

Vynález se týká polovodičových prvků s tlačným kontaktem jako jsou výkonové tranzistory, tyristory, tyristory vypínané hradlem (GTO) a podobně, ve kterých proud protéká vodivým členem, který se při stisknutí dotýká emitoru nebo katody polovodičového prvku.

V polovodičových prvcích s vysokým proudem, například ve výkonovém tranzistoru nebo v tyristoru vypínaném hradlem, kde proud dosahuje hodnot převyšujících 100 A, je emitor nebo katoda rozdělena na velké množství malých polovodičových oblastí. Důvodem tohoto rozdělení je to, že k vypnutí sepnutého tranzistoru nebo tyristoru vypínaného hradlem se musí k bázi nebo řídicí elektrodě přiložit záporné předpětí, aby se plocha v sepnutém stavu koncentrovala z hranice mezi bází a emitorem nebo mezi řídicí elektrodou a katodou do střední části. Ke snadnému vypnutí je tedy účelné rozdělit emitor nebo katodu do velkého množství oblastí na způsob ostrůvku, aby se zkrátila vzdálenost od kraje do středu.

K vedení proudu z emitoru nebo katody, opatřené větším množstvím takových malých oblastí na způsob ostrůvků, není vhodné užívat běžných vodičů, které se normálně používají pro polovodičové prvky pro malé proudy. Bylo by totiž značně obtížné a nevhodné připojovat vývod ke každému ostrůvku. K vedení proudu ze všech těchto oblastí se proto normálně používá elektrody na způsob tlačného kontaktu, která odvádí proud z emitoru nebo katody tím, že se při stlačení dotýká všech ostrůvkových oblastí.

Ve známých polovodičových prvcích s tlačným kontaktem vznikají problémy, vyvolané rozdílným součinitelem tepelné roztažnosti tlačného kontaktu a polovodičových materiálů tvořících polovodičový prvek. Když se během provozu zvyšuje teplota polovodičového prvku, roztahuje se elektroda, tvořící tlačný kontakt a vyrobená obvykle z mědi, víc než polovodičový materiál, zpravidla křemík.

Elektrodové vrstvy vytvořené na emitoru nebo na katodě jsou poměrně měkké. Následkem toho je nebezpečí, že dojde k jejich vytlačení a deformaci do tvaru jazýčku, který přečnává přes malé ostrůvkové oblasti, což může způsobit zkrat mezi emitorem nebo katodou a bází nebo řídicí elektrodou prvku. Aby se zmenšila pravděpodobnost takového zkratu, je mezi hlavním tělesem měděného tlačného kontaktu a křemíkovým polovodičovým substrátem sevřena molybdenová destička, jejíž součinitel tepelné roztažnosti leží mezi součiniteli tepelné roztažnosti substrátu a hlavního tělesa.

Protože polovodičový substrát a tlačný kontakt mají normálně kotoučový tvar, vzniká v důsledku tepelné roztažnosti mezi nimi kluzné tření od středu k obvodu.

Aby se snížila deformace elektrodoých vrstev katody nebo emitoru, vyvolaná kluzným třením, mají tyto elektrodové vrstvy a malé ostrůvkovité polovodičové vrstvy pod nimi tvar úzkých protáhlých obdélníků, které jsou od sebe odděleny drážkami, vycházejí radiálně od prostředku polovodičového substrátu k jeho obvodu a jejich podélný rozměr leží na poloměru substrátu. Tvar a velikost každé emitorové nebo katodové vrstvy je přibližně stejný, uvažujeme-li nejjednodušší konstrukci.

Při tomto provedení je však nebezpečí, že elektroda tvořící tlačítkový kontakt se při stlačení uprostřed prohne a zkratuje emitor nebo katodu a bázi nebo řídicí elektrodu.

Uvedené nevýhody odstraňuje polovodičový prvek s tlačným kontaktem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje polovodičový substrát sestávající z první vrstvy jednoho typu vodivosti, z druhé vrstvy opačného typu vodivosti a z třetí vrstvy prvního typu vodivosti, dále elektrodu vytvořenou na první vrstvě a nejméně jeden vodivý člen dotýkající se elektrody působením tlaku, přičemž první vrstva je rozdělena na velký počet radiálních paprsků oddělených drážkami, kde každý paprsek sestává z velkého počtu oddělených segmentů a délka radiálně vnitřních segmentů je menší než délka radiálně vnějších segmentů, a elektroda je tvořena vodivými vrstvami upravenými na papracích první vrstvy.

Podle jednoho provedení vynálezu tvoří první vrstva jednoho typu vodivosti, druhá vrstva opačného typu vodivosti a třetí vrstva prvního typu vodivosti emitor, bázi a kolektor bipolárního tranzistoru. Podle dalšího provedení obsahuje polovodičový prvek čtvrtou vrstvu druhého typu vodivosti, přičemž substrát tvoří tyristor a první vrstva prvního typu vodivosti tvoří katodu tohoto tyristoru, který je účelně typu vypínaného hradlem.

V obou případech může první vodivý člen sestávat z hlavního tělesa a z vodivé destičky sevřené mezi hlavním tělesem a elektrodou. Přitom má s výhodou hlavní těleso větší součinitel tepelné roztažnosti než substrát, přičemž vodivá destička má součinitel tepelné roztažnosti mezi součiniteli tepelné roztažnosti hlavního tělesa substrátu. Tím se zmenšuje deformace elektrody uložené na první vrstvě jednoho typu vodivosti, tedy na emitoru nebo katodě. Hlavní těleso je s výhodou vyrobeno z mědi a vodivá destička z molybdenu.

V polovodičovém prvku s tlačným kontaktem podle vynálezu je účinně znemožněn náhodný zkrat mezi emitorem nebo katodou a bází nebo řídicí elektrodou, ke kterému by mohlo dojít ohybem vodivého členu.

Kromě toho je v prvku podle vynálezu zvětšena hustota emitových nebo katodových oblastí v blízkosti středu polovodičového substrátu ve srovnání se známými prvky. Tím se snižuje proudová hustota a tepelný odpor mezi polovodičovým substrátem a tlačnou elektrodou a umožňuje se účinné vyzařování tepla, velký průměrný proud v propustném směru, nízké napětí v sepnutém stavu a odolnost prvku proti nadproudu.

Vynález bude vysvětlen v souvislosti s výkresem, jehož obr. 1 až 3 slouží k osvětlení dosavadního stavu techniky a obr. 4 až 7 znázorňují provedení podle vynálezu, přičemž značí obr. 1 půdorys známého polovodičového prvku typu s tlačným kontaktem, obr. 2 čílní příčný řez polovodičovým prvkem podle obr. 1, obr. 3 charakteristiku znázorňující vztah mezi katodovou mezerou a průhybem molybdenové destičky, tvořící součást tlačného kontaktu v tyristoru vypínaném hradlem, obr. 4 příčný řez polovodičovým prvkem podle vynálezu, obr. 5 půdorys tohoto prvku, obr. 6 ve zvětšeném měřítku část půdorysu polovodičového prvku, ukazující vzdálenosti a rozměry ostrávkových oblastí a obr. 7 příčný částečný řez prvkem podle vynálezu, ukazující vyřešení problému vyplývajícího z obr. 2 konstrukcí podle vynálezu.

Na obr. 1 je znázorněn v půdorysu polovodičový substrát 50 polovodičového prvku s tlačným kontaktem známého typu, přičemž není zakreslen ani pouzdro substrátu 50 ani tlačný kontakt. Velké množství malých oblastí 51 na způsob ostrávků, které tvoří katodu prvku, je upraveno do soustředných kroužků. Z každého kroužku je zakresleno pro zjednodušení pouze několik oblastí 51. Jak bylo uvedeno, mají oblasti 51 přibližně stejný tvar a velikost, takže počet oblastí 51 ležících u prostředku 56 substrátu 50 musí být menší než počet těchto oblastí na obvodu substrátu, protože jinak se nepodaří je vzájemně oddělit. Úhel mezi radiálně vnitřními sousedními katodovými nebo emitorovými oblastmi 51 je tedy značně velký a mezera mezi radiálními konci segmentů je široká. Následkem toho se elektroda, tvořící tlačný kontakt, při přitlačení na emitorové nebo katodové vrstvy působením tlaku prohne v blízkosti střední části substrátu 50, takže může dojít k náhodnému zkratu mezi emitorem nebo katodou a bází nebo řídicí elektrodou. V případě, že elektroda tvořící tlačítkový kontakt sestává z hlavního tělesa a molybdenové destičky, jež se dotýká emitorových nebo katodových vrstev, tato molybdenová destička se při stlačení často prohýbá a může způsobit náhodný zkrat.

Na obr. 2 je zakreslen dílčí příčný řez polovodičovým prvkem typu s tlačným kontaktem podle obr. 1. Vrstva 54 typu P, která tvoří bázi polovodičového prvku, představuje nejhorejší polovodičovou vrstvu substrátu, zatímco vrstva N a vrstva P substrátu 50, které leží pod vrstvou 54, nejsou na obr. 2 znázorněny. Na vrstvě 54 jsou vytvořeny oblasti řídicí elektrody 55. Oblasti 51 typu N tvoří katodu polovodičového prvku. Katodová vrstva je rozdělena na malé, podlouhlé a úzké obdélníkové ostrůvky, jak je znázorněno na obr. 1. Každý ostrůvek katodové vrstvy je pokryt katodovou elektrodou 52. Tlačná elektroda 53 se dotýká všech katodových elektrod 52, takže všechny je lze elektricky propojit přes měděný kryt.

Na obr. 2 je znázorněno, jak může dojít k náhodnému zkratu. Střední část tlačné elektrody 53 má tendenci se deformovat a zkratovat oblasti řídicí elektrody 55.

Charakteristicky na obr. 3 znázorňují vztah mezery mezi katodovými oblastmi, vynesené na ose úseček v mm, a průhybem molybdenové destičky, která je součástí tlačné elektrody 53 v tyristoru vypínaném hradlem, vynesené v μm na ose pořadnic. Tlačná elektroda 53 působila na katodové elektrody 52 tlakem 30 MPa. Křivka A znázorňuje případ, kdy molybdenová destička měla tloušťku 50 μm , křivka B ukazuje průběh závislosti při tloušťce molybdenové destičky 200 μm . Z křivek je patrné, že průhyb molybdenové destičky se zvětšuje úměrně s katodovou mezerou, a že k náhodnému doteku mezi katodovou a řídicí elektrodou může dojít tehdy, když drážky kolem katodových vrstev mají menší hloubku než 20 μm .

Obr. 4 a 5 znázorňují provedení vynálezu v aplikaci na tyristor vypínaný hradlem. Křemíkový substrát 1 obsahuje tyristorovou strukturu, která sestává z katodové vrstvy 2 typu N, z vrstvy báze 3 typu P, z vrstvy báze 4 typu N a z anodové vrstvy 5 typu P. Substrát 1 má průměr 40 mm a tloušťku 500 μm . Katodová vrstva 2 má tloušťku 20 μm a obsahuje fosfor v koncentraci 10^{20} cm^{-3} . Vrstva báze 3 typu P a anodová vrstva 5 mají tloušťku 50 μm a obsahují bor v koncentraci asi 10^{17} cm^{-3} . Vrstva báze 4 typu N obsahuje fosfor a koncentrací 10^{14} cm^{-3} .

Katodová vrstva 2 je rozdělena na velký počet malých protáhlých a úzkých obdélníkových polovodičových paprsků 6, které jsou umístěny těsně u sebe na substrátu 1, vycházejí z prostředku 1a směrem k obvodu 1b, jsou rozděleny po délce na segmenty 7 až 11 a tvoří kolem jednoho středu na různých průměrech pět kružnic. Šířka každého polovodičového paprsku vrstvy 6 je přibližně 0,3 mm a jeho délka je úměrná vzdálenosti od středu substrátu 1. Polovodičové segmenty 7 na vnější kružnici mají délku 3,5 mm, polovodičové segmenty 8 na menší kružnici mají délku 2,5 mm, polovodičové segmenty 9 na další kružnici mají délku 1,3 mm, polovodičové segmenty 10 na další menší kružnici mají délku 0,8 mm a polovodičové segmenty 11 na vnitřní kružnici mají délku 0,5 mm. Vzdálenost mezi vnějšími konci sousedních polovodičových paprsků 6 je přibližně 0,5 mm. Radiální vzdálenost mezi sousedními polovodičovými paprsky 6 je asi 0,5 mm.

Na polovodičových papracích 6 jsou vytvořeny katodové elektrodové vrstvy 13. V drážkách 14 mezi polovodičovými vrstvami 6 je vytvořena řídicí elektroda 15 o tloušťce 15 μm , která se dotýká vrstvy báze 3 typu P. Hliníková vrstva 16 o tloušťce 15 μm je vytvořena na povrchu anodové vrstvy 5 a na ní je upevněn wolframový kotouš 17. Křemík substrátu 1, hliníková vrstva 16 a wolframový kotouš 17 jsou svařeny tepelným zpracováním. Postranní stěna substrátu 1 je obklopena silikonovým kaučukem 18.

Katodová vrstva 2, vrstva báze 3 typu P a vrstva báze 4 typu N tvoří tranzistor NPN, kde katoda pracuje jako emitor. Vrstva báze 3 typu P, vrstva báze 4 typu N a anodová vrstva 5 tvoří tranzistor PNP. Tyristor 19 vypínaný hradlem, vytvořený tímto způsobem, je uložen v pouzdru 20. Pouzdro 20 je opatřeno izolační trubičkou 21 a měděnými kolíky 22, 23 o tloušťce 10 až 15 mm, které jsou spolu spojeny wolframovými prstenci 24, 25.

Uvnitř pouzdra 20 je nereaktivní plyn, například dusík. Izolační trubičkou 21 prochází do vnitřku pouzdra 20 vývod 26 řídicí elektrody 15, který je připojen k řídicí elektrodě 15 řídicím příívodem 27.

Mezi horním měděným kolíkem 22 a katodovou elektrodovou vrstvou 13 je umístěna molybdenová vodivá destička 29 o tloušťce 30 μm , která tvoří společně s měděným kolíkem 22 první vodivý člen 30 k vedení proudu, to znamená elektrodu typu tlačného kontaktu. Dolní měděný kolík 23 tvoří druhý vodivý člen 31 k vedení proudu, to znamená rovněž elektrodu tlačného kontaktu. Přitlačením měděného kolíku 22, 23 k polovodičovému substrátu 1, například tlakem 30 MPa, se měděný kolík 22 elektricky dotkne přes molybdenovou destičku 29 katodové elektrodové vrstvy 13, a druhý měděný kolík 23 se dotkne wolframo-vého kotouče 17 tvořícího anodu.

Obr. 6 ukazuje částečný půdorys polovodičového prvku podle vynálezu, kde je podrobněji vidět rozměry a vzdálenosti mezi ostrůvkovými oblastmi polovodiče.

Obr. 7 ukazuje ve zvětšeném měřítku řez polovodičovým prvkem podle vynálezu. Tento obr. 7 je analogický s obr. 2, kde však je zakreslen polovodičový prvek podle známého stavu techniky. Z výkresu je patrné, že v důsledku vytvoření kratších ostrůvkových oblastí směrem ke středu substrátu je vyřešen jednoduše problém zkratu.

Aby byl dokázán účinek vynálezu, byly prováděny zkoušky, při kterých se použilo dvacet kusů tyristoru vypínaného hradlem podle vynálezu. Během těchto zkoušek nedošlo k zkratu mezi katodou a řídicí elektrodou. Současně bylo zkoušeno dvacet kusů tyristorů vypínaných hradlem a běžně vytvořenou katodou; při těchto zkouškách došlo u čtyřech tyristorů ke zkratu mezi katodou a řídicí elektrodou. Kromě toho měl tyristor v popsaném provedení podle vynálezu o 20 % vyšší proud v propustném směru a o 15 % nižší úbytek napětí než tyristory běžné konstrukce.

Třebaže vynález byl popsán v souvislosti s provedením, které se v současné době považuje za nejvýhodnější, je samozřejmé, že není omezen na popsané provedení, která lze nejrůzněji obměňovat.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polovodičový prvek s tlačným kontaktem, vyznačený tím, že obsahuje polovodičový substrát (1) sestávající z první vrstvy (2) jednoho typu vodivosti, z druhé vrstvy (3) opačného typu vodivosti a z třetí vrstvy (4) prvního typu vodivosti, dále elektrodu (13) vytvořenou na první vrstvě (2) a nejméně jeden vodivý člen (30, 31) dotýkající se elektrody (13) působením tlaku, přičemž první vrstva (2) je rozdělena na velký počet radiálních paprsků (6) oddělených drážkami (14), kde každý paprsek (6) sestává z velkého počtu oddělených segmentů (7, 8, 9, 10, 11) a délka radiálně vnitřních segmentů je menší než délka radiálně vnějších segmentů, a elektroda (13) je tvořena vodivými vrstvami upravenými na paprscích (6) první vrstvy (2).

2. Polovodičový prvek podle bodu 1, vyznačený tím, že první vrstva (2) jednoho typu vodivosti, druhá vrstva (3) opačného typu vodivosti a třetí vrstva (4) prvního typu vodivosti tvoří emitor, bázi a kolektor bipolárního tranzistoru.

3. Polovodičový prvek podle bodu 1, vyznačený tím, že dále obsahuje čtvrtou vrstvu (5) druhého typu vodivosti.

4. Polovodičový prvek podle bodu 3, vyznačený tím, že substrát (1) tvoří tyristor a první vrstvy (2) prvního typu vodivosti tvoří jeho katodu.

5. Polovodičový prvek podle bodu 4, vyznačený tím, že tyristor je typu tyristoru vypínaného hradlem.

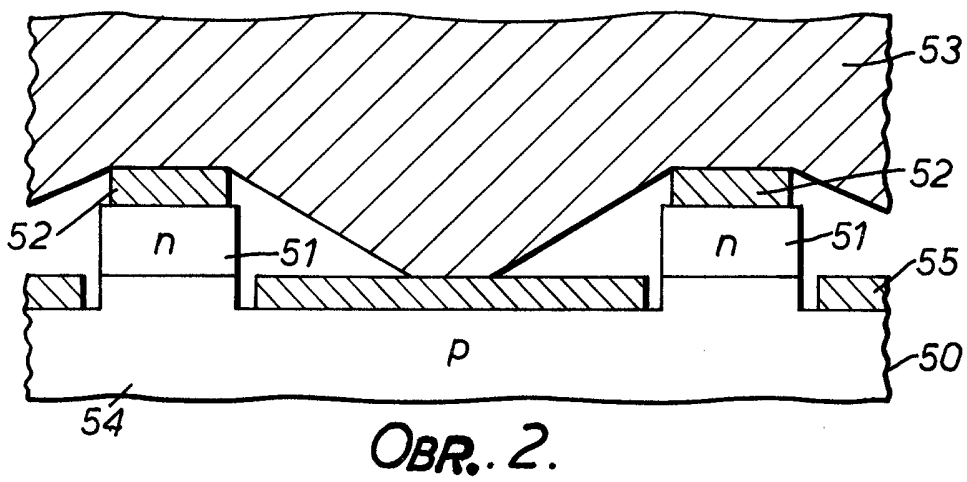
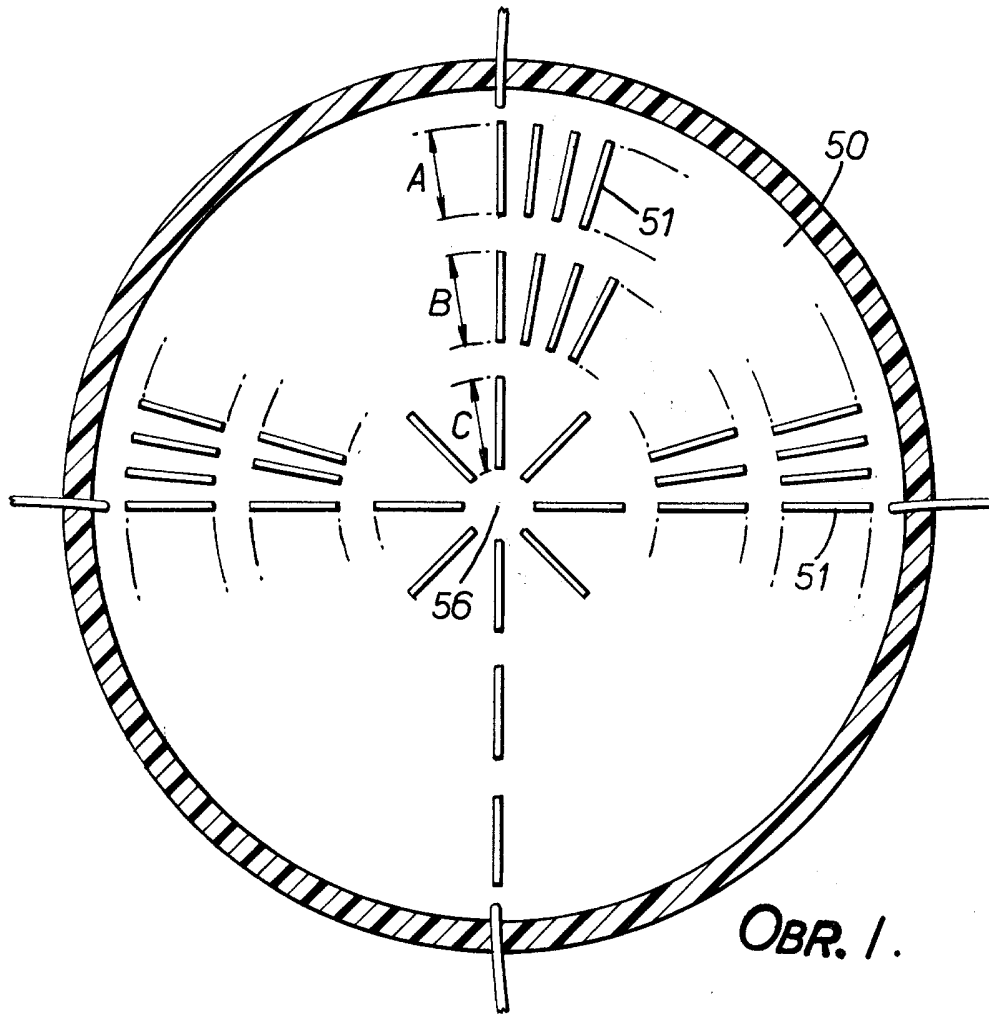
6. Polovodičový prvek podle jednoho z bodů 1 až 5, vyznačený tím, že první vodivý člen (30) sestává z hlavního tělesa (22) a z vodivé destičky (29) sevřené mezi hlavním tělesem (22) a elektrodou (13).

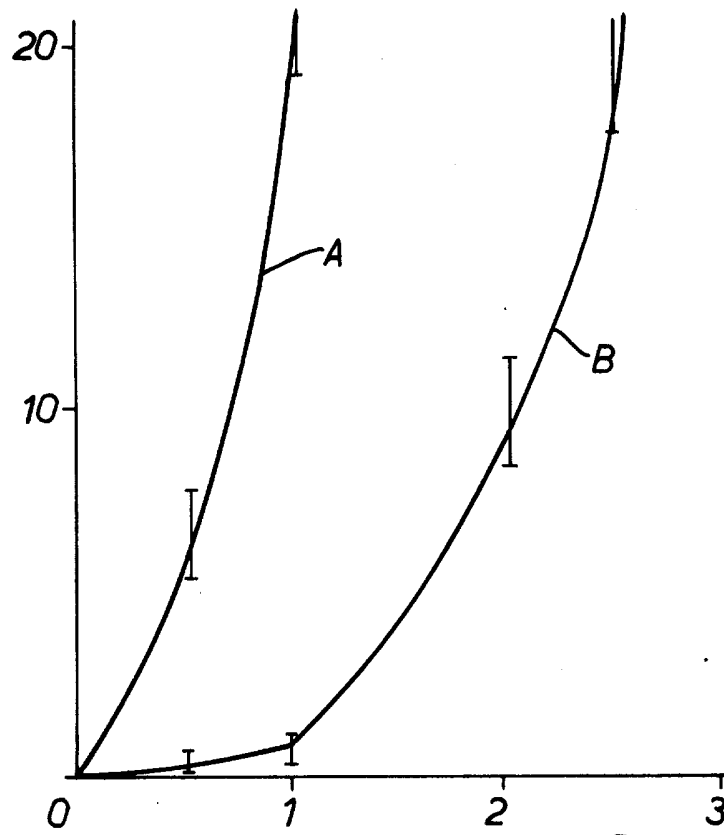
7. Polovodičový prvek podle bodu 6, vyznačený tím, že hlavní těleso (22) má větší součinitel tepelné roztažnosti než substrát (1), přičemž vodivá destička (29) má součinitel tepelné roztažnosti mezi součiniteli tepelné roztažnosti hlavního tělesa (22) substrátu (1).

8. Polovodičový prvek podle bodu 7, vyznačený tím, že hlavní těleso (22) je vyrobeno z mědi a polovodičová destička (29) je z molybdenu.

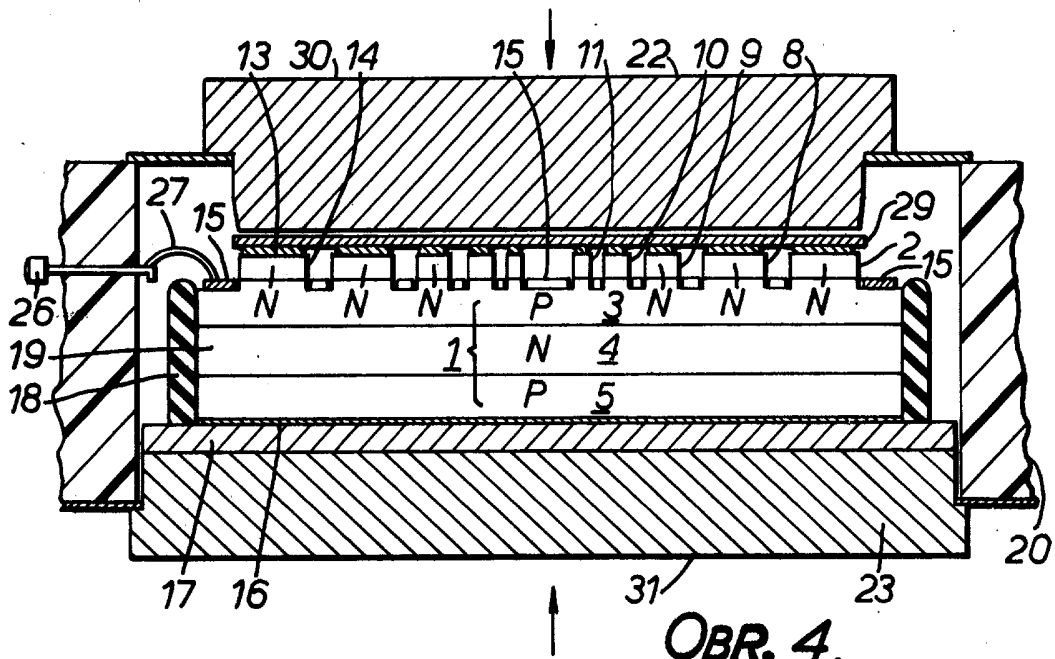
9. Polovodičový prvek podle bodu 1, vyznačený tím, že obvodová vzdálenost mezi všemi paprsky (6) je v podstatě stejná.

10. Polovodičový prvek podle bodu 1, vyznačený tím, že polovodičový substrát (1) sestává z horní první vrstvy (2) jednoho typu vodivosti, která zahrnuje velký počet protáhlých úzkých ostrůvkových segmentů (7, 8, 9, 10, 11) oddělených drážkami (14), přičemž tyto segmenty (7, 8, 9, 10, 11) jsou orientovány radiálně od středu substrátu (1) a uspořádány ve skupinách tvořících soustředné kruhy, jejichž radiální šířka je nejmenší u vnitřního kruhu u středu (1a) substrátu (1) a zvětšuje se směrem k jeho obvodu (1b), pod první vrstvou (2) je uspořádána druhá vrstva (3) druhého typu vodivosti, připojená ke každému segmentu (7, 8, 9, 10, 11), ke spodní části druhé vrstvy (3) je připojena třetí vrstva (4) prvního typu vodivosti a na první vrstvě (2) je uspořádána elektroda (13) sestávající z velkého počtu oblastí, z nichž každá je vytvořena na jednom segmentu (7, 8, 9, 10, 11) první vrstvy (2), přičemž nad první vrstvou (2) je umístěn vodivý člen (30) pro přitisknutí na všechny oblasti elektrody (13) působením tlaku.



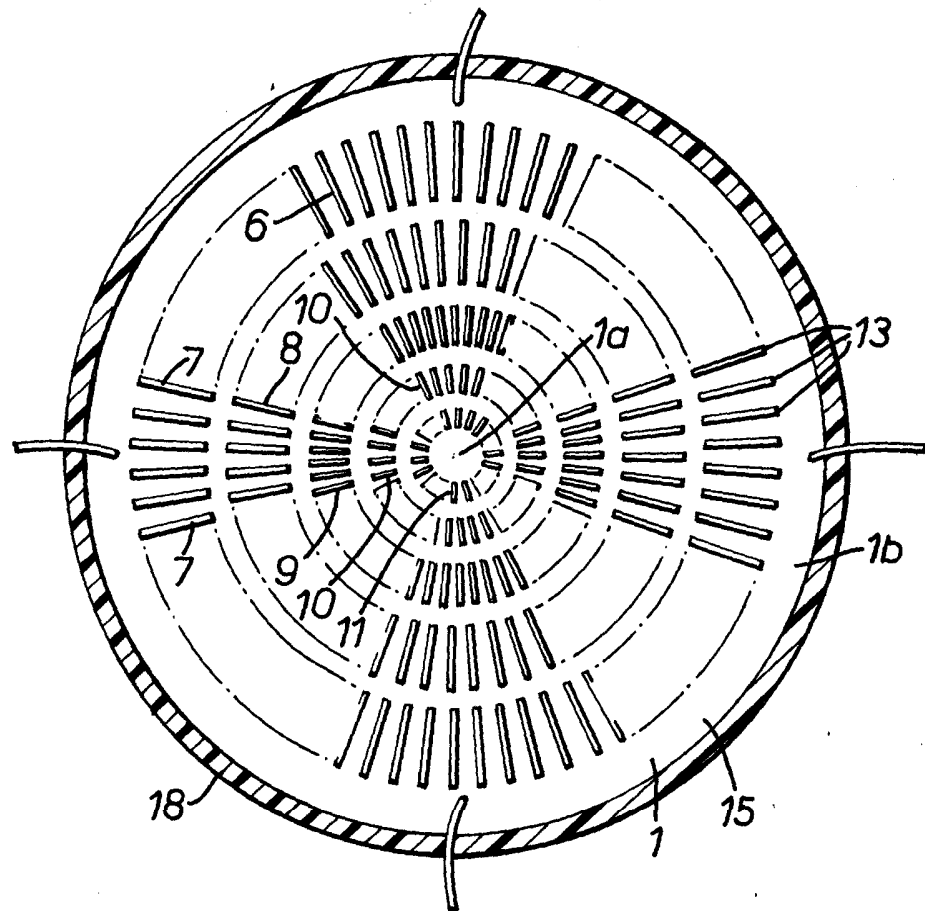


OBR. 3.

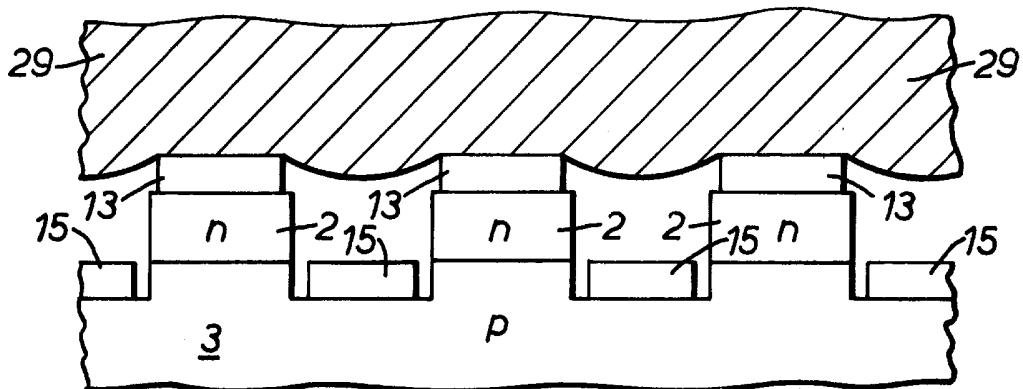
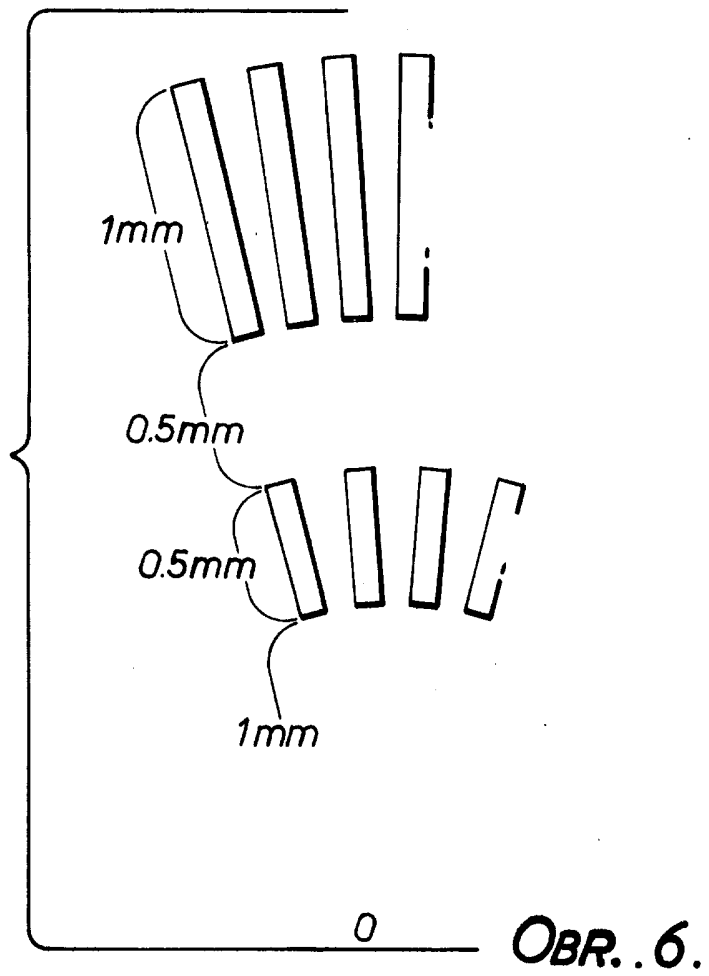


OBR. 4.

244676



OBR..5.



OBR. 7.