

(19)



(10) **LT 5208 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5208** (51) Int. Cl.⁷: **H01P 1/10**
- (21) Paraiškos numeris: **2003 036**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2003 05 12**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2004 11 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2005 04 25**
- (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:
Vytautas OSTAŠEVIČIUS, LT
Viktoras GRIGALIŪNAS, LT
Sigitas TAMULEVIČIUS, LT
Rolanas DAUKŠEVIČIUS, LT
- (73) Patento savininkas:
Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 3006 Kaunas, LT
- (74) Patentinis patikėtinis:
Aldona ORLIENĖ, Kęstučio g. 59-11, LT-44303 Kaunas, LT

- (54) Pavadinimas:
Mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas

- (57) Referatas:

Išradimas priskiriamas mikroelektromechaninių sistemų (MEMS) klasei, konkrečiai mikroelektromechaninių jungiklių gamybai. Mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas, kuriame ant didžiavaržio puslaidininkinio padėklo (1) formuoja elektrodus, užneša aukojamąjį sluoksnį, kurį padengia mechanškai atsparia medžiaga, iš kurios formuoja gembę (5), išsėdinant po ja aukojamąjį sluoksnį, tiesioginės fotolitografijos būdu gembės (5) atramos (7) srityje formuoja fraktalines mikrostruktūras, kur elektroniniu būdu užgarina aliuminio sluoksnį, jame išsėdina kaukę, kelis kartus pakaitomis atliekant skystinį izotopinį ir sausąjį anizotropinį išsėdinimus ir galiausiai išsėdina aliuminio sluoksnį, po to atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja ištakos (2), užtūros (3) ir santakos (4) elektrodus, kur ant padėklo (1) užneša fotorezistą, sudaro jame elektrodų piešinį ir ant viso fotorezisto sluoksnio vakuuminio garinimo elektrodų pluoštelio metodu formuoja chromo dangą, kurią vakuuminio termorezistinio garinimo būdu padengia aukso sluoksniu, o ant fotorezisto užgaravusius

metalų sluoksnius pašalina organiniame tirpiklyje, po to ant viso padėklo paviršiaus elektronų pluoštelio metodu užgarina aukojamąjį vario sluoksnį, kuriame atlieka dalinį vario paėsdinimą kontaktinėms gembės viršūnėlėms (6) suformuoti, o gembės atramos (7) srityje tiesioginės fotolitografijos būdu atlieka gilų vario ėsdinimą ir atidengia kontaktinį aukso sluoksnį, po to atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja gembę (5), kur vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio metodu sudaro aukso sluoksnį, ant kurio auginaelektrocheminę nikelio dangą ir galutinai išėsdina aukojamąjį vario sluoksnį.

Išradimas priskiriamas mikroelektromechaninių sistemų (MEMS) klasei, konkrečiai mikroelektromechaninių jungiklių gamybai.

Yra žinomas mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas, kuriame gembė elektrocheminiu būdu yra formuojama iš daugiasluoksnių metalo plėvelių (žiūr. JAV patentą Nr. 6016092, HOI P 1/10, 2000).

Yra žinomas mikroelektromechaninių jungiklių gamybos būdas, kuriame ant pusiau izoliuojančio galio arsenido padėklo formuoja aukojamąjį poliimido sluoksnį, virš kurio žematemperatūrine ($T = 250^{\circ} \text{C}$) plazma, aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu, formuoja iš silicio dioksido gembę, kuri yra gaunama išėsdinus ir išgarinus atitinkamą dalį po ja esančio aukojamojo poliimido sluoksnio. Išlikusi dalis atlieka gembės atramos funkciją (žiūr. JAV patentą Nr. 5578976, HOI P 1/10, 1996).

Aprašytasis mikroelektromechaninių jungiklių gamybos būdas kaip ir analogas turi tam tikrų trūkumų. Jo gamyboje naudojama daug technologinių žingsnių, labai sudėtingi gamybos procesai, gembės formavimui naudoja nepakankamai atsparią medžiagą, taip pat gembė yra nepatvari dėl mažo atramos kontaktavimo ploto, ko pasekoje sumažėja gaminio patikimumas ir ilgaamžiškumas.

Išradimo tikslas - patikimumo ir ilgaamžiškumo padidinimas.

Nurodytas tikslas pasiekiamas tuo, kad mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas, kuriame ant didžiavaržio puslaidininkio padėklo formuoja elektrodus, užneša aukojamąjį sluoksnį, kurį padengia mechaniškai atsparia medžiaga, iš kurios formuoja gembę, išėsdinant po ja aukojamąjį sluoksnį. Remiantis išradimu, tiesioginės fotolitografijos būdu gembės atramos srityje formuoja fraktalines mikrostruktūras, kur elektroniniu būdu užgarina aliuminio sluoksnį, jame išėsdina kaukę, kelis kartus pakaitomis atliekant skystinį izotropinį ir sausąjį anizotropinį išėsdinimus ir galiausiai išėsdina aliuminio sluoksnį, po to atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja ištakos, užtūros ir santakos elektrodus, kur ant padėklo užneša fotorezistą, sudaro jame elektrodų piešinį ir ant viso fotorezisto sluoksnio vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio metodu formuoja chromo dangą, kurią vakuuminio termorezistatyvinio garinimo būdu padengia aukso sluoksniu, o ant fotorezisto užgaravusius metalų sluoksnius pašalina organiniame tirpiklyje, po to ant viso padėklo paviršiaus elektronų pluoštelio metodu užgarina aukojamąjį vario sluoksnį,

kuriame atlieka dalinį vario paėsdinimą kontaktinėms gembės viršūnėlėms suformuoti, o gembės atramos srityje tiesioginės fotolitografijos būdu atlieka gilų vario ėsdinimą ir atidengia kontaktinį aukso sluoksnį, po ko atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja gembę, kur vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio metodu sudaro aukso sluoksnį, ant kurio augina elektrocheminę nikelio dangą ir galutinai išėsdina aukojamąjį vario sluoksnį.

Išradimas paaiškinamas 1 brėžinyje, kuriame pavaizduota mikroelektromechaninio jungiklio schema.

Mikroelektromechaninis jungiklis susideda iš padėklo 1, ištakos 2, užtūros 3 ir santakos 4 elektrodų, ir gembės 5, kurios laisvajame gale yra kontaktinės viršūnėlės 6 ir kuri yra pritvirtinta prie padėklo per atramą 7, turinčią fraktalines mikrostruktūras. Mikroelektromechaninis jungiklis yra valdomas sudarius įtampą tarp užtūros 3 ir gembės 5, tokiu būdu sukurama elektrostatinė jėga, kuri pritraukia gembę 5 prie santakos elektrodo 4 ir tokiu būdu uždaro grandinę. Pašalinus įtampą, gembės 5 tamprumo jėgos grąžina ją į pradinę padėtį ir taip atjungia grandinę.

Mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas realizuojamas sekančiai.

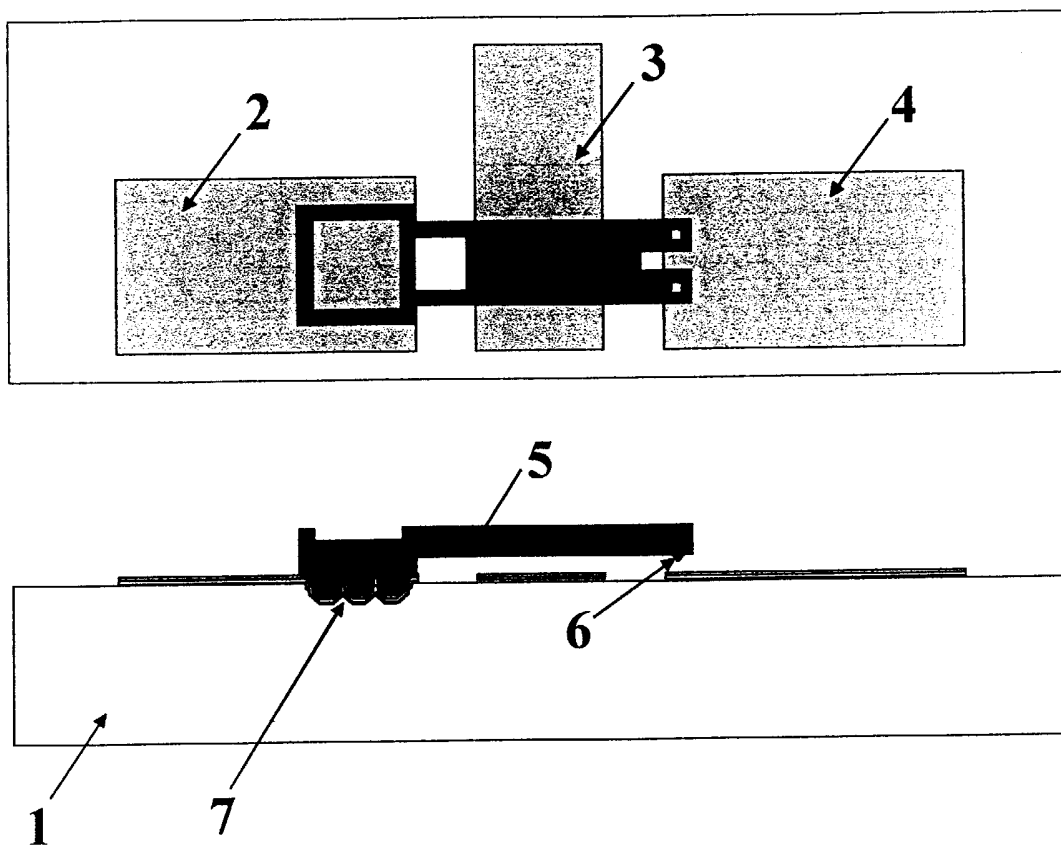
Puslaidininkio padėklas 1 valomas chemiškai organiniuose tirpikliuose bei deguonies ir azoto dujų mišinio plazmoje. Tiesioginės fotolitografijos būdu ant puslaidininkio padėklo 1, gembės 5 atramos 7 srityje formuojamos fraktalinės mikrostruktūros. Kad tai atlikti, ant puslaidininkio padėklo 1 elektroniniu būdu užgarinamas aukojamasis 100 nm storio aliuminio sluoksnis. Aliuminio sluoksnyje išėsdinama (ėsdiklis— $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{NH}_4\text{F}:\text{H}_2\text{O}$) kaukė fraktalinėms mikrostruktūroms gauti. Derinant skystinį izotropinį bei sausą anizotropinį (reaktyvų joninį) ėsdinimus (kelis kartus keičiant ėsdinimo metodą) silicyje suformuojamos laiptuotų piramidžių formos didelio efektyvaus paviršiaus ploto fraktalinės mikrostruktūros. Skystinis izotropinis ėsdinimas silicio padėkle 1 atliekamas naudojant Sirtlo ėsdiklį ($\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), o anizotropinis ėsdinimas atliekamas SF_6/N_2 reaktyviųjų dujų aukštojo dažnio plazmoje. Tokiu būdu suformuotos fraktalinės mikrostruktūros žymiai pagerina gembės 5 ir padėklo 1 sukibimą. Toliau ėsdiklyje pašalinamas aliuminio sluoksnis ir padėklas dar kartą valomas chemiškai organiniuose tirpikliuose bei deguonies ir azoto dujų mišinio plazmoje. Tuomet, atvirkštinės fotolitografijos būdu ant puslaidininkio padėklo suformuojami ištakos 2, užtūros 3, ir santakos 4 elektrodai. Tam atlikti, ant padėklo užnešamas fotorezistas ir jame formuojamas ištakos 2, užtūros 3 ir santakos 4 elektrodų piešinys. Vakuuminio

garinimo elektronų pluoštelio metodu suformuojama 30 nm storio chromo danga. Ant chromo dangos vakuuminio termorezistyvino garinimo būdu užgarinamas 200 nm storio aukso sluoksnis. Ant fotorezisto užgaravę metalų sluoksniai "nusprogdinami" virinant organiniame tirpiklyje (dimetilformamide). Ant viso padėklo paviršiaus elektronų pluoštelio užgarinamas aukojamasis 3000 nm storio vario sluoksnis. Tiesioginės fotolitografijos būdu aukojamajame sluoksnyje atliekamas dalinis vario pašalinimas, skirtas kontaktinėms gembės viršūnėlėms 6 suformuoti. Toliau tiesioginės fotolitografijos būdu aukojamajame sluoksnyje, gembės 5 atramos srityje, atliekamas gilus vario išsodinimas (išsodiklis – $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{CrO}_3 : \text{H}_2\text{O}$), atidengiant kontaktinį aukso sluoksnį. Po to, atvirkštinės fotolitografijos būdu suformuojama gembė 5. Kad tai atlikti, vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio būdu gembės 5 srityje suformuojamas 200 nm storio aukso sluoksnis. Tada, fotoreziste su tuo pačiu fotošablonu formuojamas gembės 5 piešinys ir ant laidaus aukso paviršiaus auginama 3000 nm elektrocheminė nikelio danga. Elektrodo kontaktas užtikrinamas per padėklo 1 kraštuose mechaniškai atidengtą vario sluoksnį, kuris dengia visą paviršių ir turi kontaktą su aukso sluoksniu gembės formavimo srityje. Gembei formuoti naudojami tokie nikelio elektrocheminio nusodinimo režimai: katodinės srovės tankis $j_k = 5 \text{ A/dm}^2$, $T = 45\text{--}60^\circ\text{C}$, sulfamatinis elektrolitas $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{pH} = 3,6\text{--}4,2$. Galiausiai išsodinamas (išsodiklis $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{CrO}_3 : \text{H}_2\text{O}$) aukojamasis sluoksnis.

Daugkartiniai tyrimai parodė, kad palyginus su prototipu, gembės formavimui panaudota mechaniškai atsparesnė medžiaga (nikelis vietoj silicio dioksido) ženkliai padidina jungiklio ilgaamžiškumą, o padėkle, gembės atramos srityje suformuotos fraktalinės mikrostruktūros padidina efektyvųjį gembės kontaktavimo plotą ir tokiu būdu užtikrina žymiai geresnę adheziją, ko pasekoje padidėja jungiklio patikimumas ir ilgaamžiškumas.

Išradimo apibrėžtis

Mikroelektromechaninio jungiklio gamybos būdas, kuriame ant didžiavaržio puslaidininkio padėklo formuoja elektrodus, užneša aukojamąjį sluoksnį, kurį padengia mechaniškai atsparia medžiaga, iš kurios formuoja gembę, išėsdinant po ją aukojamąjį sluoksnį, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad tiesioginės fotolitografijos būdu gembės atramos srityje formuoja fraktalines mikrostruktūras, kur elektroniniu būdu užgarina aliuminio sluoksnį, jame išėsdina kaukę, kelis kartus pakaitomis atlieka skystinį izotropinį ir sausąjį anizotropinį išėsdinimus ir galiausiai išėsdina aliuminio sluoksnį, po to atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja ištakos, užtūros ir santakos elektrodus, kur ant padėklo užneša fotorezistą, sudaro jame elektrodų piešinį ir ant viso fotorezisto sluoksnio vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio metodu formuoja chromo dangą, kurią vakuuminio termorezistinio garinimo būdu padengia aukso sluoksniu, o ant fotorezisto užgaravusius metalų sluoksnius pašalina organiniame tirpikyje, po to ant viso padėklo paviršiaus elektronų pluoštelio metodu užgarina aukojamąjį vario sluoksnį, kuriame atlieka dalinį vario paėsdinimą kontaktinėms gembės viršūnėlėms suformuoti, o gembės atramos srityje tiesioginės fotolitografijos būdu atlieka gilų vario išėsdinimą ir atidengia kontaktinį aukso sluoksnį, po ko atvirkštinės fotolitografijos būdu formuoja gembę, kur vakuuminio garinimo elektronų pluoštelio metodu sudaro aukso sluoksnį, ant kurio augina elektrocheminę nikelio dangą ir galutinai išėsdina aukojamąjį vario sluoksnį. 1 a.p., 1 brėž.



1 bréž.