



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

199 143

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 01 06 78
(21) PV 3550-78

(51) Int. Cl.³ H 01 L 31/04

(40) Zveřejněno 17 09 79

(45) Vydáno 15 06 82

(75)

Autor vynálezu

LIDORENKO NIKOLAJ STĚPANOVIČ
ZADDE VITALIJ VIKTOROVIČ
RJABIKOV STANISLAV VASILJEVIČ
STREBKOV DMITRIJ SEMJONVIČ
ČUBRIKOV BORIS ALEXANDROVIČ
KOROLJEV BORIS VASILJEVIČ
ŽURAVLEVA LARISA LEONIDOVNA
DORMIDONTOV ANATOLIJ ALEXEJEVIČ

JEVDOKIMOV VLADIMIR MICHAJLOVIČ
KOZLOV ALEXANDR IVANOVIČ
POTAPOV VALERIJ NIKOLAJEVIČ
SURJANINOVA TAJJANA IVANOVNA
ZATRAVINA VALENTINA VASILJEVNA
KULIKOV VIKTOR FJODOROVIČ
UNIŠKOV VADIM ALEXEJEVIČ
MOISEJEV VIKTOR IVANOVIČ

(54)

KUDEŠOVA LJUBOV PETROVNA, MOSKVA (SSSR)

Polovodičový fotoelektrický generátor a způsob jeho výroby

1

Vynález se týká zařízení pro přeměnu zářivé energie na elektrickou energii, a přesněji řečeno - týká se polovodičových fotoelektrických generátorů, které mohou být úspěšně použity při vytváření slunečních energetických zařízení.

Je znám polovodičový fotoelektrický egenerátor, který se skládá z fotoelektrických měničů mezi sebou navzájem spojených. Každý fotoelektrický měnič je proveden v podobě desky z polovodičového materiálu s p-n přechodem, plnící funkci usměrňovací bariéry a oddělující bázovou oblast s jedním typem vodivosti od inverzní oblasti, která má opačný typ vodivosti.

Fotoelektrické měniče jsou mezi sebou spojeny pomocí kovových sběrných kontaktů, připojených k bázové a inverzní oblasti. Sběrné kontakty, které jsou připojeny k inverzní oblasti, která je obrácena směrem k osvětlenému povrchu polovodičového fotoelektrického generátoru, jsou provedeny v podobě hřebínku a zaujímají asi 10 % plochy povrchu inverzní oblasti fotoelektrických měničů. Sběrné kontakty, které jsou připojeny k bázové oblasti jsou provedeny v podobě tenké vrstvy a zaujímají celý hřbetní povrch fotoelektrických měničů.

Takové fotoelektrické generátory mají pouze jednu fotoelektricky aktivní plochu. V důsledku poměrně velké hodnoty odporu rozlití pájky v inverzní oblasti jsou velké výkonové ztráty na sériovém odporu a snižuje se účinnost fotoelektrických měničů při osvětlení soustředěným slunečním zářením. Zmenšení vzdálenosti mezi sběrnými kontakty a zvětšení jejich šířky vede ke zvětšení stupně zastínění osvětlené plochy polovodičového fotoelektrického generátoru sběrnými kontakty. Tím se snižuje i plocha fotoelektricky aktivního povrchu generátoru, snižuje se výkon vyráběný plošnou jednotkou generátoru a snižuje se jeho účinnost.

Takového generátory jsou též složité z výrobního hlediska a vyžadují značný podíl ručních prací jak při zhotovování jednotlivých prvků, tak při sestavování.

Jednodušší z výrobního hlediska jsou takové polovodičové fotoelektrické generátory, které jsou provedeny v podobě monolitní struktury, která je sestavena z velkého počtu fotoelektrických měničů s p-n přechodem na bočním povrchu, pokrytém kovovými sběrnými kontakty. Tyto polovodičové fotoelektrické generátory se vyznačují též vyšším koeficientem účinnosti, viz patent USA č. 3,422,527 tř. 29-572. Uvedené fotoelektrické měniče mají tvar mikrominiaturních rovnoběžnostěn, spojených do matrice proti sobě ležícími bočními povrchy prostřednictvím uvedených sběrných kontaktů. Boční povrchy jsou k fotoaktivnímu povrchu generátoru nakloněny pod úhlem, takže na fotoaktivní povrch vystupují čelní plochy p-n přechodů.

Takové generátory se vyznačují vysokým napětím na jednotku plochy fotoaktivního povrchu a lineární proudovou závislostí při osvětlení v rozmezí od 0 do 10^4 W/cm². Protože ale fotoaktivní povrch takového generátoru je silně nehomogenní co do hodnoty fotocitlivosti k dopadajícímu záření a fotocitlivost je dostatečně vysoká pouze v místě výstupu p-n přechodů na povrch, mají takové generátory značné ztráty výkonu pro povrchovou rekombinaci minoritních nositelů proudu a poměrně nevelký součinitel účinnosti. Je třeba poznamenat, že nejnižší hodnota účinnosti se vyskytuje při nestejném rozložení výkonu zářivého toku dopadajícího na plochu polovodičového fotoelektrického generátoru, k čemuž zvláště často dochází při rozdělení energie podle fokální skvrny optických koncentrátorů.

Cílem tohoto vynálezu je zvýšení účinnosti polovodičového fotoelektrického generátoru, a to i při nehomogenním rozdělení výkonu dopadajícího zářivého toku a vysoké koncentraci záření.

Dalším cílem tohoto vynálezu je snížení ztrát proudu a zvýšení radiační stability polovodičového fotoelektrického generátoru.

Ještě dalším cílem vynálezu je snížení pracnosti při zhotovování polovodičových fotoelektrických generátoru.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že u polovodičového fotoelektrického generátoru, skládajícího se z velkého počtu fotoelektrických měničů, spojených navzájem do řady

proti sobě ležícími povrchy prostřednictvím sběrných kontaktů tak, že tvoří monolitní strukturu a každý z nich má p-n přechod mezi bázovou a inverzní oblastí, má podle vynálezu fotoaktivní povrch generátoru stupňovitou strukturu, přičemž plocha každého stupně je nepřímo úměrná výkonu na ni dopadajícího zářivého toku při šířce každého stupně přibližně se rovnající nebo menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázové oblasti.

Úkol zvýšit využití fotoaktivního povrchu a zvětšit fotocitlivost polovodičového fotoelektrického generátoru lze řešit tím, že se na obvodu každého stupně provede pomocný sběrný kontakt.

Zvětšení plochy fotoaktivního povrchu a zvýšení radiační stability polovodičového fotoelektrického generátoru lze dosáhnout tak, že se na površích stupňů provedou příčné rovnoběžné drážky, jejichž vrcholové hrany budou od sebe vzdáleny o hodnotu, která nepřekračuje difuzní délku minoritních nositelů proudu v bázové oblasti, a p-n přechod bude sledovat relief povrchu stupňů.

Pro zvýšení fotocitlivosti fotoaktivního povrchu a zvýšení radiační stability polovodičového fotoelektrického generátoru je kromě toho žádoucí volit tloušťku bázové oblasti fotoelektrických měničů na fotoaktivním povrchu o mnoho menší než je difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázové oblasti.

Fotoelektrické měniče je účelné vzájemně posunout v komutačních rovinách tak, aby se vytvořila uvedená stupňovitá struktura.

Při použití zářivého toku s koncentrickým rozložením výkonu ve svazku je k vytvoření uvedené stupňovité struktury účelné pootočit fotoelektrické měniče proti sobě navzájem o určitý úhel kolem osy, která protíná rovinu komutace.

V případě, že fotoelektrické měniče mají podobu šikmých rovnoběžnostěnů, je žádoucí provést stupně jako ostroúhlé a jejich hrany opatřit zrcadlovým povlakem.

K vytvoření uvedené stupňovité struktury je možno provést fotoelektrické měniče ve tvaru stejných obrazců, umístěných jeden za druhým podle zmenšování jejich rozměrů.

Je vhodné vybírat jako stejné obrazce přednostně pravidelné mnohoúhelníky nebo kotouče nebo prstence.

Podstata vynálezu spočívá též v tom, že při způsobu zhotovování polovodičových fotoelektrických generátorů, založeném na skládání polovodičových metalizovaných destiček s p-n přechodem do sloupku, spojování jednoho s druhým pomocí pájky při současném stlačení k sobě, aby se přebytečná pájka odstranila, a nařezáním pod úhlem k rovině desek na jednotlivé matrice, se - podle vynálezu - matrice ohřívají na teplotu tavení pájky, načež se prvky matrice proti sobě navzájem posunují po vrstvě pájky tak, aby se vytvořila stupňovitá struktura, a z povrchu stupínků se odleptáním odstraňuje metalizovaná vrstva.

Vynález je v dalším textu vysvětlen popisem konkrétních příkladů jeho provedení a přiloženými výkresy, kde obr. 1 představuje polovodičový fotoelektrický generátor se stupňovitým fotoaktivním povrchem, v příčném řezu, obr. 2 představuje totéž jako obr. 1 při pohledu shora, obr. 3 představuje tentýž generátor s pomocnými sběrnými kontakty, v příčném řezu, obr. 4 polovodičový fotoelektrický generátor mající na povrchu stupínků drážky, v částečném příčném řezu, obr. 5 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 4, v pohledu zhora, obr. 6 řez rovinou VI-VI, naznačenou v obr. 5, obr. 7 polovodičový fotoelektrický generátor s bazovou oblastí o proměnné tloušťce, příčný řez, obr. 8 představuje polovodičový fotoelektrický generátor se čtyřmi fotoaktivními povrchy, v pohledu shora, obr. 9 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 8 v pohledu směrem šipky A, v příčném řezu, obr. 10 tentýž generátor jako na obr. 8 v pohledu směrem šipky B, v příčném řezu, obr. 11 polovodičový fotoelektrický generátor v podobě desek, navzájem proti sobě pootočených kolem jedné osy, v pohledu z boku, obr. 12 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 11, v pohledu shora, obr. 13 řez polovodičovým fotoelektrickým generátorem, vedený v rovině XIII-XIII dle obr. 12, obr. 14 polovodičový fotoelektrický generátor se zrcadlovým povlakem hran stupínků, v příčném řezu, obr. 15 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 14, v pohledu shora, obr. 16 polovodičový fotoelektrický generátor z fotoelektrických měničů, majících tvar stejných mnohoúhelníků, při pohledu shora, obr. 17 řez rovinou XVII-XVII na obr. 16, obr. 18 polovodičový fotoelektrický generátor z fotoelektrických měničů, majících tvar podobných kotoučů, nakresleno v izometrii, obr. 19 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 18, v příčném řezu, obr. 20 polovodičový fotoelektrický generátor z fotoelektrických měničů, majících tvar podobných prstenců, v příčném řezu, obr. 21 polovodičový fotoelektrický generátor ve stadiu výroby diodové struktury, obr. 22 tentýž polovodičový fotoelektrický generátor jako na obr. 21, ve stadiu spojování diodových struktur do sloupečků, obr. 23 tentýž generátor jako na obr. 22, ve stadiu posouvání fotoelektrických měničů po rovině komutace, obr. 24 totéž jako na obr. 23, polovodičový fotoelektrický generátor ve stadiu výroby po posunutí fotoelektrických měničů - podle vynálezu.

Polovodičový fotoelektrický generátor se skládá z řady postupně do monolitní struktury zkomutovaných fotoelektrických měničů 1 (obr. 1, 2), majících tvar šikmých rovnoběžnostěnů. Každý fotoelektrický měnič 1 generátoru má p-n přechod 2 mezi bazovou oblastí 3 a inverzní oblastí 4. V bazové oblasti 3 je umístěn izotypový přechod 5, p-p⁺ nebo n-n⁺. P-n přechod 2 a izotypový přechod 5 jsou umístěny v bezprostřední blízkosti fotoaktivního povrchu 6, na který dopadá zářivý tok 7. Fotoaktivní povrch 6 má stupňovitou strukturu. Každý fotoelektrický měnič 1 je opatřen sběrným kontaktem 8 s inverzní oblastí 4 a sběrným kontaktem 9 s bazovou oblastí 3.

Šířka "a" základny stupínků 10 s úhlem α při vrcholu je přibližně rovna nebo je větší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v bazové oblasti 3. Plocha každého ze

stupínků 10 je nepřímo úměrná výkonu zářivého toku 7 přiváděného na každý fotoelektrický měnič 1. Tak ve střední části generátoru, kam dopadá větší část celkového výkonu záření 7, je plocha stupínků 10 (na konto šířky "a" - jak ukazuje obr. 1) volena menší než na okrajích generátoru. Tloušťka "b" fotoelektrických měničů je menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v báze oblasti 3. Délka "c" všech fotoelektrických měničů 1 je stejná a nemá podstatnější význam. Fotoelektrické měniče jsou zkomutovány na opačných plochách proti sobě ležících a jsou vzájemně posunuty v komutačních rovinách.

Generátor pracuje následujícím způsobem. Zářivý tok 7 dopadá na stupňovitý fotoaktivní povrch 6 polovodičového fotoelektrického generátoru. V bezprostřední blízkosti povrchu je umístěn p-n přechod nebo izotypový přechod, 2 nebo 5, což na minimum snižuje proudové ztráty při povrchové rekombinaci fotogenerovaných nositelů proudu.

Doplňkové pohlcení zářivého toku 7, odraženého od jedné ze stran stupínků 10 může nastat na přilehlých stranách sousedních stupínků 10. Takovýmto způsobem je zabezpečeno snížení ztrát odražením záření 7 a zvětšuje se plocha fotoaktivního povrchu 6 fotoelektrického generátoru.

Změna výkonu zářivého toku 7 se kompenzuje odpovídajícím zvětšením nebo zmenšením plochy fotoaktivního povrchu 6, a to změnou šířky "a" základny stupínků v uvedených mezích (a tedy plochy stupínků), neboť hodnota proudu, generovaného každým fotoelektrickým měněčem 1, je v celém generátoru stejná.

Výkonové ztráty na sériovém odporu budou minimální, jestliže šířka "a" základny stupínků 10 je volena tak, aby se přibližně rovnala difuzní délce minoritních nositelů proudu v báze oblasti 3, protože v takovém případě všichni zářivým tokem 7 generovaní minoritní nositelé proudu se shromažďují v oblasti p-n přechodu 2, nacházející se pod plným sběrným kontaktem 8 inverzní oblasti 4. Sběrné kontakty 8, 9 jsou provedeny z vysoce vodivého kovu a vyznačují se mimořádně nízkou hodnotou odporu, kterou je možno zanedbat. Hodnota sériového odporu generátoru může činit tisíce ohm. cm^2 , takže generátor s vysokou účinností může pracovat při osvětlení koncentrovaným slunečním zářením, na příklad ve fokální rovině přímkového paraboloidu.

Generátor se vyznačuje vysokým součinitelem účinnosti, a to jak při osvětlení ze strany p-n přechodu 2, tak i ze strany izotypového přechodu 5.

Nejtypičtější rozměry fotoelektrického generátoru zhotoveného z křemíku jsou následující: tloušťka "b" fotoelektrických měničů - 0,2 až 0,5 mm; šířka základny "a" stupínků - 0,2 až 1 mm; délka "c" fotoelektrických měničů - 5 až 50 mm. Hloubka založení p-n přechodu 2 a izotypového přechodu 5 od fotoaktivního povrchu 6 je 0,1 až 0,5 μm .

Provedení polovodičového fotoelektrického generátoru podle obr. 1 dovoluje zvětšit fotoaktivní povrch 6 fotoelektrických měničů 1 spojených do serie, uvést do souladu plochu fotoaktivního povrchu 6 s rozložením výkonu v zářivém toku a snížit ztráty výkonu při přeměnách nehomogenních zářivých toků, zvýšit hodnotu účinnosti generátoru při vysokých

koncentracích zářivého toku.

U varianty provedení polovodičového fotoelektrického generátoru, která je uvedena na obr. 3, má každý fotoelektrický měnič 1 vedle základního sběrného kontaktu 8 v inverzní oblasti 4 též pomocný sběrný kontakt 11, který je elektrickou vazbou spojen se základním sběrným kontaktem 8 a rozmístěn po obvodu každého stupínku 10. Povrch stupínků 10, který není kryt sběrným kontaktem 11, tvoří fotoaktivní povrch 6 fotoelektrických měničů 1, na nějž dopadá zářivý tok 7 přiváděný světlovodem 12. Světlovod se skládá ze souboru světlovodných prvků 13 ve tvaru skleněných pásek, jejichž jádro má ve srovnání s povrchem vyšší index lomu; skleněné pásky jsou k sobě v blízkosti povrchu 14 příjmu záření těsně přitlačeny a směrem k fotoaktivnímu povrchu 6 generátoru se rozdělují.

Čela světlovodných prvků 13 přisedají na fotoaktivní povrchy 6 fotoelektrických měničů 1 a mají s těmito povrchy shodný rozměr. Sběrné kontakty 9 v bázevých oblastech 3 jsou provedeny v podobě souvislé vrstvy, rozložené podél izotypového přechodu 2.

Tato varianta polovodičového fotoelektrického generátoru pracuje analogickým způsobem jako generátor na obr. 1 a obr. 2. V tomto případě má ovšem generátor na obr. 3 větší využití fotoaktivního povrchu 6 a vyšší účinnost, což je dosaženo tím, že v důsledku předávání energie zářivého toku 7 fotoaktivnímu povrchu 6 prostřednictvím světlovodu 12 a malé vzdálenosti mezi sběrnými kontakty 8, 11 a fotoaktivním povrchem 6 dochází k téměř úplnému sběru p-n přechodem 2 generovaných nositelů proudu a na minimum je snížena hodnota odporu rozlévání jak v bázevých, tak inverzních oblastech 3, 4.

Ve všeobecném případě mohou mít světlovodné prvky 13 různou tloušťku tak, aby jednotlivými prvky byly přenášeny stejné díly výkonu zářivého toku na fotoaktivní povrchy 6 při nerovnoměrném rozložení energie v zářivém toku 7.

U varianty polovodičového fotoelektrického generátoru, která je uvedena na obr. 4, 5, 6 jsou na fotoaktivních površích 6 stupínků 10 každého fotoelektrického měniče 1 provedeny - na rozdíl od předcházejících variant - příčné rovnoběžné drážky 15, jejichž vrcholové hrany mají od sebe vzdálenost " d ", jejíž hodnota nepřekračuje hodnotu difuzní délky minoritních nositelů proudu v bázevých oblastech 3, a p-n přechod 2 sleduje relief povrchu stupínků 10.

Takovýto polovodičový fotoelektrický generátor má v porovnání s generátory, které byly uvedeny na obr. 1 až 3 zvětšenou plochu fotoaktivního povrchu 6 a zajišťuje pohlcení zářivého toku v tenké povrchové vrstvě, která je umístěna v bezprostřední blízkosti p-n přechodu 2, čímž se zvyšuje činitel sběru minoritních nositelů proudu a zvětšuje se radiační stabilita generátoru. Je vhodné přednostně volit hodnotu vzdálenosti " d " mezi vrcholovými hranami drážek mnohem menší než je difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázevých oblastech 3.

Drážky 15 jsou provedeny napříč stupínků 10, čímž je na nezbytné minimum snížena hodnota odporu rozlévání v inverzní oblasti 4 nezávisle na rozměru drážek 15 a zvětšuje

se součinitel účinnosti při vysoké koncentraci zářivého toku.

Na obr. 7 je uvedena varianta polovodičového fotoelektrického generátoru, v němž fotoelektrické měniče 1 mají na povrchu stupínků 10 tenší básovou oblast 3' než v ostatním objemu fotoelektrických měničů 1. Je účelné, aby tloušťka básové oblasti 3' byla mnohem menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v básové oblasti 3.

P-n přechod 2 je umístěn na protilehlé straně fotoaktivního povrchu 6. Na povrch inverzní oblasti 4 je v souvislé vrstvě nanesen sběrný kontakt 8. Fotoaktivní povrch 6 je v této variantě generátoru chemicky zpracován tak, aby byla na nulu snížena rychlost povrchové rekombinace minoritních nositelů proudu.

Díky vysoké hodnotě výchozí difuzní délky minoritních nositelů proudu a značně vyšší hodnotě difuzní délky v porovnání s tloušťkou básové oblasti 3' na stupínkách 10 se takový generátor vyznačuje vysokým součinitelem sběru minoritních nositelů proudu a zvýšenou radiační stálostí k libovolnému druhu škodlivého záření.

Pro zvýšení mechanické pevnosti okrajového fotoelektrického měniče 1 je sběrný kontakt 8 k tomuto fotoelektrickému měniči 1 připojen pomocí vložené polovodičové desky 16, která má na obou stranách izotypový přechod 5.

Na obr. 8, 9, 10 je uveden polovodičový fotoelektrický generátor skládající se z fotoelektrických měničů 1, jež jsou provedeny ve tvaru pravouhlých rovnoběžnostěnů, navzájem vůči sobě posunutých v komutačních rovinách 17. Fotoaktivní povrch 6 této varianty generátoru je tvořen stupínky 10, umístěnými na čtyřech stranách generátoru.

Takovýto generátor má v porovnání s generátorem, který byl uveden na obr. 1, 2 dvakrát větší produkovaný výkon při stejném osvětlení ze čtyř stran, a to vlivem zvětšení fotoaktivního povrchu 6.

Na obr. 11, 12, 13 je uvedena ještě jedna varianta polovodičového fotoelektrického generátoru, skládajícího se z fotoelektrických měničů 1, majících tvar rovnoběžnostěnů, které jsou vůči sobě navzájem pootočený o úhel β (do vějíře) kolem osy 18, protínající komutační roviny 17.

Fotoaktivní povrch 6 je v tomto případě též stupňovitý, ale vytváří koncentrický obrazec se středem, ležícím v ose 18. V bezprostřední blízkosti fotoaktivního povrchu 6 je umístěn p-n přechod 2. Je účelné přednostně volit hodnotu úhlu β na větší než 30° . Takováto konstrukce polovodičového fotoelektrického generátoru je nejvýhodnější pro případy, kdy zářivý tok 7, má koncentrické rozložení výkonu s největší hustotou zářivého toku ve středu, ležícím v ose 18. V blízkosti osy 18 je hodnota odporu rozlévání v inverzní oblasti 4 zanedbatelně malá a postupně při vzdalování se od osy 18 vzrůstá. Současně s tím se snižuje koncentrace zářivého toku 7 a odpovídajícím způsobem vzrůstá hodnota přípustného odporu rozlévání.

Tato varianta polovodičového fotoelektrického generátoru má ve srovnání s generáto-

ry, které byly uvedeny na obr. 1 až 10, větší součinitel účinnosti při vysoké intenzitě zářivého toku s koncentrickým rozložením výkonu, protože fotoaktivní povrch této varianty generátoru vytváří koncentrický obrazec, který je souosý se zářivým tokem.

Na obr. 14, 15 je uveden generátor, skládající se z fotoelektrických měničů 1, provedených ve tvaru šikmých rovnoběžnostěn s ostroúhlými stupínky 10', jejichž úhel u vrcholu je označen α . Fotoelektrické měniče 1 zahrnují z jedné strany p-n přechod 2, z druhé strany je proveden izotypový přechod 2. Hrany 19 stupínek 10' mají zrcadlové povlaky 20, provedené na příklad z hliníku.

Šířka "a" povlakem 20 nekrytého fotoaktivního povrchu 6 stupínek 10' nepřekračuje difuzní délku minoritních nositelů proudu v bázevské oblasti 3. Je účelné, aby úhel α nebyl větší než 30° . Zářivý tok 7 dopadá na zrcadlové povlaky 20 a odráží se na fotoaktivní povrchy sousedních stupínek 10'. Činitel odrazu má hodnotu 40 až 95% v závislosti na úhlu dopadu zářivého toku 7. V průběhu odrazu dochází k převážnému pohlcení zářivého toku 7 v oblastech, které přiléhají ke sběrným kontaktům 8 a 9. V důsledku toho se zmenšují výkonové ztráty v odporu rozlévání a vzrůstá pravděpodobnost sběru minoritních nositelů proudu na p-n přechodu 2, protože vzdálenost k němu je menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázevské oblasti 3.

Takovéto provedení generátoru v porovnání s generátorem podle obr. 1, 2 dovoluje zmenšit ztráty odrazem při osvětlení generátoru izotropním zářivým tokem 7 a zvětšit účinnost, a to i při vysoké intenzitě zářivého toku.

Varianta polovodičového fotoelektrického generátoru uvedeného na obr. 16, 17 se skládá z fotoelektrických měničů 1, které jsou provedeny ve tvaru podobných obrazců, mnohoúhelníků - v daném případě rovnoramenných lichoběžníků, umístěných za sebou tak, jak se postupně zmenšuje jejich rozměr; také toto uspořádání fotoelektrických měničů vytváří stupňovitou strukturu fotoaktivního povrchu 6.

Generátor je sestaven ze šesti symetricky kolem společného středu umístěných sekcí 21, z nichž se každá skládá ze seriově spojených fotoelektrických měničů 1. Sekce 21 jsou navzájem pevně spojeny dielektrickými vrstvami 22.

Plocha fotoaktivního povrchu 6 fotoelektrických měničů 1 postupně se vzdalováním od středu generátoru vzrůstá a to současně s prodlužováním délky stupínek 10.

Toto provedení dovoluje zmenšit výkonové ztráty při osvětlení generátoru zářivým tokem 7 kruhového průřezu s maximální koncentrací energie záření v blízkosti středu zářivého svazku.

Takovýto generátor dovoluje v porovnání s generátorem uvedeným na obr. 11 až 13 dosáhnout deset i vícekrát vyšší hustoty napětí z jednotky plochy.

Na obr. 18, 19 je zobrazen polovodičový fotoelektrický generátor, skládající se z fotoelektrických měničů 1, jež mají tvar podobných kotoučů. Fotoaktivní povrch 6 je

v tomto případě vytvořen prstencovými stupni 10. Plocha každého stupínku 10 souhlasí s hodnotou koncentrace na tuto plochu přiváděného zářivého toku 7, jehož příčný průřez je prstencový.

Takového provedení generátoru dovoluje zmenšit odpor rozlévání a zvětšit rozsah intenzity osvětlení, při níž zůstává zachována lineární závislost proudu a výkonu na intenzitě zářivého toku 7.

Na obr. 20 je zobrazen polovodičový fotoelektrický generátor, skládající se z fotoelektrických měničů 1, jež mají tvar podobných prstenců, sestavených podle jejich zmenšujícího se rozměru. Fotoaktivní povrch 6 je v tomto případě tvořen dutinou stupňovitého tvaru. Základnu generátoru tvoří fotoelektrický měnič 1 tvaru kotouče.

Takovýto generátor se na rozdíl od generátoru uvedeného na obr. 18, 19 vyznačuje vysokou účinností při osvětlení zářivým tokem 7 kruhového průřezu, protože fotoaktivní povrch 6 není zastíněn sběrnými kontakty 8, 9 a geometrie stupínků 10 zabezpečuje úplný sběr generovaných nositelů proudu i nízké výkonové ztráty na sériovém odporu generátoru.

U většiny typů generátoru podle vynálezu zabírají sběrné kontakty ne více než 1 % plochy fotoaktivního povrchu. Se zvýšením počtu fotoelektrických měničů na jednotku objemu gnerátoru se zmenšuje rozměr stupínků 10 a snižuje se hodnota sériového odporu, vzrůstá činitel sběru generovaných minoritních nositelů proudu, snižuje se hodnota činitele odrazu, vzrůstá radiační stabilita generátoru proti škodlivé radiaci a zvětšuje se rozsah intenzity záření, při níž zůstává zachována lineární závislost proudu a výkonu na intenzitě osvětlení.

Generátor podle obr. 1, 2 má dvoustrannou fotocitlivost s přibližně stejným součinitelem účinnosti a může být použit v sestavě vysokonapěťových slunečních baterií, osvětlených ze dvou stran.

Generátory koncentrického tvaru podle obr. 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20 mají vysokou účinnost při použití optických koncentrátorů, provedených v podobě rotačních těles a mohou sloužit v systémech orientace jako prvky pro kontrolu souřadnic.

Na obr. 21, 22, 23, 24 jsou uvedeny základní, postupně za sebou následující stádia výroby polovodičového fotoelektrického generátoru toho typu, který byl uveden na obr. 1, 2.

Způsob výroby podle vynálezu zahrnuje následující stadia.

Výchozí metalizované polovodičové destičky 23 (obr. 21) s p-n přechodem 2, nacházející se po jedné ze stran destičky 23, se skládají do sloupku, který je uveden na obr. 22. Destičky 23 se ve sloupku spojují navzájem do série pomocí sběrných kontaktů 8, 9; spojování se provádí pájením měkkou pájkou do tvaru monolitní struktury při současném stlačování sloupku k odstranění přebytečné pájky.

Pak se sloupek rozřeže podle rovin 24, kteé mají vzhledem k rovině destiček 23 sklon pod určitým úhlem, a vytvoří se jednotlivé matrice.

Matrice se dále ponoří do vany 25 (obr. 23), která je naplněna kapalinou s vysokou teplotou bodu varu, ohřívají se pomocí topného tělesa 26 na teplotu tavení pájky, načež se ve směru uvedeném na obr. 23 šipkami 27 vyvine vhodná síla. V důsledku toho se prvky matrice vzájemně posunou po vrstvách pájky tak, aby to odpovídalo profilu stupňovité formy 28, upevněné na dně vany 25.

Po vychladnutí se získá matriční struktura, která je zobrazena na obr. 24, skládající se z fotoelektrických měničů 1 vzájemně posunutých v komutačních rovinách 17 a nesoucí na povrchu stupínků 10 metalickou vrstvu 29.

Výroba generátoru se ukončí chemickým leptáním metalické vrstvy 29, v jehož průběhu dochází ke konečnému očištění povrchu polovodiče, a nanesení antireflexního povlaku na povrch stupínků 10.

Takovýto způsob výroby generátoru se stupňovitou strukturou fotoaktivního povrchu dovoluje zpracovávat současně v jednom cyklu velké množství fotoelektrických měničů tvořících generátor a na minimum snížit potřebu ruční práce, čímž se značně zjednodušuje technologie výroby generátorů a zvyšuje se produktivita práce.

Způsob umožňuje zhotovovat generátory se stupňovitou strukturou fotoaktivního povrchu z jedné, dvou, tří nebo čtyř stran generátoru, a volit tvar stupínků, kterým bude zajištěna maximální účinnost.

Pro přesnější porozumění podstatě tohoto způsobu se v následujícím textu uvádí popis konkrétního příkladu jeho provedení.

Byl vyráběn generátor, jehož typ byl uveden na obr. 1 a 2.

Destičky křemíku s výchozí vodivostí p-typu se podrobily chemicko-mechanickému leštění, aby se odstranila z povrchu narušená vrstva, pak byla vytvořena diodová struktura tak, že se na protilehlou stranu destiček uvedly akceptorové a donorové příměsi pomocí současné difuze do hloubky od 0,1 do 0,5 μm . Po legování se destičky metalizovaly ze dvou stran souvisle vrstvou metodou napařování ve vakuu. Destičky křemíku, z obou stran pokryté kovem, se mezi sebou spájely v celé stykové rovině pomocí měkké pájky do sloupku při současném stlačování sloupku k odstranění přebytečné pájky. Pak byl sloupek rozřezán na matrice pod určitým úhlem vzhledem k rovinám p-n přechodů.

Takto získané matrice se ohřívaly ve vaně na teplotu tavení pájky, načež se provedlo posunutí prvků matrice (fotoelektrických měničů) vůči sobě navzájem po vrstvě pájky tak, aby se vytvořila stupňovitá struktura se šířkou "a" stupínků, rovnající se difuzní délce minoritních nositelů proudu v bázeové oblasti (podle obr. 1, 2).

Pak byla stupňovitá struktura podrobena chemickému leptání, aby se z povrchu polovodiče odstranila narušená vrstva a z povrchu stupínků odstranily metalické kontakty, přičemž současně proběhlo odstranění bočniců a zvětšení fotoaktivity osvětlované plochy. Ke krajním sběrným kontaktům 8, 9 byly připájeny proudové vývody.

Takovýto generátor se vyznačoval účinností kolem 10 % při výkonu světelného toku přesahujícím 100 W/cm^2 .

Při zhotovování polovodičového fotoelektrického generátoru podle obr. 3 se provádějí tytéž operace jako u výše popsaného postupu pro generátor dle obr. 1, 2, ale před chemickým leptáním byly metalické kontakty po obvodu stupínků 10 pokryty chemicky odolným filmem, chránícím proti účinku leptání, a tak byly zhotoveny pomocné sběrné kontakty 11.

Světlovod 12 se zhotovuje z tenkých skleněných pásek - světlovodných prvků 13. Jedno čelo těchto prvků se přilepí k fotoaktivnímu povrchu 6, čela na opačné straně se složí do svazku a vytvoří povrch 14 pro příjem zářivého toku. Chemickým zpracováním se skleněnému materiálu udělí nízký činitel lomu v podvrchové vrstvě.

Při zhotovování generátoru podle obr. 4, 5, 6 se provádějí stejné operace jako při zhotovování generátoru podle obr. 1, 2, ale před vytvořením diodové struktury se destičky křemíku s orientací povrchu $\langle 100 \rangle$ podrobí anizotropnímu leptání v louhovém roztoku z jedné strany, čímž se na povrchu vytvoří drážky 15, jejichž směr a rozteč je dána před tím nanesenou chemicky odolnou vrstvičkou fotoodporu.

Druhá odlišnost spočívá v tom, že se křemíkové destičky skládají do sloupku tak, aby drážky 15 všech destiček byly rovnoběžné a rovina 24 řezu sloupkem při jeho dělení na matrice procházela kolmo k drážkám 15.

Při zhotovování generátoru podle obr. 7 se provádějí stejné operace jako při zhotovování generátoru podle uvedeného obr. 1, 2, ale po chemickém leptání kontaktů se provádí chemické leptání křemíku na stupňovitém povrchu, který má izotypový přechod 5, a to tak dlouho, dokud se tloušťka bazové oblasti 3^I na fotoaktivním povrchu 6 fotoelektrických měničů 1 nezmenší natolik, aby dosahovala hodnoty 10 až 30 μm .

Při zhotovování generátoru podle obr. 8, 9, 10 se provádějí tytéž operace jako při zhotovování generátoru podle obr. 1, 2, ale ze sloupku se vyřezávají matrice mající prvky čtvercového tvaru a provádí se posun po vrstvě pájky současně ve dvou vzájemně kolmých směrech.

Při zhotovení polovodičového fotoelektrického generátoru podle obr. 11, 12, 13 se provádějí stejné operace jako při zhotovování generátoru podle obr. 1, 2, ale po vytvoření matrice se k odstranění bočnic provede ze všech stran pootočení fotoelektrických měničů 1 v komutačních rovinách 17 kolem osy 18, a to o úhel β .

Při zhotovování generátoru podle obr. 14, 15 se provádějí tytéž operace jako při zhotovování generátoru podle obr. 1, 2, ale sloupek se řeže na matrice pod ostřejším úhlem k rovině p-n přechodů 2, povrch řezu se leští a nakonec se na hrany stupínků nanese ve vakuu pod úhlem zrcadlový povlak z hliníku, tloušťky přibližně 0,05 mikronů.

Při zhotovování generátoru podle obr. 16, 17 se provádějí tytéž operace jako při zhotovování generátoru podle obr. 1, 2, z něhož se vyřeže šest sekcí lichoběžníkového

tvary. Pak se sekce spojí prostřednictvím dielektrické vrstvy 22 a vytvoří generátor, který má tvar šestiúhelníka.

Při zhotovování generátoru podle obr. 18, 19 se z křemíkových desek s diodovou strukturou a metalizovaným povrchem vyřežou kotouče s postupně se zmenšujícím průměrem, kotouče se spojí souose do série pomocí pájky a vytvoří sloupek, který se musí při tom též stlačit, aby se odstranila přebytečná pájka. Sběrné kontakty na krajních kotoučích se pokryjí chemicky odolným filmem a chemickým leptáním se odstraní metalické kontakty z povrchu stupínků 10.

Při zhotovování generátoru podle obr. 20 se z křemíkových destiček s diodovou strukturou a metalizovaným povrchem vyřežou prstence různého vnitřního průměru a jeden kotouč, jehož průměr je větší než průměr prstenců. Prstence se na spodním kotouči pomocí pájky spojují do sloupku souose podle zmenšujícího se rozměru, přebytečná pájka se odstraní vytlačením. Chemicky odolným lakem se povlečou sběrné kontakty na krajních fotoelektrických měničích a chemickým leptáním se odstraní metalické kontakty z povrchu stupínků 10 a rovněž tak ze středové části fotoelektrického měniče kotoučového tvaru na spodku sloupku.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polovodičový fotoelektrický generátor, skládající se z velkého počtu fotoelektrických měničů, zapojených proti sobě ležícími povrchy do série pomocí sběrných kontaktů a tvořících tak monolitní strukturu, z nichž každý má p-n přechod mezi bázovou oblastí a inverzní oblastí, vyznačující se tím, že jeho fotoaktivní povrch (6) má stupňovitou strukturu, přičemž plocha každého stupínku (10) je nepřímě úměrná na ni dopadajícímu výkonu zářivého toku (7) při šířce ("a") stupínku (10) přibližně se rovnající nebo menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázové oblasti (3).

2. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 1, vyznačující se tím, že na obvodě každého stupínku (10) je proveden pomocný sběrný kontakt (11).

3. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 1 a 2, vyznačující se tím, že na površích stupínků (10) jsou provedeny příčné rovnoběžné drážky (15), jejichž vrcholové hrany jsou od sebe vzdáleny o míru (d), která nepřesahuje difuzní délku minoritních nositelů proudu v bázové oblasti (3), a p-n přechod (2') sleduje relief povrchu stupínků (10).

4. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodů 1 až 3, vyznačující se tím, že tloušťka bázové oblasti (3') fotoelektrických měničů (1) ze strany fotoaktivního povrchu (6) je menší než difuzní délka minoritních nositelů proudu v bázové oblasti (3).

5. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodů 1 až 4, vyznačující se tím, že fotoelektrické měniče (1) jsou navzájem posunuty v komutačních rovinách (17) a vytvářejí tak uvedenou stupňovitou strukturu.

6. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodů 1 až 4, vyznačující se tím, že fotoelektrické měniče (1) jsou proti sobě natočeny kolem osy (18), protínající roviny komutace (17) o úhel (β) tak, aby vytvořily uvedenou stupňovitou strukturu.

7. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 5, vyznačující se tím, že fotoelektrické měniče mají tvar šikmých rovnoběžnostěnů, přičemž hrany (19) stupínků (10') jsou ostroúhlé a jsou opatřeny zrcadlovým povlakem (20).

8. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodů 1 až 4, vyznačující se tím, že fotoelektrické měniče (1) mají tvar podobných obrazců a jsou umístěny za sebou podle zmenšujícího se rozměru tak, aby vytvořily uvedenou stupňovitou strukturu.

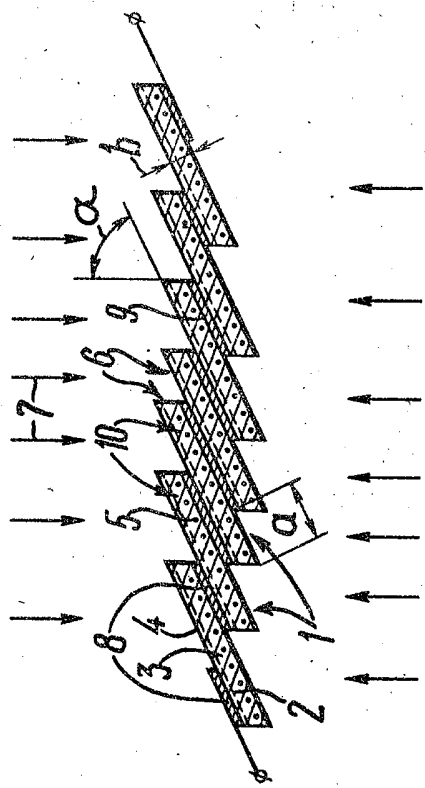
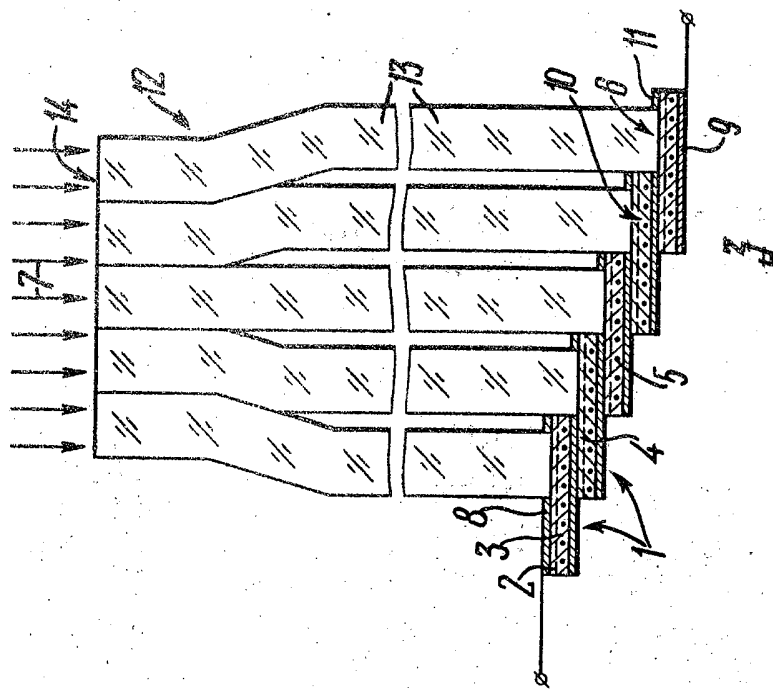
9. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 8, vyznačující se tím, že podobné obrazce jsou pravidelnými mnohoúhelníky.

10. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 8, vyznačující se tím, že podobné obrazce mají tvar kotoučů.

11. Polovodičový fotoelektrický generátor podle bodu 8, vyznačující se tím, že podobné obrazce mají tvar prstenců.

12. Způsob zhotovení polovodičových fotoelektrických generátorů podle bodů 1 až 5, vyznačující se tím, že se metalizované polovodičové destičky (23) s p-n přechodem po jedné ze stran destiček skládají do sloupku, spojují se navzájem pomocí pájky při současném stlačení k odstranění přebytečné pájky, a rozřezávají se pod určitým úhlem k rovině destiček na jednotlivé matrice, vyznačující se tím, že se matrice ohřívají na teplotu tavení pájky, načež se prvky matrice proti sobě navzájem posunují po vrstvě pájky, až vytvoří stupňovitou strukturu, a z povrchu vytvořených stupínků (10) se leptáním odstraní metalizovaná vrstva (29).

24 výkresů



4

