



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

254968
(11) (B2)

[51] Int. Cl.⁴
H 01 L 31/00

[22] Přihlášeno 13 09 83
[21] (PV 6649-83)
[32] [31] [33] Právo přednosti od 15 11 82
(199961/82 a 199962/82) Japonsko

[40] Zveřejněno 16 07 87

[45] Vydáno 15 11 88

[72]
Autor vynálezu YAMAGUCHI YOSHIHIRO, URAWA, OHASHI HIROMICHI, YOKOHAMA
(Japonsko)

[73]
Majitel patentu TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA, KAVASAKI (Japonsko)

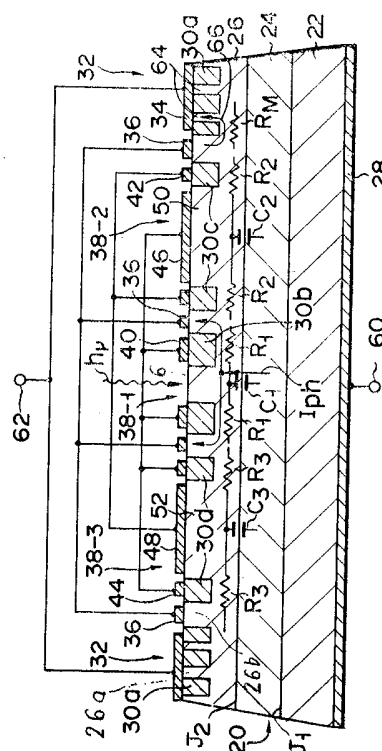
[54] Polovodičový prvek říditelný zářením

1

Polovodičový tyristorový prvek obsahuje hlavní elektrický spínaný tyristor s první emitorovou vrstvou typu P, první vrstvou báze typu N, druhou vrstvou báze typu P a druhou emitorovou vrstvou typu N⁺ a řídicí tyristory, které mají s hlavním tyristorem společné první tři vrstvy a jsou sestaveny do řídicích stupňů. První stupeň obsahuje fototyristor s fotosenzitivní plochou, další stupeň, případně stupně, obsahuje elektricky spínané tyristory. Kolektorová vrstva na druhé vrstvě báze obklopuje řídicí tyristory.

2

Obr. 4



Vynález se týká polovodičového prvku tyristorového typu říditelného zářením, například světelným svazkem.

Je známe, že tyristoru se s výhodou užívá jako řízeného usměrňovače pro ovládání přenosu výkonu v soustavě pro přenos vysokého výkonu, například ve stejnosměrné energetické soustavě nebo podobně. Odborníci doporučují, aby obyčejný tyristor zapínaný elektrickým signálem, přiváděným na řídicí elektrodu, byl nahrazen fototyristorem, zejména v případě měniče energie v soustavě pro přenos výkonu. Taková náhrada je účelná, protože použití fototyristoru ve vysokonapěťovém zařízení pro přeměnu výkonu, kde kapacita a napětí se během let zvětšují, umožňuje provést jednoduchá opatření proti induktivnímu rušení a současně elektrickou izolaci mezi hlavním obvodem a řídicím obvodem. Lze očekávat, že tímto způsobem bude možné sestavit velmi malé a lehké zařízení na přeměnu výkonu.

Protože však světelná energie slouží k zapnutí fototyristoru, je slabší než elektrická zapínací energie, je nezbytné zvětšit fotosenzitivitu vlastního fototyristoru, například o několik řádů oproti citlivosti elektricky zapínaného tyristoru, aby bylo možno účinně ovládat jeho provoz. Zvýšení citlivosti fototyristoru na ozáření však způsobuje zhoršení jeho odolnosti proti rušivému napětí, poněvadž snadno dojde k poruše, když na fototyristor přijde z hlavního obvodu rušivé napětí se strmým čelem, například napěťový ráz způsobený bleskem. Kritická strmost růstu napětí v závěrném směru, při které ještě nedojde k chybné funkci tyristoru ani v případě přepětí, se nazývá „stupeň odolnosti dv/dt “. Je známe, že stupeň odolnosti dv/dt lze zlepšit bez zhoršení fotosenzitivity tyristoru tím, že se zmenší plocha fototyristoru citlivá na ozáření a tím se sníží i rušivý proud procházející touto oblastí. Zmenšení fotosenzitivní plochy však má za následek zmenšení oblasti vodivosti na pracovní charakteristice fototyristoru na začátku zapnutí. V důsledku toho se zmenší stupeň odolnosti di/dt fototyristoru v propustném stavu proti proudu, který má strmé čelo a vzniká na začátku sepnutí. Jedním z důležitých cílů současné techniky je tedy vyvinout fototyristorový prvek s vysokou citlivostí na ozáření, aniž by se zhoršily jeho hlavní charakteristiky dv/dt a di/dt .

Vynález dosahuje tohoto cíle a jeho předmětem je polovodičový prvek říditelný zářením pro řízení přenosu elektrického výkonu, obsahující hlavní tyristor a řídicí tyristor pro řízení hlavního tyristoru, kde polovodičové vrstvy hlavního tyristoru odpovídají první emitorové vrstvě, první a druhé vrstvě báze a druhé emitorové vrstvě, které jsou uspořádány na sobě a jsou střídavě prvního a druhého typu vodivosti, přičemž druhá vrstva báze má první povrchovou oblast, v níž je vytvořena druhá emitorová vrstva, a obnaženou druhou povrchovou ob-

last, a na druhé emitorové vrstvě a na první povrchové oblasti druhé vrstvy báze, která prochází druhou emitorovou vrstvou, je uspořádána vodivá katoda.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že řídicí tyristor sestává z tyristorových řídicích stupňů s řídicími tyristory, které mají společnou první emitorovou vrstvu a první vrstvu a druhou vrstvu báze s hlavním tyristorem a každý z nich má třetí emitorovou vrstvu stejného typu vodivosti jako druhá emitorová vrstva hlavního tyristoru, vytvořenou na druhé povrchové oblasti druhé vrstvy báze.

Polovodičový prvek podle vynálezu se vyznačuje velkou plochou pro dopad záření, vysokou citlivostí na ozáření a spolehlivou závěrnou schopností i při nárazovém napětí se strmým čelem.

Vynález bude vysvětlen v souvislosti s výkresy, kde značí obr. 1 příčný řez dosavadním fototyristorovým prvkem, obr. 2 ekvivalentní obvod fototyristorového prvku z obr. 1, obr. 3 půdorys ve zvětšeném měřítku polovodičového prvku řízeného zářením podle prvního provedení vynálezu, obr. 4 řez vedený rovinou IV—IV na obr. 3, obr. 5 ekvivalentní obvod prvku podle obr. 3, obr. 6 půdorys fototyristorového prvku podle druhého provedení vynálezu, obr. 7 řez vedený rovinou VII—VII na obr. 6, obr. 8 ekvivalentní obvod prvku z obr. 6, obr. 9 charakteristiku znázorňující vzájemný vztah mezi minimálním světelným tokem způsobujícím zapnutí fototyristoru tvořícího první tyristorový řídicí stupeň v prvku z obr. 6 s odporem R_{p2} mezi kolektorem a řídicí elektrodou elektricky spínaného tyristoru druhého řídicího stupně a obr. 10 půdorys znázorňující schematicky strukturu tyristorového prvku podle obměněného provedení vynálezu.

Dříve než bude vysvětlen princip vynálezu, bude popsán základní fototyristorový prvek podle dosavadního stavu techniky v souvislosti s obr. 1 a 2. Podle obr. 1 obsahuje polovodičový prvek emitorovou vrstvu 1 typu P, první vrstvu 2 báze typu N a druhou vrstvu 3 báze typu P. Emitorová vrstva 4a vodivosti N^+ je vytvořena na druhé vrstvě 3 báze typu P, čímž vznikne řídicí fototyristor 5. Druhá vrstva 3 báze je ve střední části emitorové vrstvy 4a řídicího tyristoru 5 obnažena a tvoří fotosenzitivní plochu 6. Na emitorovou vrstvu 4a je napařena kovová elektroda 7a kruhového tvaru.

Koaxiálně s řídicím fototyristorem 5 je vytvořen v povrchové části druhé vrstvy 3 báze kolem řídicího fototyristoru 6 hlavní tyristor 8. Ve druhé vrstvě 3 báze jsou vytvořeny kruhové emitorové vrstvy 4b vodivosti N^+ , které slouží pro hlavní tyristor 8, jsou soustředné vzájemně a rovněž s emitorovou vrstvou 4a. Kovová katoda 7b elektricky spojuje emitorové vrstvy 4b a druhou vrstvu 3 báze. Na vnějším obvodu hlav-

ního tyristoru 8 na druhé vrstvě 3 báze je vytvořena kompenzační elektroda 5 kruhového tvaru, která kompenzuje dv/dt a je připojena ke kovové elektrodě 7a vodičem 10. Anoda 11 z kovu, například z wolframu, je upravena na emitorové vrstvě 1. Mezi elektrodami 7b a 11 je připojen přes zatěžovací odpor 13 stejnosměrný zdroj 12. Prstencová drážka 14 je vytvořena v povrchu druhé vrstvy 3 báze.

Když na fotosenzitivní plochu 6 fototyristoru dopadá světelný spouštěcí signál $h\nu$ se zářivým tokem Φ , začne protékat fotoelektrický proud I_{ph} zejména v ochuzené vrstvě na obou stranách středního přechodu J_2 mezi vrstvou 2 báze a vrstvou 3 báze. Fotoelektrický proud I_{ph} teče v bočním směru druhou vrstvou 3 báze, jak znázorňuje přerušovaná čára na obr. 1, a protéká zkratovou sekcí 16 hlavního tyristoru a katodu 7b do vnějšího obvodu, který sestává ze zdroje 12 a zatěžovacího odporu 13. Když se příčný odpor druhé vrstvy 3 báze, kterou protéká fotoelektrický proud I_{ph} , označí jako odpor R_1 na obr. 1, je přechod J_3 mezi druhou vrstvou 3 báze a emitorovou vrstvou 4a předpjat v dopředném směru v důsledku úbytku napětí V_1 na odporu R_1 . Když je elektrický potenciál na vnitřním obvodu 4a' emitorové vrstvy 4a, kde je předpětí v propustném směru nejnižší, vyšší než difúzní potenciál přechodu J_3 , začne z vnitřního obvodu 4a' proudit do druhé vrstvy 3 báze větší počet elektronů, takže řídicí fototyristor 5 se zapne. Proud I_p v sepnutém stavu protéká do vnějšího obvodu postupně přes emitorovou vrstvu 4a, elektrodu 7a, vodič 10, elektrodu 9, druhou vrstvu 3 báze, zkratovací sekcí 16 a katodu 7b. Tento proud I_p tvoří řídicí proud pro hlavní tyristor 8, který na základě tohoto proudu začne vést. Je třeba si všimnout, že fotosenzitivita fototyristoru závisí na velikosti odporu R_1 a v podstatě se zvětšuje s jeho zvyšováním.

V případě, že mezi anodu 11 a katodu 7b fototyristorového prvku podle dosavadního stavu techniky přijde rušivé napětí se strmým čelem hlušivý proud I_d protéká celou povrchovou plochou přechodů J_1 a J_2 . Složka I_{d1} rušivého proudu, která teče přes kapacitu C_1 středního přechodu J_2 , přímo pod fotosenzitivní plochou 6 protéká prakticky po stejné dráze jako fotoelektrický proud I_{ph} . Složka I_{d2} rušivého proudu, která teče přes kapacitu C_2 na obvodu středního přechodu J_2 přímo pod kompenzační elektrodou 9, protéká dále další zkratovací sekcí 16' hlavního tyristoru 8. Tento stav lze popsat na základě ekvivalentního obvodu podle obr. 2. Úbytek napětí V_j diody D_1 , která sestává z emitorového řídicího stupně A, B s řídicími tyristory 38-1, 38-2, 38-3. První řídicí stupeň A obsahuje jako řídicí tyristor fototyristor 38-1, sestávající z prstencové třetí emitorové vrstvy 30b vodivosti N^+ , která je vytvořena ve střední části druhé

vrstvy 26 báze, na níž je vytvořen emitor 40.

Druhá vrstva 26 báze obklopená prstencovou druhou emitorovou vrstvou 30b slouží jako fotosenzitivní plocha 6 pro příjem světelného signálu $h\nu$. Druhý a třetí řídicí tyristor 38-2 a 38-3, které tvoří druhý řídicí stupeň B a jsou umístěny po obou stranách fototyristoru 38-1, jsou tyristory řízené elektrickým signálem. Druhá emitorová vrstva 30c, 30d druhého a třetího řídicího tyristoru 38-2, 38-3 je vytvořena v povrchu druhé vrstvy 26 báze a má v podstatě obdélníkový tvar. Emitory 42, 44 řídicích tyristorů 38-2, 38-3 jsou z kovu a jsou upraveny na třetích emitorových vrstvách 30c, 30d a řídicí elektrody 40, 48 jsou vytvořeny na obdélníkových obnažených plochách 50, 52 druhé vrstvy 26 báze, které jsou obklopeny druhými emitorovými vrstvami 30c, 30d.

K elektrickému spojení prstencového emitoru 40 fototyristoru 38-1, který tvoří první řídicí tyristorový stupeň A, a řídicí elektrody 46 elektricky spínaného tyristoru 38-2 druhého řídicího stupně B slouží první vodič 54. Druhý vodič 56 elektricky spojuje emitor 42 tohoto elektricky spínaného tyristoru 38-2 s řídicí elektrodou 48 druhého elektricky spínaného tyristoru 38-3 vrstvy 4a řídicího tyristoru 5 a druhé vrstvy 3 báze, lze vyjádřit jako rozdíl:

$$V_j = V_1' - V_2',$$

kde V_1' a V_2' jsou napětí na odporech R_1 a R_2 z obr. 1, přičemž R_2 je naznačeno dvěma sériovými odpory R_2' a R_2'' .

Teprve, když napětí V_j překročí difúzní, nebo-li vlastní potenciál přechodu J_3 , sepne se řídicí fototyristor 5. Když se v tomto základním fototyristorovém prvku vytvoří odpor R_2 velký za účelem zmenšení hodnoty napětí V_j , je obtížné uvést řídicí tyristor 5 do propustného stavu, když je přiloženo rušivé napětí, takže stupeň odolnosti dv/dt řídicího tyristoru 5 lze zlepšit nezávisle na odporu R_1 .

V běžném tyristorovém prvku však existuje další problém spočívající v tom, že zvětšení hodnoty odporu R_2 způsobuje zvětšení citlivosti hlavního tyristoru 8 na světelný signál a snižuje jeho stupeň odolnosti dv/dt . Jak je patrné z ekvivalentního obvodu na obr. 2, je odpor R_2 součtem odporu R_2' druhé vrstvy 3 báze přímo pod drážkou 14 na obr. 1 a odporu R_2'' druhé vrstvy 3 báze pod emitorovou vrstvou 4b hlavního tyristoru 8. Předpětí na přechodu J_3 mezi emitorovou vrstvou 4b a druhou vrstvou 3 báze je dáno velikostí odporu R_2'' .

Když se tedy drážka 14 vytvoří hluboká a odpor R_2' velký, aby se zvětšil odpor R_2 , lze fotosenzitivitu řídicího fototyristoru 5 zvětšit, aniž by se zmenšil stupeň odolnosti dv/dt hlavního tyristoru 8. Protože však cit-

livost hlavního tyristoru **8** na řídicí signál je malá, hlavní tyristor **8** nezbytně zapne s určitým zpožděním po zapnutí řídicího tyristoru **5**. Proud v propustném stavu na začátku spuštění světlem je koncentrován na řídicím fototyristoru **5** a podstatně snižuje stupeň odolnosti dv/dt .

Jak bylo uvedeno, lze v běžném fototyristorovém prvku fotosenzitivitu zlepšit bez zhoršení stupně odolnosti dv/dt nebo di/dt , avšak jen v omezené síle. V důsledku toho nelze fototyristorovým prvkem podle dosavadního stavu techniky dosáhnout cíle vytčeného vynálezem.

Na obr. 3 je znázorněno první provedení polovodičového prvku podle vynálezu a obrázek 4 je řez vedený rovinou IV—IV na obr. 3. V podstatě kotoučové polovodičové těleso **20** je vytvořeno tím, že jsou na sobě umístěny první emitorová vrstva **22** typu P, první vrstva **24** báze typu N a druhá vrstva **26** báze typu P. Anoda **28** z kovu nebo jiného vodivého materiálu je upravena na první emitorové vrstvě **22**.

Na obvodu druhé vrstvy **26** báze je vytvořeno několik druhých emitorových vrstev **30a** typu N^+ , které jsou vzájemně elektricky spojeny katodovou vrstvou **34** hlavního tyristoru **32**, vytvořenou na druhé vrstvě **26** báze. Jak je jasné patrné z obr. 3, je ve střední části katodové vrstvy **34** vytvořen v podstatě obdélníkový otvor **35**, ve kterém je na druhé vrstvě **26** báze vytvořena kolektorová vrstva **36**, obklopující druhého řídicího stupně **B**, jehož emitor **44** je elektricky spojen s emitorem **40** fototyristoru **38—1** třetím vodičem **58**. Polovodičový prvek má anodový vývod **60** a katodový vývod **62**.

Obr. 5 ukazuje ekvivalentní obvod popsaného polovodičového prvku včetně příčných ekvivalentních odporů R_1 , R_2 , R_3 druhé vrstvy **26** báze a ekvivalentních kapacit C_1 , C_2 , C_3 mezi druhou vrstvou **26** báze typu P a první vrstvou **24** báze typu N. Dioda D_1 na obr. 5 je tvořena třetí emitorovou vrstvou **30b** fototyristoru **38—1** a druhou vrstvou báze **26**. Diody D_2 , D_3 obsahují každá druhou emitorovou vrstvu **30c**, **30d** elektricky spínaných tyristorů **38—2**, **38—3** druhého řídicího stupně **B** a druhou vrstvu **26** báze typu P.

Když se k anodovému vývodu **60** připojí kladné a ke katodovému vývodu **62** záporné napětí a současně se ozařuje světelným signálem $h\nu$ fototyristor **38—1**, začne jím protékat fotoelektrický proud I_{ph} v podstatě ve střední části přechodu J_2 mezi první vrstvou báze **24** a druhou vrstvou báze **26**. Jak ukazuje obr. 4, teče tento fotoelektrický proud I_{ph} druhou vrstvou **26** do stran, potom protéká kolektorovou vrstvou **36** do zkratovací sekce **64** mezi druhou vrstvou **26** báze a katodou **34** a přichází pad do katody **34**, jak znázorňuje šipka **66** na obr. 4.

Fotoelektrický proud I_{ph} vyvolává úbytek

napětí V_1 na ekvivalentním odporu R_1 ve druhé vrstvě **26** báze v oblasti fototyristoru **38—1**. To způsobí, že třetí emitorová vrstva **30b** vodivosti N^+ fototyristoru **38—1** dostane předpětí v propustném směru. Když se nejnižší hodnota tohoto dopředného předpětí blíží hodnotě vlastního potenciálu přechodu J_2 mezi třetí emitorovou vrstvou **30b** typu N^+ a druhou vrstvou **26** báze typu P, množství elektronů přecházejících z třetí emitorové vrstvy **30b** do druhé vrstvy **26** báze se rychle zvětšuje a nakonec fototyristor **38—1** zapne. Jeho proud pak teče přes první vodič **54** do řídicí elektrody **46** elektricky spínaného tyristoru **38—2** druhého stupně **B**, který se potom sepne, a v důsledku toho začne vést i druhý elektrický spínaný tyristor **38—3** druhého stupně **B**. Jeho proud dále protéká přes třetí vodič **58** a první vodič **54** do řídicí elektrody **46** tyristoru **38—2** a odtud přes kolektorovou vrstvu **36** a zkratovací sekci **64** ke katodě **34**. Tento proud slouží jako řídicí proud hlavního tyristoru **32**, který v důsledku tohoto proudu sepne.

V případě, kdy se mezi anodový vývod **60** a katodový vývod **62** popsaného tyristorového prvku připojí abnormální rušivé napětí a vlnovým průběhem, který rychle narůstá, tedy s vysokým poměrem dv/dt , protéká téměř celou oblastí druhé vrstvy **26** báze rušivý proud. V důsledku tohoto rušivého proudu vzniknou rozdílová napětí V_1 , V_2 , V_3 na ekvivalentních odporech R_1 , R_2 , R_3 druhé vrstvy **26** báze v oblastech tyristorů **38—1**, **38—2**, **38—3** stejně, jako tomu bylo v důsledku fotoelektrického proudu.

Napětí V_2 působící v bočním směru ve druhé vrstvě **26** báze v oblasti prvního elektricky spínaného tyristoru **38—2** přijde na třetí emitorovou vrstvu **30b** fototyristoru **38—1**, která je spojena s řídicí elektrodou **46** přes emitor **40** a první vodič **54**. V důsledku toho je předpětí druhé emitorové vrstvy **30b** fototyristoru **38—1** rovné rozdílovému napětí V_{j1} mezi napětím V_1 a V_2 .

Z analogického důvodu je předpětí třetí emitorové vrstvy **30c** prvního elektricky spínaného tyristoru **38—2** dáno rozdílovým napětím V_{j2} mezi napětím V_2 a V_3 , a předpětí třetí emitorové vrstvy **30d** druhého elektricky spínaného tyristoru **38—2** je dáno rozdílovým napětím V_{j3} mezi napětími V_3 a V_2 . Stupeň odolnosti dv/dt prvního až třetího řídicího tyristoru **38—1**, **38—2**, **38—3** je dán rozdílovými napětími V_{j1} , V_{j2} , V_{j3} .

Když se každé předpětí V_j přiblíží hodnotě potenciálové bariéry na přechodu P—N příslušného tyristoru, začne rychle vzrůstat pohyb elektronů z druhé emitorové vrstvy **30a** vodivosti N^+ do druhé vrstvy **26** báze typu P, takže každý řídicí tyristor se sepne působením dv/dt . Žádný z nich však nezapne snadno, protože hodnota každého ze tří předpětí V_j je podstatně nižší než vlastní potenciál na přechodu mezi třetí emito-

rovou vrstvou **30b**, **30c**, **30d** a druhou vrstvou **26** báze.

To znamená, že když je k polovodičovému prvku přiloženo abnormální napětí s velkým dv/dt a tedy se strmým čelem, řídicí tyristorové stupně **A**, **B** nezapnou snadno a nesníží se stupeň odolnosti dv/dt . Tento účinek lze podpořit vhodnou volbou geometrického tvaru řídicích tyristorů **38-1**, **38-2**, **38-3** a odporu druhé vrstvy **26** báze typu **P**, takže napětí V_1 , V_2 , V_3 se vzájemně rovnají. Protože velikost fotosenzitivní plochy **6** fototyristoru **38-1**, který tvoří první řídicí stupeň **A**, se dá snadno zvětšit ve srovnání s běžným fototyristorem, lze citlivost na řídicí signál rovněž zlepšit.

Podle vynálezu lze tedy zvětšit citlivost každého řídicího tyristoru na řídicí signál, aniž by se zmenšil stupeň odolnosti dv/dt , a mimoto lze průměr fotosenzitivní plochy **6** zvětšit dvojnásobně až trojnásobně oproti běžnému fototyristoru. V důsledku toho se citlivost tyristorů druhého řídicího stupně **B** na řídicí signál také zvětší, což má za následek snížení koncentrace proudu do fototyristoru a tedy zvětšení stupně odolnosti di/dt .

Účinnost světelné vazby mezi fotosenzitivní plochou **6** a soustavou vysílající světlo se rovněž zlepší, čímž se sníží budící proud fotoluminiscenční diody. To znamená, že se dosáhne podstatného zlepšení fotosenzitivty za předpokladu, že stupeň odolnosti dv/dt je ekvivalentní.

Na obr. 6 a 7 je znázorněno druhé provedení vynálezu. Pro stejné části a součásti jako v prvním provedení je použito stejných vztahových značek a pro zjednodušení nebude jejich popis opakován.

Podle obr. 6 má katoda **34** hlavního tyristoru **32**, vytvořená na druhé vrstvě **26** báze typu **P** polovodičového tělesa **20**, křížový otvor **100** a v něm je s mezerou od okrajů na druhé vrstvě **26** báze vytvořena kolektorová vrstva **102** rovněž křížového tvaru. Kolektorová vrstva **102** má kruhový otvor **104** ve střední části a obdélníkové otvory **106-1**, **106-2**, **106-3** a **108** ve čtyřech rozích.

Obdélníkový otvor **103** je menší než ostatní otvory **106-1**, **106-2**, **106-3**. Na druhé vrstvě **26** báze je vytvořen fototyristor **110-1** a elektricky spínané tyristory **110-2**, **110-3**, **110-4**, **110-5** obklopené tyristorovou vrstvou **102**. Fototyristor **110-1**, který tvoří první řídicí stupeň **A**, je vytvořen na části kruhového otvoru **104** kolektorové vrstvy **102**. Elektricky spínané tyristory **110-2**, **110-3**, **110-4**, **110-5**, tvořící druhý řídicí stupeň **B**, jsou vytvořeny na otvorech **106-1**, **106-2**, **106-3**, **108** kolektorové vrstvy **102**.

Obr. 7 znázorňuje příčný řez vedený rovinou VII-VII na obr. 6. Fototyristor **110-1** má kruhovou třetí emitorovou vrstvu **112-a** typu N^+ v povrchové části druhé vrstvy **26** báze v kruhovém otvoru **104** a na ní emitor **114**. Sekce druhé vrstvy **26** báze obklopená

prstencovou třetí emitorovou vrstvou **112-a** typu N^+ odpovídá fotosenzitivní ploše **6** fototyristoru. První tyristor **110-2** druhého řídicího stupně **B** zahrnuje obdélníkovou uzavřenou třetí emitorovou vrstvu **112-b** typu N^+ vytvořenou ve druhé vrstvě **26** báze, obdélníkový uzavřený emitor **116**, vytvořený na třetí emitorové vrstvě **112-b** a řídicí elektrodu **118** vytvořenou na druhé vrstvě **26** báze v oblasti obklopené třetí emitorovou vrstvou **112-b**.

Druhý a třetí řídicí tyristor **110-3** a **110-4** druhého řídicího stupně **B** mají podobnou strukturu. Čtvrtý řídicí tyristor **110-5** druhého stupně **B** obsahuje třetí emitorovou vrstvu **112-c** typu N^+ , která má v podstatě stejný rozměr jako třetí emitorová vrstva **112-b** typu N^+ prvního až třetího řídicího tyristoru **110-2**, **110-3**, **110-4** druhého stupně **B** a řídicí elektrodu **20** vytvořenou na oblasti druhé vrstvy **26** báze obklopené touto třetí emitorovou vrstvou **112-c**. Jeho emitor je vytvořen vcelku s kolektorem **102** a užívá se společně.

Vodič **122**, například hliníkový nebo platinový drát, spojuje emitor **114** fototyristoru **110-1** a řídicí elektrodu **118** prvního tyristoru **110-2**, druhého stupně **B**, jehož emitor **116** je spojen s řídicí elektrodou **124** druhého tyristoru **110-3** vodičem **126**. Emitor **128** druhého tyristoru **110-3** je spojen vodičem **132** s řídicí elektrodou **130** třetího tyristoru **110-4**, jehož emitor je spojen s řídicí elektrodou **120** čtvrtého tyristoru **110-5** druhého řídicího stupně **B** vodičem **134**.

V důsledku takového spojení jsou řídicí tyristory **110-1** až **110-5** zapojeny v podstatě do série, jak je patrné z ekvivalentního obvodu podle obr. 8, a každá řídicí elektroda je elektricky připojena k emitoru předchozího řídicího tyristoru. Každý řídicí tyristor **110-2**, **110-3**, **110-4**, **110-5** druhého stupně **B** dostává spínací proud z předchozího tyristoru jako řídicí proud a pak postupně začíná vést.

V ekvivalentním obvodu podle obr. 8 jsou odpory R_1 až R_5 odpory, které leží v podélném směru ve druhé vrstvě **26** báze v oblasti každého z řídicích tyristorů **110-1** až **110-5**. Kapacity C_1 až C_5 jsou kapacity v úseku mezi první vrstvou **24** s vodivostí **P** a druhou vrstvou **26** s vodivostí **N** báze, které leží v oblasti každého z řídicích tyristorů **110-1** až **110-5**. Diody D_1 až D_5 vznikají přechodem **P-N** v oblasti každého z řídicích tyristorů.

C_M a R_M je kapacita a odpor v oblasti hlavního tyristoru **32**, přes kterou teče rušivý proud do zkratové sekce **64** hlavního tyristoru **32**. Na obr. 8 značí bod **A** fotosenzitivní plochu **6** a body **B** až **F** značí řídicí elektrody řídicích tyristorů. Body H_1 až H_5 odpovídají kolektorovým vrstvám **102**.

Když na fototyristor **110-1**, který tvoří první stupeň **A**, dopadá světelný řídicí sig-

nál $h\nu$, fotoelektrický proud I_{ph} teče od druhé vrstvy **26** báze přes kolektorovou vrstvu **102** a zkratovou sekci **64** postupně ke katodě **34** stejným způsobem jako v případě prvního provedení. Fotoelektrický proud I_{ph} vyvolá úbytek napětí V_1 na ekvivalentním odporu R_1 druhé vrstvy **26** báze v oblasti prvního fototyristoru **110-1**, které tvoří předpětí v propustném směru pro jeho třetí emitorovou vrstvu **112-a** typu N^+ . Když nejnižší hodnota předpětí v propustném směru se přiblíží hodnotě difúzního potenciálu na přechodu mezi třetí emitorovou vrstvou **112-a** typu N^+ a druhou vrstvou **26** báze typu P , zvýší se rychle množství elektronů přecházejících z emitorové vrstvy **112-a** do druhé vrstvy **26** báze a tím fototyristor **110-1** zapne.

Proud protékající fototyristorem **110-1** přichází jako řídicí proud přes vodič **122** na řídicí elektrodu **118** prvního elektricky spínaného tyristoru **110-2** druhého řídicího stupně **B**, který se tedy rovněž otevře. Postupně se zapínají stejným způsobem další tyristory **110-3**, **110-4**, **110-5**. Proud z posledního tyristoru **110-5** ve druhém řídicím stupni **B** protéká přes kolektorovou vrstvu **102** a zkratovou sekci **64** ke katodě **34**. Protože tento proud slouží jako řídicí proud pro hlavní tyristor **32**, hlavní tyristor **32** se konečně zapne.

Ke zlepšení fotosenzitivity nebo-li citlivosti na řídicí signál fototyristoru je podle vynálezu boční odpor R_1 druhé vrstvy **26** báze přímo pod emitorovou vrstvou **112-a** fototyristoru **110-1** zvýšen a současně je snížena hodnota odporu R_{p2} mezi řídicí elektrodou **118** prvního řídicího tyristoru **110-2** druhého stupně **B** a kolektorovou vrstvou **102**.

Obr. 9 ukazuje vztah mezi minimálním světelným výkonem pro zapnutí fototyristoru **110-1** a hodnotou odporu R_{p2} a představuje charakteristiku vytvořenou na základě dat získaných experimentálně v rámci vynálezu. Jak je z grafu patrné, když je hodnota odporu R_{p2} 100 ohmů (Ω), minimální světelný výkon ϕ^* rychle vzrůstá a fotosenzitivita klesá. Je to z toho důvodu, že část fotoelektrického proudu I_{ph} teče do kolektorové vrstvy **102** přes třetí emitorovou vrstvu **112-a**, vodič **122**, řídicí elektrodu **118** elektricky spínaného tyristoru **110-2** a druhou vrstvu **26** báze, ležící pod jeho třetí emitorovou vrstvou **112-b**, takže mezi kolektorovou vrstvou **102** a řídicí elektrodou **118** vzniká závěrné předpětí pro třetí emitorovou vrstvu **112-b** elektricky spínaného tyristoru **110-2**.

Je tedy možné zlepšit fotosenzitivitu zmenšením hodnoty odporu R_{p2} a snížením jím vyvolaného závěrného předpětí třetí emitorové vrstvy **112-b**.

Když se mezi anodu **28** a katodu **34** takového tyristorového prvku připojí abnormální napětí, lze tento pochod popsat v souvislosti s ekvivalentním obvodem na obr. 8.

Označí-li se J_d hustota proudu protékajícího každou kapacitou C_1 až C_5 a C_M přechodů, pak napětí V_1 až V_5 na odporech R_1 až R_5 při vzniku rušivého proudu v důsledku abnormálního přiloženého napětí jsou v podstatě úměrná proudové hustotě J_d . Odpor lze tedy vyjádřit rovnicí

$$R_i = V_i / J_d \quad (1)$$

kde $i = 1, 2, \dots, 5$.

Maximální hodnoty předpětí V_{12} , V_{23} , V_{34} , V_{45} a V_5 v propustném směru tyristorů **110-1** až **110-5** jsou rovné napětím na diodách D_1 až D_5 (obr. 8), a jsou vyjádřeny následujícími rovnicemi:

$$V_{12} = V_1 - V_2 = (R_1 - R_2) \cdot C_j \cdot dv/dt \quad (2)$$

$$V_{23} = V_2 - V_3 = (R_2 - R_3) \cdot C_j \cdot dv/dt \quad (3)$$

$$V_{34} = V_3 - V_4 = (R_3 - R_4) \cdot C_j \cdot dv/dt \quad (4)$$

$$V_{45} = V_4 - V_5 = (R_4 - R_5) \cdot C_j \cdot dv/dt \quad (5)$$

$$V_5 = R_5 \cdot C_j \cdot dv/dt \quad (6)$$

kde $C_j \cdot dv/dt = J_d$ a C_j je kapacita přechodu.

Když hodnoty V_{12} , V_{23} , V_{34} , V_{45} , V_5 dosáhnou úrovně difúzních potenciálů diod D_1 až D_5 , zvýší se rychle přechod elektronů z každého řídicího tyristoru a ten řídicí tyristor, jehož předpětí překročí difúzní potenciál jako první, zapne při dv/dt .

Hodnoty R_1 až R_5 jsou zvoleny tak, aby hodnoty napětí V_{12} , V_{23} , V_{34} , V_{45} byly menší nebo rovné napětí V_5 . Když jsou rovné napětí V_5 , dostaneme následující rovnosti:

$$R_5 = R_4 - R_5 = R_3 - R_4 = R_2 - R_3 = R_1 - R_2, \\ \text{z nichž vyplývá vztah } R_5 = R_4/2 = R_3/3 = \\ = R_2/4 = R_1/5. \text{ Aby se vyhovělo uvedeným podmínkám, musejí být hodnoty } R_1 \text{ až } R_5 \text{ zvoleny tak, aby vyhovovaly alespoň následujícím vztahům } R_5 \geq R_4/2, R_5 \geq R_3/3, \\ R_5 \geq R_2/4 \text{ a } R_5 \geq R_1/5.$$

Jak vyplývá z předchozího, je podle vynálezu nezbytné zabránit snížení fotosenzitivity tím, že se nastaví hodnota odporu mezi řídicí elektrodou **118** prvního řídicího tyristoru **110-2** druhého stupně **B** a kolektorovou vrstvou **102** na hodnotu 100 ohmů nebo menší. Odpor R_2 závisí na šířce třetí emitorové vrstvy **112-b** typu N^+ druhého řídicího tyristoru **110-2**, hodnota odporu mezi řídicí elektrodou **118** a kolektorovou vrstvou **102** se dá zmenšit zvětšením délky třetí emitorové vrstvy **112-b**. Lze tedy realizovat podmínky pro R_1 až R_5 a podmínky pro velikost odporu mezi kolektorem **102** a řídicí elektrodou **118**, aniž by se vzájemně rušily.

Při popsání konstrukci je stupeň odolnosti dv/dt dán činným odporem R_n druhé vrstvy báze **26** posledního tyristoru **110-5** druhého stupně **B**. Podle tohoto provedení

s pěti řídicími tyristory lze R_5 určit tak, aby vyhovoval hodnotě dv/dt podle předem stanovených specifikací. Současně lze odpor R_1 zvětšit až na pětinašobnou hodnotu proti odporu R_5 . Je-li žádoucí zvětšit průměr fotosenzitivní plochy **6**, aby se zvýšila fotosenzitivita fototyristoru **110—1** a zlepšila účinnost světelné vazby se soustavou přenášející světelný signál, je obecně nezbytné, aby odpor R_1 byl velký. Podle vynálezu lze R_1 snadno zvýšit, aniž by se snížil stupeň odolnosti dv/dt , takže lze značně zlepšit jak fotosenzitivitu, tak účinnost světelné vazby. Při pokusu s běžným fototyristorovým prvkem na napětí 4 Kv, kdy průměr d fotosenzitivní plochy fototyristoru **110—1** se rovná 1,5 mm, je $dv/dt = 1\,500\text{ V}/\mu\text{s}$ a minimální světelný spínací výkon $\phi^* = 4\text{ mw}$. Pro fototyristorový prvek podle vynálezu s pěti řídicími tyristory lze dosáhnout spínacího světelného výkonu $\phi^* = 2\text{ mw}$. Při použití vynálezu za stejných podmínek, tedy při $\phi^* = 4\text{ mw}$, mohl být průměr fotosenzitivní plochy oproti běžnému zařízení zdvojnásoben na $d = 3\text{ mm}$. Porovnávali se systém pro přenos světelného signálu se světelnými vlákny o průměru 1,5 mm ve svazku se systémem s optickými vlákny o průměru 3 mm, pak v případě, že světelným zdrojem je elektroluminiscenční dioda, zlepšila se výstupní světelný signál této diody a účinnost světelné vazby optických vláken trojnásobně. V každém případě lze podstatně snížit budicí proud fotoluminiscenční diody. Protože velikost budicího proudu fotoluminiscenční diody má velký vliv na její životnost, lze použitím vynálezu podstatně zlepšit spolehlivost celého zařízení. Tyristorový prvek spínaný světelným signálem, vytvořený podle vynálezu, je velice účinný, zejména při zapojení jako tyristorový ventil při přenosu stejnosměrného výkonu, kde se vyžaduje vysoká spolehlivost přepínání. Když se zvětší průměr fotosenzitivní plochy, existuje obecně tendence ke zvyšování svodového proudu vznikajícího v této oblasti a ke snížení odolnosti při vysokých teplotách. Protože však podle vynálezu teče svodový proud po stejné dráze jako rušivý proud, je tyristorový prvek podle vynálezu rovněž účinný v tom, že znemožňuje chybné sepnutí vyvolané svodovým proudem. Lze tedy realizovat tyristor s vynikajícími napěťovými charakteristikami při vysokých teplotách.

Kromě toho lze v důsledku vytvoření kolektorových vrstev dosáhnout ještě dalších výhod. Jak ukazuje obr. 2, jsou podle dosavadního stavu techniky odpory R_1 a R_2 elektricky spojeny katodou **7b** a napětí vznikající na odporu R_1 v důsledku rušivého proudu je kompenzováno napětím na odporu R_2 , čímž se zlepšil stupeň odolnosti dv/dt . Když se však má zabránit poklesu stupně odolnosti dv/dt hlavního tyristoru **8**, nezbytné se zmenšit stupeň odolnosti di/dt . Naproti tomu podle vynálezu jsou odpory R_1 až R_5 a R_M

elektricky spojeny přes kolektorovou vrstvu **102** a tedy počet řídicích tyristorů lze jednoduše zvýšit. Proud teče na začátku fáze vedení přes fototyristor **110—1** a snižuje se úměrně k počtu řídicích tyristorů v dalších stupních. Tyristorový prvek podle vynálezu tedy snižuje koncentraci proudu na fototyristoru **110—1**. Kromě toho lze fotosenzitivní plochu jednoduše zvětšit, aniž by se snížila hodnota stupně odolnosti dv/dt , a fotosenzitivita.

V důsledku se zvětší počáteční oblast sepnutí a proudová hustota v sepnutém stavu na začátku vedení proudu se podstatně zmenší. Z těchto důvodů vynález značně zvyšuje hodnotu stupně odolnosti di/dt ve srovnání s dosavadním zařízením. Podle výsledků získaných s tyristorovým prvkem vyrobeným na experimentálním základě bylo možno podle vynálezu dosáhnout velikosti di/dt větší nebo rovné 600 A, což je dvakrát až třikrát lepší než u běžného tyristoru.

Obr. 10 znázorňuje půdorys obměněného provedení předchozích příkladů, přičemž hranice přechodů P—N, které jsou viditelné mezi jednotlivými elektrodovými vrstvami, jsou pro jasnost vynechány. Tento tyristorový prvek obsahuje první řídicí stupeň **A** s fototyristorem **200**, druhý řídicí stupeň **B** sestávající ze tří elektricky spínaných tyristorů **202—1**, **202—2**, **202—3** a třetí řídicí stupeň **C** sestávající rovněž ze tří elektricky spínaných tyristorů **204—1**, **204—2**, **204—3**.

Prstencový emitör **206** fototyristoru **200** má fotosenzitivní plochu **207** ve střední části druhé vrstvy **26** báze typu P polovodičového tělesa **20**. Emitör **206** má na obvodu tři výstupky **208a**, **208b**, **208c**, které vyčnívají radiálně ven a mají mezi sebou úhel 120°. Tři elektricky spínané tyristory **202—1**, **202—2**, **202—3** tvořící druhý řídicí stupeň **B** jsou umístěny v prodloužení těchto výstupků **208a**, **208b**, **208c** a každý z nich má emitör **210—1**, **210—2**, **210—3** obdélníkového tvaru a řídicí elektrodu **212—1**, **212—2**, **212—3** vytvořenou na povrchu druhé vrstvy **26** báze (obr. 4 až 7) tak, že jsou uzavřeny v emitorech.

Protože třetí emitörová vrstva typu N⁺ každého z tyristorů **202—1**, **202—2**, **202—3** je vytvořena v podstatě stejným způsobem jako v předchozích případech, není ani popsána ani znázorněna. Elektricky spínané tyristory **204—1**, **204—2**, **204—3**, které tvoří třetí řídicí stupeň **C** a mají řídicí elektrody **205—1**, **205—2**, **205—3**, jsou vytvořeny v místech odpovídajících mezerám mezi výstupky **208a**, **208b**, **208c** v emitöru **206** fototyristoru **200**.

Na obr. 10 je řídicí tyristor **204—1** třetího řídicího stupně **C** umístěn mezi řídicími tyristory **202—1** a **202—2** druhého řídicího stupně **B** a ostatní jsou postupně označeny **204—2**, **204—3** ve směru proti pohybu hodinových ruček. Každý emitör **210—1**, **210—2**,

210—3 má nástavec 214 u okraje v blízkosti emitoru 206 fototyristoru 200 k připojení vodiče.

Kolektorová vrstva 220 upravená na druhé vrstvě 26 báze typu P polovodičového tělesa 20 obklopuje tyristory všech řídicích tyristorových stupňů A, B, C a za tyristory 204—1 až 204—3 se směrem k okrajům polovodičového tělesa 20 rozvětňuje na dvě strany. Kolektorová vrstva 220 slouží jako společné emitory pro všechny tři tyristory 204—1 až 204—3 třetího řídicího stupně C stejně jako ve druhém provedení podle obrázku 6. Katoda 34 hlavního tyristoru 32 obklopuje na druhé vrstvě 26 báze kolektorovou vrstvu 220 tohoto speciálního tvaru.

Vodiče 224, například hliníkové, jsou připojeny známou technologií mezi výstupky 208a, 208b, 208c fototyristoru 200 a řídicí elektrody 212—1, 212—2, 212—3 tyristorů 202—1, 202—2, 202—3 druhého řídicího stupně B. Současně jsou třemi vodiči 226 spojeny výstupky 214 emitorů 210—1, 210—2, 210—3 elektricky řízených tyristorů 202—1 až 202—3 druhého řídicího stupně B s řídicími elektrodami 205—1, 205—2, 205—3 elektricky řízených tyristorů 204—1, 204—2, 204—3 třetího řídicího stupně C.

Fototyristor 200, tyristory 202—2 až 202—3 druhého řídicího stupně B, tyristory 204—1 až 204—3 třetího řídicího stupně C a hlavní tyristor 32 jsou vytvořeny v krystalografické rovině $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ křemíkového tělesa 20. Obvodové podélné strany těchto emitorových vrstev typu N^+ a kolektorů 40 každého řídicího tyristoru jsou vytvořeny ve směrech:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ a}$$

krystalografických os. Polovina obvodových stran každé třetí emitorové vrstvy N^+ a kolektoru 40 je ve směru:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ a}$$

krystalografických os, přičemž krystalografické osy v těchto směrech jsou vhodné k udržení vodivé oblasti na začátku spínání a tím zajišťují sepnutí. V tomto obměněném provedení vynálezu se tedy dosáhne nejen popsaných účinků, nýbrž je rovněž možné zlepšit pracovní charakteristiku. Kromě toho délky vodičů spojujících příslušné řídicí tyristory jsou kratší ve srovnání s předchozími provedeními, což zlepšuje spolehlivost zařízení.

Třebaže vynález je znázorněn a byl popsán v souvislosti se speciálními provedeními, lze v jeho rámci provést nejrůznější obměny. V příkladech byl popsán fototyristor, vynález lze však aplikovat i na elektricky spínaný tyristor, jehož řídicí elektroda je vytvořena v oblasti fotosenzitivní plochy. Tvary a uspořádání řídicích tyristorů se může měnit podle požadovaných specifikací. Konečně lze několik řídicích tyristorů uspořádat tak, aby byly obklopeny kolektorem vytvořeným na druhé vrstvě báze typu P, čímž se postupně elektricky připojuje společná třetí emitorová vrstva typu N^+ k řídicí elektrodě každého řídicího tyristoru.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polovodičový prvek říditelný zářením pro řízení přenosu elektrického výkonu, obsahující hlavní tyristor a řídicí tyristor pro řízení hlavního tyristoru, kde polovodičové vrstvy hlavního tyristoru odpovídají první emitorové vrstvě, první a druhé vrstvě báze a druhé emitorové vrstvě, které jsou uspořádány na sobě a jsou střídavě prvního a druhého typu vodivosti, přičemž druhá vrstva báze má první povrchovou oblast, v níž je vytvořena druhá emitorová vrstva, a oznaženou druhou povrchovou oblast, a na druhé emitorové vrstvě a na první povrchové oblasti druhé vrstvy báze, která prochází druhou emitorovou vrstvou, je uspořádána vodivá katoda, vyznačený tím, že řídicí tyristor sestává z tyristorových řídicích stupňů (A, B, C) s řídicími tyristory (38—1 až 38—3, 110—1 až 110—5, 200, 202—1 až 202—3, 204—1 až 204—3), které mají společnou první emitorovou vrstvu (22) a první vrstvu (24) a druhou vrstvu (26) báze

s hlavním tyristorem (32) a každý z nich má třetí emitorovou vrstvu (30b, 30c, 30d, 112—a, až 112—c) stejného typu vodivosti jako druhá emitorová vrstva (30a) hlavního tyristoru (32), vytvořenou na druhé povrchové oblasti (26b) druhé vrstvy (26) báze.

2. Polovodičový prvek podle bodu 1, vyznačený tím, že první tyristorový řídicí stupeň (A) obsahuje fototyristor (38—1, 110—1, 200) pro řízení hlavního tyristoru (32), kde třetí emitorová vrstva (30b, 112a) má tvar ploché uzavřené smyčky a ohraničuje na druhé povrchové oblasti (26b) druhé vrstvy (26) báze plochu (6, 207) pro příjem záření.

3. Polovodičový prvek podle bodů 1 a 2, vyznačený tím, že v tyristorových řídicích stupních (B, C) následujících za prvním tyristorovým řídicím stupněm (A) s fototyristorem (38—1, 110—1, 200) je uspořádán nejméně jeden elektricky spínaný tyristor

{38—2, 38—3, 110—2 až 110—5, 202—1 až 202—3, 204—1 až 204—3}, jehož třetí emitorová vrstva (30c, 30d, 112—b, 112—c) ve tvaru uzavřené smyčky ohraničuje na druhé povrchové oblasti (26b) druhé vrstvy (26) báze hradlovou oblast tohoto elektricky spínaného tyristoru {38—2, 38—3, 110—2 až 110—5, 202—1 až 202—3, 204—1 až 204—3}.

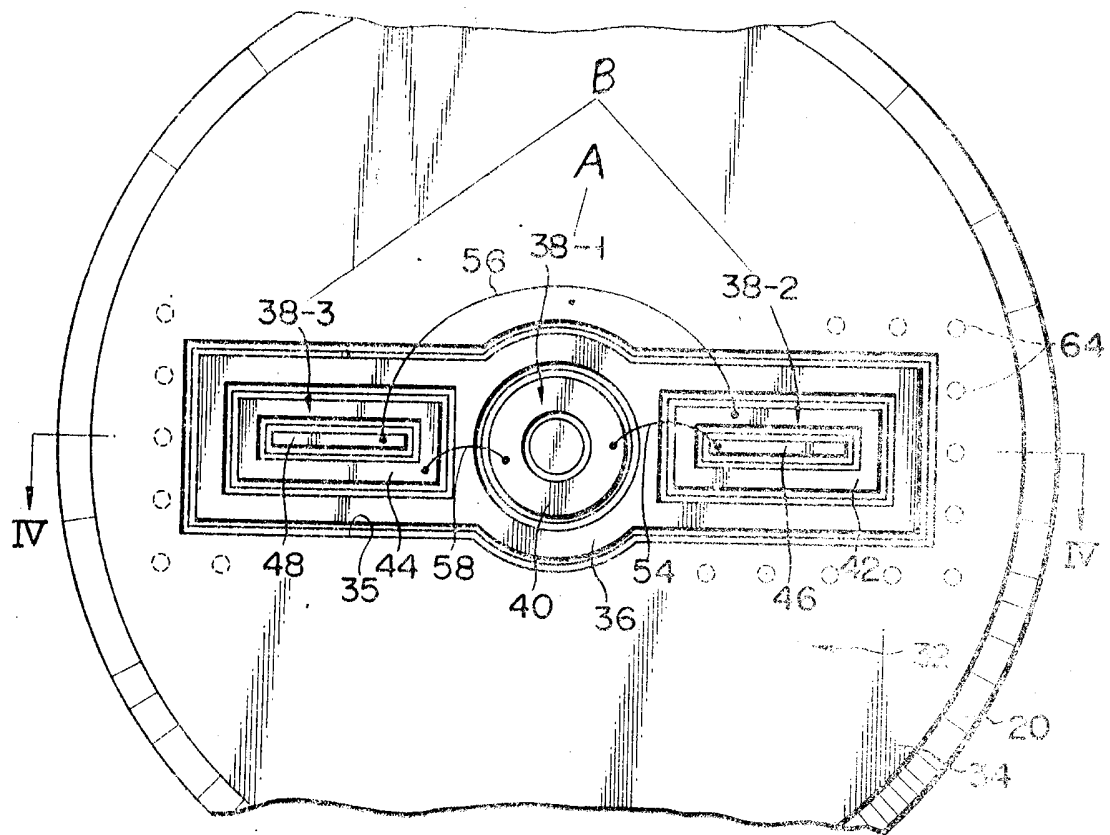
4. Polovodičový prvek podle bodu 3, vyznačený tím, že elektricky spínané tyristory {38—2, 38—3, 110—2 až 110—5, 202—1 až 202—3, 204—1 až 204—3} jsou zapojeny do série.

5. Polovodičový prvek podle bodů 3 a 4, vyznačený tím, že na druhé povrchové oblasti (26b) druhé vrstvy (26) báze je uspořádána vodivá kolektorová vrstva (36, 102,

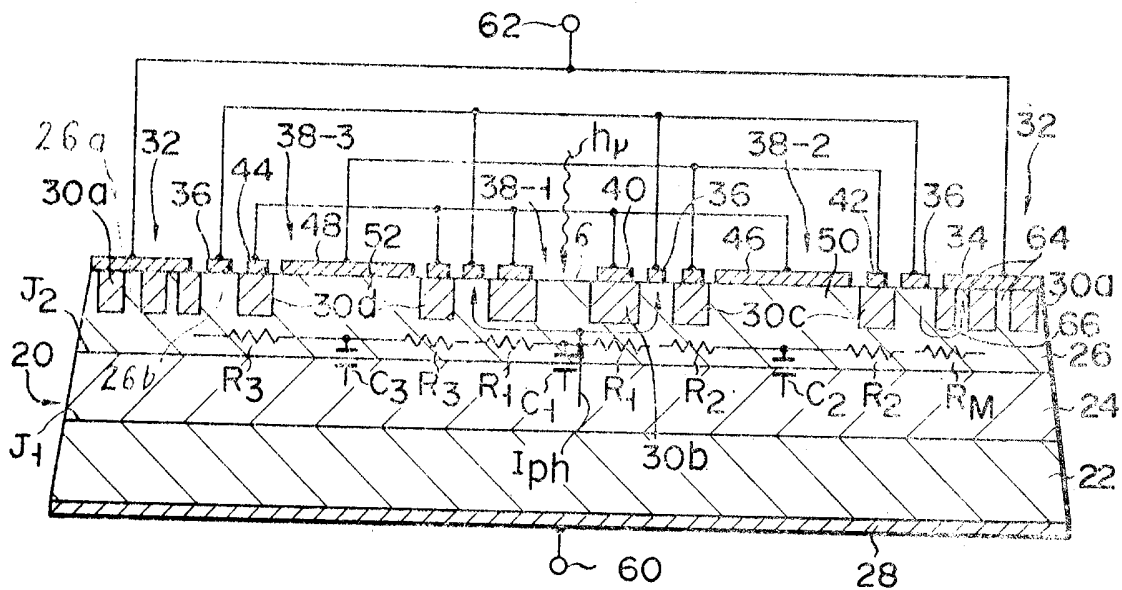
220), která je s ní v elektrickém kontaktu a je elektricky oddělena od katodové vrstvy (34) a od třetích emitorových vrstev (30b, 30c, 30d, 112—a až 112—c) řídicích tyristorů {38—1 až 38—3, 110—1 až 110—4, 200, 202—1 až 202—3}.

6. Polovodičový prvek podle bodů 3 a 4, vyznačený tím, že na druhé povrchové oblasti (26b) druhé vrstvy (26) báze je uspořádána vodivá kolektorová vrstva (102, 220), která je v elektrickém kontaktu se druhou povrchovou oblastí (26b) druhé vrstvy (26) báze a s třetí emitorovou vrstvou (112—c) elektricky spínaného tyristoru {110—5, 204—1 až 204—3} v posledním tyristorovém řídicím stupni (B, C).

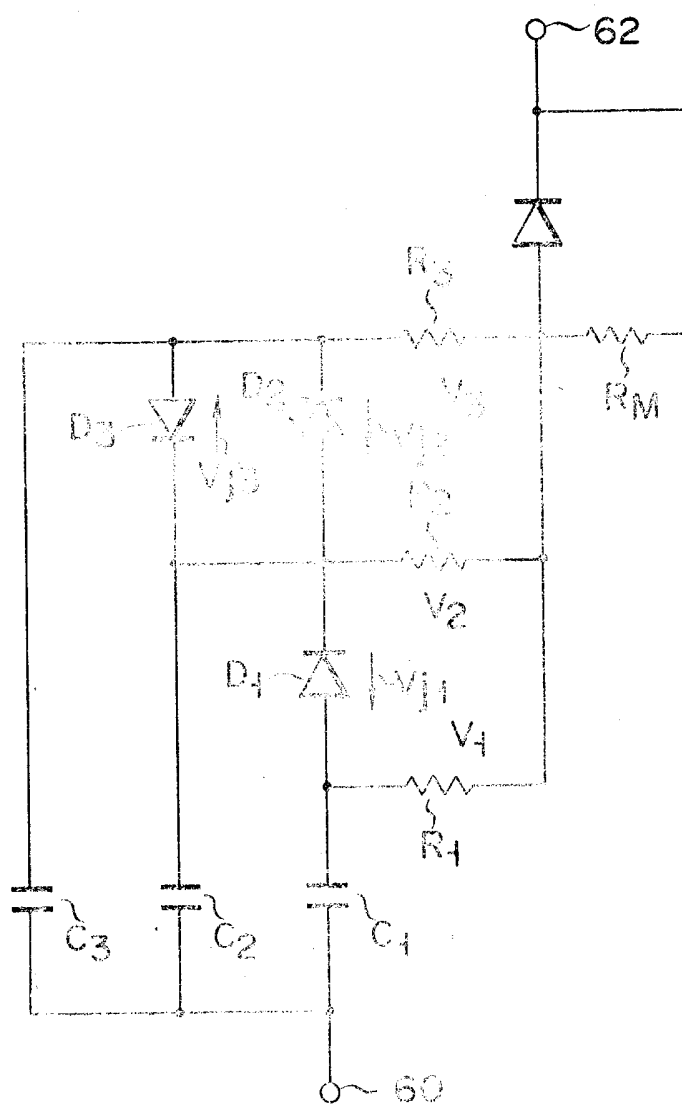
Obr. 3



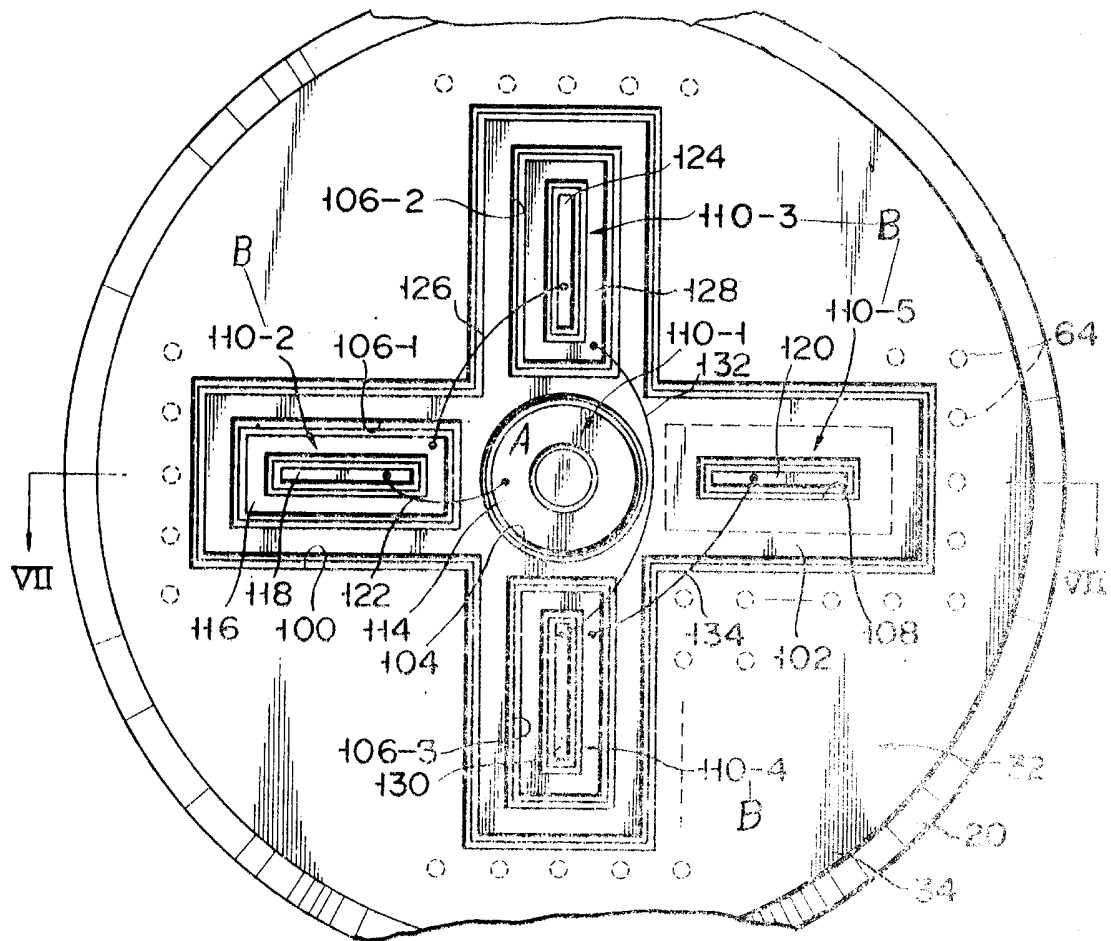
Obr. 4



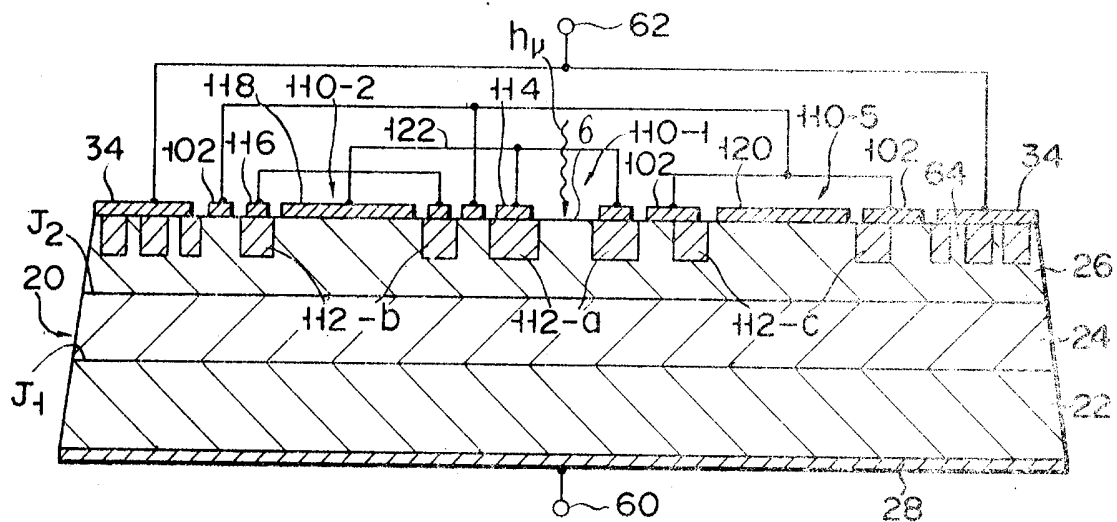
Obr. 5



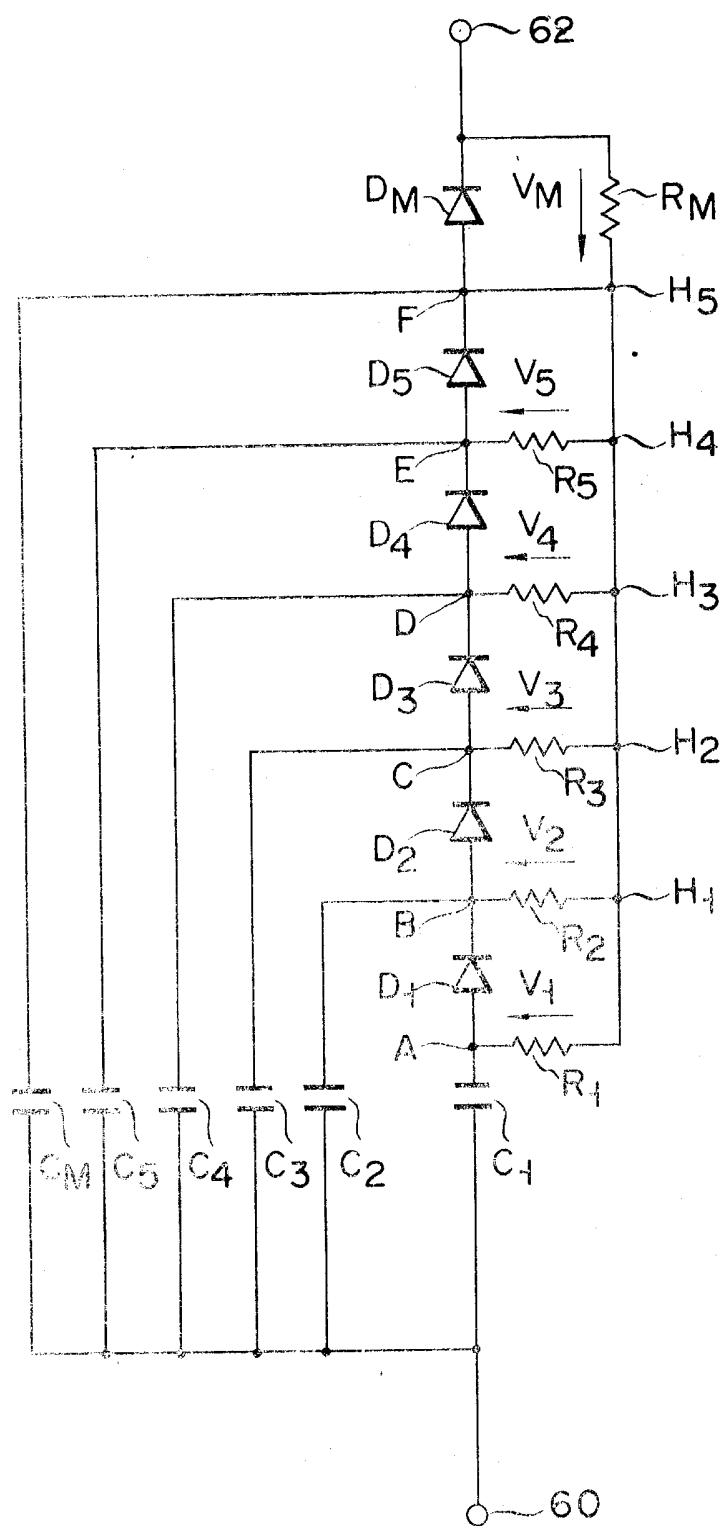
Obr. 6



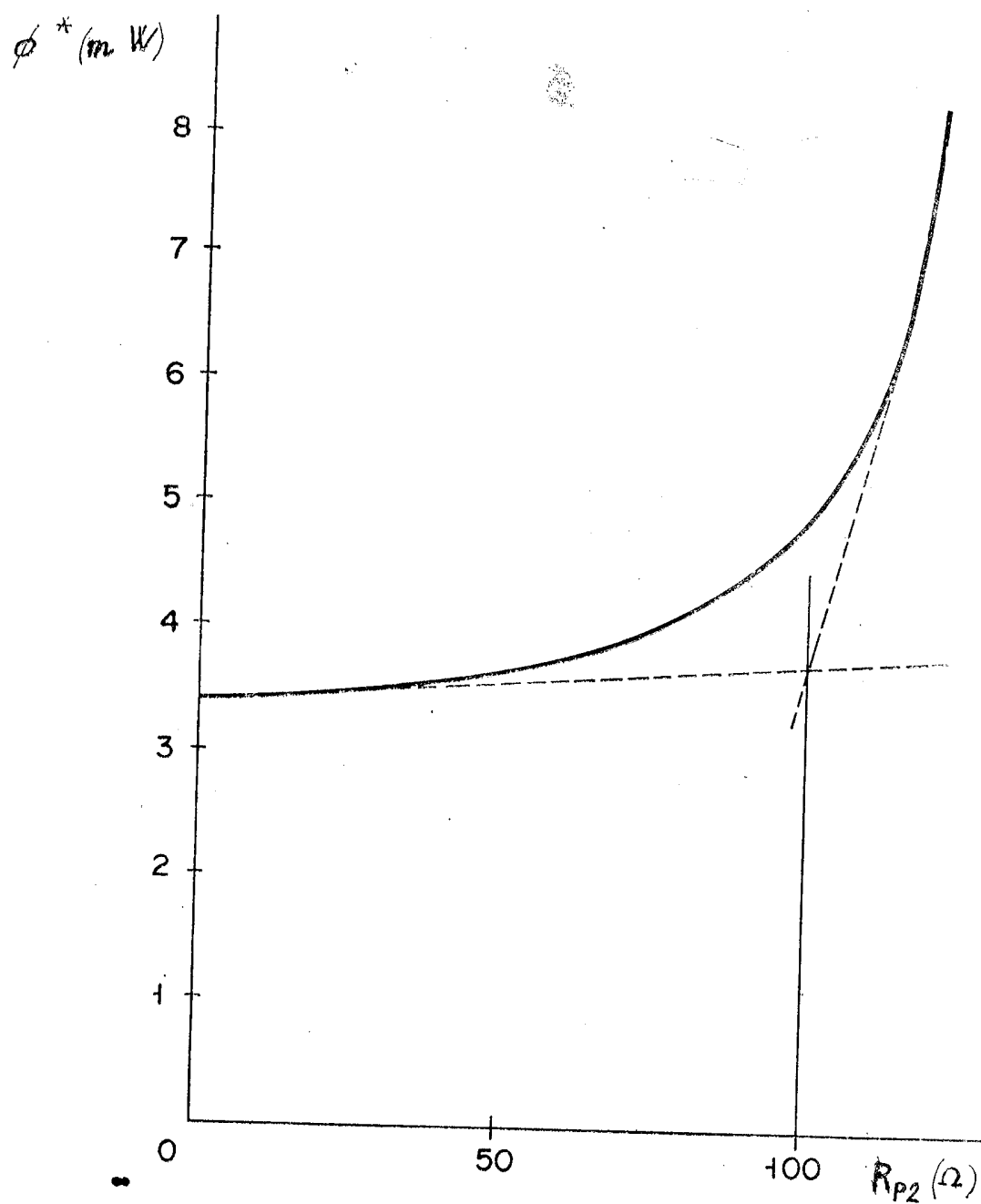
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10

