

(10) **LT 5937 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5937** (51) Int. Cl. (2011.01): **H01L 21/00
B23K 26/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2011 078**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2011 09 01**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2013 03 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2013 05 27**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
**Valdemaras JUZUMAS, LT
Julius JANUŠONIS, LT
Karolis ŠULINSKAS, LT**
- (73) Patento savininkas:
UAB „Precizika - MET SC“, Žirmūnų g. 139, LT-09120 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**Darius JANUŠONIS, UAB „Precizika-MET SC“, Žirmūnų g. 139, LT-09120
Vilnius, LT**

- (54) Pavadinimas:
Puslaidininkinis elementas, turintis legiruotas p/n struktūras, ir būdas jas izoliuoti naudojant ultratrumpus ultravioletinius lazerio impulsus

- (57) Referatas:

Šio išradimo tikslas - paruošti puslaidininkio padėklą, galimai padengti jį atitinkamu pasyvaciniu sluoksniu ir suformuoti kontaktus bei suformuoti minėtame pasyvaciniame sluoksnyje nustatytose vietose užduoto gylio ir pločio griovelius, siekiant izoliuoti atskirus puslaidininkio regionus, ypač prietaiso kraštą. Tokiu būdu paruoštą sudėtinį elementą galima naudoti įvairių puslaidininkinių prietaisų gamyboje, ypač saulės elementų gamyboje. Jis ypatingai svarbus koncentruotos šviesos mažo ploto/perimetro santykio saulės elementų gamyboje. Šis griovelių formavimo būdas minėtame sudėtiniam elemente pasižymi tuo, kad apima puslaidininkinio ir galimai dengtų dielektrinių sluoksnių lazerinę abliaciją ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais skenuojant lazerio pluoštą (pluoštus) puslaidininkinio padėklo paviršiumi arba judinant patį pavyzdį lazerinio pluošto (pluoštų) atžvilgiu. Šio būdo panaudojimas leidžia formuoti minėtus griovelius puslaidininkinio padėklo paviršiuje nepažeidžiant puslaidininkio termiškai, užtikrina minimalią medžiagos redepoziciją. Šis būdas yra bekontaktinis, todėl gali būti

taikomas kontaktams suformuoti ant labai plonų ir trapių puslaidininkio arba legiruoto puslaidininkio sluoksnių, nepažeidžiant puslaidininkio paviršiaus nei mechaniškai, nei termiškai. Naudojant aukšto pasikartojimo dažnio lazerines sistemas, piešinio formavimo greitis leidžia pritaikyti šį būdą didelio pralaidumo gamybiniuose procesuose.

TECHNIKOS SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su puslaidininkiniais prietaisais, ypač su saulės elementų gamyba. Taip pat šis išradimas susijęs su lazerine abliacija ultratrumpais impulsais ir šios technologijos taikymu ruošiant charakteringus sudėtinus elementus, naudojamus saulės elementų konstravimo bei gamybos procesuose, taip pat kitose srityse, kuriose gali būti panaudojamas legiruotų puslaidininkinių sluoksnių atskyrimas su tikslu elektriškai juos izoliuoti vieną nuo kito. Šis išradimas ypač susijęs su griovelių puslaidininkyje, kuris gali būti dengtas dielektriniais sluoksniais, formavimo metodika (būdu).

TECHNIKOS LYGIS

Didinant saulės elementų efektyvumą, turi būti pašalinti jo efektyvumą ribojantys faktoriai. Vienas iš saulės elemento efektyvumą ribojančių faktorių yra susijęs su saulės elemento krašto izoliavimu.

Žinoma, kad laidūs šuntai dažniausiai stebimi saulės elemento kraštuose. Tai susiję su puslaidininkinės plokštelės (padėklo) kraštuose esančiais medžiagos defektais, tokiais kaip mikroįtrūkimai, taip pat su puslaidininkinės struktūros formavimo defektais, tokiais kaip, pvz., legiruojančių priemaišų difuzija į kraštinį ir apatinį puslaidininkinės plokštelės (padėklo) paviršių, kontaktą sudarančio metalo nepageidautinas dengimasis ant saulės elemento kraštų ir pan. Dėl to saulės elemento kraštai yra apdorojami siekiant padidinti šunto varžą. Tai vadinama krašto izoliavimu.

Pagrindinės technikos lygu žinomos krašto izoliavimo metodikos yra krašto izoliavimas cheminiu būdu, ėsdinimas plazma ir lazerinis krašto izoliavimas. Krašto izoliavimas lazeriu daromas vartojant nanosekundinius lazerio impulsus. Nanosekundiniai impulsai pasižymi pakankama galia, kad vyktų abliacijos procesas. Nanosekundinės abliacijos metu yra išlydoma tam tikro dydžio puslaidininkio zona, toliau kaitinant ji virsta plazma, kuri dėl didelio slėgio

plėsdamasi kartu išmeta išlydytą medžiagą. Ne visa išlydyta medžiaga yra išmetama, dalis medžiagos nusėda atgal ant abliuojamos zonos (medžiagos redepozicija). Nanosekundinio impulso metu vyksta šilumos difuzija ir formuojasi aukštos temperatūros paveikta zona, kurioje puslaidininkio savybės, tokios kaip perteklinių krūvininkų vidutinis gyvavimo laikas, yra pakitusios. Todėl izoliavimas nanosekundiniais impulsais sukuria termiškai pakitusią zoną, apribotą šilumos difuzijos arba optinės sugerties gylio.

Žinomas JAV patentas Nr. **US20090205712**, publikuotas 2009 m. rugpjūčio 20 d. Šiame patente aprašytas kristalinių saulės elementų gamybos būdas (seka), įtraukiantis krašto izoliavimą. Tačiau sudėtinio elemento gamybos būdo dalis, skirta krašto izoliavimui neapima lazerinio apdirbimo būdo. Kitos technikos lygu žinomos krašto izoliavimo metodikos yra krašto izoliavimas cheminiu būdu ir plazminis ėsdinimas. Abi izoliavimo metodikos taikomos apdirbant tik plokštelės kraštą. Tai pasiekama puslaidininkines plokšteles sudedant ir suglaudžiant paviršiais ir apdorojant jų kraštus šarminiu ėsdikliu arba nuėsdinant plazminiu būdu. Būtinybė tokiuose procesuose grupuoti ir išskirti plokšteles yra trūkumas konvejerinėse gamybinėse sistemose, šis grupavimas taip pat padidina gaminių lūžimo tikimybę.

Taip pat žinomas Taivano patentas Nr. **TW20100087025** publikuotas 2010 m. rugpjūčio 4 d. Šiame patente aprašytas plonasluoksnių saulės elementų defektų detektavimo ir izoliavimo būdas. Patente skiriasi sudėtinio elemento dalys.

Artimiausias žinomas Pietų Korėjos patentas Nr. **KR20090260681**, publikuotas 2009 m. spalio 22 d. Šiame patente yra aprašytas saulės elementų gamybos būdas, naudojant lazerinę spinduliuotę krašto izoliavimui. Taip pat patente aprašytas gamybos būdas apima cheminio ėsdinimo taikymą izoliavimu pažeistos medžiagos pašalinimui ir papildomą izoliuoto paviršiaus pasyvumą. Tačiau sudėtinio elemento gamybos būdo dalis, skirta lazeriniam izoliavimui yra iš esmės besiskirianti tuo, kad lazerio parametrai nėra pritaikyti krašto izoliavimui be arba su labai maža termiškai paveikta zona. Termiškai pakitusi zona, esanti p/n sandūros erdvinio krūvio regione, padidina diodo neidealumą, ne erdvinio krūvio regione ji veikia kaip stiprus rekombinacinis centras. Todėl ji turi būti kuo mažesnė, kad aukščiau minėti reiškiniai būtų kuo silpnesni. Tai ypač svarbu

mažų saulės elementų, kurių ploto / perimetro santykis yra mažas, gamyboje. Taip pat skiriasi sudėtinio elemento dalys - neapima visų šiame patente minimų sudėtinių dalių

Apžvelgiant analogus ir šiuo metu taikomas technologijas bei formuojant uždavinius naujiems sprendimams sukurti, yra būtina, kad krašto izoliavimas, skirtingai nuo aukščiau išvardintų analogų, būtų atliekamas minimizuojant termiškai pakitusią zoną, išvengiant medžiagos redepozicijos ir išvengiant gaminių grupavimo prieš izoliavimo procesą.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo tikslas – paruošti puslaidininkio medžiagą (pvz., Si), galimai padengiant ją atitinkamu pasyvaciniu sluoksniu arba sluoksniais (pvz., SiO₂ ir Si_xN_y) bei suformuoti nustatytoje vietoje užduotos formos griovelius, siekiant sukurti efektyvią izoliaciją tarp skirtingų puslaidininkio regionų, ypač taikant aprašomą būdą izoliuoti puslaidininkinio prietaiso kraštams. Suformuojant griovelį turi būti išvengiama arba sukuriama labai maža termiškai pažeista puslaidininkinio padėklo zona, taip sumažinant diodo neidealumą. Vėliau tokį sudėtinį elementą galima naudoti įvairių puslaidininkinių prietaisų gamyboje, ypač saulės baterijų (elementų), tame tarpe mažų elementų, pritaikytų saulės šviesos koncentracijai, gamyboje.

Šio išradimo esmė yra sudėtinių elementų, susidedančių iš puslaidininkinio padėklo ir jį dengiančių dielektrinių dangų bei legiruotų n/p tipo laidumo sluoksnių paruošimas, ir būdas, taikomas puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, kuris:

leidžia formuoti griovelius minėto sudėtinio elemento puslaidininkiniame padėkle (medžiagoje / sluoksnyje);

leidžia formuoti minėtus griovelius ant sudėtinio elemento, jei jo paviršius dengtas minėtu pasyvaciniu sluoksniu ar sluoksniais;

skirtas suformuoti griovelius nekontaktiniu būdu elektriškai atskiriant puslaidininkio regionus, ypač legiruotą sluoksnį ir elemento kraštą.

Lazerinė abliacija yra taikoma sudėtiniam elementui, pasižyminčiam stipria sugertimi UV bangų diapazone (srityje). Taikoma ultratrumpų femtosekundinių (fs) impulsų UV bangų diapazono spinduliuotė. Impulsų seka, skenuojant paviršių lazerio pluoštu parinktu greičiu, suformuoja griovelį. Šilumos difuzija per impulso trukmę yra nykstamai maža, todėl vyksta tiesioginė medžiagos abliacija su minimaliu terminiu poveikiu. Kadangi UV diapazono sugertis daugumoje puslaidininkių (ypač silicyje) yra labai stipri, medžiagos abliacijos slenkstis yra mažas ir todėl energijos dalis, konvertuojama į šilumą, yra mažesnė, nei naudojant kito diapazono spinduliuotę. Dėl šių priežasčių femtosekundinių impulsų poveikis užtikrina minimalią terminio poveikio zoną, o taip pat minimalią medžiagos redepoziciją. Taip užtikrinamas geras elektrinis atskyrimas su minimaliu puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų, parametru degradavimu.

Esminiai šio išradimo išskirtiniai bruožai yra šie:

šis izoliacinių griovelių formavimo būdas minėtame sudėtiname elemente pasižymi tuo, kad apima puslaidininkinės medžiagos, galimai dengtos plonais paviršiniais sluoksniais, lazerinę abliacija ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais;

šis būdas yra nekontaktinis (bekontaktinis) ir tinkamas dirbti su labai plonais ir trapiais padėklais, todėl šis būdas gali būti taikomas kraštams izoliuoti arba atskirti regionams ant labai plonų puslaidininkio arba legiruoto puslaidininkio sluoksnių, apdoroti ploniems ir / arba trapiems bandiniams;

nepažeidžia puslaidininkio termiškai, užtikrina minimalią medžiagos redepoziciją; naudojant aukšto pasikartojimo dažnio lazerines sistemas, piešinio formavimo greitis leidžia pritaikyti šį būdą didelio pralaidumo gamybiniuose procesuose.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ APRAŠYMAS

Fig. 1 yra pavaizduota sudėtinio elemento, naudojamo puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, struktūrinė sandara prieš apdorojimą taikant šio išradimo pateikiamą būdą.

Fig. 2 yra pavaizduota sudėtinio elemento, naudojamo puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, struktūrinė sandara po apdorojimo taikant šio išradimo pateikiamą būdą.

TINKAMIAUSI ĮGYVENDINIMO VARIANTAI

Kaip buvo minėta aukščiau, didinant saulės elementų efektyvumą, turi būti pašalinti jį ribojantys faktoriai. Vienas iš pagrindinių saulės elemento efektyvumą ribojančių faktorių yra susijęs su defektų prietaiso kraštuose izoliavimu.

Šis išradimas aprašo nekontaktinį būdą, izoliuoti atskirus puslaidininkio regionus, o ypač kraštą, formuojant nustatytose vietose norimos formos ir dydžio griovelius. Rezultatas vėliau gali būti naudojamas tolimesniuose technologiniuose procesuose, arba tai gali būti paskutinis technologinio proceso žingsnis.

Šio išradimo objektą sudaro sudėtiniai elementai, sudaryti iš puslaidininkio padėklo, turinčio legiruotus sluoksnius ir dengto dielektrinėmis dangomis ir būdas abliuoti puslaidininkinį padėklą (ypač silicij) ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais bei (lazerinės abliacijos būdu) suformuojant norimos formos, gylio ir pločio griovelius. Siekiant išvengti termiškai pažeistos zonos formavimosi puslaidininkyje, naudojami femtosekundiniai lazerio impulsai ir ultravioletinis spinduliuotės diapazonas.

Fig. 1 yra pavaizduota sudėtinio elemento, naudojamo puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, struktūrinė sandara prieš apdorojimą taikant šio išradimo pateikiamą būdą. Fig. 2 yra pavaizduota sudėtinio elemento, naudojamo puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, struktūrinė sandara po apdorojimo taikant šio išradimo pateikiamą būdą.

Šis sudėtinis elementas (1) susideda iš puslaidininkio sluoksnio (2) (pvz., Si), kuris gali būti dengtas plonu arba plonais iki 300nm storio sluoksniais (3). Puslaidininkio sluoksnyje (2) arba ant jo gali būti suformuotas plonas puslaidininkinis sluoksnis (4) besiskiriantis nuo (2) savo savybėmis (Fig 1a). Puslaidininkio (2) arba, jei jis yra, (4) sluoksnio paviršiuje taip pat gali būti suformuoti kontaktai (5) (Fig. 1b). Puslaidininkio antrosios pusės apdirbimas yra

neribojantis ir neribojamas šiame patente aprašomo būdo, todėl joje suformuotos struktūros / struktūrų neapibrėžiame. Puslaidininkio paviršius yra arba poliruotas, arba jame gali būti suformuota tekstūra, naudojant bet kurį žinomą būdą, pvz., tekstūravimą atsitiktinėmis piramidėmis.

Apdirbimo metu sudėtiniame elemente suformuojamas griovelis (6), kuris gali atskirti skirtingus puslaidininkio (4) regionus (Fig. 2a), arba skirtingus puslaidininkio (4) regionus ir skirtingus kontaktinius regionus (Fig. 2b).

Puslaidininkinis sluoksnis pasižymi stipria šviesos sugertimi UV diapazone, kas leidžia šiam sluoksniui sėkmingai taikyti lazerinės abliacijos procedūrą. Lazerinė abliacija – procesas, kurio metu, naudojant lazerio spinduliuotę, pašalinama medžiaga iš kietojo kūno ar skysčio. Esant mažam lazerio energijos srautui, medžiaga yra šildoma sugerta lazerio energija, dėl to garuoja arba sublimuoja (pasikeičia iš kietos į dujinę būseną (fazę) nepereidama skystos būsenos (fazės)). Esant dideliame energijos srautui medžiaga nepereidama skystosios fazės virsta plazma. Dažniausiai lazerinei abliacijai atlikti naudojami impulsiniai lazeriai, tačiau galima taikyti ir nuolatinės veikos lazerius. Gylis, iki kurio sugerama lazerio energija ir pašalintos medžiagos kiekis vienu lazerio impulsu, priklauso nuo tos medžiagos optinių savybių ir lazerio bangos ilgio bei energijos.

Ultratrumpas lazerinis impulsas užtikrina, kad jo metu šilumos difuzija į aplinkinę medžiagą yra nykstamai maža. Tai sumažina procesui reikalingą impulso energiją ir nesukuria termiškai paveiktos zonos impulso metu. Kadangi tūrio vienetė sugertas energijos kiekis priklauso nuo sugerties koeficiento dydžio, didesnio sugerties koeficiento regione medžiagos abliacijos slenkstis yra žemesnis ir atitinkamai mažesnis yra energijos kiekis, liekantis medžiagoje po abliacijos regione, kur energijos tankis nesiekia abliacijos slenksčio. Tai sukuria prielaidas mažos temperatūros paveiktos zonos formavimuisi. Taigi siekiant sukurti kuo mažesnę temperatūros paveiktą zoną, optimalus pasirinkimas yra femtosekundiniai ultravioletinio diapazono impulsai.

Siekiant suformuoti griovelį, lazerio spindulys yra skenuojamas puslaidininkio paviršiumi arba puslaidininkinis bandinys yra judinamas lazerinio pluošto atžvilgiu. Pasirinktu režimu formuojamas griovelis, atskiriantis besiskiriančio savo savybėmis puslaidininkio regionus (4) arba besiskiriančio

savo savybėmis puslaidininkio regionus ir kontaktinius regionus (5), ypač tuo atveju, kai vienas iš jų yra puslaidininkinės plokštelės krašte.

Pateiktas būdas leidžia išvengti termiškai paveiktos zonos puslaidininkiniame sluoksnyje (2) (padėkle), ir modifikuotame/dengtame puslaidininkio sluoksnyje (4). Pažeidimas šiame kontekste turi būti suprantamas kaip puslaidininkio sritis, kurioje žymiai padidėjęs defektų kiekis palyginus su pradiniu ir atitinkamai sumažėjęs krūvininkų gyvavimo laikas.

Silicio (Si) saulės elementų gamyboje silicio puslaidininkinės plokštelės (sluoksniai) (2) naudojamos kaip pagrindas. Silicis (Si) gali būti kristalinis arba polikristalinis. Minėtos puslaidininkinių plokštelių paviršius gali būti apdirbtas / paruoštas įvairiais būdais: pvz., gali būti poliruotas arba tekstūruotas. Paviršiaus tekstūrą gali sudaryti įvairūs objektai, pvz.: atsitiktinės piramidės, invertuotos piramidės arba panašiai. Kadangi aprašomas būdas yra bekontaktinis, gali būti naudojami ypač ploni ir trapūs puslaidininkiniai padėklai.

Siekiant labiau iliustruoti šio išradimo būdo panaudojimą, žemiau yra pateikiami keli sudėtinių elementų įgyvendinimo variantai, kurie dažniausiai gali būti pritaikyti saulės elementų (arba kitų puslaidininkinių prietaisų / įrenginių) gamybos procesuose.

- a. Puslaidininkis (2) modifikuojamas difuziškai sukuriant sluoksnį (4). Sluoksniu (4) paviršius yra dengiamas tik vienu sluoksniu (danga) (3). Skenuojant lazerio spindulį, suformuojamas griovelis (6), kuris atskiria sluoksniu (4) regionus, kurių vienas yra puslaidininkinio padėklo (plokštelės) krašte (Fig. 2a).
- b. Puslaidininkis (2) modifikuojamas difuziškai sukuriant sluoksnį (4). Sluoksniu (4) paviršius yra dengiamas tik vienu sluoksniu (danga) (3). Suformuojami kontaktai (5). Skenuojant lazerio spindulį, suformuojamas griovelis (6), kuris atskiria sluoksniu (4) ir kontaktinio sluoksniu (5) regionus, kurių vienas yra puslaidininkinio padėklo (plokštelės) krašte (Fig. 2b).

Siekiant iliustruoti ir aprašyti šį išradimą, aukščiau yra pateikti tinkamiausių įgyvendinimo variantų aprašymai. Tai nėra išsamus arba ribojantis išradimas, kuriuo siekiama nustatyti tikslią formą arba įgyvendinimo variantą. Į aukščiau

pateiktą aprašymą reikia žiūrėti daugiau kaip į iliustraciją, o ne kaip į apribojimą. Akivaizdu, kad tos srities specialistams gali būti akivaizdžios daugybė modifikacijų ir variacijų. Įgyvendinimo variantai yra parinkti ir aprašyti tam, kad tos srities specialistai geriausiai išaiškintų šio išradimo principus ir jų geriausią praktinį pritaikymą, skirtą skirtingiems įgyvendinimo variantams su skirtingomis modifikacijomis, tinkančiomis konkrečiam panaudojimui arba įgyvendinimo pritaikymui, nes konkrečiu atveju kiekybiniai šio panaudojimo būdo pritaikymo rodikliai gali skirtis. Numatyta, kad išradimo apimtis apibrėžiama prie jo pridėta apibrėžtimi ir jos ekvivalentais, kuriuose visi minėti terminai turi prasmę plačiausiose ribose, nebent nurodyta kitaip. Turi būti pripažinta, kad įgyvendinimo variantuose, aprašytuose tos srities specialistų, gali būti pateikti pakeitimai, nenukrypstantys nuo šio išradimo apimties, kaip tai nurodyta toliau pateiktoje apibrėžtyje.

IŠRADIMO APIBRÉŽTIS

1. Sudétinis elementas (1), susidedantis iš silicio puslaidininkinio padéklo (2) ir jo apdorojamame paviršiuje suformuotų legiruoto sluoksnio/ sluoksnių/ struktūrų (4),
b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad puslaidininkinio padéklo (2) paviršius yra poliruotas, paviršiuje nustatytose vietose yra suformuoti užduoto gylio ir pločio izoliaciniai grioveliai (6). Griovelių gylis yra didesnis nei legiruotų sluoksnių storis ir mažesnis nei padéklo storis arba mažesnis nei 150 μ m, jei padéklo storis šią vertę viršija. Griovelių plotis yra didesnis nei 3 μ m.
2. Sudétinis elementas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minéto puslaidininkinio padéklo paviršius dengtas dielektriniu/puslaidininkiniu sluoksniu (pasyvacine danga) (3), arba keliais dielektriniais/puslaidininkiniais sluoksniais, kiekvienos kurių storis yra mažesnis nei 300nm.
3. Sudétinis elementas pagal 1-2 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minéto puslaidininkinio padéklo (2) paviršius tekstūruotas atsitiktinėmis piramidėmis arba kitu žinomu tekstūros tipu.
4. Sudétinis elementas pagal 1-3 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minéto puslaidininkinio padéklo (2) apdirbamame paviršiuje yra suformuoti metaliniai kontaktai (5).
5. Sudétinio elemento gamybos būdas, apimantis šis pakopas: puslaidininkinio padéklo (2) paviršiaus paruošimą, dielektrinių/puslaidininkinių sluoksnių (3) dengimą ir metalo kontaktų (5) formavimą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minéto izoliacinio griovelio suformavimui naudojama ultratrumpų femtosekundinių (<400fs) impulsų ultravioletinio diapazono lazerinė abliacija, vykdoma skanuojant lazerio pluoštą sudétinio elemento paviršiumi pasirinktu greičiu.

6. Sudėtinio elemento gamybos būdas pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ultratrumpų femtosekundinių (<400fs) impulsų ultravioletinio diapazono lazerinė abliacija izoliaciniams grioveliams formuoti vykdoma judinant sudėtinį elementą lazerinio pluošto atžvilgiu pasirinktu greičiu.
7. Sudėtinio elemento gamybos būdas pagal 5 ir 6 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ultratrumpų femtosekundinių impulsų (<400fs) ultravioletinio diapazono lazerinė abliacija vykdoma naudojant daugiau nei vieną lazerinį pluoštą vienu metu.

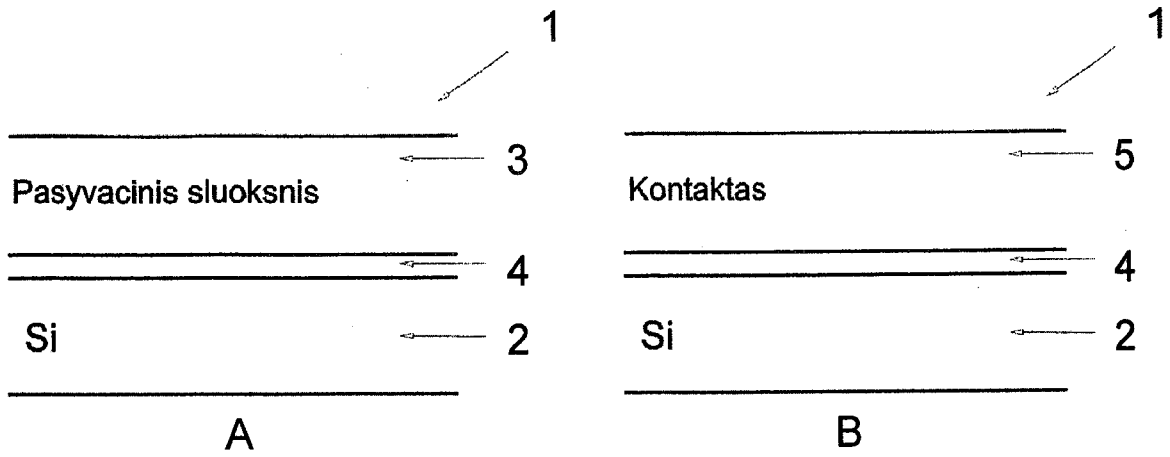


Fig. 1

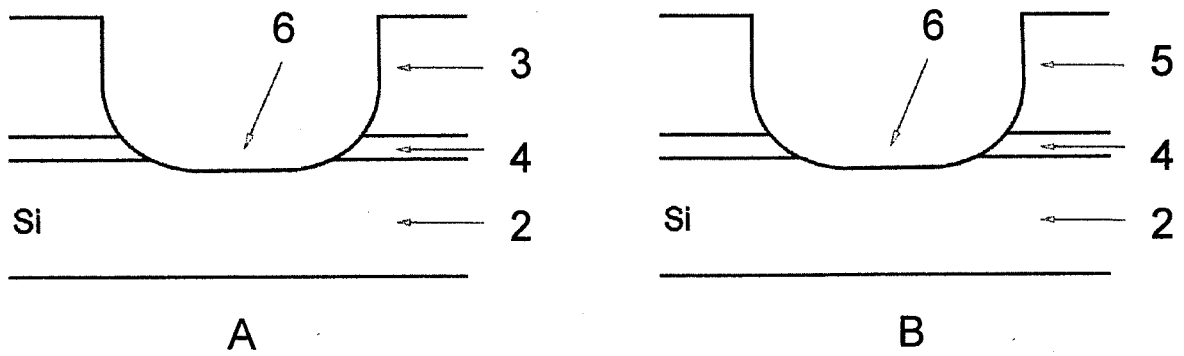


Fig. 2