Obr. 1b



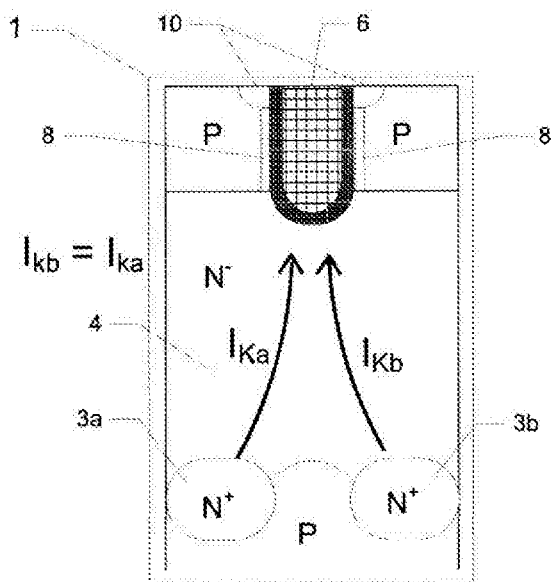
Obr. 1c



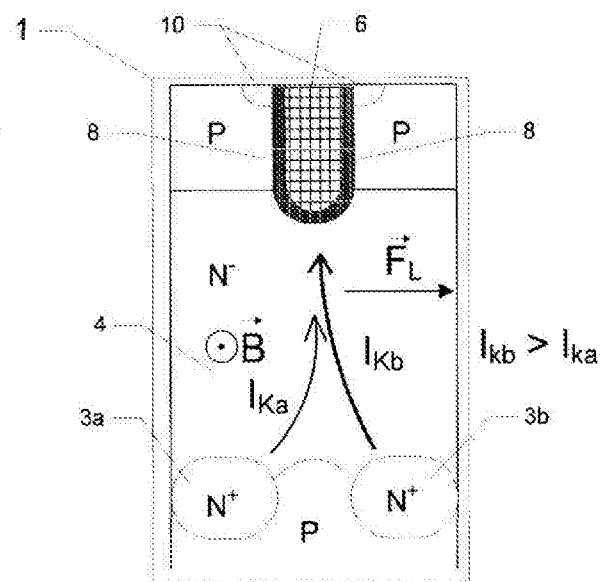
Obr. 1d



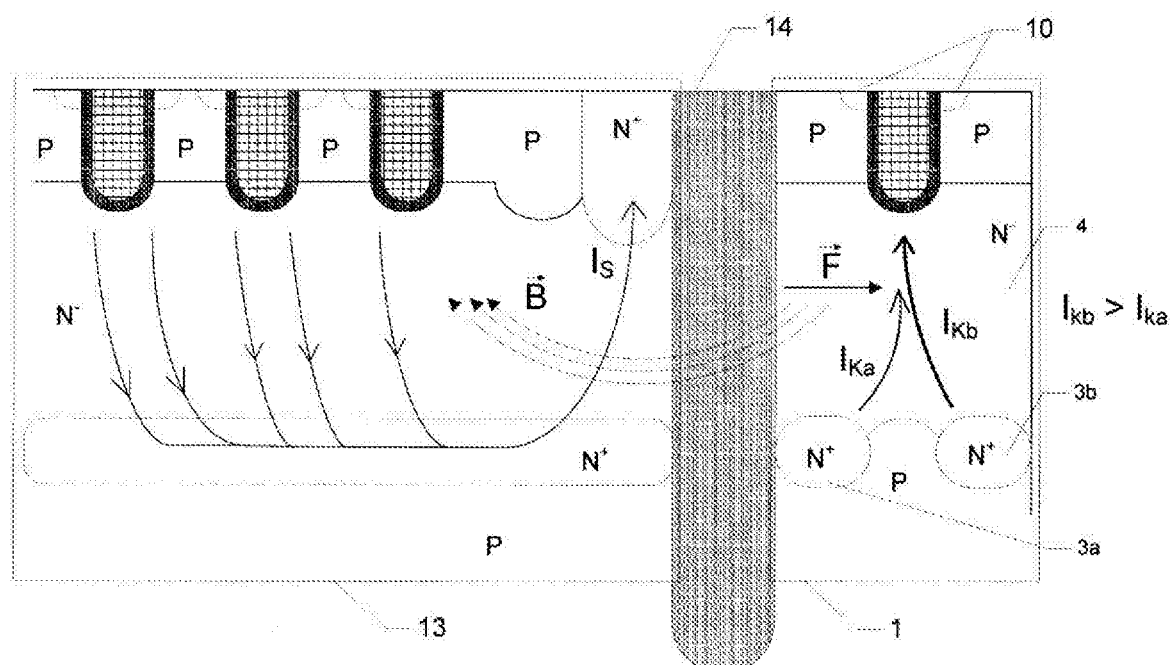
Obr. 1e



Обр. 2а



Obr. 2b



Obr. 3

Koniec dokumentu