



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

206947
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
C 23 C 1/10

(22) Přihlášeno 13 09 79
(21) (PV 6197-79)

(40) Zveřejněno 15 09 80
(45) Vydáno 01 07 84

(75)

Autor vynálezu

KRAUS VLADIMÍR ing. CSc., KRAUSOVÁ ALENA, RAMAJZL KAREL
ing., STÖCKELOVÁ JAROSLAVA ing. a VONŠOVSKÁ JANA, PRAHA

(54) Způsob vytváření přilnavého niklového kontaktu křemíkových polovodičových součástek

Vynález se týká způsobu vytváření přilnavého niklového kontaktu křemíkových polovodičových součástek bez negativního ovlivnění technicko-fyzikálních parametrů těchto součástek.

Bezproudivé niklování je jedním z nejstarších způsobů přípravy ohmických kontaktů k výkonovým křemíkovým polovodičům. Obvyklý postup sestává ze tří základních operací, a to z bezproudivého poniklování křemíkových desek, ze zažhnutí této vrstvy niklu za vzniku silicidu a z bezproudivého vyloučení vnější vrstvy niklu, umožňující pájení na měkko. V současné době se uplatňuje zejména tam, kde je měkké pájení křemíku k vnějším, například molybdenovým elektrodám technicky a ekonomicky výhodné, tj. především u menších součástek. U těchto osvědčuje bezproudivé vytváření niklový kontakt své přednosti – nízký kontaktní odpor silicidu niklu na styku s křemíkem (zejména typu N) a malou náročnost, pokud se týká potřebného zařízení.

Vlastní postup bezproudivého niklování křemíku se obvykle zakládá na lázni známého složení (M. V. Sullivan, J. H. Eigler; J. Electrochem. Soc., 33, 1957, 226):

NiCl ₂ ·6H ₂ O	30 g/l
NaH ₂ PO ₂ ·H ₂ O	10 g/l
NH ₄ Cl	50 g/l
citronan amonný	65 g/l

kteřá účinně pracuje při teplotách 80 až 100 °C po adjustaci pH čpavkem na hodnotu 10 až 11.

V dosavadní praxi kontaktování výkonových křemíkových součástek našel dále uplatnění alkalický fosfornanový aktivátor složení:

NaH ₂ PO ₂ ·H ₂ O	20 až 30 g
KOH (30 %)	210 ml
H ₂ O	100 až 800 ml,

v němž se křemíkové desky po předchozím zbavení oxidů v kyselině fluorovodíkové a po případném maskování planární struktury fotorezistem krátce zpracovávají při teplotě 50 až 65 °C před prvním niklováním. Zažhávání první niklové vrstvy se provádí ve vakuových pecích při teplotě do 700 °C při různých režimech ohřevu a ochlazování – podle konstrukčních podmínek jednotlivých pecí. Před druhým niklováním se již povrch křemíku zpravidla neaktivuje.

Nedostatky dosud aplikovaných postupů – nízká spolehlivost a reprodukovatelnost – vynikají zejména ve spojení s některými progresivnějšími metodami technologie zpracování křemíkové desky s Pn-přechody, jmenovitě s difuzí fosforu z plynné fáze a s používáním leštěných povrchů křemíkových desek při výrobě některých součástek. Hlavní závady spočívají v nedostatečném pokovení obou vodivostních typů vedle sebe, v tvorbě puchýřů při zažhávání a v nízké přilnavos-

206947

ti niklových vrstev (zejména druhé vrstvy), projevující se často až v průběhu následující operace měkkého pájení, kdy je již možnost opravy vadných výrobků prakticky vyloučena.

Výše uvedené nedostatky dosavadních postupů odstraňuje způsob vytváření přilnavého niklového kontaktu podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že oleptání křemíkových desek před niklováním se provádí ve 20 % až nasyceném vodném roztoku fluoridu amonného NH_4F buďto po dobu 1 až 3 minut při pokojové teplotě, anebo po dobu 10 až 30 s při teplotě 90 až 100 °C, zažihávání následně vytvořené niklové vrstvy probíhá při teplotě 450 až 700 °C ve vakuu vyšším než 0,0133 Pa, přičemž rychlost ohřevu na tuto teplotu je vyšší než 17 °C za minutu a po ukončení prodlevy na této teplotě je rychlost ochlazování menší než 5 °C za minutu, načež následuje oleptání křemíkových desek ve 20 % až nasyceném vodném roztoku fluoridu amonného NH_4F buďto po dobu 1 až 3 minut při pokojové teplotě anebo po dobu 10 až 30 s při teplotě 90 až 100 °C a na vzniklý silicid niklu se vyloučí druhá niklová vrstva v lázni upravené přísadou 20 % až nasyceného vodného roztoku fluoridu amonného NH_4F v množství do 30 g na litr.

Příprava niklového kontaktu na křemíkových deskách postupem podle vynálezu se vyznačuje velmi dobrou spolehlivostí a reprodukovatelností, výsledný kontakt je celistvý, adhezí a dobře vhodný k pájení. Zavedení tohoto postupu není náročné ani z hlediska pracnosti ani z hlediska nebezpečí případných negativních účinků lidského činitele.

Dokonalé úpravy povrchu křemíku bezprostředně před niklováním (tj. až po případném nanesení fotorezistové masky), resp. na jeho počátku se dosahuje koncentrovaným vodným roztokem fluoridu amonného (NH_4F), který za studena není vůči běžným druhům fotorezistu agresivní. Tento roztok se používá jednak jako leptací činidlo, nejvhodněji aplikované

- a) u křemíkových desek s maskovanou planární strukturou (např. u tyristorů) při pokojové teplotě, a to při operaci prvního niklování bezprostředně před aktivací ve výše zmíněném alkalickém aktivátoru a při operaci druhého niklování bezprostředně před vložením do niklovací lázně;
- b) u nemaskovaných křemíkových desek (např. u diod) za tepla (při 90 až 100 °C) vždy bezprostředně před vložením do niklovací lázně (při prvním niklování zde odpadá jakákoliv potřeba další aktivace);

a jednak jako přísada přímo do niklovací lázně výše uvedeného složení, zejména při druhém niklování.

Redukční schopnost fosforanu sodného v niklovací lázni se zvyšuje, jestliže se při přípravě této lázně rozpouští ve vodě odděleně od ostatních přísad a směšují se pak až připravené vodné roztoky.

Optimální tloušťka první niklové vrstvy na kře-

míkových deskách leží v rozmezí 0,8 až 1,3 μm . Při těchto tloušťkách se při aplikaci postupu podle vynálezu bezpečně dosahuje pokovení obou vodivostních typů vedle sebe, avšak nehrozí ještě samovolné odlupování niklového povlaku, jaké se objevuje při větších tloušťkách, zejména na leštěných površích. Zároveň je takto tlustá vrstva prvního niklu po následujícím zažhnutí spolehlivým podkladem pro vyloučení adhezí vrstvy druhého niklu. U druhé niklové vrstvy leží optimum tloušťky z hlediska dostatečné přilnavosti i náležité jakosti pokovení v mezích 0,6 až 1,1 μm .

Při zažhávání první niklové vrstvy hraje důležitou úlohu rychlost ohřevu i rychlost ochlazování. Je-li rychlost ohřevu na žhací teplotu příliš nízká, hrozí nebezpečí vzniku puchýřů: proto se rychlost ohřevu volí od 17 °C/min. výš. Rychlost ochlazování má vliv na výsledné, zejména závěrné vlastnosti křemíkových součástek; je-li tato rychlost vysoká, vznikají v křemíku vnitřní pnutí, případně i mikrotrhliny. Vhodná rychlost ochlazování leží pod 5 °C, a to až na teplotu v okolí 500 °C; další ochlazování již může být rychlejší.

Příklad 1

Křemíkové desky s PNPN strukturou (po tyristory) se po oleptání v kyselině fluorovodíkové a po fotolitografickém maskování nepokovovaných (tj. nekontaktovaných) ploch fotorezistem, leptají 3 min. ve 33 % roztoku fluoridu amonného při pokojové teplotě. Po oplachu ve vodě se aktivují 1 min. ve fosforanovém alkalickém aktivátoru výše uvedeného složení při teplotě 52 až 55 °C a bezprostředně poté se bezproudově niklují po tak dlouhou dobu, aby tloušťka vrstvy činila přibližně 0,8 až 1,3 μm . Po smytí rezistové masky se desky vloží do vakuové pece, průměrnou rychlostí okolo 50 °C/min. se ohřejí na teplotu 450 až 700 °C, na níž setrvají po dobu 30 min. Poté se ponechají pomalu chladnout průměrnou rychlostí okolo 2 °C/min. na teplotu 500 °C; další chladnutí již může být rychlejší.

Po opětovném nanesení fotorezistové masky na nekontaktované plochy se desky leptají 3 min. ve 33 % roztoku fluoridu amonného při pokojové teplotě a poté bez oplachu se vloží do niklovací lázně výše uvedeného složení, upraveného přísadou 75 ml/l zásobního 33 % roztoku fluoridu amonného. V této lázni se niklují po tak dlouhou dobu, aby výsledná tloušťka vrstvy dosáhla opět přibližně 0,6 až 1,1 μm .

Příklad 2

Křemíkové desky s PN přechodem a s leštěným povrchem se po oleptání v kyselině fluorovodíkové a praní v deionizované vodě ponoří na 15 s. do 33 % roztoku fluoridu amonného o teplotě cca 98 °C (těsně pod bodem varu) a bez oplachu pak vloží do bezproudové niklovací lázně výše uvedeného složení, kde se vytvoří vrstva tloušťky přibližně 1 μm . Zažhnutí této vrstvy probíhá stejně jako ve výše uvedeném příkladě 1. Další zpracování spočívá

opět v leptání 15 s. ve 33% roztoku fluoridu amonného o teplotě cca 98 °C, po němž bez oplachu následuje vložení do niklovací lázně výše uvedeného složení, upraveného přísadou 75 ml/l

zásobního 33% roztoku fluoridu amonného. Tloušťka druhé niklové vrstvy činí opět přibližně 1 μm .

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob vytváření přilnavého niklového kontaktu křemíkových polovodičových součástek bezproudovým niklováním, kdy bezprostředně před vlastním prvním niklováním se křemíkové desky oleptají a vrstva vytvořená následujícím niklováním se zažihne, vyznačený tím, že oleptání křemíkových desek před niklováním se provádí ve 20% až nasyceném vodném roztoku fluoridu amonného NH_4F buďto po dobu 1 až 3 min. při pokojové teplotě, anebo po dobu 10 až 30 s. při teplotě 90 až 100 °C, zažihávání následně vytvořené niklové vrstvy probíhá při teplotě 450 až 700 °C ve vakuu

vyšším než 0,0133 Pa, přičemž rychlost ohřevu na tuto teplotu je vyšší než 17 °C/min. a po ukončení prodlevy na této teplotě je rychlost ochlazování menší než 5 °C/min., načež následuje leptání křemíkových desek ve 20% až nasyceném vodném roztoku fluoridu amonného NH_4F buďto po dobu 1 až 3 min. při pokojové teplotě, anebo po dobu 10 až 30 s. při teplotě 90 až 100 °C a na vzniklý silicid niklu se vyloučí druhá niklová vrstva v lázni upravené přísadou 20% až nasyceného vodného roztoku fluoridu amonného NH_4F v množství do 30 g na litr.