

(19)



(10) **LT 2011 057 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2011 057**

(51) Int. Cl. (2011.01): **G01N 27/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2011 06 16**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2012 12 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: —

(71) Pareiškėjas:

UAB „Precizika - MET SC“, Žirmūnų g. 139, LT-09120 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

**Julius JANUŠONIS, LT
Valdemaras JUZUMAS, LT
Vida JANUŠONIENĖ, LT
Lina JARAMINĖ, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Reda ŽABOLIENĖ, Advokatės Redos Žabolienės kontora METIDA, Verslo centras VERTAS, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Būdas nuimti Si_xN_y ploną sluoksnį nuo Si paviršiaus nepažeidžiant p/n legiruoto S_i sluoksnio

(57) Referatas:

Šio išradimo tikslas - paruošti puslaidininkio padėklą, padengti jį atitinkamu pasyvaciniu sluoksniu bei suformuoti minėtame pasyvaciniame sluoksnyje nustatytoje vietoje užduotos formos ir dydžio langelius, siekiant atverti puslaidininkio paviršių technologiniam apdirbimui, ypač selektyviam cheminiam metalo nusodinimui. Tokiu būdu paruoštą sudėtinį elementą galima naudoti įvairių puslaidininkinių prietaisų gamyboje, ypač saulės elementų gamyboje. Šis langelių formavimo būdas minėtame sudėtiniame elemente pasižymi tuo, kad apima sluoksnio lazerinę abliaciją ultratrumpais femtosekundiniais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais bei cheminį ėsdinimą. Šio būdo panaudojimas leidžia formuoti minėtus langelius virš puslaidininkio padėklo ant plonų legiruotų sluoksnių, plonų heterosandūrų ir kitokių plonų puslaidininkinių sluoksnių, išlaikant šių sluoksnių integralumą. 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 gamybinuose procesuose.

BŪDAS NUIMTI Si_xN_y PLONĄ SLUOKSNĮ NUO Si PAVIRŠIAUS NEPAŽEIDŽIANT p/n LEGIRUOTO Si SLUOKSNIO

TECHNIKOS SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su puslaidininkiniais prietaisais, ypač su saulės elementų gamyba. Taip pat šis išradimas susijęs su lazerine abliacija, su cheminiu ėsdinimu ir šių technologijų taikymu ruošiant charakteringus sudėtinius elementus, naudojamus saulės elementų konstravimo bei gamybos procesuose, taip pat kitose srityse, kuriose gali būti panaudojami ploni legiruoti sluoksniai, plonos heterosandūros ir kitokie ploni puslaidininkiniai sluoksniai išlaikant šių sluoksnių integralumą. Šis išradimas ypač susijęs su langelių plonuose dielektriniuose sluoksniuose, dengtuose ant puslaidininkinio pagrindo, formavimo metodika (būdu).

TECHNIKOS LYGIS

Puslaidininkiniais prietaisais yra vadinami prietaisai, kuriuose yra naudojami puslaidininkiniai elementai ir kurių veikimas pagrįstas puslaidininkių savybėmis. Puslaidininkiai yra medžiagos, kurių elektrinis laidumas yra tarp metalų ir dielektrikų. Šildant ir / arba apšviečiant puslaidininkį elektromagnetine spinduliuote, jame atsiranda laisvųjų krūvininkų (elektronų ir skylių), kurie ir dalyvauja krūvio pernašos procesuose puslaidininkyje. Priklausomai nuo taikymo specifikos ir nuo taikymo sąlygų, pasaulyje nuolat kuriami vis nauji aukščiau minėti sudėtiniai elementai, kurie pasižymi naujomis ir skirtingomis (besiskiriančiomis) savybėmis. Iš vienos pusės, kadangi puslaidininkinių prietaisų srityje pasaulis juda elementų miniatiūrizacijos link, atsiranda vis sudėtingesni tokių elementų gamybos būdai. Iš kitos pusės, vis dažniau puslaidininkiniai elementai yra integruojami kartu su kitais elementais arba dengiami įvairiomis savybėmis pasižyminčiomis medžiagomis (sluoksniais). Tokiu būdu formuojami sudėtiniai elementai arba taip vadinami „sumuštiniai“.

Žinomas amerikiečių patentas Nr. **US5756236**, publikuotas 1998 m. gegužės 26 d. Šiame patente yra aprašytas aukštos skiriamosios gebos

abliacijos šablono (ablation mask) gamybos būdas. Vėliau minėtas šablonas gali būti pritaikytas minėto sudėtinio elemento struktūrai formuoti. Sudėtinio elemento apdorojimo metu naudojama $200-500 \text{ mJ/cm}^2$ energijos lazerinė spinduliuotė, kuri ir formuoja minėto sudėtinio elemento struktūrą. Taip pat šiame patente aprašyto šablono panaudojimo būdas apima sauso ėsdinimo bei cheminio ėsdinimo būdų taikymą. Tačiau šiame patente minėto sudėtinio elemento („sumuštinio“) sudedamosios dalys yra kitos (jas sudaro: šviesai atsparus sluoksnis, aliuminio sluoksnis ir šviesai pralaidus substratas) ir pagal medžiagas, ir pagal medžiagų savybes. Be to, šiame patente naudojamo lazerio parametrai nėra pritaikyti ypač ploniems sluoksniams apdoroti / formuoti.

Taip pat žinomas Europos patentas Nr. **EP0497180**, publikuotas 1992 m. rugpjūčio 5 d. Šiame patente aprašytas būdas, kurio metu, taikant lazerinę spinduliuotę, yra atliekamas metalo ir polimerinių struktūrų (sluoksnių) sujungimas bei šių struktūrų sulyginimas. Šiame patente yra naudojama lazerinė abliacija, tačiau naudojamos medžiagos ir taikymas yra skirtingi.

Dar žinomas amerikiečių patentas Nr. **US6346748**, publikuotas 2002 m. vasario 12 d. Šiame patente yra aprašytas sudėtinio sluoksnio („sumuštinio“) gamybos būdas, apimantis šias pakopas: pjovimo taškų pažymėjimą; visų galimų taškų ėsdinimą dielektriniame sluoksnyje; bei papildomų pjovimo taškų pažymėjimą taikant lazerinę spinduliuotę arba šablona. Tačiau šis patentas aprašo tik sluoksnių, pritaikytų elektroninės schemoms gaminti, gamybos būdą ir nesusietas su saulės elementais. Be to, jame nėra taikoma lazerinė abliacija.

Žinomas japonų patentas Nr. **JP2006257501**, publikuotas 2006 m. rugsėjo 28 d. Šiame patente aprašytas plonų dielektrinių sluoksnių gamybos būdas, kai šie sluoksniai nėra nei šlifuojami, nei poliruojami. Taip pat šiame patente aprašytas būdas apima kelių tokių plonų dielektrinių sluoksnių sujungimą cheminiu būdu, naudojant lazerinę abliaciją arba naudojant hidroterminį sintezės procesą. Ir nors šiame patente jau yra nagrinėjama sudėtinių plonų dielektrinių sluoksnių gamyba bei jų sujungimas, tačiau šis patentas visai neapima langelių formavimo būdo dielektriniuose sluoksniuose.

Artimiausias pagal technikos lygį yra Europos patentas Nr. **EP0611121**, publikuotas 1994 m. rugpjūčio 17 d. Šiame patente aprašytas langelio formavimo būdas dielektriniame sluoksnyje, kur minėtas būdas apima šias pakopas: pirmojo

dielektrinio sluoksnio (kuriam nėra taikoma lazerinė abliacija) paruošimą; antrojo dielektrinio sluoksnio (kuriam gali būti taikoma lazerinė abliacija) paruošimą; kietojo šablono, esančio virš antrojo dielektrinio sluoksnio, taikymą; langelio formavimą naudojant kietąjį šabloną (hard mask); langelio formavimą antrajame dielektriniame sluoksnyje; langelio formavimą pirmajame dielektriniame sluoksnyje; kietojo šablono nuėmimą / pašalinimą. Šis būdas apima lazerinės abliacijos panaudojimą, tačiau šio „sumuštinio“ sudedamosios dalys yra skirtingos. Taip pat nėra naudojama cheminio ėsdinimo metodika. Be to, minėtame patente langelis yra formuojamas naudojant šabloną, o šablono panaudojimas, palyginus su būdais, kuriuose šablonai nenaudojami, yra iš esmės skirtingas procesas ne tik gamybos proceso prasme, bet ir proceso pralaidumo (masinės gamybos galimybės) prasme. Dar vienas skirtumas yra tas, kad šiame patente negali būti operuojama su labai plonais sluoksniais (pvz., su plonais sluoksniais, kurių storis yra tik ~100 nm). Tokiu būdu šiame patente aprašytas taikymas nėra pritaikytas sudėtinių elementų, skirtų saulės baterijoms pagaminti, gamybai.

Didinant saulės elementų efektyvumą, turi būti pašalinti jo efektyvumą ribojantys faktoriai. Vienas iš pagrindinių saulės elemento efektyvumą ribojančių faktorių yra susijęs su saulės elemento apšviečiamo (priekinio) kontakto formavimu. Apšviečiamo paviršiaus metalizacija turi sudaryti omini kontaktą su po ja esančia puslaidininkine medžiaga, pasižymėti maža metalo-puslaidininkio kontaktine varža ir atspindėti kuo mažesnę į paviršių krentančios spinduliuotės dalį. Kuo plonesnis mažai legiruotas sluoksnis, ant kurio yra suformuotas ominis kontaktas, tuo didesnis saulės elemento efektyvumas. Patentinėje ir mokslinėje literatūroje yra užpatentuota / aprašyta labai daug įvairių sudėtinių elementų („sumuštinų“), kuriems sukurti / suformuoti / pagaminti yra taikomos įvairios metodikos. Taip pat yra aibė sričių, kuriose šie sudėtiniai elementai gali būti panaudoti. Šalia aukščiau minėtų patentų dar reikia paminėti ir trumpai aprašyti pagrindinius iki šiol taikytus bei publikuotus būdus.

Dabartinėje saulės elementų gamyboje apšviečiami saulės elemento kontaktai dažniausiai formuojami šilkografijos būdu. Puslaidininkinis pagrindas (padėklas / medžiaga / sluoksnis) dengiamas pasyvuojančia danga (pvz., silicio dioksidu, silicio nitridu, amorfiniu siliciu

arba jų kombinacija). Vėliau, naudojant šablona (mask), jis dengiamas metaloorganine pasta, turinčia savo sudėtyje aliuminio ir / arba sidabro. Naudojant minėtą šablona, piešinio formavimo metu pasta mechaniškai įspaudžiama. Jeigu puslaidininkinė plokštelė pakankamai plona, šis mechaninis įspaudimas gali ją pažeisti. Po minėto piešinio suformavimo bandinys yra kaitinamas aukštoje temperatūroje ($\sim 800^{\circ}\text{C}$) inertinių dujų aplinkoje. Kaitinimo metu pastoje esantys papildai išsėdina dielektrinį sluoksnį ir suformuoja ominių kontaktų su apačioje esančiu puslaidininkiu. Tačiau ši metodika turi kelis trūkumus. Vienas iš jų yra tas, kad minėta pasta lemia prastą omino kontakto kokybę, todėl ominis kontaktas susiformuoja tik esant aukštai legiravimo koncentracijai. Kitas trūkumas (apribojimas) – dėl šildinimo netikslumų aukštos temperatūros aplinkoje proceso metu kontaktai gali būti formuojami tik ant pakankamai storų legiruotų puslaidininkių sluoksnių. Šilkografiniu būdu suformuoti kontaktai pasižymi didele metalo-puslaidininkio kontaktine varža ir didele specifine takelio varža. Papildomas šio būdo trūkumas yra tas, kad kontaktinio takelio plotis yra ne mažesnis negu $\sim 80\text{-}100\mu\text{m}$, o toks plotis nėra optimalus šviesos atspindžio ir ominės varžos balanso požiūriu bei mažina elemento efektyvumą. Mechaninės jėgos panaudojimas pastos užnešimo ant paviršiaus metu gali suskaldyti plokštelę, todėl šios metodikos negalima taikyti dirbant su labai plonais puslaidininkiniais padėklais. Siekiant išvengti problemų, kurios atsiranda taikant šilkografijos būdą, buvo sukurti bei išvystyti kiti metalizacijos būdai. Didelė šių būdų grupė remiasi dvisluoksniu metalizacijos procesu. Pirmiausia, ant puslaidininkio paviršiaus dengiamas metalo pasluoksnis ir formuojamas metalo silicidas, tada jis yra elektrochemiškai arba fotochemiškai storinamas dengiant kitą metalą. Norint pritaikyti šį būdą, pasyvacinėse dangose turi būti suformuoti langeliai.

Kitas būdas - lazerinė abliacija nanosekundiniais impulsais, tačiau dėl sąlyginai ilgos impulso trukmės išsilydo (termiškai pažeidžiamas) puslaidininkio paviršius. Abliacija – reiškinys, kai objekto paviršius praranda medžiagą (dėl erozijos, garavimo, lydymosi, tirpimo, dilimo ir panašiai). Jeigu po pirmine (paviršine) danga yra plonas sluoksnis, o

lazerinės spinduliuotės energija pirminėje dangoje sugerama silpnai, tai gali sukelti paviršiaus pažeidimus, suardančius plono sluoksnio integralumą arba pabloginančius jo elektrines charakteristikas, pvz.: paviršiaus kristalinės gardelės suardymą, amorfinio sluoksnio susidarymą bei dalinio puslaidininkio sluoksnio praradimą / pašalinimą / netekimą.

Taip pat dar žinomas lazerinės abliacijos būdas, įvedant spindulį į aukšto slėgio skysčio čiurkšlę, kur skystis gali turėti išsikių arba būti papildomo legiravimo šaltiniu, tačiau šis būdas yra nepatogus dėl aparatūros sudėtingumo.

Šalia kontaktų formavimo būdų, sprendžiant langelio atvėrimo klausimą, buvo / yra taikomas fotolitografijos būdas. Fotolitografija pagrįsta medžiagų savybe keisti atsparumą tirpikliams, paveikus šviesa. Fotolitografijos procese puslaidininkio plokštelė po oksidavimo padengiama fotojautriu sluoksniu, ant jo uždedamas fotošablonas (stiklo plokštelė iš apačios padengta metalo sluoksniu, kuriame reikiamose vietose išėsdinami langeliai). Taip paruošta plokštelė iš viršaus apšviečiama ultravioletiniais spinduliais (eksponuojama). Apšviestas fotojautrus sluoksnis (fotorezistas) tampa atsparus išdinantiems tirpikliams, o neapšviestas yra pašalinamas ryškinimo metu (arba atvirkščiai), ir tose vietose matyti dioksido plėvelė. Po to plėvelė veikiama tirpikliu, išdinančiu SiO_2 , bet neveikiančiu apšviesto fotorezisto. Nepadengtose fotorezistu vietose oksido plėvelė išėsdinama, ir okside formuojami langeliai. Kitu tirpikliu pašalinamas fotorezistas, ir plokštelės paviršiuje lieka silicio oksido plėvelė, labai tiksliai atkartojanti fotošablono piešinį. Fotolitografijos būdu galima gauti piešinį, sudarytą iš 2 μm dydžio elementų. Norint sumažinti elementų matmenis ir padidinti montažo tankį, taikoma elektronolitografija, kurioje vietoj šviesos leidžiamas elektronų srautas. Tačiau tai yra brangus ir daug laiko užimantis būdas, kuris netinka masinei gamybai.

Apžvelgiant analogus ir šiuo metu taikomas technologijas bei formuojant uždavinius naujiems sprendimams sukurti, yra būtina, kad pasyvacinių dangų / sluoksnių (dielektrinių, apsauginių ir panašiai) lokalinis pašalinimas, skirtingai nuo aukščiau išvardintų būdų, būtų atliekamas esant tiesioginei sugerčiai sluoksnyje,

be pastebimo puslaidininkinio paviršiaus pažeidimo ir šilumos paveiktos zonos, taip pat be skysčio srovės naudojimo ir be mechaninio kontakto.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo tikslas – paruošti puslaidininkio medžiagą (pvz., Si), padengti ją atitinkamu pasyvaciniu sluoksniu arba sluoksniais (pvz., SiO_2 ir Si_xN_y) bei suformuoti nustatytose vietose užduotos formos langelius, siekiant atverti puslaidininkio paviršių technologiniam apdirbimui, ypač selektyviam cheminiam metalo nusodinimui. Vėliau tokį sudėtinį elementą galima naudoti įvairių puslaidininkinių prietaisų gamyboje, ypač saulės baterijų (elementų) gamyboje.

Šio išradimo esmė yra būdas, taikomas puslaidininkinių prietaisų, ypač saulės elementų (baterijų) gamyboje, kuris:

leidžia formuoti langelius minėto sudėtinio elemento pasyvaciniuose sluoksniuose virš puslaidininkio padėklo (medžiagos / sluoksnio);
 leidžia formuoti minėtus langelius ant plonų legiruotų sluoksnių, plonų heterosandūrų ir kitokių plonų puslaidininkinių sluoksnių išlaikant šių sluoksnių integralumą;
 skirtas izoliaciniams pasyvaciniams sluoksniams pašalinti nekontaktiniu būdu nuo puslaidininkio paviršiaus formuojant nustatytose vietose norimos formos ir dydžio langelius, t.y. skirtas langeliams suformuoti plonuose dielektriniuose sluoksniuose, dengtuose ant puslaidininkinio pagrindo.

Lazerinė abliacija yra taikoma dangai, pasižyminčiai stipria sugertimi atitinkamame sluoksnyje tam tikrame bangų diapazone (pvz., UV srityje). Kadangi femtosekundinės (fs) trukmės impulsų lazerinė abliacija išsaugo puslaidininkio paviršių, tokia lazerinė (fs) abliacija gali būti taikoma įvairiose puslaidininkinės gamybos technologinėse grandyse / sekose / etapuose, pvz., kontaktams formuoti ant plonų p-n sandūrų arba heterosandūrų arba ant plonų puslaidininkio sluoksnių. Cheminio ėsdinimo paskirtis – visiškai pašalinti medžiagų likučių sluoksnius po lazerinės abliacijos taikymo; cheminio ėsdinimo

metu taip pat gali būti išėsdinami (pašalinami) ne tik sluoksnio likučiai, bet ir abliacijos nepaliesiti (arba dalinai paliesiti) sluoksniai.

Esminiai šio išradimo išskirtiniai bruožai yra šie:

šis langelių formavimo būdas minėtame sudėtiname elemente pasižymi tuo, kad apima sluoksnio lazerinę abliaciją ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais bei cheminį ėsdinimą;

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

nepažeidžia puslaidininkio paviršiaus nei mechaniškai, nei termiškai;

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.

Fig. 3 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma abliacija su apsauginiu sluoksniu.

Fig. 4 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma dalinė abliacija esant vienam sluoksniui.

Fig. 5 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma daugelio sluoksnių abliacija, kai viršutinis sluoksnis išabliuojamas dalinai.

Fig. 6 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma daugelio sluoksnių abliacija, kai viršutinis sluoksnis išabliuojamas pilnai.

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 saulės elemento apšviečiamo (priekinio) kontakto formavimu. Apšviečiamo paviršiaus metalizacija turi sudaryti omini kontaktą su po ja esančia puslaidininkine medžiaga, pasižymėti maža metalo-puslaidininkio kontaktine varža ir atspindėti kuo mažesnę į paviršių krentančios spinduliuotės dalį. Kuo plonesnis mažai legiruotas sluoksnis, ant kurio yra suformuotas ominis kontaktas, tuo didesnis saulės elemento efektyvumas. Be to, būtų pageidautina, kad dielektrinių sluoksnių lokalinis pašalinimas būtų atliekamas esant tiesioginei sugerčiai sluoksnyje, be pastebimo paviršiaus terminio pažeidimo, be skysčio srovės naudojimo ir be mechaninio kontakto.

Šis išradimas aprašo nekontaktinį būdą, skirtą izoliaciniams pasyvaciniams sluoksniams pašalinti nuo puslaidininkio paviršiaus formuojant nustatytose vietose norimos formos ir dydžio langelius, kurie vėliau gali būti naudojami tolimesniuose technologiniuose procesuose, tokiuose kaip kontaktų suformavimas savaime susitapdinančios metalizacijos būdu, difuzija arba puslaidininkinių kontaktų suformavimas ir t.t.

Šio išradimo būdą sudaro sluoksnio abliacija ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais bei (po lazerinės abliacijos) – cheminis likusių paviršinių sluoksnių išėsdinimas / pašalinimas. Bent viena iš dangų, sudarančių pasyvacinę dangą virš puslaidininkio, turi pasižymėti stipria sugertimi ties naudojamu lazerio bangos ilgiu (pvz., UV srityje). Siekiant išvengti puslaidininkio paviršiaus pažeidimų, paprastai tarp puslaidininkio pagrindo ir abliuojamo sluoksnio naudojami tarpiniai sluoksniai.

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) („sumuštinis“) susideda iš dielektrinio sluoksnio (2) (pvz., Si_xN_y), apsauginio sluoksnio (3) (pvz., SiO_2) ir puslaidininkio sluoksnio (4) (pvz., Si). Pusalaidininkio sluoksnyje (4) arba ant jo dar gali būti suformuotas plonas puslaidininkinis sluoksnis (5), besiskiriantis nuo puslaidininkio sluoksnio (4) savo savybėmis. Minėtas plonas puslaidininkinis sluoksnis (5) gali būti labai plonas, minimalus jo storis apytikriai $\sim 100\text{nm}$. Pusalaidininkio sluoksnis (4) (arba (5), jei jis yra suformuotas), yra dengiamas apsauginiu sluoksniu (3) naudojant bet kurį žinomą dengimo būdą. O minėtas apsauginis sluoksnis (3) yra dengiamas silicio nitrido (Si_xN_y) dielektriniu sluoksniu (2). Minėto dielektrinio sluoksnio (2) stochiometrija parenkama taip, kad jo draustinės juostos tarpas būtų mažesnis už UV lazerio spinduliuotės fotonų energiją, kas garantuotų stiprią šviesos sugertį šiame dielektriniame sluoksnyje (2). Minėti dielektrinis (2) ir apsauginis (3) sluoksniai sudaro taip vadinamą pasyvacinę dangą, dengiamą ant puslaidininkio (4) padėklo paviršiaus.

Minėto dielektrinio sluoksnio (2) storis yra apytikriai 40-150 nm. Tai yra dielektrinis plonas chemiškai atsparus sluoksnis, turintis stiprią sugertį 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. Kadangi minėtas dielektrinis sluoksnis (2) yra labai plonas ($\sim 40\text{-}150\text{ nm}$), todėl, siekiant nepažeisti po šiuo dielektriniu sluoksniu (2) esančių kitų sluoksnių, lazerinės spinduliuotės impulso parametrai turi būti labai lokalizuoti (erdvės prasme ir impulso trukmės laike prasme). Tam tikslui realizuoti labiausiai tinka femtosekundiniai (fs) aukštadažniai lazeriai.

Siekiant išvengti puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) paviršiaus pažeidimų, tarp puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) pagrindo ir abliuojamo dielektrinio sluoksnio (2)

yra įterpiamas vienas arba keli apsauginiai sluoksniai (3). Minėtas apsauginis sluoksnis (3) turi labai silpną sugertį šviesai, tačiau gali būti lengvai išėsdinamas taikant cheminio ėsdinimo procedūrą. Šis apsauginis sluoksnis (3) paprastai yra labai plonas (~3-40 nm). Dar gali būti toks variantas, kai tokiam sudėtiniam elementui (1) apsauginio sluoksnio (3) išvis nėra, tačiau tada, siekiant nepažeisti puslaidininkio sluoksnio (4)/(5), dielektrinis sluoksnis abliuojamas ne iki galo, t.y. abliacijos vietoje lieka tam tikro storio sluoksnio dalis iki puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) paviršiaus, kuri vėliau yra išėsdinama cheminiu būdu. Tokiu būdu abliacijos paveiktoje zonoje likę medžiagų sluoksnių likučiai yra pilnai pašalinami ir susiformuoja langelis (6), siekiant atverti puslaidininkio paviršių technologiniam apdirbimui, ypač selektyviam cheminiam metalo nusodinimui. Minėto puslaidininkio sluoksnio (4) storis yra 200-300 μm , tačiau, priklausomai nuo poreikio, gali būti ir kitoks. Šis sluoksnis (ir jo paviršius) neturi būti deformuotas, t.y. pažeistas nei mechaniškai, nei termiškai. Teoriškai idealiu atveju, taikant šį išradimą, siekiama visiškai nepažeisti puslaidininkio sluoksnio (4) arba jei jis yra, sluoksnio (5) paviršiaus, tačiau realybėje ši siekiamybė yra sunkiai realizuojama. Todėl laikoma, kad puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) pažeidimai neturi atsirasti giliau negu apytikriai 20-50 nm minėtų puslaidininkio sluoksnių (4)/(5) gylyje.

Fig. 3 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma abliacija su apsauginiu sluoksniu ((A) - sudėtinis elementas, (B) - abliacijos rezultatas, kai yra pilnai išabliuotas Si_xN_y sluoksnis, (C) - po cheminio ėsdinimo atvertas langelis; kur 1 – sudėtinis elementas, 2 – pasyvacinė danga (Si_xN_y), 3 – apsauginis sluoksnis, 4 – puslaidininkinis sluoksnis (pvz., Si), 5 – plonas sluoksnis (gali būti suformuotas sluoksnyje (4) ir besiskiriantis nuo sluoksnio (4) savo savybėmis, arba papildomas puslaidininkinis sluoksnis), 6 – atvertas langelis). Siekiant išsaugoti šį puslaidininkio sluoksnį (4)/(5) ir suformuoti minėtą sudėtinį elementą (1), šiame išradime pateikiamas būdas, apimantis šias pakopas (fig. 3):

- 1) (fig. 3 (A)) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš dielektrinio sluoksnio (2), apsauginio sluoksnio (3) ir puslaidininkinio sluoksnio (4)/(5), paruošimą (suformavimą);
- 2) (fig. 3 (B)) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio dielektrinio sluoksnio (2) visišką išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais;

- 3) (fig. 3 (C)) tame pačiame užduotame plote dielektrinio sluoksnio (2) likučių bei apsauginio sluoksnio (3) išėdinimą taikant cheminio ėdinimo būdą (pvz., naudojant fluoro rūgšties vandeninį tirpalą) ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus.

Fig. 4 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma dalinė abliacija esant vienam sluoksniui ((A) - sudėtinis elementas, (B) - abliacijos rezultatas, kai yra nepilnai išabliuotas Si_xN_y sluoksnis, (C) - po cheminio ėdinimo atvertas langelis; kur 1 – sudėtinis elementas, 2 – pasyvacinė danga (Si_xN_y), 4 – puslaidininkinis sluoksnis (pvz., Si), 5 – plonas sluoksnis (gali būti suformuotas sluoksnyje (4) ir besiskiriantis nuo (4) savo savybėmis, arba papildomas puslaidininkinis sluoksnis), 6 – atvertas langelis). Jeigu apsauginio sluoksnio nėra, o yra tik vienas sluoksnis, kuris pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, tada būdas apima šias pakopas (fig. 4):

- 1) (fig. 4 (A)) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš dielektrinio sluoksnio (2) ir puslaidininkinio sluoksnio (4)/puslaidininkinių sluoksnių (4) ir (5), paruošimą (suformavimą);
- 2) (fig. 4 (B)) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio dielektrinio sluoksnio (2) dalinį išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą (dalinę abliaciją) ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais, paliekant tam tikrą kiekį dielektrinio sluoksnio (2) medžiagos;
- 3) (fig. 4 (C)) tame pačiame užduotame plote dielektrinio sluoksnio (2) likučių išėdinimą taikant cheminio ėdinimo būdą (pvz., naudojant fluoro rūgšties vandeninį tirpalą) ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus.

Fig. 5 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma daugelio sluoksnių abliacija, kai viršutinis sluoksnis išabliuojamas dalinai ((A) - sudėtinis elementas, (B) - abliacijos rezultatas, kai yra nepilnai išabliuotas viršutinis sluoksnis (2), (C) - po cheminio ėdinimo atvertas langelis; kur 1 – sudėtinis elementas, 2 – pirmas sluoksnis, 3 – antras sluoksnis, 4 –

puslaidininkinis sluoksnis (pvz., Si), 5 – plonas sluoksnis (gali būti suformuotas sluoksnyje (4) ir besiskiriantis nuo (4) savo savybėmis, arba papildomas puslaidininkinis sluoksnis), 6 – atvertas langelis, S1 – pirmasis sluoksnis, S2 – antrasis sluoksnis). Fig. 6 yra pavaizduoti sudėtinio elemento apdorojimo etapai, kai taikoma daugelio sluoksnių abliacija, kai viršutinis sluoksnis išabliuojamas pilnai ((A) - sudėtinis elementas, (B) - abliacijos rezultatas, kai yra pilnai išabliuotas viršutinis (2) sluoksnis ir dalinai arba neišabliuotas (3) sluoksnis, c) po cheminio ėsdinimo atvertas langelis; kur 1 – sudėtinis elementas, 2 – pirmas sluoksnis, 3 – antras sluoksnis, 4 – puslaidininkinis sluoksnis (pvz., Si), 5 – plonas sluoksnis (gali būti difuziškai suformuotas arba kitos medžiagos sluoksnis), 6 – atvertas langelis, S1 – pirmasis sluoksnis, S2 – antrasis sluoksnis). Jeigu pasyvacinė danga susideda iš kelių, dviejų arba daugiau, sluoksnių, vienas iš kurių (arba keli) pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, tada būdas apima šias pakopas (fig. 5 ir fig. 6):

- a) (fig. 5 (A), fig. 6 (A)) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš kelių, dviejų ir daugiau negu dviejų, sluoksnių bei puslaidininkinio sluoksnio (4)/puslaidininkinių sluoksnių (4) ir (5), paruošimą (suformavimą);
- b) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio sluoksnio (arba sluoksnių), pasižyminčio stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, dalinį (fig. 5 (B)) arba visišką (fig. 6 (B)) išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą (dalinę abliaciją) ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais, paliekant arba nepaliekant tam tikrą kiekį abliuojamo sluoksnio medžiagos;
- c) (fig. 5 (C), fig. 6 (C)) tame pačiame užduotame plote minėtame sluoksnyje, kuris pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, likučių išėsdinimą taikant cheminio ėsdinimo būdą ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkinio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus (jeigu abliuojamas sluoksnis nėra paviršinis, jis pašalinamas savaime dėl plazmos efekto, kai uždaryjame nepaviršiniame abliuojamame sluoksnyje įvyksta stiprus temperatūros pakilimas bei slėgio padidėjimas).

Naudojamo lazerio parametrai (bangos ilgis, impulso trukmė, fokusuojamos dėmės plotas, lazerio dažnis, spinduliuotės profilis ir panašiai) bei režimai (impulsinis, nuolatinis) priklauso nuo abliuojamo sluoksnio parametrų, nuo abliuojamų sluoksnių kiekio, nuo abliuojamų sluoksnių savybių (storio, pralaidumo, sugerties koeficientų ir panašiai).

Minėtas cheminis ėsdinimas yra selektyvus, nes viršuje esantis dielektrinis sluoksnis (2) paprastai yra storesnis ir jo ėsdinimo greitis yra daug mažesnis negu ėsdinant minėtą apsauginį sluoksnį (3). Jeigu, taikant lazerinės abliacijos procedūrą, dielektrinis sluoksnis (2) išabliuojamas dalinai, selektyvumą užtikrina dielektrinio sluoksnio (2) dangos storių skirtumas abliuotose ir neabliuotose vietose. Tokiu būdu abliuotose vietose suformuojami kontaktiniai langeliai ir nepažeidžiamas puslaidininkio paviršius, nes į jį patenkantis energijos srautas yra žemiau silicio abliacijos slenksčio, o ultratrumpa (fs) impulso trukmė riboja šilumos difuziją per tarpinį apsauginį sluoksnį (3). Dalinės abliacijos atveju šilumos difuziją riboja ne tik apsauginis sluoksnis (3), bet ir abliuojamo dielektrinio sluoksnio (2) likutinis sluoksnis.

Pateiktas būdas leidžia išvengti puslaidininkinio sluoksnio (4) (padėklo), nuo kurio pašalinami pasyvaciniai sluoksniai (pvz., dielektriniai sluoksniai), pažeidimų. Pažeidimas šiame kontekste turi būti suprantamas kaip paviršinio puslaidininkinio sluoksnio (4)/(5) amorfizacija arba paviršinio medžiagos sluoksnio (dalinis) pašalinimas. Kadangi fs trukmės impulsų lazerinė abliacija išsaugo puslaidininkio paviršių, todėl tokia lazerinė (fs) abliacija gali būti taikoma įvairiuose puslaidininkinės gamybos technologinėse grandyse / sekose / etapuose, pvz., kontaktams formuoti ant plonų p-n sandūrų arba heterosandūrų, arba ant plonų puslaidininkio sluoksnių.

Šio išradimo būdas taip pat gali būti sėkmingai pritaikytas specifinių kontaktų formavimo ant puslaidininkinio (pvz., Si) padėklo atveju, nes amorfinio sluoksnio nebuvimas leidžia suformuoti geriau kontroliuojamą metalo silicido fazę (pvz., TiSi_2 , CoSi_2 arba NiSi), kas pagerina metalo-puslaidininkio kontakto savybes.

Silicio (Si) saulės elementų gamyboje silicio puslaidininkinės plokštelės (sluoksniai) (4) 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. Palyginus su kitais, technikos lygiu žinomais būdais, šio išradimo būdas pasižymi tuo, kad nepažeidžia paviršiaus ant tekstūruoto paviršiaus.

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. Puslaidininkio (4)/(5) paviršius yra dengiamas tik vienu sluoksniu (danga). Šiam sluoksniui pašalinti naudojamas lazerio ultratrumpas (fs) impulsas arba tų impulsų seka. Lazerio spinduliuotės bangos ilgis parenkamas taip, kad spinduliuotė būtų sugerama minėtoje dangoje arba būtų sugerama pakankama spinduliuotės dalis, kad praėjęs iki puslaidininkio paviršiaus srauto intensyvumas būtų mažesnis negu puslaidininkio (4)/(5) abliacijos slenkstis. Čia galimi du variantai. Pirmas variantas - dielektrinis sluoksnis abliuojamas pilnai ir tokiu būdu pilnai susiformuoja langelis į puslaidininkio paviršių. Antras variantas - dielektrinis sluoksnis abliuojamas dalinai ir langelis pilnai susiformuoja tik po cheminio ėsdinimo atitinkamai parenkant selektyvius ėsdiklius; šiame kontekste ėsdiklių selektyvumas pasireiškia tuo, kad ėsdiklis ėsdina minėtą dangą, tačiau neėsdina puslaidininkio arba ėsdina jį gerokai lėčiau (pvz., šiam tikslui gali būti naudojamas HF pagrindu pagamintas ėsdiklis).
- b. Puslaidininkio (4)/(5) paviršius dengiamas dviem dielektriniais sluoksniais. Jeigu dangos vienodos, tada laikoma, kad turime aukščiau aprašytą įgyvendinimo variantą (a). Jeigu dangos skirtingos, tada, naudojant lazerinės spinduliuotės ultratrumpą (fs) impulsą ar jų seką,

šie du sluoksniai yra abliuojami. Lazerio spinduliuotės bangos ilgis pasirenkamas taip, kad spinduliuotė būtų tiesiogiai sugerama abiejose dangose arba vienoje dangoje būtų sugerama pakankama spinduliuotės dalis, kad praėjęs iki puslaidininkio paviršiaus srauto intensyvumas būtų mažesnis nei puslaidininkio abliacijos slenkstis. Čia galimi keli variantai. Pirmas variantas – dielektriniai sluoksniai abliuojami pilnai ir tokiu būdu pilnai susiformuoja langelis į puslaidininkio paviršių. Antras variantas – viršutinis sluoksnis abliuojamas pilnai, o apatinis neabliuojamas arba išabliuojamas dalinai; šis minėtas apatinis sluoksnis yra išėsdinamas cheminiu būdu, kaip tai yra aprašyta įgyvendinimo variante (a). Trečias variantas – viršutinis dielektrinis sluoksnis išabliuojamas dalinai, po to seka cheminis ėsdinimas, aprašytas įgyvendinimo variante (a), kuris taikomas tol, kol nebus suformuotas langelis į puslaidininkio paviršių.

- c. Puslaidininkio (4)/(5) paviršius dengiamas dviem skirtingais dangų sluoksniais. Ultratrumpas (f_s) impulsas arba jų seka panaudojama vienam (pvz., viršutiniam) sluoksniui abliuoti. Lazerio spinduliuotės bangos ilgis pasirenkamas taip, kad spinduliuotė būtų tiesiogiai sugerama vienoje iš dangų, tuo tarpu kai kita danga yra spinduliuotei skaidri (taikant lazerinę abliaciją, minėto skaidraus sluoksnio savybės nesikeičia). Čia galimi tokie variantai. Pirmas variantas – viršutinis sluoksnis yra sugeriantis, jis abliuojamas pilnai arba dalinai. Po to seka cheminis ėsdinimas, aprašytas įgyvendinimo variante (a) tol, kol pilnai nesiformuoja langelis į puslaidininkio paviršių. Šiuo atveju puslaidininkio sluoksnis (4) gali būti Si, apsauginis sluoksnis – SiO_2 , o dielektrinis sluoksnis – Si_xN_y . Tada gali būti panaudojamas HF pagrindu pagamintas ėsdiklis. Antras variantas – apatinis sluoksnis yra sugeriantis lazerinę spinduliuotę. Šis apatinis sluoksnis abliuojamas pilnai arba dalinai. Abliacijos metu viršutinis sluoksnis yra pašalinamas savaime dėl susidarančio plazmos slėgio. Jei apatinė sluoksnio abliacija yra dalinė, po abliacijos seka cheminis ėsdinimas, aprašytas įgyvendinimo variante (a). Ėsdinimo procedūra vyksta tol, kol pilnai nesiformuoja langelis į puslaidininkio paviršių.

- d. Puslaidininkio (4)/(5) paviršius yra dengiamas daugiau nei dviem sluoksniais. Ultratrumpas impulsas arba jų seka panaudojama bent vienam sluoksniui abliuoti. Lazerio spinduliuotės bangos ilgis parenkamas toks, kad spinduliuotė būtų tiesiogiai sugerama bent vienoje iš dangų. Sugeriantis sluoksnis abliuojamas pilnai arba dalinai, jei jis nėra viršutinis. Abliacijos metu viršutiniai sluoksniai pašalinami dėl plazmos slėgio, kaip tai buvo aprašyta įgyvendinimo variante (c). Jei sugeriantis sluoksnis nėra apatinis, tada atliekama dalinė abliacija, po kurios seka cheminio ėsdinimas, aprašytas įgyvendinimo variante (a).

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 apimtys, kaip tai nurodyta toliau pateiktoje apibrėžtyje.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Sudėtinis elementas, susidedantis iš puslaidininkinio padėklo ir dengiamos pasyvacinės medžiagos,

skirtas puslaidininkiniams prietaisams, ypač saulės elementams, gaminti, kurio pasyvacinėje dangoje yra suformuotas langelis, siekiant atverti puslaidininkio paviršių technologiniam apdirbimui, ypač selektyviam cheminiam metalo nusodinimui,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šis sudėtinis elementas (1) susideda iš Si puslaidininkinio padėklo (4),

ant kurio dar gali būti suformuotas plonas puslaidininkinis sluoksnis (5), besiskiriantis nuo puslaidininkinio padėklo (elemento) savo savybėmis,

ir tą padėklą dengiančios plonos pasyvacinės medžiagos, susidedančios iš:

ypač plono SiO_2 dengiančio apsauginio sluoksnio (3), kurio storis yra apytikriai 3-40 nm; ir

labai plono Si_xN_y dengiančio dielektrinio sluoksnio (2), kurio storis yra apytikriai 40-150 nm;

kur

minėtas Si_xN_y dielektrinis sluoksnis (2) pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje bei santykinai stipriu cheminiu atsparumu;

minėtas SiO_2 apsauginis sluoksnis (3) pasižymi labai silpna sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje bei silpnu cheminiu atsparumu;

kuriame nustatytose vietose yra suformuotos užduotų formų ir dydžių langeliai, siekiant atverti puslaidininkio sluoksnio (4) paviršių technologiniam apdirbimui, ypač selektyviam cheminiam metalo nusodinimui.

2. Sudėtinis elementas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėta plona pasyvacinė danga yra tik vienas dielektrinis sluoksnis, pasižymintis stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje bei santykinai stipriu cheminiu atsparumu.

3. Sudėtinis elementas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėta plona pasyvacinė danga susideda iš dviejų dielektrinių sluoksnių, kur šie minėti dielektriniai sluoksniai yra vienodi arba skirtingi, kurie pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje bei santykinai stipriu cheminiu atsparumu.
4. Sudėtinis elementas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėta plona pasyvacinė danga susideda iš dviejų sluoksnių, vienas iš kurių, viršutinis arba apatinis, pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, o kitas – labai silpna sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje.
5. Sudėtinis elementas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėta plona pasyvacinė danga susideda iš kelių, daugiau negu dviejų, sluoksnių, bent vienas iš kurių pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje.
6. Sudėtinio elemento pagal 1-5 punktus gamybos būdas, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad apima šias pakopas: minėto sudėtinio sluoksnio (1) suformavimą, lazerinės abliacijos taikymą ir cheminio ėsdinimo taikymą.
7. Sudėtinio elemento pagal 1 punktą gamybos būdas pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad (kai taikoma abliacija su apsauginiu sluoksniu) apima šias gamybos pakopas:
 - a) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš dielektrinio sluoksnio (2), apsauginio sluoksnio (3) ir puslaidininkinio sluoksnio (4)/puslaidininkinių sluoksnių (4) ir (5), paruošimą (suformavimą);
 - b) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio dielektrinio sluoksnio (2) visišką išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais;

- c) tame pačiame užduotame plote dielektrinio sluoksnio (2) likučių bei apsauginio sluoksnio (3) išėsdinimą taikant cheminio ėsdinimo būdą (pvz., naudojant fluoro rūgšties vandeninį tirpalą) ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus.

8. Sudėtinio elemento pagal 2 punktą gamybos būdas pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad (kai taikoma dalinė abliacija esant vienam sluoksniui) apima šias gamybos pakopas:

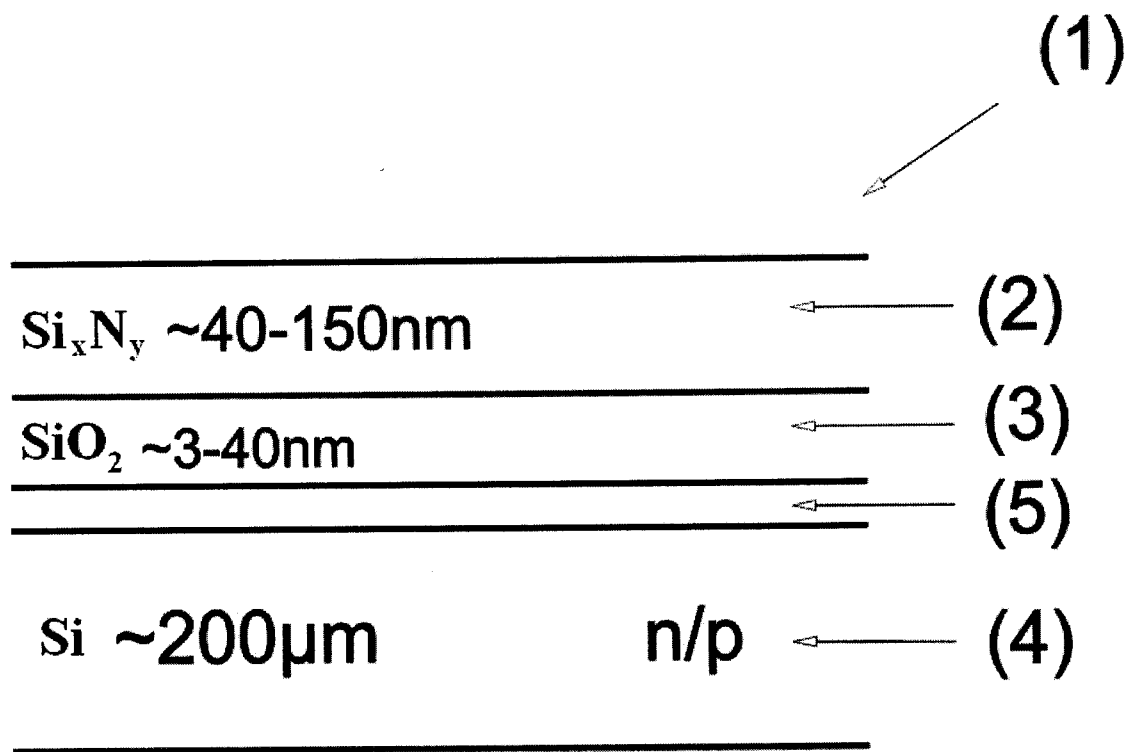
- a) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš dielektrinio sluoksnio (2) ir puslaidininkinio sluoksnio (4)/puslaidininkinių sluoksnių (4) ir (5), paruošimą (suformavimą);
- b) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio dielektrinio sluoksnio (2) dalinį išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą (dalinę abliaciją) ultratrumpais (fs) ultravioletiniais (UV) impulsais, paliekant tam tikrą kiekį dielektrinio sluoksnio (2) medžiagos;
- c) tame pačiame užduotame plote dielektrinio sluoksnio (2) likučių išėsdinimą taikant cheminio ėsdinimo būdą (pvz., naudojant fluoro rūgšties vandeninį tirpalą) ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus.

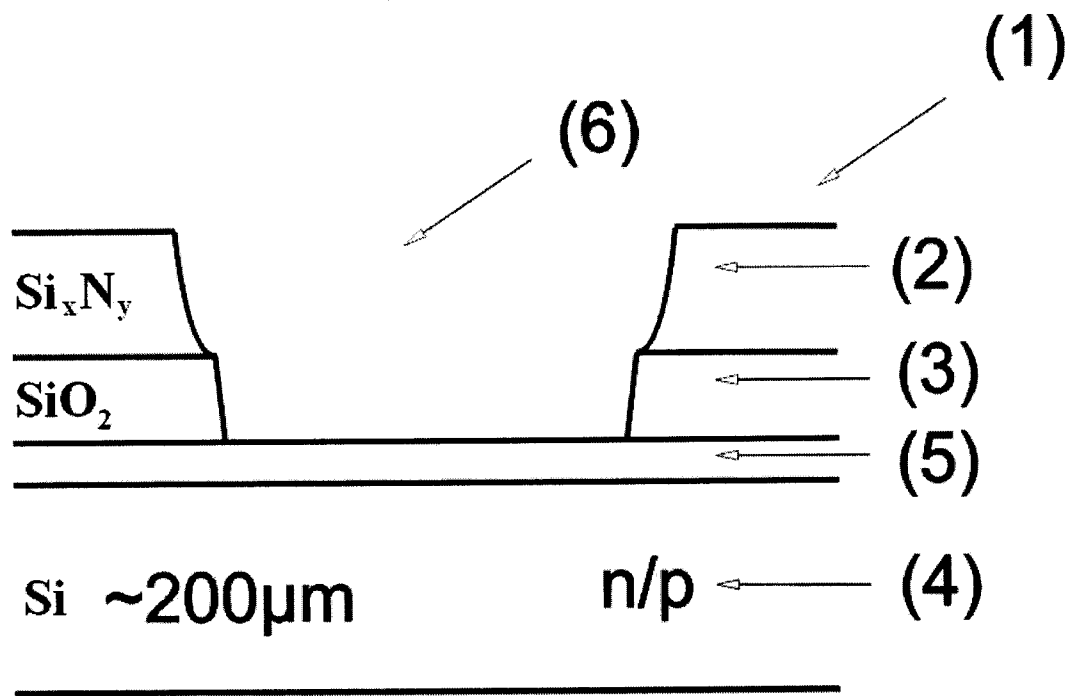
9. Sudėtinio elemento pagal 1, 3-5 punktus gamybos būdas pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad (kai taikoma daugelio sluoksnių abliacija) apima šias pakopas:

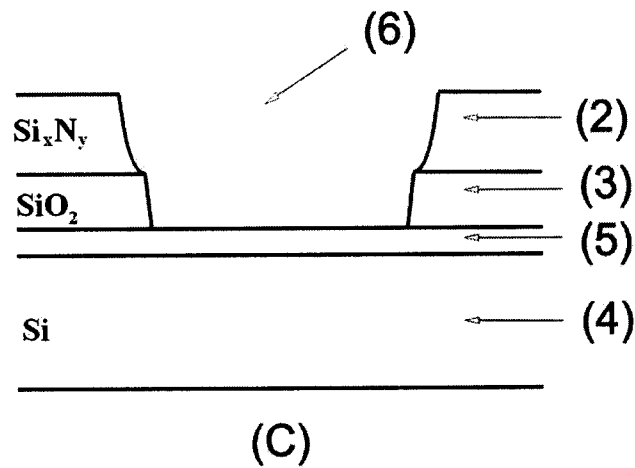
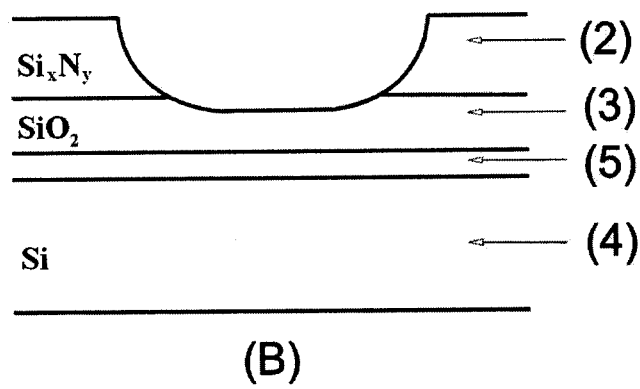
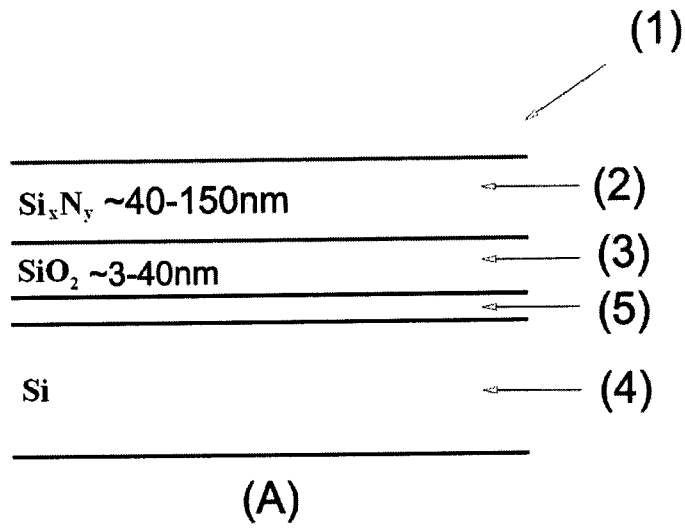
- a) sudėtinio elemento (1), susidedančio iš kelių, dviejų ir daugiau negu dviejų, sluoksnių bei puslaidininkinio sluoksnio (4)/puslaidininkinių sluoksnių (4) ir (5), paruošimą (suformavimą);
- b) tam tikrame užduotame plote užduotos formos ir dydžio sluoksnio (arba sluoksnių), pasižyminčio stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, dalinį arba visišką išgarinimą taikant lazerinės abliacijos būdą (dalinę abliaciją) ultratrumpais (fs)

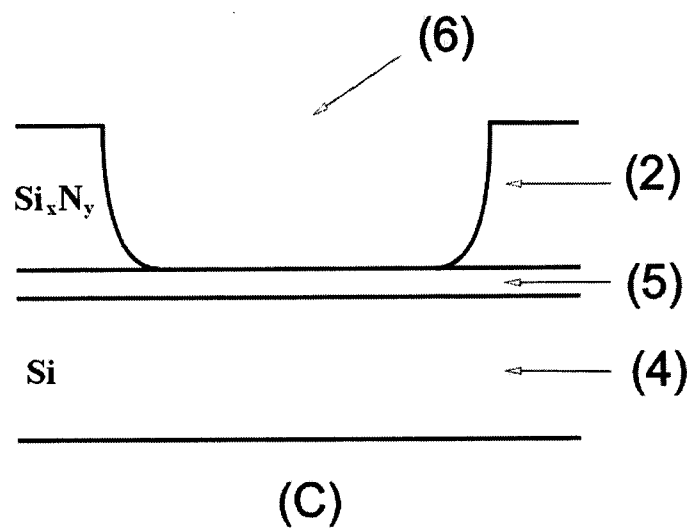
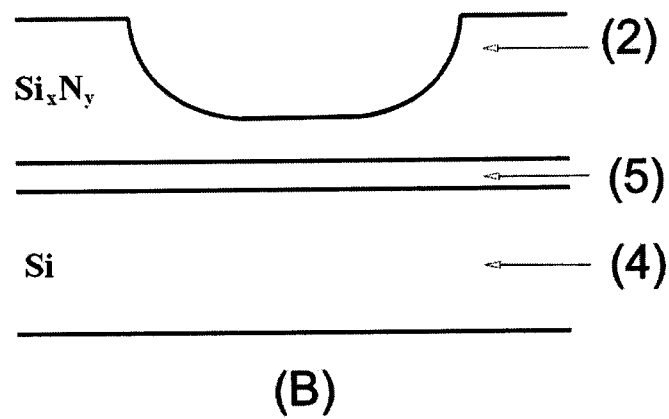
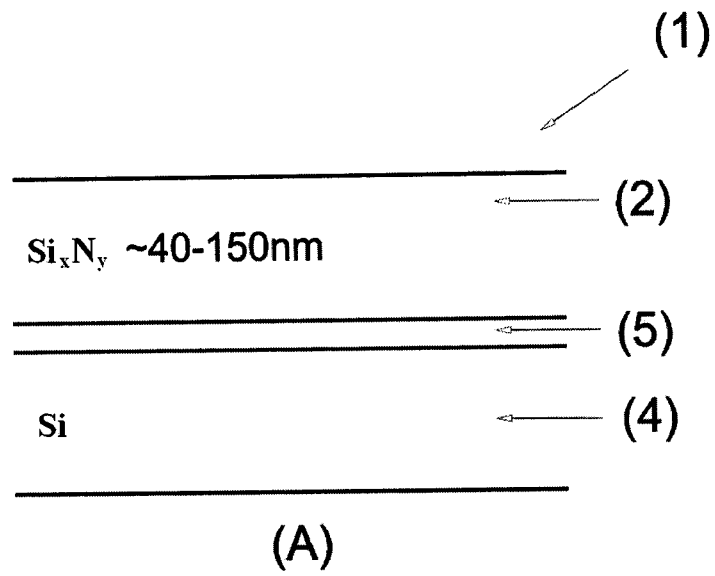
ultravioletiniais (UV) impulsais, paliekant arba nepaliekant tam tikrą kiekį abliuojamo sluoksnio medžiagos;

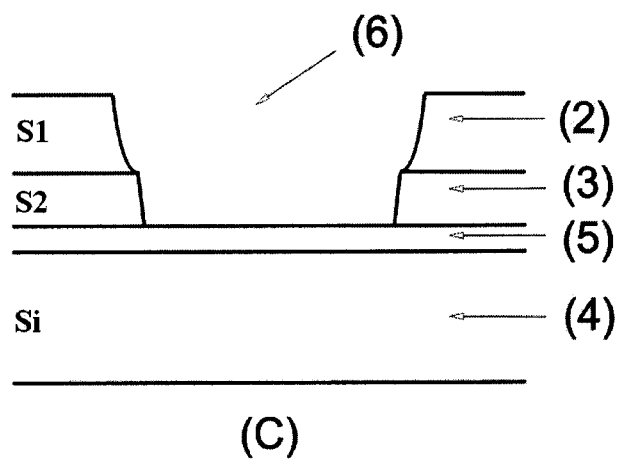
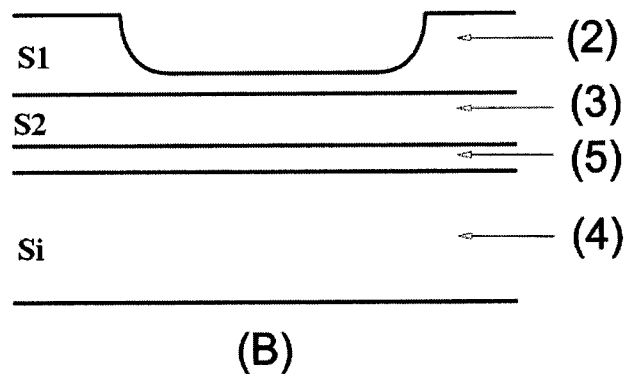
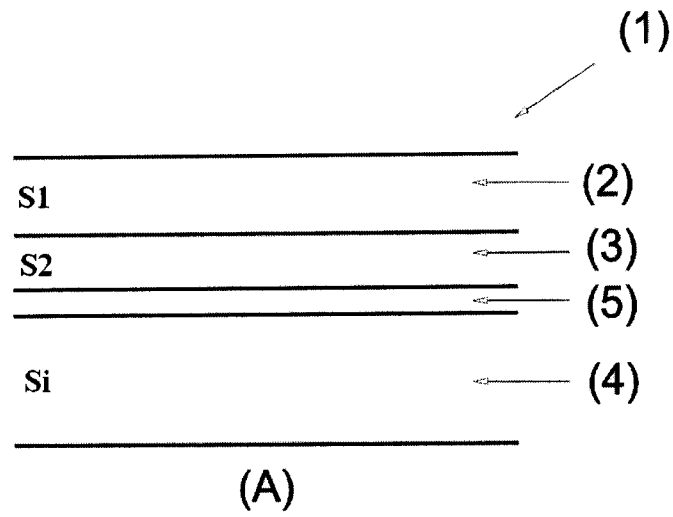
- c) tame pačiame užduotame plote minėtame sluoksnyje, kuris pasižymi stipria sugertimi UV elektromagnetinių bangų srityje, likučių išėsdinimą taikant cheminio ėsdinimo būdą ir tokiu būdu atitinkamos formos langelio (6) suformavimą virš puslaidininkio sluoksnio (4)/(5) prie pat jo paviršiaus (jeigu abliuojamas sluoksnis nėra paviršinis, jis pašalinamas savaime dėl plazmos efekto, kai uždarajame nepaviršiniame abliuojamame sluoksnyje įvyksta stiprus temperatūros pakilimas bei slėgio padidėjimas).

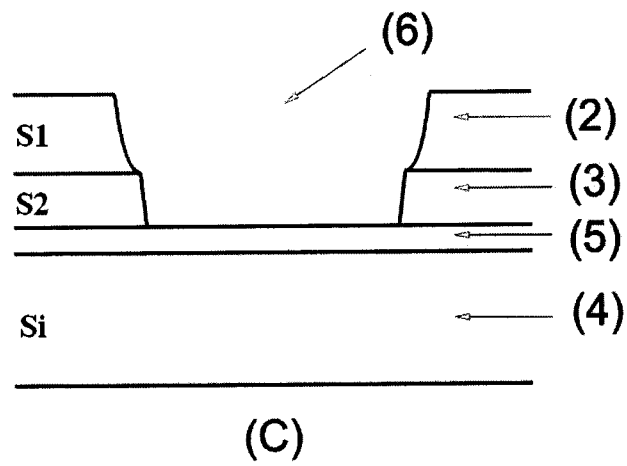
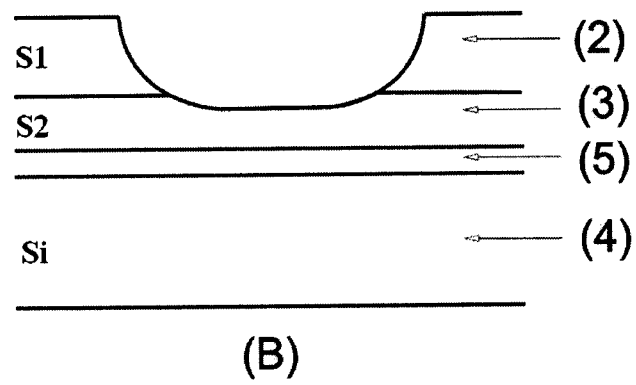
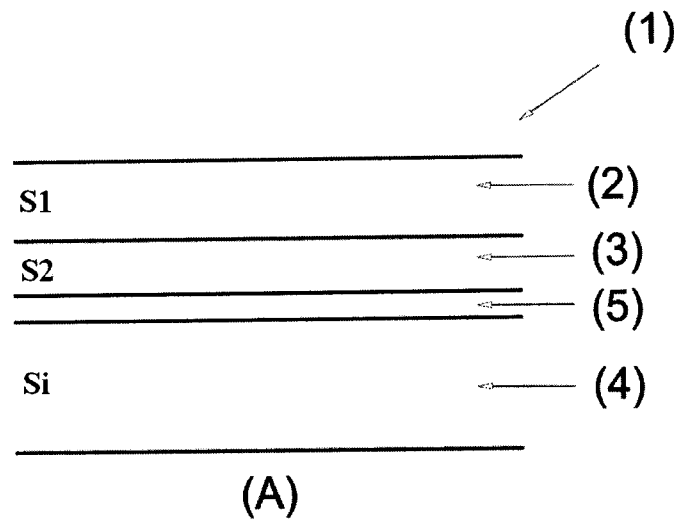
**Fig. 1**

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5**

**Fig. 6**