



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

207200
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 L 21/46

(22) Přihlášeno 25 02 80
(21) (PV 1255-80)

(40) Zveřejněno 15 09 80

(45) Vydáno 01 07 84

(75)

Autor vynálezu

ONHEISER PAVEL ing., a VOJTÍK ZDENĚK ing., ROŽNOV POD RAD-
HOŠTĚM

(54) Způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek

Vynález se týká způsobu výroby polovodičových součástek vytvářených planárně epitaxní technologií. Řeší způsob přípravy funkčních vrstev bipolární struktury součástek s vysokými nároky na bezzávadnou funkci a součástek s vysokou hustotou integrace.

Bipolární integrované obvody vyráběné v současné době jsou zpracovávány složitým technologickým procesem na bázi difúzní a fotolitografické technologie. V jednotlivých technologických krocích procesu výroby se postupně vytváří v polovodičovém materiálu oblasti typu N a P přes příslušné masky vytvořené fotolitografickým procesem. V prvním kroku se vytvoří vrstva kysličníku křemíku a fotolitografickým procesem maska utopených N^+ vrstev, dále se vytvářejí difúzní N^+ vrstvy. Následuje růst funkční epitaxní N vrstvy, vytváření maskovací vrstvy kysličníku křemíku, masky izolací a difúzní izolační vrstvy. Vlastní funkční prvky – tranzistory a odpory – se tvoří v dalších krocích: maskování bází tranzistorů a odporů, difúze bázevé vrstvy, vytváření maskovací vrstvy kysličníku křemíku, maskování emitorů, difúze emitorů, zesilování emitorového oxidu popřípadě stabilizace povrchu křemíku, maskování kontaktů, vytváření metalizace a fotolitografie propojovací metalizační sítě obvodů. Dále je v technologickém postupu

zařazena operace pokrývání povrchu ochrannou (pasivační) vrstvou a fotolitografie expandovaných kontaktů, respektive při dvojúrovňovém typu metalizace se vytváří další vrstva hliníku, fotolitografie hliníku II, pokrytí ochrannou vrstvou a fotolitografie horní úrovně expandovaných kontaktů.

Pro funkci součástek jsou rozhodující parametry tranzistorů a odporů vytvořených fotolitografickou a difúzní technologií v následných operacích difúze bází a difúze emitorů po provedení příslušných fotolitografických maskování. Difúzní technika používaná v procesu výroby integrovaných obvodů umožňuje nastavení žádaných parametrů struktury v mezích, které již nevyhovují vysokým požadavkům kladeným na technologii integrovaných obvodů s vysokým stupněm integrace. Především regulace (nastavení) proudového zesilovacího činitele h_{FE} tranzistorů a plošný odpor aktivní báze činí potíže, přičemž kontrola nastavení těchto parametrů během operace nebo mezioperačně je nemožná nebo nepřesná.

Dalším faktorem, zhoršujícím kvalitu vytvářených integrovaných obvodů, je samotná technologie následné difúze emitorů dotujícím prvkem, která způsobuje v oblasti pod emitorem zvýšení difúzního koeficientu bóru v bázevé oblasti. PN přechod báze–kolektor „uniká“ před NP přecho-

dem emitor—báze do hloubky epitaxní vrstvy. Tento efekt (dip- nebo push-efekt) omezuje parametr U_{CE} tranzistorů, hodnota plošného odporu aktivní báze R_B se stává neregulovatelnou a zvyšuje se výskyt difúzních trubcových svodů „pipes“. Zvýšení tloušťky epitaxní vrstvy není možné, protože ta je limitována stupněm integrace a rozměrem čipu součástky. Naopak snížení hloubky tranzistorové struktury prokazatelně vede ke zhoršení parametrů tranzistorů a podstatnému snížení výtežnosti integrovaných obvodů. Tato limitace použitelné hloubky tranzistorové struktury vyplývá rovněž z charakteru mechanismu difúze fosforu a bóru. Vrstevné poruchy generované vysokou koncentrací fosforu u povrchu báze vrstvy v hloubce okolo $0,7 \mu m$ od povrchu křemíku způsobují rovněž poruchy tranzistorové struktury tzv. trubcové svody typu „pipes“.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob výroby podle vynálezu. Křemíková deska typu P (1 až 10 Ohmcm) se podrobí oxidaci a vytvoření fotolitografické masky pro difuzi N^+ utopených oblastí běžných pro vytvoření vysokovodivé vrstvy kolektorové strany tranzistorů. Po ukončení difúze utopených oblastí se na substrátových křemíkových deskách vytvoří maska pro oblasti izolační difúze prováděné nejlépe vakuovou difúzí boru (z hlediska vysoké maskovací schopnosti SiO_2 masky vůči difúzi boru v inertní atmosféře), a potom se vytvoří spodní (ponořená) vakuová difúze boru pro vstřícnou difúzi izolačních oblastí. Potom se odstraní maskovací vrstvy kysličníku křemíku a provede epitaxní růst vrstvy typu N takovým způsobem, který zaručí minimální autodoping epitaxní vrstvy z vytvořených N^+ a P^+ oblastí v substrátu. Po epitaxním růstu se vytvoří vrstva kysličníku křemíku definované tloušťky, do které se fotolitografickým procesem vytvoří maska oblastí emitorů a kolektorů. Potom se dalším fotolitografickým procesem vytvoří sdružená maska bázevých, odporových a izolačních oblastí ve fotoresistivní vrstvě, která zůstává pro následující implantaci iontů boru a arsenu zachována.

V dalším technologickém kroku se postupně provede iontová implantace arsenu a boru. Energie implantace arsenu je volena tak, aby vrstva kysličníku křemíku spolehlivě maskovala implantaci arsenu, zatímco energie iontů ^{11}B je volena tak, aby nejméně 80 % dózy prošlo maskou kysličníku křemíku, ale současně neprošel žádný iont ^{11}B maskou fotoresistu, vytvořenou na vrstvě kysličníku křemíku. Implantace se provádí při jediném implantačním cyklu. Po odstranění masky fotoresistu bázevých, odporových a izolačních oblastí a depozici ochranné vrstvy kysličníku křemíku proti vydifundování atomů arsenu z implantovaných oblastí se provede současně rozdifundování implantovaných vrstev v inertní atmosféře takovým způsobem, že se vytvoří izolační oblasti propojením horní implantované vrstvy a spodní (ponořené) difundované vrstvy izolací, bázevých a odporových oblastí, implantované skrz maskovací

vrstvu kysličníku křemíku a definované tloušťce a emitorové oblasti, implantované do otvorů ve vrstvě kysličníku křemíku.

Po tomto technologickém kroku se provede sleptání deponované vrstvy kysličníku křemíku (neselektivně) za účelem odkrytí oblastí emitorů a kontaktů kolektorů. Do odhalených oblastí se přes zachovanou masku kontaktů kolektorů a emitorů ve vrstvě kysličníku křemíku provede mělká difúze fosforu ke zvýšení povrchové koncentrace oblastí pro zajištění kontaktů budoucí metalické vrstvy integrovaných obvodů. Při difúzi vzniklá vrstva fosforsilikátového skla se neselektivně odleptá a nanese vrstva stabilizačního kysličníku křemíku dotovaného příměsí kysličníku fosforečného P_2O_5 .

Potom se známým způsobem vytvoří otvory pro kontakty metalizační vrstvy, nanese metalizační vrstva, vytvoří propojovací síť pomocí fotolitografického procesu, nanese ochranná vrstva dielektrika, otvory pro expandované kontakty, popřípadě i další – druhá – úroveň metalizační sítě.

Způsobem podle vynálezu se dosáhne snížení vydifundování utopené difúzní oblasti vstříc bázevých oblastí vlivem zkrácení doby vysokoteplotního zpracování součástek a z toho vyplývajících snížení vlivu N^+ utopených oblastí na parametr U_{CE} tranzistorů.

Namísto dip-efektu, projevujícího se u současných struktur, se vytvoří efekt „vtažení“ (retardace) báze pod emitorovou oblastí a vytvoření naprosto rovinné aktivní báze tranzistoru, což zvyšuje emisní účinnost, zvyšuje odolnost proti degradačnímu průrazu, zvyšuje hladinu parametru U_{CE} a zlepšuje poměr parametrů $h_{FE} : R_B$.

Určením poměru dózy báze ku dóze emitorů a režimem teplotního zpracování implantovaných dávek jsou přesně určeny rozhodující vlastnosti struktury integrovaného obvodu R_{SB} , R_{SE} , R_B a h_{FE} .

Sjednocení technologických kroků simultánního maskování emitorů a bází, implantace a simultánní difúze bází, izolací a emitorů zjednoduší a zkrátí proces realizace struktur integrovaných obvodů velké integrace.

Snížení hloubky tranzistorové struktury a snížení vydifundování utopené N^+ oblasti, které z navrhovaného postupu vyplývá, umožní snížení celkové tloušťky epitaxní vrstvy a také zvýšení stupně integrace.

Dále se dosáhne zvýšení přesnosti a reprodukovatelnosti parametrů vrstev, které vyplývá z použití implantace iontů a z dosahovaných zlepšení vlastností takových struktur uvedených výše vyplývá zvýšení výtežnosti aktivních prvků a součástek a celkové snížení nákladů na výrobu bipolárních integrovaných obvodů velké integrace.

Způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek podle vynálezu je popsán na obr. 1 až 6.

Vstupním polotovarem je křemíková deska typu P 1 s difúzně vytvořenou N^+ utopenou oblastí 2,

pokrytá vrstvou kysličníku křemíku s otvory pro vytvoření P^+ oblasti 3. Vakuovou difúzí boru se vytvoří oblasti typu P^+ 4. Na takto připraveném substrátu se vytvoří epitaxní vrstva typu N 5, která se pokryje termickou oxidací vrstvou kysličníku křemíku 6, která musí mít definovanou tloušťku. Fotolitografickým postupem se ve vrstvě kysličníku křemíku 6 vytvoří maska kysličníku křemíku emitorů 7 a kontaktů kolektorů 8. Na takto připravený povrch se vytvoří maska fotorezistu báze a izolace 9. Dále se provede implantace arsenu do epitaxní vrstvy 5, přes masku kysličníku křemíku emitorů 7, čímž se vytvoří vrstva implantovaného emitoru 10. Implantací boru do oblastí vymezených fotorezistivní maskou báze a izolace 9 a přes vrstvu kysličníku křemíku s maskou emitoru 7 se vytvoří vrstva implantované izolace 11 a vrstva implantované báze 12. Po odstranění fotorezistivní masky báze a izolace 9 se deponuje vrstva ochranného kysličníku křemíku 13. Provede se současně rozdifundování boru a arsenu v inertní atmosféře, přičemž se vzájemně propojí spodní 15 a horní 14 oblasti izolace, čímž se vytvoří izolované oblasti a konečná vertikální struktura konstrukčních prvků integrovaných obvodů respektive tranzistorů: oblast neaktivní báze 16, oblast aktivní báze 17, a oblast emitoru 18. Po sleptání depono-

vané vrstvy kysličníku křemíku 13 se provede mělká difúze fosforu přes otvory ve zbylé vrstvě kysličníku křemíku s maskou emitoru 7 a kontaktu kolektorů 8 pro dosažení lepšího kontaktu s metalickou vrstvou. Vrstva fosforsilikátového skla, která vznikla při tomto procesu, se odleptá a na povrch se nanese vrstva krycího a stabilizačního kysličníku křemíku dotovaného příměsí P_2O_5 22. Pak se standardním postupem dokončí struktura součástky.

Tento způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek lze upravit následujícím způsobem: Na substrát zpracovaný uvedeným způsobem až po vytvoření vrstvy kysličníku křemíku 6 se fotolitografickým postupem vytvoří maska fotorezistu báze a izolací 9. Po provedení implantace boru přes vrstvu kysličníku křemíku 6 se odstraní fotorezistivní maska 9 a vytvoří maska emitoru 7 a kontaktu kolektorů 8. Po provedení implantace arsenu se dokončení struktury provede již popsaným způsobem.

Zvýšení planarity povrchu vrstev kysličníku křemíku lze dosáhnout tím, že vytvořená vrstva fosforsilikátového skla 21 se zesílí následnou termickou oxydací ve vodních parách tak, že se vytvoří planární povrch 22.

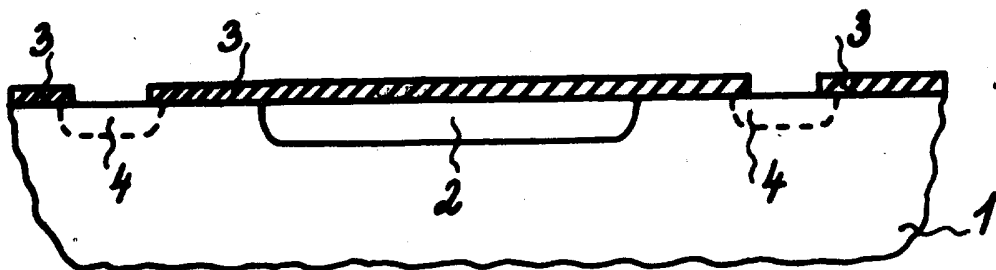
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek, vyznačený tím, že na křemíkové desce typu P s difúzně vytvořenou N^+ utopenou oblastí (2), pokryté vrstvou kysličníku křemíku s otvory pro vytvoření P^+ oblastí (3) se difundují oblasti typu P^+ (4), potom se po odstranění masky kysličníku křemíku (3) vytvoří epitaxní vrstva typu N (5), která se pokryje vrstvou kysličníku křemíku (6), ve které se fotolitografickým postupem vytvoří maska kysličníku křemíku emitorů (7) a kontaktů kolektorů (8), na kterou se vytvoří maska fotorezistů báze a izolace (9), potom se implantací arsenu do epitaxní vrstvy (5) přes emitorový otvor masky (7) vytvoří vrstva implantovaného emitoru (10) a implantací boru do oblastí vymezených maskou fotorezistu báze a izolací (9) přes tenkou vrstvu kysličníku křemíku s maskou emitorů (7) a kolektorů (8) se vytvoří vrstva implantované izolace (11) a implantované báze (12), potom se po odstranění masky fotorezistu báze a izolace (9) deponuje vrstva kysličníku křemíku (13) a provede se současně rozdifundování boru a arsenu v inertní atmosféře tak, že se vytvoří oblasti izolace (14), (15), oblast neaktivní báze (16), oblast aktivní báze (17) a oblast emitoru (18), potom se provede sleptání deponované vrstvy kysličníku křemíku (13), po kterém se difúzí fosforu přes otvory ve vrstvě kysličníku křemíku s maskou emitoru (7) a kontaktu kolektorů

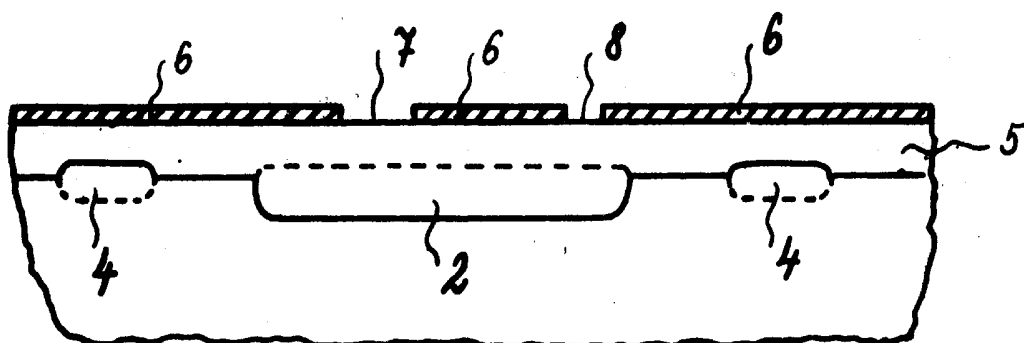
(8) vytvoří obohacená mělká N^+ vrstva kontaktů kolektorů (19) v epitaxní vrstvě typu N (5) a obohacená mělká N^+ vrstva kontaktů emitorů (20) v oblasti emitorů (18), potom se vytvořená vrstva fosforsilikátového skla (21) odleptá a nanese se vrstva krycího a stabilizačního kysličníku křemíku dotovaného příměsí P_2O_5 (22), potom se vytvoří otvory pro kontakty a provede metalizace.

2. Způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek podle bodu 1, vyznačený tím, že se na vrstvu kysličníku křemíku (6) fotolitografickým postupem vytvoří maska fotorezistu báze a izolace (9), potom se implantací boru do oblastí vymezených maskou fotorezistu báze a izolací (9) přes tenkou vrstvu kysličníku křemíku (6) vytvoří implantovaná vrstva báze (12) a implantovaná vrstva izolací (11), potom se odstraní maska fotorezistu báze a izolací (9) a fotolitografickým postupem vytvoří maska kysličníku křemíku emitorů (7) a kontaktů kolektorů (8), přes kterou se vytvoří implantovaná vrstva arsenu.

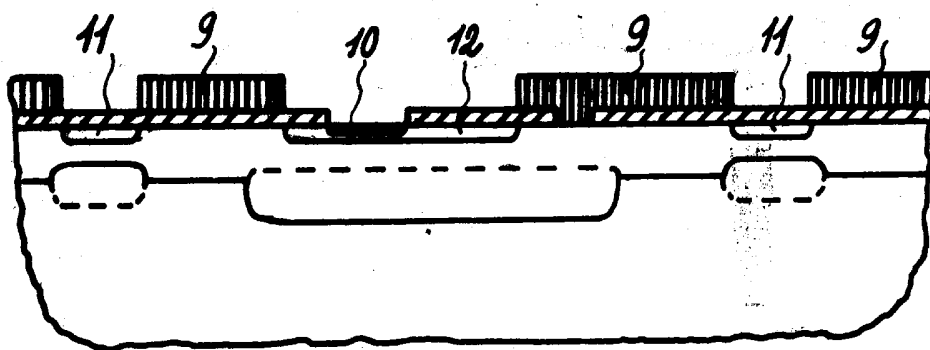
3. Způsob výroby tranzistorové struktury polovodičových součástek podle bodů 1 a 2, vyznačený tím, že vytvořená vrstva fosforsilikátového skla (21) se zesílí následnou termickou oxydací křemíku ve vodních parách tak, že se vytvoří planární povrch vrstev kysličníku křemíku (22).



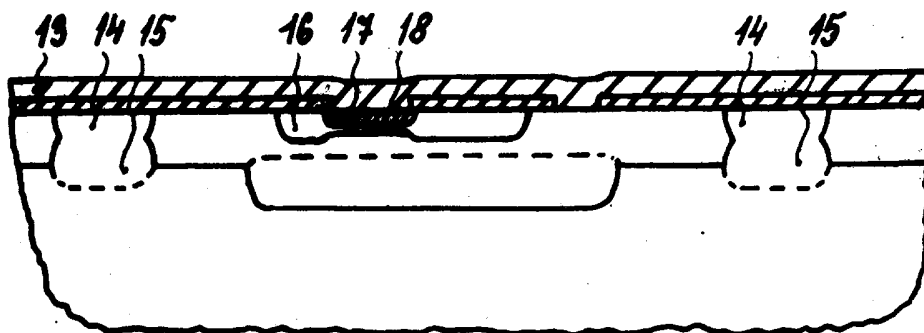
Obr. 1



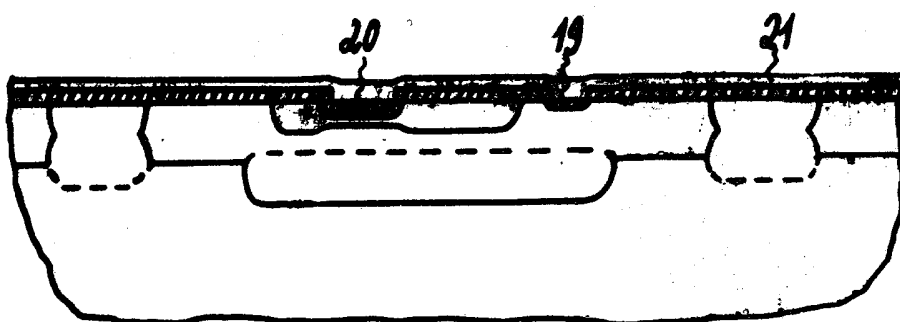
Obr. 2



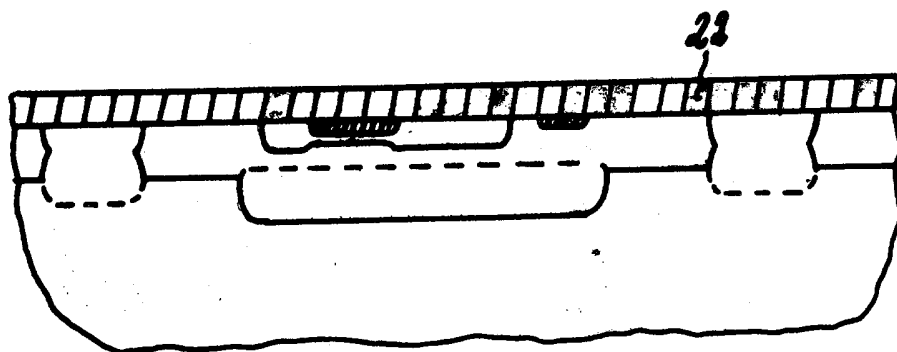
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6