



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

233012

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³

H 01 L 21/02
H 01 L 21/22
H 01 L 21/38

(22) Přihlášeno 14 09 83
(21) (PV 6689-83)

(40) Zveřejněno 17 07 84

(45) Vydáno 15 08 86

(75)

Autor vynálezu

ZAMASTIL JAROSLAV RNDr., ŠIMKO TIMOTEJ ing., ŠTÖCKELOVÁ JAROSLAVA ing.,
PRAHA

(54) Způsob výroby polovodičových diod

Vynález se týká způsobu výroby polovodičových diod na bázi monokrystalického křemíku typu N, při kterém se nejprve provede jednostranná difúze Al z roztoku $Al/NO_3/3$ v ethanolu nebo vodě s využitím jednostranného maskovacího účinku lesklého povrchu Si a Si deskami uloženými ve sloupci horizontálně na sobě, potom následuje oboustranná difúze donorů např. fosforu z plynné fáze. Potom se povrchová polovodičová vrstva typu N přiléhající k polovodičové vrstvě typu P, vytvořené difúzí Al, odstraní leptáním v třísložkové směsi kyselin $HNO_3 : HF : CH_3COOH$ v poměru 4:2:4. Dále následuje difúze B do polovodičové vrstvy typu P z naneseného vodného nebo alkoholového roztoku H_3BO_3 s obsahem 2,5 až 5 % H_3BO_3 a s příměsí 1 až 3 % $Al/NO_3/3$, přičemž jsou křemíkové desky, uložené ve sloupci horizontálně na sobě, orientované shodnými stranami stejného typu vodivosti k sobě a po skončení difúze se sloupce Si desek rozleptají v HF.

Vynález se týká způsobu polovodičových diod na bázi monokrystalického křemíku s vodivostí typu N. Výkonové polovodičové diody se v současné době vyrábí celo/difúzní technologií. Cílem je vytvoření polovodičové struktury s přechodem PN a krajními, vysoce legovanými emitorovými vrstvami P^+ a N^+ . Přechod PN včetně přilehlých vrstev typu P a N zajišťuje požadované vlastnosti závěrné, vysoce legované emitorové vrstvy P^+ , resp. N^+ přiléhající vrstvám P, resp. N zajišťují vlastnosti propustné. Technologickým problémem je vytvoření jednotlivých vrstev v daném uspořádání, tj. daného typu vodivosti, koncentrace aktivních příměsí a hloubek s vysokou plošnou homogenitou a reprodukovatelností, současně s minimalizací počtu nezbytných vysokoteplotních operací, spotřeby chemikálií, pracnosti a energie a maximálním využitím základního monokrystalického materiálu. Z uspořádání jednotlivých vrstev diodové struktury s alternujícím typem vodivosti vyplývá nutnost zařazení operací jejichž účelem je buď chránit (maskovat) vybranou část polovodičového materiálu proti difúzi elektricky aktivních příměsí, nebo vrstvu polovodičového materiálu obsahující tyto příměsi odstranit. Proto jsou na povrchu polovodičového materiálu vytvářeny (např. oxidací nebo nitridací) maskující tenké vrstvy, které jsou pomocí fotolitografických nebo jiných známých technik jednostranně orientovaně odstraněny a difúze aktivních příměsí probíhá pouze do nechráněné strany, nebo jsou do technologického procesu zařazeny operace jednostranného odbrušování nebo odleptávání difúzních vrstev.

Zásadní nevýhodou využití technologie maskujících vrstev je nutnost vysokoteplotní oxidace, příp. nitridace a jejich následného jednostranného odstranění, což vede ke zvýšení technologické a energetické náročnosti a pracnosti. Požadavek vysoké homogenity maskujících vrstev vyžaduje vertikální uložení destiček v nosníku a tím jejich zvýšené mechanické namáhání a zvýšené nároky na kapacitu zařízení, obecně pak zařízení této vysokoteplotní operace zvyšuje riziko možné nežádoucí kontaminace polovodičového materiálu. Využití technologie odstranění difundované vrstvy vede k nemalým ztrátám drahého monokrystalického materiálu, které činí až 35 %, navíc je dodržení předepsaných tolerancí při odstraňování vrstev obtížné, v případě odbrušování vyžaduje speciální drahé zařízení.

Specifikem technologie výroby výkonových polovodičových součástek je vzhledem k požadovaným závěrným schopnostem do 4 až 5 a více kV nutnost využít difúze Al, případně Ga k vytvoření vysokonapěťového přechodu PN a nelze použít vysoce legovanou vrstvu P^+ vytvořenou např. difúzí B ke sdružení vysokonapěťového a emitorového přechodu P^+N . Splnění požadavku dobrých propustných vlastností je podmíněno vysokou povrchovou koncentrací emitorových vrstev P^+ a N^+ s vysokou plošnou homogenitou, což vyžaduje u velkoplošných polovodičových výkonových struktur použití technologie difúze z plynné fáze. To vede k nutnosti vertikálního uložení křemíkových desek v nosníku, které zvyšuje jejich mechanické namáhání při vysokoteplotních operacích a zvyšuje nároky na kapacitu zařízení. Navíc reakční zplodiny při difúzích korozně napadají nezbytné aparatury a křemenné přípravky a snižují jejich životnost a způsobují lepení křemíkových desek k přípravkům s následným mechanickým poškozením při vyjmutí.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje způsob výroby polovodičových diod podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že při vytváření polovodičové struktury diody se nejprve provede jednostranná difúze Al z roztoku $Al/NO_3/3$ v etanolu nebo vodě s využitím jednostranného maskovacího účinku lesklého povrchu Si s Si deskami uloženými v sloupci horizontálně na sobě.

Potom následuje oboustranná difúze donorů např. fosforu z plynné fáze, načež se povrchová polovodičová vrstva typu N přiléhající k polovodičové vrstvě typu P, vytvořená difúzí Al, odstraní leptáním v tříslůžkové směsi kyselin $HNO_3 : HF : CH_3COOH$ v poměru 4:2:4 a dále následuje difúze B do polovodičové vrstvy typu P z naneseného vodného nebo alkoholového roztoku H_3BO_3 s obsahem 2,5 až 5 % H_3BO_3 a s příměsí 1 až 3 % $Al/NO_3/3$, přičemž jsou křemíkové desky uloženy v sloupci horizontálně na sobě, orientované shodnými stranami stejného typu vodivosti k sobě a po skončení difúze se sloupce Si desek rozleptají v HF.

Způsob výroby polovodičových diod podle vynálezu zcela vylučuje z technologie výroby vytváření ochranných maskovacích vrstev a nutnost jejich jednostranného odstranění, což vede k zásadnímu zjednodušení technologického procesu, úsporám energie s vyloučením rizika nežádoucí kontaminace základního materiálu a s úsporou pracnosti a chemikálií při jejich dalším zpracování. Polovodičová struktura diody je vytvořena pouze třemi vysokoteplotními operacemi, z toho dvě nevyžadují žádné aparatury pro přípravu nosných plynů. Horizontální uložení Si desek ve sloupcích dovoluje maximálně využít kapacit difúzních pecí a snižuje mechanické namáhání Si desek na minimum.

Použití difúze fosforu z plynné fáze při přípravě N^+ emitorové vrstvy a vysoké koncentrace H_3BO_3 v roztoku naneseného difúzantu při vytváření P^+ emitorové vrstvy difúzí zaručuje jejich vysokou povrchovou koncentraci a plošnou homogenitu, která zajišťuje vysokou injekční účinnost emitorů a tím velmi dobré propustné vlastnosti.

Způsob provedení difúze B má samomaskující schopnost. Počet difúzí z plynné fáze je redukován na jednu a zmenšují se tak požadavky na vybavení difúzního pracoviště. Aplikací oboustranné difúze fosforu je dále využito s vysokou efektivností známých schopností fosforem vysoce dotovaných povrchových vrstev extrahovat případné nežádoucí nečistoty z objemu polovodiče do povrchových vrstev a do fosforsilikátové skloviny přítomné na povrchu polovodičové struktury při difúzi a tím příznivě ovlivňovat fyzikální vlastnosti objemu monokrystalického křemíku.

Použití tří složkového leptacího roztoku a vyšší leptací rychlostí v N^+ typu umožňuje snadnou regulaci odleptání N^+ vrstvy za strany P, díky zpomalení reakce při leptání polovodičové vrstvy typu P. Další výhodou odleptání je odstranění narušené vrstvy při povrchu, které umožňuje zmenšení vzdálenosti N^+ a P^+ vysoce legovaných vrstev a tím zvýšení proudové zatížitelnosti a přetížitelnosti při zachování závěrných vlastností.

Příklad způsobu výroby

Si desky s jednostranně broušeným a jednostranně alkalicky leptaným povrchem se vyperou v deionizované vodě v ultrazvukovém poli a oleptají se ve směsi $HCl : H_2O_2 : H_2O$ v poměru 2:4:8. Na broušenou stranu Si desek se nanese 3 % roztok $Al/NO_3/3$ v alkoholu, desky se složí horizontálně do sloupců nanesenými stranami k sobě na křemenný přípravek a provede se difúze při teplotě $1250^\circ C$ po dobu 20 hodin. Po vyjmutí z difúze Al, oleptání v HF a praní v deionizované vodě v ultrazvuku, následuje difúze fosforu z P_2O_5 v proudě N_2 s příměsí O_2 při teplotě $1230^\circ C$ po dobu 2 hodin. Vzniklé fosforsilikátové sklo se po difúzi fosforu odstraní leptáním v HF s následným praním v deionizované vodě v UZ. V dalších operacích se nebroušená strana Si desek ochrání vrstvou rezistu SCR 3:1 zředěného 1:1, vysuší se při $120^\circ C$ a N^+ vrstva z broušené strany se odstraní leptáním ve směsi kyselin $HNO_3 : HF : CH_3COOH$ v poměru 4:2:4 při teplotě $25 \pm 3^\circ C$ po dobu 120 ± 20 s.

Po výběrové kontrole povrchového odporu a typu vodivosti na odleptané straně se odstraní ochranná vrstva rezistu smytím v toluenu a ve směsi H_2SO_4 a H_2O_2 . Na Si desky vyprané v deionizované vodě v ultrazvuku se nanese vrstva difúzantu 3 % H_3BO_3 s příměsí 1,5 % $Al/NO_3/3$ v alkoholu, desky se složí do sloupce shodnými stranami k sobě a v horizontální poloze se provede difúze B při teplotě $1250^\circ C$ po dobu 2 hodin. Po skončení difúze následuje rozleptání destiček v HF a praní v deionizované vodě. Dále se Si desky zpracují některým ze známých způsobů na výslednou diodu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob výroby polovodičových diod zejména výkonových na bázi monokrystalického křemíku typu N s použitím známých způsobů praní a čištění mezi jednotlivými technologickými operacemi, vyznačený tím, že při vytváření polovodičové struktury diody se nejprve provede jednostranná difúze Al z roztoku $Al/NO_3/3$ v etanolu nebo vodě s využitím jednostranného maskovacího účinku lesklého povrchu Si s Si deskami uloženými ve sloupci horizontálně na sobě, potom následuje oboustranná difúze donorů např. fosforu z plynné fáze, načež se povrchová polovodičová vrstva typu N přiléhající k polovodičové vrstvě typu P, vytvořené difúzí Al, odstraní leptáním v třísložkové směsi kyselin $HNO_3 : HF : CH_3COOH$ v poměru 4:2:4 a dále následuje difúze B do polovodičové vrstvy typu P z naneseného vodného nebo alkoholového roztoku H_3BO_3 s obsahem 2,5 až 5 % H_3BO_3 a s příměsí 1 až 3 % $Al/NO_3/3$, přičemž jsou křemíkové desky uloženy ve sloupci horizontálně na sobě, orientované shodnými stranami stejného typu vodivosti k sobě a po skončení difúze se sloupce Si desek rozleptají v HF.