



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

225 425 ✓

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavná priorita

(22) Prihlášené 18 03 82

(21) PV 1846 - 82

(51) Int. Cl. H 01 L 21/02

(40) Zverejnené 24 06 83

(45) Vydané 01 10 84

(75)

Autor vynálezu

MIKUŠ OLIVER RNDr. CSc., PIEŠŤANY

(54)

Spôsob selektívneho plazmochemického leptania vrstiev mikroelektronických
materiálov deponovaných na oxide kremičitom

Vynález sa týka spôsobu selektívneho plazmochemického leptania vrstiev mikroelektronických materiálov nanesených na oxide kremičitom v plazmových zariadeniach s planparalelnými elektródami vo freónovej plazme.

Na tvarovanie vrstiev materiálov, ktoré s fluórom vytvárajú prchavé zlúčeniny $/\text{Si}, \text{Si}_3\text{N}_4, \text{SiO}_2, \text{Mo}, \text{Ta}, \text{Ti}, \text{W}, \text{Nb}, \text{MoSi}_2, \text{WSi}_2, \dots/$ sa v súčasnej dobe používajú dva základné druhy plazmochemických leptáčov, založených na interakcii nízкотеплотnej neizotermickej plazmy v výboja s povrchom leptaného materiálu. V plazmovom reaktore s cylindrickou konfiguráciou, opatrenom kovovým perforovaným valcom /tzv. "leptacím tunelom"/, sa plazma vytvára v oblasti medzi koaxiálne uloženým tunelom a stenou výbojovej komory. Chemicky aktívne, elektricky neutrálne častice /voľné radikály a elektronicky vzбудené voľné atómy/ difundujú z oblasti aktívnej plazmy cez otvory v stene tunela do objemu leptacieho tunela a chemicky reagujú s povrchom opracovávaného materiálu, vytvárajúc pritom plynné produkty reakcie, ktoré sú odčerpávané čerpacím systémom. Vzhľadom na odtienenie elektrického poľa leptacím tunelom a vďaka veľmi krátkej dobe života iónov je bombardovanie povrchu vzoriek, uložených v osi tunela, iónovou zložkou plazmy prakticky vylúčené a leptanie je výhradne chemickým procesom s izotropným charakterom. U tejto varianty je možné vhodným výberom plynu a parametrov plazmy dosiahnuť vysoký pomer leptacej rýchlosti tvarovaného materiálu voči rýchlosti leptania oxidu kremičitého $/\text{SiO}_2/$ a tiež veľmi dobrú trvanlivosť fotorezistovej masky. Avšak tento spôsob leptania má závažné nedostatky. Je to predovšetkým výrazné zníženie homogénosti leptania pri zväčšovaní počtu opracovávaných vzoriek a ich veľkosti. Problém nehomogénosti

leptania niektorých materiálov /napr. polykryštalického kremíka/ sa prehlbuje efektom lokálneho uvoľňovania tepelnej energie v dôsledku intenzívnej exotermickej reakcie, čo sa prejavuje v intenzívnom nerovnomernom podleptávaní a tým v zmenšení požadovaných rozmerov v prioritne doleptaných miestach vzorky. Ďalej, výrazná závislosť leptacej rýchlosti od veľkosti leptanej plochy, resp. od počtu a veľkosti vzoriek /tzv. zaťažovací efekt/ spôsobuje nielen neurčitost informácie o veľkosti rýchlosti leptania, ale sa prejavuje tiež v nekontrolovateľnom podleptaní súvisiacom so skutočnosťou, že po doleptaní vrstvy sa laterálna rýchlosť leptania mnohonásobne zvyšuje. Ďalším problémom je skutočnosť, že nechránené zadné strany kremíkových dosiek predstavujú značný príspevok leptanej plochy a tým zvýrazňujú zaťažovací efekt. Doleptanie zadných strán sa značne oneskoruje voči okamihu doleptania predných maskovaných strán, čo tiež spôsobuje silné nežiadúce podleptanie.

Druhá konfigurácia plazmového reaktora s planoparalelnými elektródami umiestnenými vo vnútri výbojovej komory umožňuje dosiahnuť podstatne lepšiu homogénnosť leptania. V tomto prípade sa vzorky ukladajú na jednu z elektród, prípadne na špeciálne tvarované kovové podložky umiestnené na elektróde. Pre zvýšenie leptacej rýchlosti sa často využíva tzv. fokusácia plazmy zakladajúca sa v obmedzení elektrického výboja do medzi-elektrodového priestoru nad leptanými vzorkami. Pretože potenciál plazmy je voči elektrickému potenciálu oboch elektród kladný, prudký spád elektrického potenciálu v prielektrodovej vrstve spôsobuje, že vzorky nie sú vystavené iba účinku reaktívnych, elektricky neutrálnych častíc, ale sú intenzívne bombardované kladnými iónmi. Pri alternatívne uloženia vzoriek na aktívnu elektródu, kapacitne viazanú s vf generátorom a pri dostatočne nízkom tlaku plynu v komore sa bombardovanie vzoriek iónmi stáva dominantným, čo sa využíva pri tzv. leptaní reaktívnymi iónmi, ktoré umožňuje získať anizotropné profily leptania. Pri uložení vzoriek na uzemnenú elektródu, pri ktorej je spád potenciálu menej strmý a pri vyšších tlakoch plynu je príspevok iónového bombardovania v procese leptania menší. Avšak, v jednom i druhom prípade sa bombardovanie vzoriek iónmi odráža v nepriaznivých pomeroch leptacích rýchlostí rozličných materiálov voči rýchlosti leptania SiO_2 a v rýchlom

úbytku hrúbky fotorezistovej masky. Napr. pri použití zmesi tetrafluórmétánu $/CF_4/$ a kyslíka $/O_2/$ u vzoriek uložených na uzemnenú elektródu sú pomery leptacích rýchlostí polykryštallického kremíka a nitrídu kremíka voči rýchlosti leptania SiO_2 a fotorezistu blízke jednotke $/poly\ Si : SiO_2 = \max. 3:1$, $Si_3N_4 : SiO_2 = \max. 1:1$, $poly\ Si : fotorezist = \max. 2:1$, $Si_3N_4 : fotorezist = \max. 2:1/$, teda tento spôsob nie je použiteľný napr. v technológii N-kanála a dvojitého poly - Si hradla u 16 kbit-ovej dynamickej pamäte. Okrem nízkej selektívnosti leptania je u planárnej geometrie dosť značný zaťažovací efekt a nehomogénnosť leptania je $/dokonca i u systémov s rotujúcou elektródou/$ spravidla väčšia ako 10 %.

Všetky vyššie uvedené nedostatky odstraňuje spôsob selektívneho plazmochemického leptania podľa vynálezu, ktorého podstatou je odizolovanie leptaných vzoriek od elektródy pomocou dielektrických podložiek a generovanie plazmy v zmesi freónu a kyslíka $/3 až 50\ obj.\ \%/$ pri tlaku plynu väčšom ako 30 Pa. Výška a materiál izolačných podložiek musia byť volené tak, aby hustota vľ výbojového prúdu tečúceho vzorkou bola zanedbateľne malá v porovnaní s hustotou výbojového prúdu tečúceho touto plochou elektródy, nad ktorou nie sú uložené vzorky. Tak sa dosiahne zriadenie výbojovej plazmy v priestore medzi leptanými vzorkami a protilahlou elektródou; tzv. "inverzná fokusácia plazmy". Aplikáciou inverznej fokusácie plazmy a výberom vhodnej prímеси kyslíka vo freóne a celkového tlaku plynu vo výbojovej komore sa dosiahne minimálny rozdiel elektrického potenciálu plazmy a plávajúceho potenciálu povrchu leptaných vzoriek. Tým sa obmedzí bombardovanie vzoriek kladnými iónmi, ktoré je v opačnom prípade príčinou veľkej leptacej rýchlosti SiO_2 a erózie fotorezistu, tzn. nízkej selektívnosti leptania, a dominantným sa stáva čisto chemický účinok plazmy na leptané vzorky. Leptanie pri príliš nízkom tlaku bez ohľadu na prímесь kyslíka, a tiež pri použití veľmi malej alebo žiadnej prímеси kyslíka vo freóne bez ohľadu na hodnotu tlaku, nie je selektívne. Homogénnosť leptania je zabezpečená tým, že v celom objeme medzi elektródami, vrátane priestoru nad vzorkami, vďaka dlhej dobe života chemicky aktívnych neutrálnych častíc, je koncentrácia týchto častíc vysoká a približne konštantná.

Výhody spôsobu podľa vynálezu sú predovšetkým vo vysokej

selektívnosti leptania vrstiev zlúčenín kremíka a niektorých kovových vrstiev voči SiO_2 a fotorezistu /napr. pre fosforom dopovaný polykryštalický kremík je možné selektívnosť leptania vyjadriť extrémne vysokými pomermi leptacích rýchlostí, /poly Si : SiO_2 > 40:1, poly Si : fotorezist > 50:1/ pri výrobných vhodných rýchlostiach leptania /50 + 300 nm/min/.

Ďalšou zjavnou prednosťou je malý zatažovací efekt a skutočnosť, že rýchlosť a selektívnosť leptania sú v širokom rozsahu minimálne závislé od celkového tlaku v komore a od koncentrácie aktivizujúcej prímеси O_2 /. Pri optimálnych podmienkach, zahrňujúcich predovšetkým vhodné rozloženie vzoriek na elektróde, vŕ výkon, zloženie a celkový tlak plynu v komore, je nehomogénnosť leptania menšia ako 3 % pri počte 21 ks súčasne leptaných vzoriek priemeru 76 mm. Charakter leptania je izotropný, pričom podleptanie, t.j. zmenšenie rozmerov leptaných štruktúr voči pôvodným rozmerom fotorezistovej masky, je veľmi homogénne i pri hrubších vrstvách. To je obzvlášť vhodné pri technológii dvojitého poly Si hradla, kde sa vyžaduje značné, avšak homogénne podleptanie. Podstatnou prednosťou uvedeného spôsobu je to, že nie je potrebný zásah do konštrukcie zariadenia a technická nenáročnosť vyhotovenia potrebných prípravkov.

Postup podľa vynálezu môže byť aplikovaný podľa nasledujúcich príkladov:

Príklad 1 : Kremíkové dosky 1 s leptanou vrstvou nanesenou na SiO_2 sa uložia na rovnomerne rozložené kruhové rovinne izolačné podložky 2 hrúbky aspoň 1 mm a rovnakého priemeru ako priemer Si-dosiek. Tieto podložky musia byť vyrobené z elektroizolačného materiálu zlučiteľného s agresívnym prostredím freónovej plazmy, napr. z teflónu, kremenného skla alebo z čistej kysličníkovej keramiky Al_2O_3 , ZrO_2 , .../ a ukladajú sa na uzemnenú elektródu 3 /pozri obr. 1/. Vzorky sa leptajú v plazme vytváranej v zmesi tetrafluórmétanu CF_4 a 10 + 20 obj. % kyslíka pri tlaku 50 až 100 Pa. Pri použití teflónových podložiek je potrebné obmedziť sa na menšie hustoty výbojového prúdu. Pred leptaním je možné uskutočniť odstránenie závoja fotorezistu v kyslíkovej plazme.

Príklad 2 : Kremíkové dosky 1 sa leptajú pri rovnakých parametroch plazmy ako v príklade 1 s tým rozdielom, že sú uložené na kruhových kovových podložkách 4 /tieto môžu byť napr. z hliníka, resp. z anodizovaného hliníka/ s vyvýšeným okrajom, ktoré sú položené izolačnými podložkami; tieto môžu byť tak tiež opatrené vyvýšeným okrajom zabráňujúcim posunutiu kovových držiakov /obr. 2/.

Príklad 3 : Kremíkové dosky 1 sa môžu uložiť tak, že ich okraje spočívajú na troch až štyroch keramických stĺpikoch 5 výšky 5 + 10 mm /obr. 3/. Pri tomto spôsobe sa okrem čelných strán leptajú tiež zadné strany vzoriek.

Príklad 4 : Leptané vzorky sa uložia podľa niektorého zo spôsobov uvedených v príkladoch 1 + 3. Pred leptaním sa aplikuje prečistenie výbojovej komory a povrchu Si-dosiek inertnou plazmou /napr. argónovou alebo dusíkovou/, potom odstránenie závoja fotorezistu v O₂-plazme a potom sa vzorky leptajú pri parametroch plazmy podľa príkladu 1.

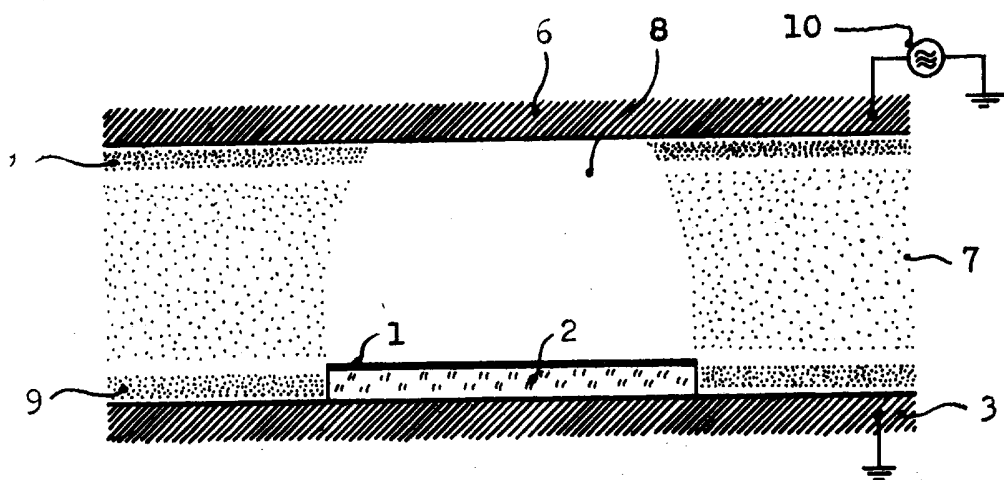
Pri aplikácii uvedeného postupu na zariadeniach s rotujúcou elektródou a so štrbinovým uzáverom na vkladanie a vyberanie vzoriek je výhodné použiť kovovú vyberateľnú platňu, opatrenú dilatáčnými zárezmi na obvode a v strede, na ktorú sa uložia resp. pripevnia podložky pre celú výrobnú dávku. Výber materiálu platne, prípadne jeho povrchová úprava, sú dôležité z hľadiska rôznych katalytických vlastností, ktoré sa môžu prejaviť rozdielnymi leptacími rýchlosťami. Z tohoto hľadiska je najvhodnejším materiálom povrch čistého, prípadne anodizovaného hliníka.

Postup podľa príkladu 2 môže byť kombinovaný s konvenčným leptaním, resp. stripovaním fotorezistu, pri ktorom sa uplatňuje bombardovanie vzoriek iónmi. To sa dá uskutočniť externým ovládaním elektricky vodivého spojenia kovových podložiek s uzemnenou elektródou.

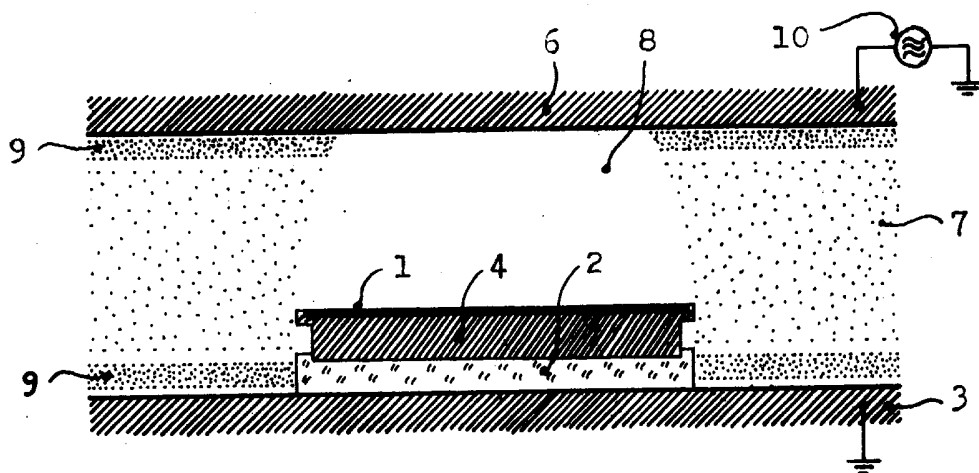
P R E D M E T V Y N Á L E Z U

225 425

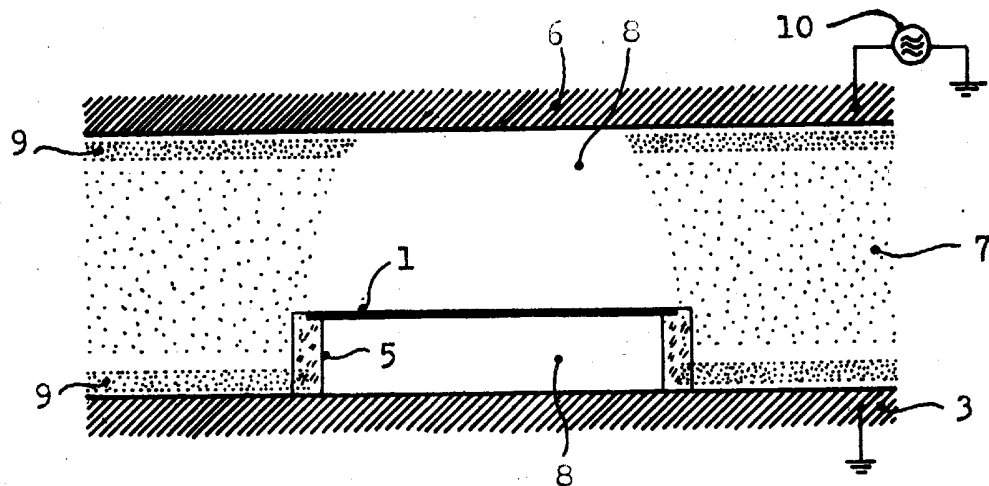
Spôsob selektívneho plazmochemického leptania vrstiev mikroelektronických materiálov, deponovaných na oxide kremičitom, v plazmových zariadeniach s planárnou geometriou elektród, vyznačený tým, že na elektródu sa umiestnia podložky z elektroizolačného materiálu, na ktoré sa uložia leptané vzorky a do výbojovej komory sa vpúšťa freón s prímесou 3 až 50 objemových percent kyslíka tak, aby v ustálenom prietokovom režime bol celkový tlak plynu v komore najmenej 30 Pa a potom sa v tomto prostredí vytvorí výbojová plazma, ktorej pôsobením sa vzorky leptajú.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3