

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2020 045**
(22) Paraiškos padavimo data: **2020-11-25**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2022-05-25**

(71) Pareiškėjas:
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, 01513 Vilnius, LT
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT
(72) Išradėjas:
Česlovas PAVASARIS, LT
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas ir schemos su juo (4)

(57) Referatas:

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių puslaidininkinių įtaisų (DFPI) bei schemų su jais, ir gali būti vartojamas elektroninėse automatikos sistemose, įvairių signalų generatoriuose bei impulsų formuotuvuose, o taip pat signalų maišymo, dauginimo ir keitimo įrenginiuose, ir t. t. Pasiūlytuose DFPI yra kitaip padarytos darinių konstrukcijos, taikant integrinės elektronikos technologijas, lauko ir dvipolio tranzistorių, bei p–n sandūrų nuskurdintų sričių užtrumpinimo veikos principus. Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r, f)} \leq 1$ ns, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, generatoriuose, impulsų formuotuvuose, dažnio keitikliuose ir maišikiuose.

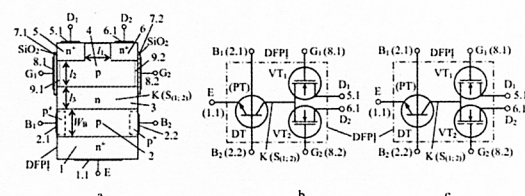


Fig. 1

DAUGIAFUNKCINIS PUSLAIDININKINIS ĮTAISAS IR SCHEMAS SU JUO (4)

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių (kelių funkcijų, multifunkcinių) puslaidininkinių įtaisų (DFPI (KFPI, MFPI)), turinčių keturis ir daugiau kontaktų-išvadų – gnybtų, ir gali būti vartojami įvairios paskirties greitaveikėse impulsinės elektronikos įrenginiuose – stiprintuvuose, dažnių maišikliuose-keitikliuose, harmoninių ir impulsinių signalų generatoriuose, impulsų formuotuvuose, ir t. t.

Analogas yra dvipolio tranzistoriaus (DT) planarinis darinys, pavyzdžiui, sudarytas iš trijų vienas ant kito suformuotų n–p–n laidumų sluoksnių (1–3), čia n– elektroninio laidumo (1; 3) ir p– skylinio laidumo (2) puslaidininkiai, tarp kurių yra sudarytos dvi p–n sandūros: emiterinė (1-2) ir kolektorinė (2-3). Donorinėmis priemaišomis N_{d1} stipriai legiruotas pirmasis n⁺– sluoksnis (1) – padėklas yra kolektorius (K), ant šio sluoksnio suformuotas donorinėmis priemaišomis N_{d2} silpnai legiruotas n[–] sluoksnis – kolektoriaus K silpnai legiruota sritis, kurioje yra suformuotas akceptorinėmis priemaišomis N_a vidutiniškai stipriai legiruotas p– sluoksnis (2) – bazė (B), kurio storis $W_B < L_B$ – šalutinių krūvininkų – elektronų n_p difuzijos nuotolis, ir kartu $W_B > d_{pn [(2-1); (2-3)]}$ o – atitinkamų p–n sandūrų (2-1) ir (2-3) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) neutralūs storiai, kai p–n sandūras (2-1) ir (2-3) neveikia įtampos $U_{pn} = 0$, ir p– sluoksnis (2) yra suformuota donorinėmis priemaišomis N_{d3} stipriai legiruota n⁺– sritis (3) – emiteris (E), ir n⁺– kolektoriaus (1), p– bazės (2) ir n⁺– emiterio (3) sritys turi prijungtus ominių kontaktus-išvadus, atitinkamai K, B ir E (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai.- V.: Mokslas, 1981, 324 p., iliustr.– 161 p. 10.6 pav.).

Analogo impulsų formuotuvo schema yra sudaryta su n–p–n laidumo DT įjungtu bendro emiterio (BE) pakopoje, kurioje apkrovos rezistorius R_a yra įjungtas tarp K ir maitinimo pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio pirmojo, pavyzdžiui, teigiamo polio („+“), o kitas – neigiamas polius („–“) yra sujungtas su E, išėjimo gnybtas U_{is} yra K (Geršunskis B. S. Elektronikos pagrindai. - V.: Mokslas, 1981, 324 p., iliustr.– 173 p. 10.14, b).

Analogo trukumas yra tai, jog DT impulsinė greitaveika yra ribojama soties reiškiniu, kada išjungimo trukmė Δt_{is} yra didinama šalutinių krūvininkų išsiurbimo laiko t_s , kuris atsiranda dėl šalutinių krūvininkų, sukauptų DT soties veikoje kolektorinėje p–n sandūroje. Kitas analogo trukumas yra santykinai maža įėjimo grandinės U_{in} varža DT soties veikoje. Dar kitas analogo trukumas yra tai, kad formuotuvo schema su DT gali veikti tik su vieno poliškumo maitinimo šaltinio įtampa $\mathcal{E}_0$.

Analogo trūkumams pašalinti, DFPI, sudarytame iš trijų vienas ant kito suformuotų, pavyzdžiui, puslaidininkinių (P) n⁺–p–n laidumų sluoksnių (1–3), kai n⁺– (E) ir p– (B) sluoksniai (1; 2) turi atitinkamus kontaktus-išvadus E (1.1) ir B (2.1), p– sluoksnio (2) storis W_B tenkina

sąlygas: $d_{pn [(2-1); (2-3)]} < W_B < L_B$, DFPĮ yra padarytas **kitaip**, o būtent, pirmajame variante p– sluoksnis (2) turi du kontaktus-išvadus B_1 (2.1) ir B_2 (2.2), kurie yra sudaryti p– sluoksnio (2) priešinguose kraštuose, neturinčiose sąlyčio su n^+ – ir $n^–$ sluoksniais (1) ir (3). Ant trečiojo – kolektoriaus (K)-ištakos (S) $n^–$ sluoksnio (3) yra suformuotas ketvirtasis – kanalo p– sluoksnis (4), kurio paviršiuje priešinguose kraštuose yra suformuotos dvi vienodos santakų ($D_{(1; 2)}$) n^+ – sritys (5) ir (6) su atitinkamais santakų kontaktais-išvadais D_1 (5.1) ir D_2 (6.1). Santakų $D_{(1; 2)}$ atitinkamos n^+ – sritys (5) ir (6) yra nutolusios viena nuo kitos atstumu $l_1 > d_{pn [(4-5); (4-6)]} \max$ – atitinkamų p–n sandūrų (4-5) ir (4-6) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$, ir kartu nutolusios nuo $n^–$ sluoksnio (3) atstumu $l_2 > d_{pn [(4-(5; 6)); (4-3)]} \max$ – atitinkamų p–n sandūrų (4-(5; 6)) ir (4-3) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$, ir kartu $n^–$ sluoksnio (3) storis $l_3 > d_{pn [(3-4); (3-2)]} \max$ – atitinkamų p–n sandūrų (3-4) ir (3-2) nuskurdintų sričių $n^–$ sluoksnyje (3) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$. Ant kanalo p– sluoksnio (4) paviršių, esančių tarp $n^–$ sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5) ir (6) yra suformuoti atitinkami dielektriniai (D) sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys lauko (vienpolių) tranzistorių ($VT_{(1; 2)}$) MOP (MDP) užtūrų ($G_{(1; 2)}$) atitinkamus kontaktus-išvadus G_1 (8.1) ir G_2 (8.2), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai uždarytais“ – indukuotais $n_i^–$ kanalais, čia: O – oksidas, D – dielektrikas.

Analogo trūkumams pašalinti, DFPĮ yra padarytas **kitaip**, o būtent, antrajame variante kanalo p– sluoksnio (4) paviršiuose po atitinkamomis MOP (MDP) užtūromis $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) tarp $n^–$ sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5) ir (6) yra suformuotos atitinkamų įterptų kanalų $n^–$ sritys (9.1) ir (9.2), kurios elektriškai sujungia $n^–$ sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ – sritimis (5) ir (6), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai atidarytais“ $n^–$ kanalais. Visi kiti DFPĮ parametrai atitinka pirmojo DFPĮ varianto parametrus.

Analogo trūkumams pašalinti, DFPĮ yra padarytas **kitaip**, o būtent, trečiajame variante bazės (B) p– sluoksnio (2) storis $W_B > L_B$ ir kartu tenkina sąlygas: $d_{pn [(2-1); (2-3)]} < W_B < d_{pn (2-1; 2-3)} \max$ – atitinkamų p–n sandūrų 2-1 ir 2-3 nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn}| \geq U_{pn \max}$, ir taip yra suformuotas puslaidininkinio tetrodo (PT) darinys, o visi kiti DFPĮ parametrai atitinka pirmojo ir antrojo DFPĮ variantų parametrus.

Visų variantų DFPĮ konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „horizontalios“ konstrukcijos DFPĮ, pavyzdžiui, ant



dielektrinio šilumai laidaus padėklo (10) yra suformuotas stačiakampio formos d_{ep} storio, D pločio ir L ilgio epitaksinis p- sluoksnis 2, kurio viename krašte D per visą storį d_{ep} yra suformuota stačiakampė n^+ - sritis (1) su kontaktu-išvadu E (1.1), o kitame krašte D simetriškai priešais n^+ - sritį (1) atstumu $(W_B + l_3 + l_2)$ per visą storį d_{ep} atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos vienodos dvi stačiakampės n^+ - sritys (5) ir (6) su atitinkamais kontaktais-išvadais D_1 (5.1) ir D_2 (6.1), ir n^+ - sričių (1), (5) ir (6) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Kraštinės L kryptimi atstumu W_B nuo n^+ - srities (1) per visą storį d_{ep} yra suformuota l_3 pločio ir D ilgio stačiakampė n^- sritis (3), kurios kraštinės l_3 ir D yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L ir D . Tarp n^+ - srities (1) ir n^- srities (3) suformuotos W_B pločio p- srities (2) priešinguose galuose šalia kraštinių L yra suformuotos atitinkamos vienodos stačiakampės p^+ - sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais B_1 (2.1) ir B_2 (2.2). Išilgai kraštinės D priešinguose n^+ - srities (1) galuose per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos izoliacinės n^- sritys (11) ir (12), užimančios visą atstumą nuo n^+ - srities (1) atitinkamo galo iki atitinkamos kraštinės L . Tarp n^- srities (3) ir n^+ - sričių (5), bei (6), suformuotos l_2 pločio p- srities (4) paviršiuje yra suformuotas dielektrinis sluoksnis (7) ir ant šio paviršiaus per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ - sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1; 2)}$ kontaktus-išvadus (8.1) ir (8.2), o kitame DFPI variante p- srities (4) paviršiuje po atitinkamo metalo sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n^- sritys (9.1), bei (9.2), kurios elektriškai sujungia n^- sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ - sritimis (5) ir (6).

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „vertikalios“ konstrukcijos DFPI, pavyzdžiui, ant n^+ - laidumo puslaidininkinio kristalo (1) – įtaiso padėklo paviršiaus suformuoto p- laidumo epitaksinio d_{ep} storio sluoksnio (2) paviršiaus simetriškai per vidurį yra suformuota stačiakampė n^- sritis (3), kurios įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį 2 gylis $h_3 = d_{ep} - W_B$, ir ilgoji kraštinė $L_3 > D_3$ – plotis. Simetriškai per vidurį stačiakampėje n^- srityje (3) yra suformuota stačiakampė p- sritis (4), kurios įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį 2 gylis $h_4 = h_3 - l_3$, ir kraštinės $L_4 < L_3$ ir $D_4 < D_3$ yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_3 ir D_3 . Simetriškai per vidurį stačiakampėje p- srityje (4) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos stačiakampės n^+ - sritys (5) ir (6), kurių įterpimo į epitaksinį p- sluoksnį 2 gyliai $h_{(5; 6)} < h_4$, ir atitinkamos kraštinės $L_{(5; 6)} < L_4$, bei $D_{(5; 6)} < D_4$, yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_4 ir D_4 , o n^+ - sričių (5) ir (6) paviršiuose yra suformuoti atitinkami santakų $D_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai (5.1) ir (6.1). Tarp n^- srities (3) ir n^+ - sričių (5), bei (6), suformuotos l_2 pločio p- srities (4) paviršiuje yra suformuoti dielektriniai sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ - sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1; 2)}$ kontaktus-išvadus (8.1) ir (8.2), o kitame DFPI variante p- srities (4) paviršiuje po

atitinkamo metalo sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n^- sritys (9.1), bei (9.2), kurios elektriškai sujungia n^- sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ sritimis (5) ir (6). Epitaksinio p^- sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n^- srities (3) pusėse šalia D_3 kraštinių yra suformuotos p^+ sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$. Ant n^+ kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1), arba kitame variante epitaksinio p^- sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n^- srities (3) pusėse šalia L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n^+ sritys (1.1) ir (1.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1; 2)}$.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „horizontalios“ konstrukcijos DFPI su suformuotais atitinkamais MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ dariniais, su „normaliai atidarytais“ arba „normaliai uždarytais“ n^- kanalais, kai $N = 3, 4, 5, \dots$, o visi kiti DFPI parametrai atitinka „horizontalios“ konstrukcijos DFPI varianto parametrus, kai $N = 2$. Kai $N \geq 3$, MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ darinių atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1-N)}$ ($6_{(1-N)}$) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos p^- sluoksnyje (2) per visą storį d_{ep} ir simetriškai priešais atstumu $(W_B + l_3 + l_2)$ iki n^+ srities (1), o n^+ sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „vertikalios“ konstrukcijos DFPI su suformuotais atitinkamais MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ dariniais, su „normaliai atidarytais“ arba „normaliai uždarytais“ n^- kanalais, kai $N \geq 3$, o visi kiti DFPI parametrai atitinka „vertikalios“ konstrukcijos DFPI varianto parametrus, kai $N = 2$. Kai $N \geq 3$, DFPI p^- sluoksnyje (2) gylyje $h_5 < h_4$ yra suformuotos MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ darinių atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1-N)}$ ($6_{(1-N)}$), kurios yra išdėstytos atstumu l_1 viena nuo kitos simetriškai poromis $(5_1)-(5_{(N/2+1)})$, $(5_2)-(5_{(N/2+2)})$, $\dots$, $(5_{N/2})-(5_N)$, ir atstumu l_2 iki šalia esančių n^- srities (3) atitinkamų priešpriešinių kraštų paviršiuje, o n^+ sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Tarp n^- srities (3) ir atitinkamų šalia esančių n^+ sričių ($5_{(1-N)}$) suformuotos l_2 pločio p^- srities (4) paviršiuje yra suformuoti atitinkami dielektriniai sluoksniai ($7_{(1-N)}$) ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ sritį ($5_{(1-N)}$) yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai ($8_{(1-N)}$), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1-N)}$ kontaktus-išvadus ($8_{(1-N)}$), o kitame DFPI variante p^- srities (4) paviršiuje po atitinkamo metalo sluoksniu ($8_{(1-N)}$) yra suformuotos atitinkamos n^- sritys ($9_{(1-N)}$) – kanalai, kurie elektriškai sujungia n^- sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ sritimis ($5_{(1-N)}$). Epitaksinio p^- sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n^- srities (3) pusėse šalia atitinkamų D_3 kraštinių yra suformuotos p^+ sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$. Ant n^+ kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1),

arba kitame variante epitaksinio p– sluoksnio (2) paviršiuje priešinguose n– srities (3) pusėse šalia atitinkamų L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n^+ – sritys (1.1₁) ir (1.1₂) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1; 2)}$.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))-dažnių ω_{in} (1–3) maišiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai uždarytų“ n– kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadás: E , $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. DT kontaktai-išvadás $B_{(1; 2)}$ per pirmąjį rezistorių R_1 yra sujungti su „žeme“ ($\perp$) – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per antrąjį rezistorių R_2 – su maitinimo pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_1$ pirmojo šaltinio teigiamo (+) poliškumo gnybtu „+“, o neigiamo (–) poliškumo gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per pirmąjį kondensatorių C_1 – su pirmuoju įėjimo gnybtu $U_{in 1}$. DT kontaktas-išvadás E per pirmąjį apkrovos rezistorių $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per antrąjį kondensatorių C_2 – su pirmuoju išėjimo gnybtu $U_{is 1}$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadás $G_{(1; 2)}$ per atitinkamus trečiąjį ir ketvirtąjį rezistorius $R_{(3; 4)}$ yra sujungti su „žeme“, ir kartu per atitinkamus penktąjį ir šeštąjį rezistorius $R_{(5; 6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus trečiąjį ir ketvirtąjį kondensatorius $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais antruoju ir trečiuoju įėjimų gnybtais $U_{in (2; 3)}$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadás $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus antrąjį ir trečiąjį apkrovų rezistorius $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus penktąjį ir šeštąjį kondensatorius $C_{(5; 6)}$ – su atitinkamais antruoju ir trečiuoju išėjimų gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))-dažnių ω_{in} (1–3) maišiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai atidarytų“ n– kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadás: E , $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. DT kontaktai-išvadás $B_{(1; 2)}$ per R_1 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_2 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{in 1}$. DT kontaktas-išvadás E per $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{is 1}$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadás $G_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ – su pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_2$ antrojo šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{in (2; 3)}$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadás $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(5; 6)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formotuvas yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo PT ir „normaliai uždarytų“ n– kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadás: E , $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. PT kontaktas-išvadás E per $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{is 1}$, ir kartu per atitinkamus $C_{(2; 3)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ – su

„žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“. PT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, o Tr pirminės apvijos (I) išvadai – atitinkamai su gnybtu $U_{in 1}$ ir su „žeme“. VT_(1; 2) atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus $C_{(4; 5)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formuotuvų yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo PT ir „normaliai atidarytų“ n–kanalų MOP (MDP) VT_(1; 2) dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: E, $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. PT kontaktas-išvadas E per $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{is 1}$, ir kartu per atitinkamus $C_{(2; 3)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“. PT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su Tr apvijos (II) išvadais, o Tr apvijos (I) išvadai – atitinkamai su gnybtu $U_{in 1}$ ir su „žeme“. VT_(1; 2) atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $C_{(4; 5)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

Analogo trūkumams pašalinti generatorius yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai uždarytų“ n–kanalų MOP (MDP) VT_(1; 2) dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: E, $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. DT kontaktas-išvadas E per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per $C_{(1; 2)}$, bei kitame variante ir per atitinkamus pirmąjį ir antrąjį induktorius $L_{(1; 2)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(4; 5)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“. DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_3 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per C_5 – su moduliacijos įėjimo gnybtu $U_{in M}$. VT_(1; 2) atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (1; 2)}$.

Analogo trūkumams pašalinti generatorius yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai atidarytų“ n–kanalų MOP (MDP) VT_(1; 2) dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: E, $B_{(1; 2)}$, $G_{(1; 2)}$ ir $D_{(1; 2)}$. DT kontaktas-išvadas E per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per $C_{(1; 2)}$, bei kitame variante ir per atitinkamus induktorius $L_{(1; 2)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(4; 5)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“. DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_3 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per C_5 – su moduliacijos įėjimo gnybtu $U_{in M}$. VT_(1; 2) atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ yra

sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1; 2)}$.

DFPI darinys ir jo konstrukcijų variantų atitinkami schemotechniniai žymenys, kai yra suformuoti tik $N = 2$ atitinkami $VT_{(1; 2)}$ dariniai yra parodyti **Fig. 1, a–c**, ir atitinkamai **Fig. 2, a** ir **b**, yra parodyti planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „horizontalios“ konstrukcijos DFPI atitinkamai vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais, ir vertikalus pjūvis, o **Fig. 3, a** ir **b**, yra parodytas planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „vertikalios“ konstrukcijos DFPI vertikalus pjūvis ir planarinis vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais. **Fig. 4, a** ir **b**, yra parodyti „horizontalios“ ir „vertikalios“ konstrukcijos DFPI planariniai vaizdai iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais, kai yra suformuoti $N \geq 3$ atitinkami $VT_{(1-N)}$ dariniai. **Fig. 5–Fig. 7** yra parodytos įvairios elektroninės schemas su DFPI, kai $N = 2$, o **Fig. 8** ir **Fig. 9** yra parodytos atitinkamų schemų su DFPI įėjimuose $U_{in(1; 2; \dots)}$ ir išėjimuose $U_{is(1; 2; 3; \dots)}$ veikiančių atitinkamų signalų $u_{(in, is)(1; 2; \dots)}(t)$ laikinės t diagramos. Fig. 1–Fig. 4 skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–4** – atitinkamai pirmasis (1)–ketvirtasis (4), pavyzdžiui, n^+p-n-p laidumų puslaidininkiniai sluoksniai; **1.1, 2.1** ir **2.2** – kontaktai-išvadai, atitinkamai E, B_1 ir B_2 ; **5** ir **6** – n^+ –laidumų sritys; **5.1** ir **6.1** – kontaktai-išvadai, atitinkamai D_1 ir D_2 ; **5_(1-N)** ir **6_(1-N)** – n^+ –laidumų sritys su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1-N)}$; **7, 7._(1-N)** – dielektrinis (ai) sluoksnis (ai); **8._(1-N)** – metalo (M) sluoksniai, atitinkamų užtūrų $G_{(1-N)}$ kontaktai-išvadai; **9._(1-N)** – įterptų kanalų n –sritys, arba indukuotų kanalų n_i –sritys; **10** – dielektrinis šilumai laidaus padėklas. Fig. 5–Fig. 7 skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–7** – pirmasis–septintasis rezistoriai $R_{(1-7)}$; **8–10** – pirmasis–trečiasis apkrovų rezistoriai $R_{a(1-3)}$; **11–16** – pirmasis–šeštasis kondensatoriai $C_{(1-6)}$; **17** – „žemė“ – įtaiso nulinio potencialo šina; **18** ir **19** – pirmasis ir antrasis maitinimo pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{(1; 2)}$ šaltiniai; **20–22** – pirmasis–trečiasis įtaiso įėjimų gnybtai $U_{in(1-3)}$; **23–25** – pirmasis–trečiasis įtaiso išėjimų gnybtai $U_{is(1-3)}$; **26–28** – transformatorius (Tr), pirminė (I) ir antrinė (II) apvijos; **29** – įtaiso moduliacinis įėjimo gnybtas U_{inM} ; **30** ir **31** – pirmasis ir antrasis induktoriai $L_{(1; 2)}$.

DFPI konstrukcijos pirmasis variantas (Fig. 1, a) yra sudarytas iš keturių vienas ant kito suformuotų, pavyzdžiui, n^+p-n-p laidumų sluoksnių (1–4), kai n^+ – ir p –sluoksniai (1; 2) sudaro DT darinio emiterį E ir bazę B su atitinkamais kontaktais-išvadais $E(1.1)$ ir $B_{(1; 2)}(2.1; 2.2)$, ir p –sluoksnio (2) storis $W_B < L_B$, o p –sluoksnio (2) kontaktai-išvadai $B_1(2.1)$ ir $B_2(2.2)$ yra sudaryti p –sluoksnio (2) priešinguose kraštuose, neturinčiose sąlyčio su n^+ – ir n –sluoksniais (1) ir (3), kai n –sluoksnis (3) sudaro DT darinio kolektorių (K) be kontakto-išvado, ir kartu $VT_{(1; 2)}$ darinių ištakas (S) be kontakto-išvado. Ant n –sluoksnio (3) yra suformuotas $VT_{(1; 2)}$ darinių kanalų p –sluoksnis (4), kurio paviršiuje priešinguose kraštuose yra suformuotos dvi vienodos santakų ($D_{(1; 2)}$) n^+ –sritys (5) ir (6) su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1; 2)}(5.1; 6.1)$,

ir n^+ – sritys (5; 6), yra nutolusios viena nuo kitos atstumu $l_1 > d_{pn(4-5; 4-6) \max}$, ir kartu nutolusios nuo n – sluoksnio (3) atstumu $l_2 > d_{pn(4-5; 6; 4-3) \max}$, ir kartu n – sluoksnio (3) storis $l_3 > d_{pn(3-4; 3-2) \max}$. Ant p – sluoksnio (4) paviršių, esančių tarp n – sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5; 6) yra suformuoti atitinkami dielektriniai (D) sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys $VT_{(1; 2)}$ darinių MOP (MDP) užtūrų $G_{(1; 2)}$ atitinkamus kontaktus-išvadus (8.1; 8.2), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai uždarytais“ – indukuotais n_i – kanalais. Atitinkami n^+ – sluoksniai ir sritys (1; 5; 6) yra stipriai legiruotos donorinėmis priemaišomis $N_d(1; 5; 6) = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$, n – sluoksnis (3) yra vidutiniškai stipriai legiruotos donorinėmis priemaišomis $N_d(3) = (10^{17} - 10^{19}) \text{ cm}^{-3}$, p – sluoksniai (2; 4) yra padarytas vidutiniškai stipriai legiruoti akceptorinėmis priemaišomis $N_a(2; 4) = (10^{17} - 10^{19}) \text{ cm}^{-3}$, o p – sluoksnyje (2) atitinkamos sritys p^+ – (2.1; 2.2) yra stipriai legiruotos akceptorinėmis priemaišomis $N_a(2.1; 2.2) = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$.

DFPI konstrukcijos antrasis variantas (Fig. 1, a) yra sudarytas analogiškai DFPI konstrukcijos pirmajam variantui (Fig. 1, a), kai antrajame variante p – sluoksnio (4) paviršiuose po atitinkamomis MOP (MDP) užtūromis $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) tarp n – sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5; 6) yra suformuotos atitinkamų įterptų kanalų n – sritys (9.1) ir (9.2), kurios elektriškai sujungia n – sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ – sritimis (5; 6), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai atidarytais“ n – kanalais, o visi kiti DFPI antrojo varianto konstrukciniai parametrai atitinka pirmojo DFPI konstrukcijos parametrus.

DFPI konstrukcijos trečiasis variantas (Fig. 1, a) yra sudarytas analogiškai DFPI konstrukcijos pirmajam ir antrajam variantams (Fig. 1, a), kai trečiajame variante p – sluoksnio (2) storis $W_B > L_B$ ir kartu $W_B < d_{pn(2-1; 2-3) \max}$, ir taip vietoje DT darinio yra suformuotas PT darinys, o visi kiti DFPI trečiojo varianto konstrukciniai parametrai atitinka pirmojo ir antrojo DFPI variantų parametrus.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos planarinės (paviršinės) technologijos būdu „horizontalios“ konstrukcijos (Fig. 2), kai, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo (10) yra suformuotas stačiakampio formos d_{ep} storio, D pločio ir L ilgio epitaksinis p – sluoksnis 2, kurio viename krašte D per visą storį d_{ep} yra suformuota stačiakampė n^+ – sritys (1) su kontaktu-išvadu E (1.1), o kitame krašte D simetriškai priešais n^+ – sritį (1) atstumu $(W_B + l_3 + l_2)$ per visą storį d_{ep} atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos vienodos dvi stačiakampės n^+ – sritys (5; 6), su atitinkamais kontaktais-išvadais D_1 (5.1) ir D_2 (6.1), ir n^+ – sričių (1; 5; 6) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Kraštinės L krytimi atstumu W_B nuo n^+ – srities (1) per visą storį d_{ep} yra suformuota l_3 pločio ir D ilgio stačiakampė n – sritis (3), kurios kraštinės l_3 ir D yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L ir D . Tarp n^+ – srities (1) ir n – srities (3)

suformuotos W_B pločio p– srities (2) priešinguose galuose šalia kraštinių L yra suformuotos atitinkamos vienodos stačiakampės p⁺– sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais B_1 (2.1) ir B_2 (2.2). Išilgai kraštinės D priešinguose n⁺– srities (1) galuose per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos izoliacinės n– sritys (11; 12), užimančios visą atstumą nuo n⁺– srities (1) atitinkamo galo iki atitinkamos kraštinės L . Tarp n– srities (3) ir n⁺– sričių (5; 6) suformuotos l_2 pločio p– srities (4) paviršiuje yra suformuotas dielektrinis sluoksnis (7) ir ant šio paviršiaus per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n⁺– sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1; 2)}$ kontaktu-išvadus (8.1; 8.2), o kitame DFPI variante p– srities (4) paviršiuje po atitinkamo metalo sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n– sritys (9.1), bei (9.2), kurios elektriškai sujungia n– sluoksnį (3) su atitinkamomis n⁺– sritimis (5; 6).

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos (Fig. 3), kai, pavyzdžiui, ant n⁺– laidumo puslaidininkinio kristalo (1) – įtaiso padėklo paviršiaus suformuoto epitaksinio p– laidumo d_{ep} storio sluoksnio (2) paviršiaus simetriškai per vidurį yra suformuota stačiakampė n– sritis (3), kurios įterpimo į epitaksinį p– sluoksnį 2 gylis $h_3 = d_{ep} - W_B$, ir ilgoji kraštinė $L_3 > D_3$ – plotis. Simetriškai per vidurį stačiakampėje n– srityje (3) yra suformuota stačiakampė p– sritis (4), kurios įterpimo į epitaksinį p– sluoksnį 2 gylis $h_4 = h_3 - l_3$, ir kraštinės $L_4 < L_3$ ir $D_4 < D_3$ yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_3 ir D_3 . Simetriškai per vidurį stačiakampėje p– srityje (4) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos stačiakampės n⁺– sritys (5; 6), kurių įterpimo į epitaksinį p– sluoksnį 2 gyliai $h_{(5; 6)} < h_4$, ir atitinkamos kraštinės $L_{(5; 6)} < L_4$, bei $D_{(5; 6)} < D_4$, yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_4 ir D_4 , o n⁺– sričių (5; 6) paviršiuose yra suformuoti atitinkami santakų $D_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai (5.1) ir (6.1). Tarp n– srities (3) ir n⁺– sričių (5; 6) suformuotos l_2 pločio p– srities (4) paviršiuje yra suformuoti dielektriniai sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n⁺– sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1; 2)}$ kontaktus-išvadus (8.1; 8.2), o kitame DFPI variante p– srities (4) paviršiuje po atitinkamo metalo sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n– sritys (9.1; 9.2), kurios elektriškai sujungia n– sluoksnį (3) su atitinkamomis n⁺– sritimis (5; 6). Epitaksinio p– sluoksnio (2) paviršiuje priešinguose n– srities (3) pusėse šalia D_3 kraštinių yra suformuotos p⁺– sritys (2.1; 2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$. Ant n⁺– kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1), arba kitame variante epitaksinio p– sluoksnio (2) paviršiuje priešinguose n– srities (3) pusėse šalia L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n⁺– sritys (1.1₁) ir (1.1₂) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1; 2)}$.



Visų variantų DFPĮ yra padaryti planarinės (paviršinės) technologijos būdu „horizontalios“ konstrukcijos (Fig. 4, a) su suformuotais atitinkamais MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ dariniais, su „normaliai atidarytais“ arba „normaliai uždarytais“ n –kanalais, kai $N \geq 3$, o visi kiti DFPĮ parametrai atitinka „horizontalios“ konstrukcijos DFPĮ varianto parametrus, kai $N = 2$. Kai $N \geq 3$, MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ darinių atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ –sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1-N)}$ ($6_{(1-N)}$) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos p –sluoksnyje (2) per visą storį d_{ep} ir atstumu $(W_B + l_3 + l_2)$ simetriškai priešais iki n^+ –srities (1), o n^+ –sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms.

Visų variantų DFPĮ konstrukcijos yra padarytos planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos (Fig. 4, b) su suformuotais atitinkamais MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ dariniais, su „normaliai atidarytais“ arba „normaliai uždarytais“ n –kanalais, kai $N \geq 3$, o visi kiti DFPĮ parametrai atitinka „vertikalios“ konstrukcijos DFPĮ varianto parametrus, kai $N = 2$. Kai $N \geq 3$, DFPĮ p –sluoksnyje (2) gilyje $h_5 < h_4$ yra suformuotos MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ darinių atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ –sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais $D_{(1-N)}$ ($6_{(1-N)}$), kurios yra išdėstytos atstumu l_1 viena nuo kitos simetriškai poromis $(5_1)-(5_{(N/2+1)})$, $(5_2)-(5_{(N/2+2)})$, ..., $(5_{N/2})-(5_N)$, ir atstumu l_2 iki šalia esančių n –srities (3) atitinkamų priešpriešinių kraštų paviršiuje, o n^+ –sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Tarp n –srities (3) ir atitinkamų šalia esančių n^+ –sričių ($5_{(1-N)}$) suformuotos l_2 pločio p –srities (4) paviršiuje yra suformuoti atitinkami dielektriniai sluoksniai ($7_{(1-N)}$) ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ –sritį ($5_{(1-N)}$) yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai ($8_{(1-N)}$), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1-N)}$ kontaktus-išvadus ($8_{(1-N)}$), o kitame DFPĮ variante p –srities (4) paviršiuje po atitinkamo metalo sluoksniu ($8_{(1-N)}$) yra suformuotos atitinkamos n –sritys ($9_{(1-N)}$) – kanalai, kurie elektriškai sujungia n –sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ –sritimis ($5_{(1-N)}$). Epitaksinio p –sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n –srities (3) pusėse šalia atitinkamų D_3 kraštinių yra suformuotos p^+ –sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1;2)}$. Ant n^+ –kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1), arba kitame variante epitaksinio p –sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n –srities (3) pusėse šalia atitinkamų L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n^+ –sritys (1.1₁) ir (1.1₂) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1;2)}$.

Stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))–dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) yra padarytas su DFPĮ, turinčiu, pavyzdžiui, n – p – n laidumo DT ir „normaliai uždarytų“ n –kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: E (1.1), $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1;2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1;2)}$ (5.1; 6.1). DT kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2) per R_1 (1) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per R_2 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ (17), ir kartu per C_1 (11) – su gnybtu U_{in1} (20). DT kontaktas-išvadas E (1.1) per R_{a1} (8) yra sujungtas su



„žeme“ (17) ir kartu per C_2 (12) – su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23), arba $U_{in\ 1}^*$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) yra sujungti su „žeme“ (17) ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (13; 14) – su atitinkamais gnybtais $U_{in\ (2; 3)}$ (21, 22). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a\ (2; 3)}$ (9; 10) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(5; 6)}$ (15; 16) – su atitinkamais gnybtais $U_{is\ (2; 3)}$ (24; 25).

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))–dažnių $\omega_{in\ (1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai atidarytų“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1). DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per R_1 (1) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per R_2 (2) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ (17), ir kartu per C_1 (11) – su gnybtu $U_{in\ 1}$ (20). DT kontaktas-išvadas E (1.1) per $R_{a\ 1}$ (8) yra sujungtas su „žeme“ (17), ir kartu per C_2 (12) – su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23), arba $U_{in\ 1}^*$. $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) yra sujungti su „žeme“ (17) ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio (19) gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (13; 14) – su atitinkamais gnybtais $U_{in\ (2; 3)}$ (21; 22). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a\ (2; 3)}$ (9; 10) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(5; 6)}$ (15; 16) – su atitinkamais gnybtais $U_{is\ (2; 3)}$ (24; 25).

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo PT ir „normaliai uždarytų“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1). PT kontaktas-išvadas E (1.1) per $R_{a\ 1}$ (8) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per C_1 (11) – su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23), ir kartu per atitinkamus $C_{(2; 3)}$ (12; 13) – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2), kurie per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“. PT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ (1; 2) yra sujungti su Tr (26) apvijos II (28) išvadais, o Tr (26) apvijos I (27) išvadai – atitinkamai su gnybtu $U_{in\ 1}$ (20) ir su „žeme“ (17). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a\ (2; 3)}$ (9; 10) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (17) gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus $C_{(4; 5)}$ (14; 15) – su atitinkamais gnybtais $U_{is\ (2; 3)}$ (24; 25).

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo PT ir „normaliai atidarytų“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius su atitinkamais kontaktais-išvadais: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1). PT kontaktas-išvadas E (1.1) per $R_{a\ 1}$ (8) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per C_1 (11) – su gnybtu $U_{is\ 1}$ (23), ir kartu per atitinkamus $C_{(2; 3)}$ (12; 13) – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2), kurie per



atitinkamus $R_{(3; 4)}$ (3; 4) – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ (5; 6) – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio (19) gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“ (17). PT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ (1; 2) yra sujungti su Tr (26) apvijos II (28) išvadais, o Tr (26) apvijos I (28) išvadai – atitinkamai su gnybtu $U_{in 1}$ (20) ir su „žeme“ (17). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a(2; 3)}$ (9; 10) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $C_{(4; 5)}$ (14; 15) – su atitinkamais gnybtais $U_{is(2; 3)}$ (24; 25).

Generatorius (Fig. 7) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai uždarytą“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius, turinčius atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1). DT kontaktas-išvadas E (1.1) per R_1 (1) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per $C_{(1; 2)}$ (11; 12), bei kitame variante ir per atitinkamus induktorius $L_{(1; 2)}$ (30; 31) – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2), kurie per atitinkamus $R_{(4; 5)}$ (4; 5) – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ (6; 7) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ (17). DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per R_2 (2) yra sujungti su „žeme“ (17) ir kartu per R_3 (3) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, ir kartu per C_5 (15) – su gnybtu $U_{in M}$ (29). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a(1; 2)}$ (8; 9) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (13; 14) – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1; 2)}$ (23; 24).

Generatorius (Fig. 7) yra padarytas su DFPI turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai atidarytą“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius, turinčius atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1). DT kontaktas-išvadas E (1.1) per R_1 (1) yra sujungtas su „žeme“ (17) ir kartu per $C_{(1; 2)}$ (11; 12), bei kitame variante ir per atitinkamus induktorius $L_{(1; 2)}$ (30; 31) – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2), kurie per atitinkamus $R_{(4; 5)}$ (4; 5) – su „žeme“ (17), ir kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ (6; 7) – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio (19) gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“ (17). DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per R_2 (2) yra sujungti su „žeme“ (17) ir kartu per R_3 (3) – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“ (17), ir kartu per C_5 (15) – su gnybtu $U_{in M}$ (29). $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ (5.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a(1; 2)}$ (8; 9) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio (18) gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (13; 14) – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1; 2)}$ (23; 24).

Stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))–dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai uždarytą“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius, veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio (18) įtampą $\mathcal{E}_1$ ir DT veikos tašką „ c_{DT} “ – $\{I_{K o}, U_{KE o}\}$ išėjimo voltamperinėje charakteristikoje (VACH) nustato apkrovos $[R_{a 1} + (R_{SD 1 o} + R_{a 2})] || (R_{SD 2 o} + R_{a 3})]$

tiesės viduryje, o $VT_{(1;2)}$ veikos taškus „ $c_{VT(1;2)}$ “ – $\{I_{D(1;2)0}, U_{DS(1;2)0}\}$ – išėjimų VACH apkrovų ($R_{a(2;3)} + R_{KE0} + R_{a1}$) tiesių viduriuose, kai DT veikia bendro emiterio (BE) arba emiterinio kartotuvo (EK) pakopose, o $VT_{(1;2)}$ – bendros užtūros (BU) arba bendros ištakos (BI) pakopose, čia: R_{KE0} ir $R_{SD(1;2)0}$ – DT ir $VT_{(1;2)}$ atitinkamų kontaktų K-E ir S- $D_{(1;2)}$ varžos atitinkamuose veikų taškuose „ c_{DT} “ ir „ $c_{VT(1;2)}$ “; $I_{K0} = \alpha_0 \cdot I_{E0}$ ir U_{KE0} – DT kolektoriaus K ir emiterio E (1.1) srovės, bei K-E įtampa veikos taške „ c_{DT} “, ir tuo tikslu, esant parinktoms įtampos $\mathcal{E}_1$ (18) ir R_{a1} (8) vertėms, parenka rezistorinio daliklio $R_1 \| R_2$ (1; 2) atitinkamą $\mathcal{E}_1$ (18) dalinimo vertę $k_1 = R_1 / (R_1 + R_2)$; $I_{D(1;2)0} = I_{S(1;2)0} \cong I_{K0} / 2$ ir $U_{DS(1;2)0} - VT_{(1;2)}$ santakų $D_{(1;2)}$ (5.1; 6.1) ir ištakų S srovės, bei $D_{(1;2)}$ -S įtampos veikos taškuose „ $c_{VT(1;2)}$ “, ir tuo tikslu, esant parinktoms $\mathcal{E}_1$ (18) ir $R_{a(2;3)}$ (9; 10) vertėms, parenka rezistorinių daliklių $R_{(3;4)} \| R_{(5;6)}$ (3–6) atitinkamas $\mathcal{E}_1$ dalinimo vertes: $k_{(2;3)} = R_{(3;4)} / (R_{(3;4)} + R_{(5;6)})$.

Kai poveikio signalą $u_{in1}(t) = U_{oin1} \cdot \sin(\omega_{in1} \cdot t)$, čia: U_{oin1} – amplitudė; ω_{in1} – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą U_{in1} (20), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) atitinkami signalai $u_{is(1-3)}(t) \cong K_{u(1-3)(1)} \cdot u_{in1}(t)$ ir atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(1-3)(1)}$ yra:

$$K_{u1(1)} = U_{ois1} / U_{oin1} \cong 1, \quad (1)$$

$$K_{u(2;3)(1)} = U_{ois(2;3)} / U_{oin1} \cong \{S_{DT} \cdot [(R_{SD(1;2)0} + R_{a(2;3)}) \| (R_{SD(1;2)0} + R_{a(2;3)})] / \{1 + R_{a1} / [(R_{SD(1;2)0} + R_{a(2;3)}) \| (R_{SD(1;2)0} + R_{a(2;3)})]\} \} \cdot S_g(1;2) \cdot R_{a(2;3)}, \quad (2)$$

čia: $U_{ois(1-3)}$ – gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) įtampų $u_{is(1-3)}(t)$ amplitudės; $S_{DT} = I_K / \varphi_T$ – DT diferencialinis statusas, čia: $\varphi_T = k \cdot T / q$ – temperatūrinis koeficientas, čia: k – Bolcmono konstanta; T – absoliutinė temperatūra; q – elementarusis krūvis; $S_g(1;2) \cong 2 \cdot I_{D(1;2)0} / U_{s(1;2)} - VT_{(1;2)}$ diferencialiniai statumai BU scheme, čia: $U_{s(1;2)} - VT_{(1;2)}$ užtūrų $G_{(1;2)}$ -ištakų S slenkstinės valdymo įtampos, kai $VT_{(1;2)}$ yra „uždarytose“ būsenose ir todėl $R_{SD(1;2)} = R_{SD(1;2)max} = (0,1-1) \text{ M}\Omega$, ir daugiau, ir iš čia, kai: $R_{a1} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{a(2;3)} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{SD(1;2)0} = 300 \Omega$, $I_{K0} = 10 \text{ mA}$, $I_{D(1;2)0} = I_{K0} / 2 = 5 \text{ mA}$, $U_{s(1;2)} = 1 \text{ V}$ ir $\varphi_T = 0,026 \text{ V}$, gauname: $K_{u(2;3)(1)} \cong 1,98 \cdot 10^2$, o srovės $i_{in1}(t)$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{i1(1)} \cong \beta \cong \beta_0 \cong 100$ – DT bazės B pastoviosios srovės I_B stiprinimo koeficiento priimta vertė ($I_K = \beta_0 \cdot I_B$); $K_{i(2;3)(1)} \cong K_{i1(1)} / 2 \cong 50$, ir iš čia galios $P_{is(1-3)(1)}$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{p1(1)} = K_{u1(1)} \cdot K_{i1(1)} \cong 100$; $K_{p(2;3)(1)} = K_{u(2;3)(1)} \cdot K_{i(2;3)(1)} \cong 9,9 \cdot 10^3$.

Kai poveikio signalą $u_{in1}^*(t) = U_{oin1}^* \cdot \sin(\omega_{in1}^* \cdot t)$, čia: U_{oin1}^* – amplitudė; ω_{in1}^* – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą U_{in1}^* (23), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(2;3)}$ (24; 25) atitinkami signalai $u_{is(2;3)}(t) \cong K_{u(2;3)(1^*)} \cdot u_{in1}^*(t)$ ir atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(2;3)(1^*)}$ yra:

$$K_{u(2;3)(1^*)} = U_{ois(2;3)} / U_{oin1}^* \cong$$

$$\cong S_{DT} \cdot [(R_{SD(1;2)0} + R_{a(2;3)})] \cdot S_{g(1;2)} \cdot R_{a(2;3)}, \quad (3)$$

ir iš čia, kai visi parametrai yra tie patys, gauname: $K_{u(2;3)(1^*)} \cong 1,9 \cdot 10^5$, srovės $i_{in1}^*(t)$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{i(2;3)(1^*)} \cong 0,5$, ir iš čia galios $P_{is(2;3)(1^*)}$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{p(2;3)(1^*)} = K_{u(2;3)(1^*)} \cdot K_{i(2;3)(1^*)} \cong 9,5 \cdot 10^4$.

Kai poveikio signalą $u_{in(2;3)}(t) = U_{oin(2;3)} \cdot \sin(\omega_{in(2;3)} \cdot t)$, čia: $U_{oin(2;3)}$ – amplitudė; $\omega_{in(2;3)}$ – ciklinis dažnis, paduoda tik į atitinkamą gnybtą $U_{in(2;3)}$ (21; 22), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) atitinkami signalai $u_{is(1-3)}(t) \cong K_{u(1-3)(2;3)} \cdot u_{in(2;3)}(t)$ ir atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(1-3)(2;3)}$ yra:

$$K_{u1(2;3)} = U_{ois1}/U_{oin(2;3)} < 1, \quad (4)$$

$$K_{u(2;3)(2;3)} = U_{ois(2;3)}/U_{oin(2;3)} \cong S_{(s,g)(1;2)} \cdot R_{a(2;3)} / [1 + (R_{KE0} + R_{a1})/R_{a(2;3)}], \quad (5)$$

čia: $S_{(s,g)(1;2)} \equiv S_{g(1;2)} - VT_{(1;2)}$ diferencialiniai statumai BI ir BU scheme, ir iš čia, kai $R_{KE0} = 300 \Omega$, o visi kiti parametrai yra tie patys, gauname: $K_{u(2;3)(2;3)} \cong 88,5$, o srovės $i_{in(2;3)}(t)$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{i(2;3)(2;3)} \cong (I_{K0}/2)/(u_{in(2;3)}(t)/R_{(3;4)})$, ir iš čia galios $P_{is(2;3)(2;3)}$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{p(2;3)(2;3)} \cong K_{u(2;3)(2;3)} \cdot K_{i(2;3)(2;3)}$.

Kai poveikių signalus $u_{in2}(t) = U_{oin2-3} \cdot \sin(\omega_{in2-3} \cdot t)$ ir $u_{in3}(t) = U_{oin2-3} \cdot \sin(\omega_{in2-3} \cdot t \pm \pi)$ kartu paduoda į atitinkamus gnybtus $U_{in(2;3)}$ (21; 22), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(2-3)}$ (24; 25) diferencinė (skirtuminė) įtampa $u_{is2-3}(t) = 2 \cdot K_{u(2;3)(2;3)} \cdot u_{in2-3}(t) \cong 2 \cdot 88,5 = 177$.

Schemas Fig. 5 išėjimų gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) atitinkamų signalų $u_{is(1-3)}(t)$ fazės $\varphi_{is(1-3)0}$ atžvilgiu atitinkamų signalų $u_{in(1-3)}(t)$ įėjimų gnybtuose $U_{in(1-3)}$ (20–22) yra:

$$|\varphi_{is10} - \varphi_{in(1-3)0}| = 0^\circ (0 \text{ rad}), \quad (6)$$

$$|\varphi_{is(2;3)0} - \varphi_{in(1-3)0}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (7)$$

$$|\varphi_{is20} - \varphi_{is30}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (8)$$

Kai scheme (Fig. 5) poveikių signalus $u_{in(1-3)}(t)$ paduoda kartu poromis arba visus į atitinkamus gnybtus $U_{in(1-3)}$ (20; 22), tai šiuo atveju schema (Fig. 5) veikia kaip signalų $u_{in(1-3)}(t)$ maišiklis ir gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai $u_{is(1-3)(1-2; 1-3; 2-3, 1-2-3)}(t)$, nes šiuo atveju DT ir $VT_{(1;2)}$ diferencialiniai statumai $S_{(DT; VT(1;2))}(u_{in(1-3)}(t))$ – signalų $u_{in(1-3)}(t)$ funkcijos, ir iš čia signalų $u_{is(1-3)(1-2; 1-3; 2-3, 1-2-3)}(t)$ harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai $\omega_{is(1-3)k}$:

$$\omega_{is(1-3)k} = |\pm n \cdot \omega_{in1} \pm m \cdot \omega_{in2} \pm e \cdot \omega_{in3}|, \quad (9)$$

čia: $n, m, e = 1; 2; 3; \dots$, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes.

Kai stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))-dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n-p-n laidumo DT ir „normaliai atidarytų“ n-kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ darinius, tai šiuo atveju normalią veiką užtikrina įjungdami papildomą pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinį 19 ir $VT_{(1;2)}$ veikos taškus „ $c_{VT(1;2)}$ “ – $\{I_{D(1;2)0}, U_{DS(1;2)0}\}$ – išėjimų

VACH apkrovų ($R_{a(2;3)} + R_{KE0} + R_{a1}$) tiesių viduriuose nustato parinkdami rezistorinių dalikliu $R_{(3;4)} || R_{(5;6)}$ (3–6) atitinkamas $\mathcal{E}_2$ dalinimo vertes: $k_{(2;3)} = R_{(3;4)} / (R_{(3;4)} + R_{(5;6)})$, ir šiuo atveju schema (Fig. 5) veikia taip pat ir turi tokius pat parametrus.

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo PT ir „normaliai uždarytą“ n–kanalų MOP (MDP) VT_(1;2) darinius, veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio (18) įtampą $\mathcal{E}_1$ ir DT, bei VT_(1;2), atitinkami veikos taškai „a_{DT}“ – $\{I_{SK}, \mathcal{E}_1\}$ ir „c_{VT(1;2)}“ – $\{I_{SK}/2, 0\}$, atitinkamų išėjimo VACH atitinkamose apkrovų tiesėse nusistato atkirtos „a_{DT}“ ir aktyviųjų veikų „c_{VT(1;2)}“ taškuose, ir todėl DT yra „išjungtoje“ – „uždarytoje“ būsenoje, kurioje kontaktų K–E varža $R_{KE}(t) = R_{KE\max} = (0,1-1) \text{ M}\Omega$, ir daugiau, o VT_(1;2) yra „normaliai atidarytose“ būsenose, kuriose kontaktų, kuriose jų atitinkamų kontaktų D_(1;2)–S atitinkamos varžos $R_{DS(1;2)}(t) = R_{DS(1;2)0} = (0,1-1) \text{ k}\Omega$, ir todėl teka atitinkamos srovės: $2 \cdot I_{D(1;2)0} \cong I_{K0} \cong I_{SK} = (10-100) \mu\text{A}$, ir mažiau – DT kolektoriaus-emiterio (K–E) atgalinė soties srovė. VT_(1;2) „normaliai atidarytas“ būsenas nustato parinkdami rezistorinių daliklių $R_{(3;4)} || R_{(5;6)}$ (3–6) atitinkamas $\mathcal{E}_1$ dalinimo vertes $k_{(2;3)}$ iš sąlygos: $U_{s(1;2)} < U_{G(1;2)0} < 2 \cdot U_{s(1;2)}$, kai $U_{G(1;2)0} = k_{(2;3)} \cdot \mathcal{E}_1$, čia: $U_{s(1;2)}$ – užtūrų G_(1;2) (8.1; 8.2) slenkstinės įtampos, kai VT_(1;2) yra „pradarytose“ būsenose, kuriose $I_{D(1;2)} \cong 0,1 \cdot I_{D(1;2)\max}$. Laiko t pradiniu momentu $t_0 = 0$ į gnybtą U_{in1} (20) paduoda, pavyzdžiui, harmoninį signalą $u_{in1}(t) = U_{oin1} \cdot \sin(\omega_{in1} \cdot t)$ (Fig. 8, a) su amplitude $U_{oin1} \geq U_{ins}$ – slenkstinė įtampa, kai PT kontaktais-išvadais B_(1;2) (2.1; 2.2) tekanti srovė $i_{BB}(t) \geq I_{BBs}$ – slenkstinė srovė, kai PT bazės p–sluoksnyje (2) (Fig. 1, a) įvyksta p–n sandūrų 1-2 ir 3-2 nuskurdintų sričių sąlytis (susiliejimas), ir todėl PT persijungia į „įjungtą“ – „atidarytą“ būseną, kurioje varža $R_{KE}(t) = R_{KE\min} = (1-10) \Omega$, ir mažiau. Iš čia išplaukia schemas (Fig. 6) valdymo grandinės U_{in1} (20) parametrų apskaičiavimo išraiškos: $U_{ins} \cdot k_{21} / (R_1 + R_2 + R_{BBs}) = I_{BBs}$, $k_{21} = n_2 / n_1$, čia: R_{BBs} – PT kontaktų-išvadų B_(1;2) (2.1; 2.2) varža „įjungtoje“ būsenoje; n_1 ir n_2 – Tr (26) atitinkamai apvijų I (17) ir II (28) vijų skaičius. Signalo $u_{in1}(t) > 0$ – teigiamo pusperiodžio $T_1/2 = \pi / \omega_{in1}$ metu laiko momentu t_1 įtampa $u_{in1}(t_1) \geq U_{ins}$ (Fig. 8, a) ir per „atidarytus“ PT ir VT_(1;2) pradeda tekėti atitinkamos srovės: $2 \cdot i_{D(1;2)}(t) \cong i_K(t)$, ir todėl gnybte U_{is1} (23) atsiranda įtampa $\Delta u_{is1}(t) = i_K(t) \cdot R_{a1} > 0$, kuri per $C_{(2;3)}$ (12; 13) patenka į atitinkamas užtūras G_(1;2) (8.1; 8.2) ir dar labiau „atidaro“ VT_(1;2), o tai lemia srovių $2 \cdot i_{D(1;2)}(t) \cong i_K(t)$ spartesnę didėjimą – veikia teigiamasis grįžtamasis rišis, ir todėl PT ir VT_(1;2) santykinai sparčiai per 1 ns, ir mažiau, persijungia į visiškai „atidarytas“ būsenas, o šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1-3)}$ (23–25) yra formuojami atitinkamų signalų $u_{is(1-3)}(t)$ frontai $t_{(r1; f(2;3))}$ (Fig. 8, b ir c). Laiko momentu t_2 įtampa $u_{in1}(t_2) \leq U_{ins}$ (Fig. 8, a) ir PT „išsijungia“ – persijungia į visiškai „uždarytą“ būseną, nes p–n sandūrų 1-2 ir 3-2 nuskurdintų sričių p–sluoksnyje (2) (Fig. 1, a) sąlytis išnyksta, ir todėl $R_{KE}(t_2) = R_{KE\max}$, o tai lemia atitinkamų srovių

$2 \cdot i_{D(1;2)}(t) \cong i_K(t)$ mažėjimą $-\Delta i_K(t)$, ir todėl gnybte $U_{is1}(23)$ atsiranda įtampa $-\Delta u_{is1}(t) = -\Delta i_K(t) \cdot R_{a1} < 0$, kuri per $C_{(2;3)}(12;13)$ patenka į atitinkamas užtūras $G_{(1;2)}(8.1;8.2)$ ir „uždaro“ $VT_{(1;2)}$, o tai lemia srovių $2 \cdot i_{D(1;2)}(t) \cong i_K(t)$ spartesnį mažėjimą – veikia teigiamasis grįžtamasis rišis, ir todėl PT ir $VT_{(1;2)}$ santykinai sparčiai per 1 ns, ir mažiau, persijungia į visiškai „uždarytas“ būsenas, o šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1-3)}(23-25)$ yra formuojami atitinkamų signalu $u_{is(1-3)}(t)$ frontai $t_{(f1; r(2;3))}$ (Fig. 8, b ir c). Signalu $u_{in1}(t) < 0$ – neigiamo pusperiodžio $T_1/2$ metu laiko momentu t_3 įtampa $|-u_{in1}(t_1)| \geq |-U_{in s}|$ (Fig. 8, a) ir PT yra „atidaromas“, o laiko momentu t_4 įtampa $|-u_{in1}(t_1)| \leq |-U_{in s}|$ (Fig. 8, a) ir PT yra „uždaromas“, ir procesai kartojasi – schemos (Fig. 6) gnybtuose $U_{is(1-3)}(23-25)$ yra formuojami atitinkamų signalu $u_{is(1-3)}(t)$ impulsai (Fig. 8, b ir c) su atitinkamomis amplitudėmis $U_{ois(1-3)}$:

$$U_{ois1} \cong \mathcal{E}_1 \cdot R_{a1} / (R_{a1} + R_{a2} || R_{a3} + R_{KE \min} + R_{DS1 \min} || R_{DS2 \min}), \quad (10)$$

$$U_{ois(2;3)} = \mathcal{E}_1 - U_{is(2;3) \min} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - (R_{a1} + R_{KE \min} + R_{DS1 \min} || R_{DS2 \min}) / (R_{a1} + R_{KE \min} + R_{DS1 \min} || R_{DS2 \min} + R_{a2} || R_{a3})], \quad (11)$$

čia: $R_{DS(1;2) \min}$ – visiškai „atidarytų“ $VT_{(1;2)}$ varžos $R_{DS(1;2)}(t) = R_{DS(1;2) \min} = (1-10) \Omega$, ir mažiau; dažniais $\omega_{is(1-3)} = 2 \cdot \omega_{in1}$; ir fazėmis $|\varphi_{is10} - \varphi_{is(2;3)}| = 180^\circ (\pi \text{ rad})$.

Kai impulsų formuotuvus (Fig. 6) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n-p-n laidumo PT ir „normaliai atidarytų“ n-kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ darinius, tai šiuo atveju normalią veiką užtikrina įjungdami papildomą pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinį 19 ir $VT_{(1;2)}$ veikos taškus „ $c_{VT(1;2)}$ “ – $\{I_{D(1;2)0}, U_{DS(1;2)0}\}$ – išėjimų VACH apkrovų $(R_{a(2;3)} + R_{KE0} + R_{a1})$ tiesių viduriuose nustato parinkdami rezistorinių dalikliu $R_{(3;4)} || R_{(5;6)}$ (3-6) atitinkamas $\mathcal{E}_2$ dalinimo vertes: $k_{(2;3)} = R_{(3;4)} / (R_{(3;4)} + R_{(5;6)})$, ir šiuo atveju schema (Fig. 6) veikia taip pat ir turi tokius pat parametrus.

Generatorius (Fig. 7) su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n-p-n laidumo DT ir „normaliai uždarytų“ n-kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ darinius, veikia tokiu būdu.

Įjungia maitinimo šaltinio (18) įtampą $\mathcal{E}_1$ ir DT, bei $VT_{(1;2)}$, veikos taškus „ c_{DT} “ – $\{I_{K0}, U_{KE0}\}$ ir „ $c_{VT(1;2)}$ “ – $\{I_{D(1;2)0}, U_{DS(1;2)0}\}$ atitinkamų išėjimų VACH atitinkamose apkrovų $[R_1 + (R_{SD10} + R_{a1}) || (R_{SD20} + R_{a2})]$ ir $(R_{a(2;3)} + R_{KE0} + R_{a1})$ tiesėse nustoto viduryje, ir tuo tikslu, esant parinktoms įtampos $\mathcal{E}_1$ (18) ir $R_{(1;a1;a2)}(1;8;9)$ vertėms, parenka rezistorinių daliklių $R_2 || R_{(2;3)}, R_{(4;5)} || R_{(6;7)}$ (4-7) atitinkamas $\mathcal{E}_1$ (18) dalinimo vertes: $k_1^* = R_2 / (R_1 + R_3)$ ir $k_{(2;3)}^* = R_{(4;5)} / (R_{(4;5)} + R_{(6;7)})$. Dėl fluktuacijų, pavyzdžiui, DT bazės B kontakto-išvado $B_{(1;2)}(2.1; 2.2)$ įtampa „žemės“ ($\perp$) (17) atžvilgiu $U_{B\perp0} = k_1^* \cdot \mathcal{E}_1 > 0$ laiko momentu t_0 padidėja dydžiu $\Delta U_B \ll U_{B\perp0}$, ir todėl padidėja DT kolektoriaus (K) srovė $i_K(t) = I_{K0} + \Delta I_K$, o tai lemia DT emiterio E (1.1) įtampos $u_{E\perp}(t) = (I_{K0} + \Delta I_K) \cdot R_1 / \alpha_0$ padidėjimą dydžiu $\Delta U_{E\perp} = \Delta I_K \cdot R_1 / \alpha_0 > 0$, čia: $\alpha_0 = I_K / I_E$ – DT emiterio E srovės perdavimo koeficientas. Įtampos pokytis $\Delta U_{E\perp}$ per $C_{(1;2)}$

(11; 12) patenka į atitinkamus kontaktus-išvadus $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) ir papildomai „pradaro“ $VT_{(1; 2)}$, o tai lemia srovės $i_K(t)$ ir kartu įtampos $u_{E\perp}(t)$ dar spartesnį didėjimą – veikia teigiamasis grįžtamasis rišis, ir todėl DT, bei $VT_{(1; 2)}$, santykinai sparčiai per 1 ns, ir mažiau, persijungia į visiškai „atidarytas“ būsenas, o šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ frontai $t_{f(1; 2)}$ (Fig. 9). Laiko momentu t_1 srovė $i_K(t)$ sumažėja dydžiu $-\Delta I_K$ ir dėl teigiamojo grįžtamojo ryšio DT, bei $VT_{(1; 2)}$, santykinai sparčiai per 1 ns, ir mažiau, persijungia į visiškai „uždarytas“ būsenas, o šio proceso metu gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ frontai $t_{r(1; 2)}$ (Fig. 9). Toliau procesai kartoja ir schemos (Fig. 7) gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra formuojami atitinkamų signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ impulsai (Fig. 9) su atitinkamomis amplitudėmis $U_{ois(1; 2)}$:

$$U_{ois(1; 2)} = \mathcal{E}_1 - U_{is(1; 2) \min} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - (R_1 + R_{KE \min} + R_{DS1 \min} \| R_{DS2 \min}) / (R_1 + R_{KE \min} + R_{DS1 \min} \| R_{DS2 \min} + R_{a1} \| R_{a2})]. \quad (12)$$

Kai DT, bei $VT_{(1; 2)}$, yra visiškai „atidarytose“ būsenose, ir tai Fig. 9 atitinka laiko tarpai $\Delta t_1 \cong t_1 - t_0 \cong t_3 - t_2 \cong t_5 - t_4$, ir t. t., DT gali būti soties būsenoje, kurioje įtampa $U_{KB} \leq 0$, ir todėl abi p–n sandūros 3-2 ir 1-2 (Fig. 1, a) yra „atidarytos“ – įjungtos tiesioginėmis kryptimis, ir tai lemia nepusiausvyrinį šalutinių krūvininkų – elektronų n_p kaupimą bazėje B – p– sluoksnyje (2), ir kartu skylių p_n kaupimą kolektoriuje K – n– sluoksnyje (3), o tai lemia didesnę trukmę Δt_1 dėl n_p ir p_n išsiurbimo laiko t_s , „persijungiant“ DT iš visiškai „atidarytos“ būsenos į visiškai „uždarytą“ būseną. Kai DT, bei $VT_{(1; 2)}$, yra visiškai „uždarytose“ būsenose, ir tai Fig. 9 atitinka laiko tarpai $\Delta t_2 \cong t_2 - t_1 \cong t_4 - t_3 \cong t_6 - t_5$, ir t. t., laikas $t_s = 0$ ir todėl $\Delta t_2 < \Delta t_1$. Schemos (Fig. 7) gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) generuojamų impulsinių signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ (Fig. 9) dažnis $f_{is(1; 2)} \cong \cong 1/(\Delta t_1 + \Delta t_2) = 1/(t_{r(1; 2)} + t_{f(1; 2)} + t_s)$. Frontų trukmės $t_{(r, f)(1; 2)}$ lemia DT, bei $VT_{(1; 2)}$, ribiniai dažniai $f_{T(DT, VT(1; 2))} \sim 1/(W_B, l_2)$.

Kai į gnybtą U_{inM} (29) paduoda moduliacijos signalą $u_{inM}(t)$, generuojamų signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ (Fig. 9) parametrai yra valdomi, pavyzdžiui, formuoja $\Delta t_{RI} \geq \Delta t_1 + \Delta t_2$ trukmės radijo impulsus, kai pauzės laike Δt_p videoimpulsai $u_{inM}(t) < 0$ su amplitude $U_{oinM} \geq 1V$, ir generacijos laike Δt_{RI} videoimpulsai $u_{inM}(t) = 0$.

Schemos (Fig. 7) kitame variante su įjungtais induktoriais $L_{(1; 2)}$ (30; 31) gnybtuose $U_{is(1; 2)}$ (23; 24) yra generuojami atitinkami harmoniniai signalai $u_{is(1; 2)}(t) \cong U_{ois(1; 2)} \times \sin(\omega_{is(1; 2)} \cdot t)$ su atitinkamais cikliniais dažniais $\omega_{is(1; 2)} \cong (L_{(1; 2)} \cdot C_{(1; 2)})^{-0.5}$, ir tai padidina įtaiso funkcines savybes. Šiuo atveju moduliacijos signalų $u_{inM}(t)$ taip pat moduliuoja signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ parametrus, pavyzdžiui, formuoja radijo impulsus arba atlieka signalų $u_{is(1; 2)}(t)$ amplitudinę moduliaciją, ir tai papildomai padidina įtaiso funkcines savybes.

Kai generatorius (Fig. 7) yra padarytas su DFPI, turinčiu, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT ir „normaliai atidarytą“ n–kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ darinius, tai šiuo atveju normalią veiką užtikrina įjungdami papildomą pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinį (19) ir $VT_{(1; 2)}$ veikos taškus „ $c_{VT(1; 2)}$ “ – $\{I_{D(1; 2)0}, U_{DS(1; 2)0}\}$ – išėjimų VACH apkrovų $(R_{a(1; 2)} + R_{KE0} + R_1)$ tiesių viduriuose nustato parinkdami rezistorinių dalikliu $R_{(4; 5)} || R_{(6; 7)}$ (4–7) atitinkamas $\mathcal{E}_2$ dalinimo vertes: $k_{(2; 3)}^* = R_{(4; 5)} / (R_{(4; 5)} + R_{(6; 7)})$, ir šiuo atveju schema (Fig. 7) veikia taip pat ir turi tokius pat parametrus.

Kai schemos (Fig. 5– Fig. 7) yra padarytos su DFPI, turinčiais, pavyzdžiui, n–p–n laidumo DT arba PT, ir $N \geq 3$ $VT_{(1-N)}$ darinių, tai visais šiais atvejais atitinkamos schemos (Fig. 5– Fig. 7) veikia taip pat su atitinkamais įėjimų gnybtais: $U_{in(1; 1-N)}$ (Fig. 5), bei atitinkamais išėjimų gnybtais: $U_{is(1; 1-N)}$ (Fig. 5) ir $U_{is(1-N)}$ (Fig. 6 ir Fig. 7), ir tai padidina įtaisų funkcines savybes.

Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r, f)} \leq 1$ ns, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, impulsų formuotuvuose, generatoriuose, dažnio keitikliuose ir maišikliuose.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas (DFPI) yra sudarytas iš: pirmojo (1) elektroninio (n) laidumo stipriai legiruoto n^+ – sluoksnio – emiterio (E) ir vidutiniškai stipriai legiruotų antrojo (2) skylinio (p) laidumo p– sluoksnio – bazės, bei trečiojo (3) n– sluoksnio – kolektoriaus (K), sudarančių n^+ –p–n puslaidininkinį (P) darinį (1–3) su dvejomis p–n sandūromis (1-2) ir (2-3), kuriame p– sluoksnio (2) storis $W_B < L_B$ – šalutinių krūvininkų – elektronų n_p difuzijos nuotolis p– sluoksnyje (2), ir kartu $W_B > d_{pn [(2-1); (2-3)]}$ o – atitinkamų p–n sandūrų (2-1) ir (2-3) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) neutralūs storiai, kai p–n sandūras (2-1) ir (2-3) neveikia įtampos $U_{pn [(2-1); (2-3)]} = 0$, ir sluoksniai (1)–(3) turi atitinkamus ominių kontaktus-išvadus: (1.1) – emiterio (E), (2.1) – bazės (B_1) ir (3.1) – kolektoriaus (K), sudarančių dvipolio tranzistoriaus (DT) darinį, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad pirmajame variante p– sluoksnis (2) turi du kontaktus-išvadus B_1 (2.1) ir B_2 (2.2), kurie yra sudaryti p– sluoksnio (2) priešinguose kraštuose, neturinčiose sąlyčio su n^+ – ir n– sluoksniais (1) ir (3), ant n– sluoksnio (3) – K, kartu ir ištaka (S), yra suformuotas ketvirtasis (4) p– sluoksnis – kanalas, kurio paviršiuje priešinguose kraštuose yra suformuotos dvi vienodos penktoji (5) ir šeštoji (6) n^+ – sritys – santakos ($D_{(1; 2)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais D_1 (5.1) ir D_2 (6.1), ir n^+ – sritys (5; 6) yra nutolusios viena nuo kitos atstumu $l_1 > d_{pn [(4-5); (4-6)] \max}$ – atitinkamų p–n sandūrų (4-5) ir (4-6) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras (4-5) ir (4-6) atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn [(4-5); (4-6)]}| \geq U_{pn [(4-5); (4-6)] \max}$, ir kartu n^+ – sritys (5; 6) yra nutolusios nuo n– sluoksnio (3) atstumu $l_2 > d_{pn [(4-5; 6); (4-3)] \max}$ – atitinkamų p–n sandūrų (4-(5; 6)) ir (4-3) nuskurdintų sričių p– sluoksnyje (2) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras (4-(5; 6)) ir (4-3) atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn [(4-5; 6); (4-3)]}| \geq U_{pn [(4-5; 6); (4-3)] \max}$, ir n– sluoksnio (3) storis $l_3 > d_{pn [(3-4); (3-2)] \max}$ – atitinkamų p–n sandūrų (3-4) ir (3-2) nuskurdintų sričių n– sluoksnyje (3) maksimalūs storiai, kai p–n sandūras (3-4) ir (3-2) atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn [(3-4); (3-2)]}| \geq U_{pn [(3-4); (3-2)] \max}$, ant p– sluoksnio (4) – kanalo paviršių, esančių tarp n– sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5) ir (6) yra suformuoti atitinkami dielektriniai (D) sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys lauko (vienpolių) tranzistorių ($VT_{(1; 2)}$) MDP (MOP) užtūrų ($G_{(1; 2)}$) atitinkamus kontaktus-išvadus G_1 (8.1) ir G_2 (8.2), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai uždarytais“ – indukuotais n_i – kanalais, čia: O – oksidas.

2. DFPI pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad antrajame variante p– sluoksnio (4) – kanalo paviršiuose po atitinkamomis MOP (MDP) užtūromis $G_{(1; 2)}$ (8.1; 8.2) tarp n–

sluoksnio (3) ir atitinkamų n^+ – sričių (5) ir (6) yra suformuotos atitinkamų įterptų kanalų n – sritys (9.1) ir (9.2), kurios elektriškai sujungia n – sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ – sritimis (5) ir (6), ir taip yra suformuoti atitinkami MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniai su „normaliai atidarytais“ – įterptais n – kanalais.

3. DFPĮ pagal punktus 1 ir 2, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad trečiajame ir ketvirtajame variantuose p – sluoksnio (2) – bazės (B) storis $W_B > L_B$ ir kartu yra tenkinamos sąlygos: $d_{pn [(2-1); (2-3)]} < W_B < d_{pn [(2-1); (2-3)] \max}$ – atitinkamų p – n sandūrų (2-1) ir (2-3) nuskurdintų sričių p – sluoksnyje (2) neutralūs ir maksimalūs storiai, kai p – n sandūras (2-1) ir (2-3) neveikia ir atgaline kryptimi veikia elektrinio pramušimo įtampos $|-U_{pn [(2-1); (2-3)]}| \geq U_{pn [(2-1); (2-3)] \max}$, ir taip yra suformuotas puslaidininkinio tetrodo (PT) darinys.

4. DFPĮ pagal punktus 1–3, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPĮ yra padarytas „horizontalios“ konstrukcijos planarinės (paviršinės) technologijos būdu, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo (10) yra suformuotas stačiakampio formos d_{ep} storio, D pločio ir L ilgio epitaksinis p – sluoksnis 2, kurio viename krašte D per visą storį d_{ep} yra suformuota stačiakampė n^+ – sritis (1) su kontaktu-išvadu E (1.1), o kitame krašte D simetriškai priešais n^+ – sritį (1) atstumu $(W_B + l_3 + l_2)$ per visą storį d_{ep} atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos vienodos dvi stačiakampės n^+ – sritys (5) ir (6) su atitinkamais kontaktais-išvadais D_1 (5.1) ir D_2 (6.1), ir n^+ – sričių (1), (5) ir (6) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms, kraštinės L kryptimi atstumu W_B nuo n^+ – srities (1) per visą storį d_{ep} yra suformuota l_3 pločio ir D ilgio stačiakampė n – sritis (3), kurios kraštinės l_3 ir D yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L ir D , tarp n^+ – srities (1) ir n – srities (3) suformuotos W_B pločio p – srities (2) priešinguose galuose šalia kraštinių L yra suformuotos atitinkamos vienodos stačiakampės p^+ – sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais B_1 (2.1) ir B_2 (2.2), išilgai kraštinės D priešinguose n^+ – srities (1) galuose per visą storį d_{ep} yra suformuotos atitinkamos izoliacinės n – sritys (11) ir (12), užimančios visą atstumą nuo n^+ – srities (1) atitinkamo galo iki atitinkamos kraštinės L , tarp n – srities (3) ir n^+ – sričių (5), bei (6), suformuotos l_2 pločio p – srities (4) paviršiuje yra suformuotas dielektrinis sluoksnis (7) ir ant šio paviršiaus per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ – sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1; 2)}$ kontaktus-išvadus (8.1) ir (8.2), o kitame DFPĮ variante p – srities (4) paviršiuje po atitinkamu M sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n – sritys (9.1), bei (9.2), kurios elektriškai sujungia n – sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ – sritimis (5) ir (6).

5. DFPĮ pagal punktus 1–3, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPĮ yra padarytas „vertikalios“ konstrukcijos planarinės (paviršinės) technologijos būdu, pavyzdžiui, ant n^+ – laidumo puslaidininkinio kristalo (1) – įtaiso padėklo paviršiaus suformuoto p – laidumo epitaksinio d_{ep} storio sluoksnio (2) paviršiaus simetriškai per vidurį yra suformuota stačiakampė



n - sritis (3), kurios įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2 gylis $h_3 = d_{ep} - W_B$, ir ilgoji kraštinė $L_3 > D_3$ – plotis, simetriškai per vidurį stačiakampėje n - srityje (3) yra suformuota stačiakampė p - sritis (4), kurios įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2 gylis $h_4 = h_3 - l_3$, ir kraštinės $L_4 < L_3$ ir $D_4 < D_3$ yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_3 ir D_3 , simetriškai per vidurį stačiakampėje p - srityje (4) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos stačiakampės n^+ - sritys (5) ir (6), kurių įterpimo į epitaksinį p - sluoksnį 2 gyliai $h_{(5;6)} < h_4$, ir atitinkamos kraštinės $L_{(5;6)} < L_4$, bei $D_{(5;6)} < D_4$, yra atitinkamai lygiagrečios kraštinėms L_4 ir D_4 , o n^+ - sričių (5) ir (6) paviršiuose yra suformuoti atitinkami santakų $D_{(1;2)}$ ominiai kontaktai-išvadai (5.1) ir (6.1), tarp n - srities (3) ir n^+ - sričių (5), bei (6), suformuotos l_2 pločio p - srities (4) paviršiuje yra suformuoti dielektriniai sluoksniai (7.1) ir (7.2), ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ - sritį (5), bei (6), yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.1) ir (8.2), sudarantys atitinkamų izoliuotų užtūrų $G_{(1;2)}$ kontaktus-išvadus (8.1) ir (8.2), o kitame DFPĮ variante p - srities (4) paviršiuje po atitinkamu M sluoksniu (8.1) ir (8.2) yra suformuotos atitinkamos n - sritys (9.1), bei (9.2), kurios elektriškai sujungia n - sluoksnį (3) su atitinkamomis n^+ - sritimis (5) ir (6), epitaksinio p - sluoksnio (2) paviršiuje priešinguose n - srities (3) pusėse šalia D_3 kraštinių yra suformuotos p^+ - sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1;2)}$, ant n^+ - kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1), arba kitame variante epitaksinio p - sluoksnio (2) paviršiuje priešinguose n - srities (3) pusėse šalia L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n^+ - sritys (1.1₁) ir (1.1₂) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1;2)}$.

6. DFPĮ pagal punktą 4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad yra suformuoti MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ dariniai su „normaliai atidarytais“ arba „normaliai uždarytais“ n - kanalais, kai sveiki skaičiai $N \geq 3$, ir atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ - sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais ($6_{(1-N)}$) atstumu l_1 viena nuo kitos yra suformuotos p - sluoksnyje (2) per visą storį d_{ep} ir simetriškai priešais n^+ - sritį (1) atstumu ($W_B + l_3 + l_2$) iki jos, o n^+ - sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms.

7. DFPĮ pagal punktą 5, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad p - sluoksnyje (2) gylyje $h_5 < h_4$ yra suformuotos MOP (MDP) $VT_{(1-N)}$ darinių atitinkamų santakų $D_{(1-N)}$ atitinkamos vienodos stačiakampės n^+ - sritys ($5_{(1-N)}$) su atitinkamais kontaktais-išvadais ($6_{(1-N)}$), kurios yra išdėstytos atstumu l_1 viena nuo kitos simetriškai poromis (5_1)-(5_(N/2 + 1)), (5_2)-(5_(N/2 + 2)), ..., ($5_{N/2}$)-(5_N), ir atstumu l_2 iki šalia esančių n - srities (3) atitinkamų priešpriešinių kraštų p - sluoksnio (2) paviršiuje, ir n^+ - sričių ($5_{(1-N)}$) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms, tarp n - srities (3) ir atitinkamų šalia esančių n^+ - sričių ($5_{(1-N)}$) suformuotos l_2 pločio p - srities (4) paviršiuje yra suformuoti atitinkami dielektriniai sluoksniai (7.(1-N)) ir ant jų paviršių per visą plotį l_2 priešais atitinkamą n^+ - sritį ($5_{(1-N)}$) yra suformuoti atitinkami metalo (M) sluoksniai (8.(1-N)), sudarantys atitinkamų užtūrų $G_{(1-N)}$ kontaktus-išvadus (8.(1-N)), o kitame DFPĮ variante p -

srities (4) paviršiuje po atitinkamu M sluoksniu ($8 \cdot (1-N)$) yra suformuotos atitinkamos n - sritys ($9 \cdot (1-N)$) – kanalai, kurie elektriškai sujungia n - sluoksni (3) su atitinkamomis n^+ - sritimis ($5_{(1-N)}$), epitaksinio p - sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n - srities (3) pusėse šalia atitinkamų D_3 kraštinių yra suformuotos p^+ - sritys (2.1) ir (2.2) su atitinkamais kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$, ant n^+ - kristalo (1) laisvojo paviršiaus yra suformuotas kontaktas-išvadas E (1.1), arba kitame variante epitaksinio p - sluoksniu (2) paviršiuje priešinguose n - srities (3) pusėse šalia atitinkamų L_3 kraštinių per visą storį d_{ep} yra suformuotos n^+ - sritys (1.1₁) ir (1.1₂) su atitinkamais kontaktais-išvadais $E_{(1; 2)}$.

8. Stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))-dažnių $\omega_{in (1-3)}$ maišiklis su DFPI pagal punktus 1, 4 ir 5, ir su „normaliai uždarytų“ n - kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per pirmąjį rezistorių R_1 yra sujungti su „žeme“ ($\perp$) – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per antrąjį rezistorių R_2 – su maitinimo pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_1$ pirmojo šaltinio teigiamo (+) poliškumo gnybtu „+“, o neigiamo (–) poliškumo gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per pirmąjį kondensatorių C_1 – su pirmuoju įėjimo gnybtu $U_{in 1}$, DT kontaktas-išvadas E per pirmąjį apkrovos rezistorių $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per antrąjį kondensatorių C_2 – su pirmuoju išėjimo gnybtu $U_{is 1}$, $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(1; 2)}$ per atitinkamus trečiąjį ir ketvirtąjį rezistorius $R_{(3; 4)}$ yra sujungti su „žeme“, ir kartu per atitinkamus penktąjį ir šeštąjį rezistorius $R_{(5; 6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus trečiąjį ir ketvirtąjį kondensatorius $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais antruoju ir trečiuoju įėjimų gnybtais $U_{in (2; 3)}$, $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus antrąjį ir trečiąjį apkrovų rezistorius $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus penktąjį ir šeštąjį kondensatorius $C_{(5; 6)}$ – su atitinkamais antruoju ir trečiuoju išėjimų gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

9. Stiprintuvas (diferencinis (skirtuminis))-dažnių $\omega_{in (1-3)}$ maišiklis su DFPI pagal punktus 1, 4 ir 5, ir su „normaliai atidarytų“ n - kanalų MOP (MDP) $VT_{(1; 2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: E (1.1), $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1; 2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1; 2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_1 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_2 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{in 1}$, DT kontaktas-išvadas E per $R_{a 1}$ yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{is 1}$, $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{(3; 4)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(5; 6)}$ – su pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_2$ antrojo šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{in (2; 3)}$, $VT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (2; 3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(5; 6)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (2; 3)}$.

10. Impulsų formuotuvą su DFPI pagal punktus 3, 4 ir 5, ir su „normaliai uždarytą“ n -kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1;2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1;2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad PT kontaktas-išvadas E per R_{a1} yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{is1} , ir kartu per atitinkamus $C_{(2;3)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1;2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(3;4)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(5;6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, PT kontaktai-išvadais $B_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{(1;2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, o Tr pirminės apvijos (I) išvadais – atitinkamai su gnybtu U_{in1} ir su „žeme“, $VT_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadais $D_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{a(2;3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per atitinkamus $C_{(4;5)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(2;3)}$.

11. Impulsų formuotuvą su DFPI pagal punktus 3, 4 ir 5, ir su „normaliai atidarytą“ n -kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1;2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1;2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad PT kontaktas-išvadas E per R_{a1} yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{is1} , ir kartu per atitinkamus $C_{(2;3)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1;2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(3;4)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(5;6)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, PT kontaktai-išvadais $B_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{(1;2)}$ yra sujungti su Tr apvijos (II) išvadais, o Tr apvijos (I) išvadais – atitinkamai su gnybtu U_{in1} ir su „žeme“, $VT_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadais $D_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{a(2;3)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $C_{(4;5)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(2;3)}$.

12. Generatorius su DFPI pagal punktus 1, 4 ir 5, ir su „normaliai uždarytą“ n -kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1;2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1;2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DT kontaktas-išvadas E per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per $C_{(1;2)}$, bei kitame variante ir per atitinkamus pirmąjį ir antrąjį induktorių $L_{(1;2)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1;2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(4;5)}$ – su „žeme“, ir kartu per atitinkamus $R_{(6;7)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, DT kontaktai-išvadais $B_{(1;2)}$ per R_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_3 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, ir kartu per C_5 – su moduliacijos įėjimo gnybtu U_{inM} , $VT_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadais $D_{(1;2)}$ per atitinkamus $R_{a(1;2)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3;4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1;2)}$.

13. Generatorius su DFPI pagal punktus 1, 4 ir 5, ir su „normaliai atidarytą“ n -kanalų MOP (MDP) $VT_{(1;2)}$ dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadas: E (1.1), $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2), $G_{(1;2)}$ (8,1; 8.2) ir $D_{(1;2)}$ (5,1; 6.1), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DT kontaktas-išvadas E per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per $C_{(1;2)}$, bei kitame variante ir per atitinkamus induktorių $L_{(1;2)}$ – su atitinkamais kontaktais-išvadais $G_{(1;2)}$, kurie per atitinkamus $R_{(4;5)}$ – su „žeme“, ir

kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ – su įtampos $\mathcal{E}_2$ šaltinio gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_2 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_3 – su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kartu per C_5 – su moduliacijos įėjimo gnybtu $U_{in M}$, VT_(1; 2) atitinkami kontaktai-išvadai $D_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_1$ šaltinio gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{iš (1; 2)}$.

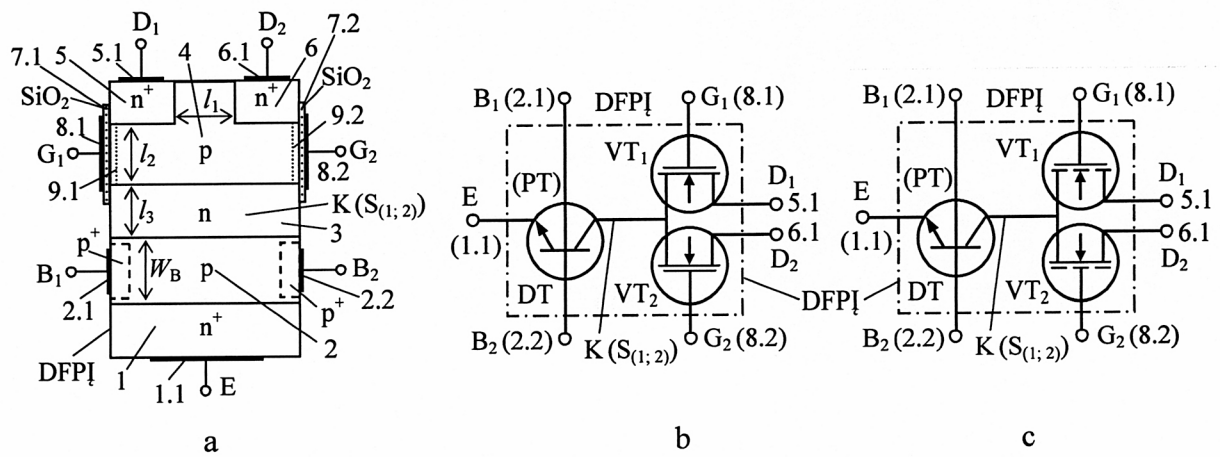


Fig. 1

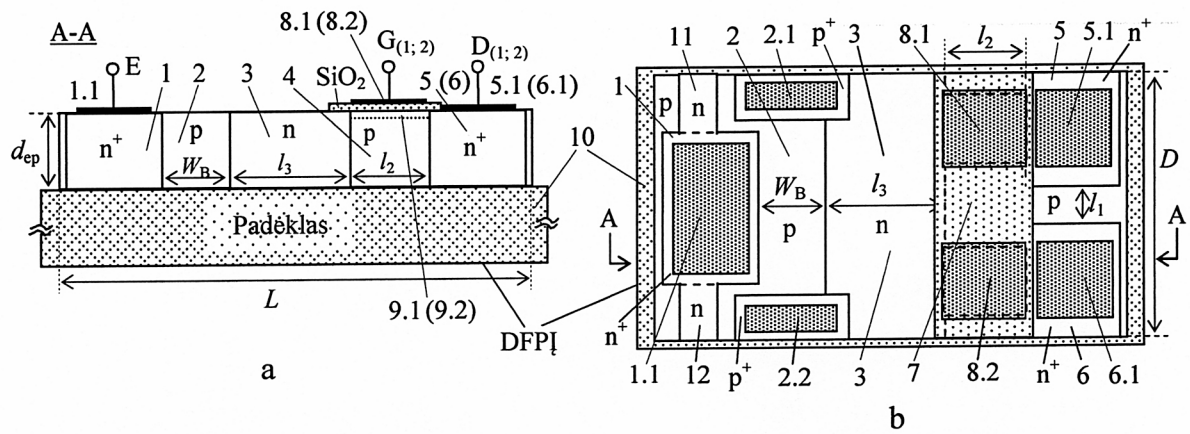


Fig. 2

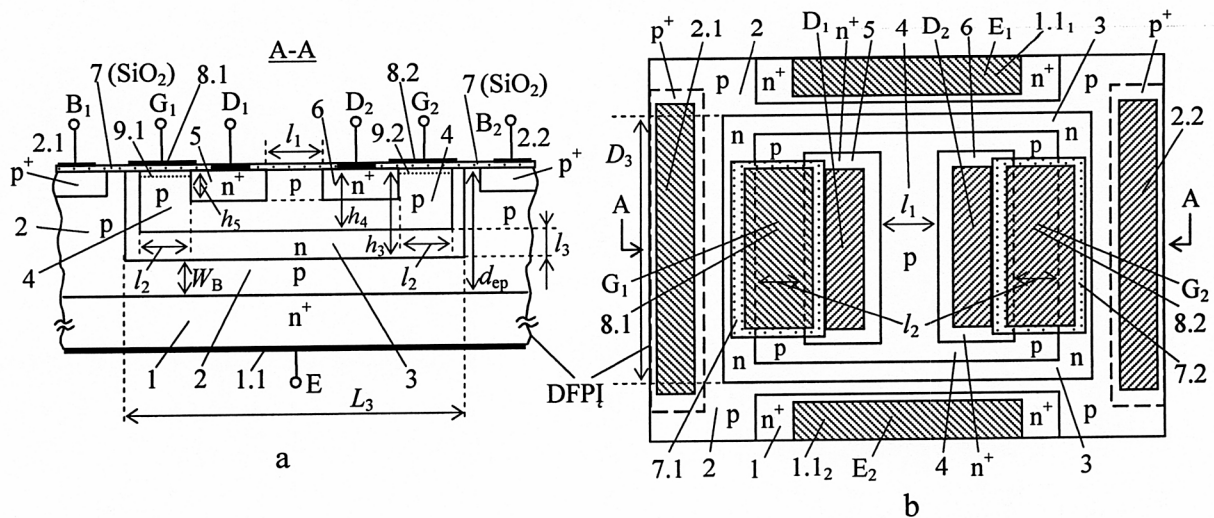


Fig. 3

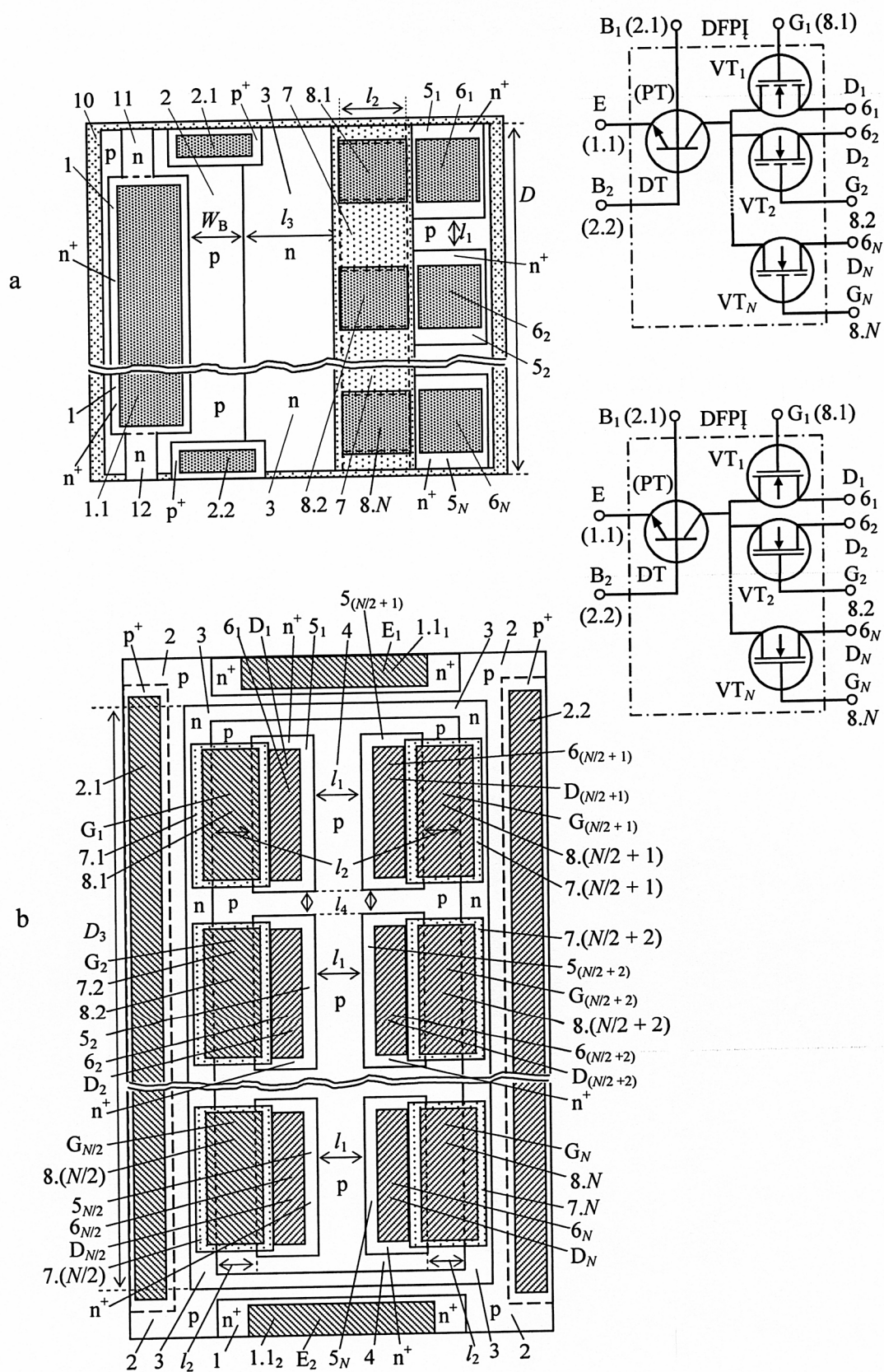


Fig. 4

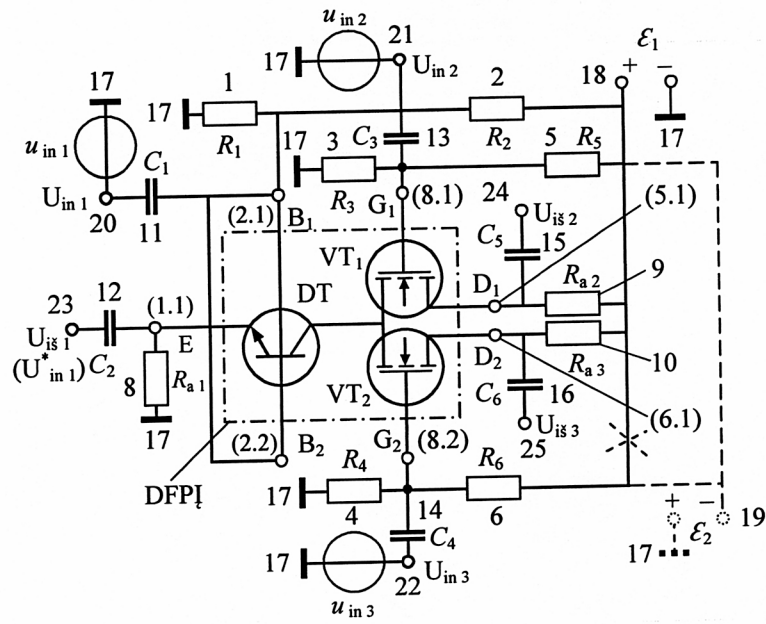


Fig. 5

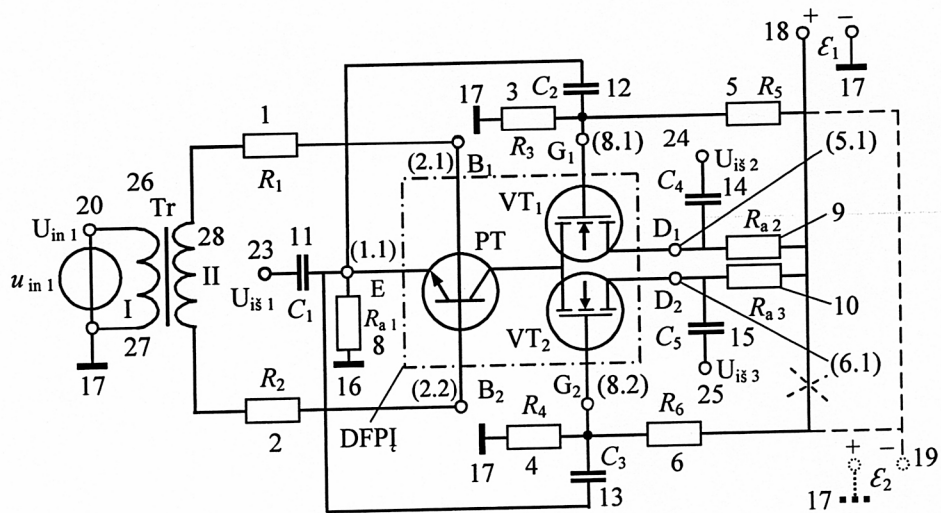


Fig. 6

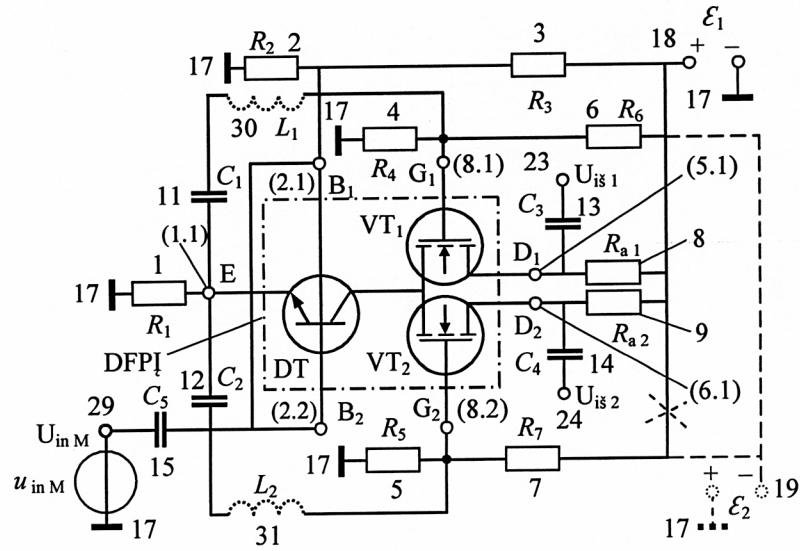


Fig. 7

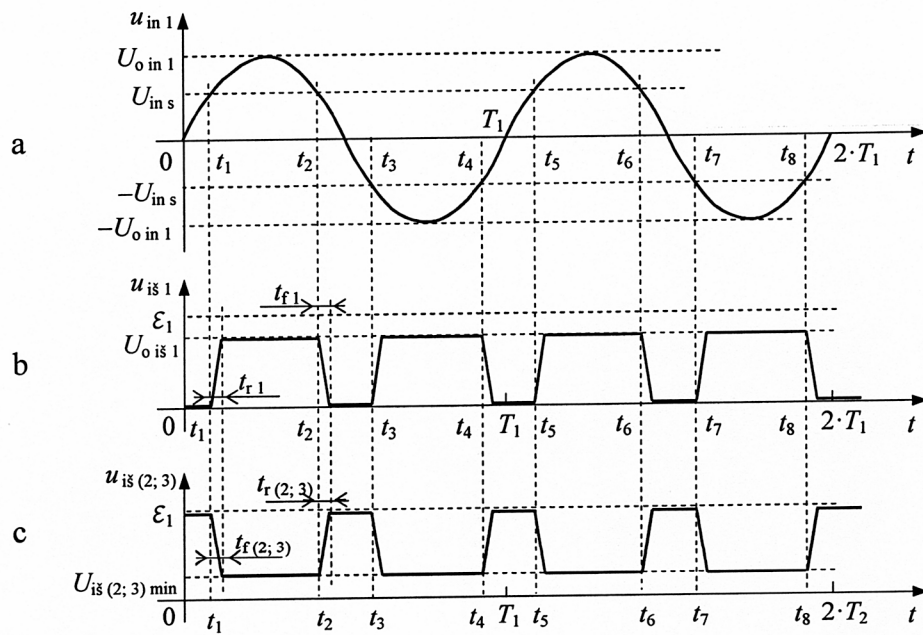


Fig. 8

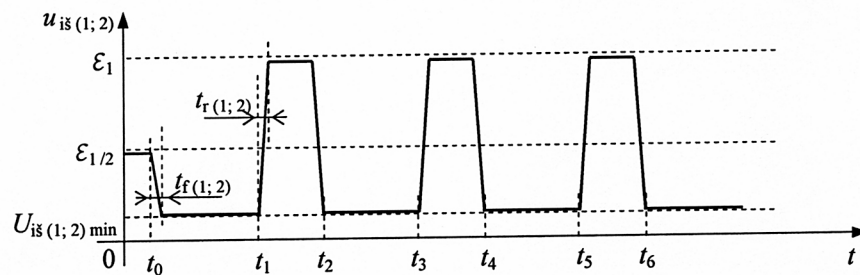


Fig. 9