



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 200 553

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 21 04 72
(21) PV 2716 72

(51) Int. Cl. H 01 L 21/312

/32//31//33/ Právo přednosti od 21 04 71
/WP H 01 1/154 559/ Německá
demokratická republika

(40) Zveřejněno 31 07 79
(45) Vydáno 30 11 82

(75)

Autor vynálezu DRESCHER KURT prof.dr., DRÁŽDANY / NDR

(54) Způsob výroby bipolárních planárních tranzistorů

1

Vynález se týká způsobu výroby bipolárních planárních tranzistorů užitím principů samočinného zaujímání poloh masek a substrátu, opatřeného oblastí báze, zhotovenou difuzí, jakož i nad ní vyloučenou vrstvou nitridu křemíku Si_3N_4 s vrstvou kysličníku křemičitého SiO_2 které se opatřují strukturou pomocí fotolitografických postupů a selektivně působících leptacích prostředků.

Je znám způsob, u něhož je pomocí přídavné maskovací pomocné vrstvy z nitridu křemíku Si_3N_4 dosaženo samočinného zaujímání polohy emitorových okének bipolárních tranzistorů. Přitom je využito rozdílných leptacích vlastností nitridu křemíku Si_3N_4 a kysličníku křemičitého SiO_2 , dále je současně užito okének ve vrstvě kysličníku křemičitého SiO_2 a v nad ní ležící vrstvě nitridu křemíku Si_3N_4 , která jsou uplatněna pro emitorovou difuzi, jako okének kontaktních. Okénka pro kontaktování oblastí báze jsou zhotovena v odděleném maskovacím procesu. Celkem je k tomu užito dvou fotolakových masek, které musí být uvedeny do přesné polohy navzájem, jakož i ke strukturám, již existujícím na substrátu.

Tímto způsobem mohou být vzhledem k eliminaci chyb přiřazení následkem samočinného zaujímání poloh s velmi malou plochou, zejména velmi úzké, avšak celá chyba přiřazení vyvstává při uvolnění okének pro kontakty báze. Následkem toho musí být při dimenzování plochy báze brána v úvahu tato tolerance, čímž musí být zvolen rozměr oblasti báze větší, než je vlastně nutné. To je nevýhodné, neboť se vzrůstem plochy báze vzrůstá kapacita mezi kolek-

torem a bází a klesá mezní frekvence tranzistorů. Kromě toho se na základě chyby přiřazení kontaktu báze mění odpor báze pro jednotlivé tranzistory na destičce, resp. na různých destičkách a tím též jejich elektrické parametry.

Účel vynálezu spočívá v dalším zmenšování rozměrů oblasti báze a z něho vyplývajících zlepšení mezní frekvence tranzistorů, jakož i ve zvýšení samotného výrobního výnosu při dalším snížení rozměrů.

Z toho plyne technická úloha, a to změnit vedení procesu tak, aby kromě samočinného zaujímání polohy okének emitorových kontaktů docházelo současně též k samočinnému zaujímání polohy okének kontaktů báze, tj., aby okénka kontaktů báze byla pevně přiřazena okénkům emitoru a tím též oblasti emitoru. Kromě toho má být redukován počet fotomaskovacích procesů které vyžadují velmi přesné přiřazení k již existujícím strukturám.

Tato technická úloha je vyřešena tím, že ve vrstvě nitridu křemíku Si_3N_4 se současně vytváří okénka jak pro emitorovou difuzi, tak i pro kontakt báze, přičemž následně se v případě, kdy je okénko kontaktu báze zakryté fotolakovou ulpívající maskou, odstraní užitím ulpívající masky z nitridu křemíku Si_3N_4 vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 z okénka emitorové difuze a difuzí se vytvoří oblast emitoru, načež se též z okénka kontaktu báze odstraní vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 a následně se provede vyloučení kovu za účelem zhotovení kontaktů.

Způsob podle vynálezu dále spočívá v tom, že substát je z křemíku a okénka v ulpívající masce jsou místo vyloučené vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 uzavřena vrstvou křemičitanu, vznikajícího působením tepla během difuze báze, přičemž během emitorové difuze se okénko pro emitorovou difuzi znovu uzavře vrstvou křemičitanu, dále se tato vrstva křemičitanu odstraní současně s vrstvou křemičitanu za účelem uvolnění křemíku v kontaktních okénkách.

Další výhodná myšlenka podle vynálezu se vyznačuje tím, že se během selektivního procesu leptání za účelem odstranění vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 z okénka kontaktu báze zakryje okénko pro emitorovou difuzi fotolakovou maskou.

Jednou z dalších vlastností způsobu podle vynálezu je skutečnost, že během odstranění křemičitanových vrstev z okénka kontaktů báze, respektive z okénka pro emitorovou difuzi, se leptacímu prostředku vystaví nejprve jedno okénko, zatímco druhé okénko se zakryje fotolakovou maskou, přičemž po odstranění této fotolakové masky se odstraní též křemičitanová vrstva druhého okénka.

Další význak vynálezu spočívá v tom, že po odstranění křemičitanové vrstvy z okénka kontaktů báze přitom, kdy jsou emitorová okénka ještě uzavřena křemičitanovou vrstvou, nastává difuze při vysoké povrchové koncentraci donorů, které vytvářejí stejný typ vodivosti, který již vykazuje oblast báze, načež se potom uvolní jak emitorová okénka, tak i okénka kontaktů báze.

Je obzvláště nutné poznamenat, že pomocí druhé a podmíněné nutné třetí fotolakové masky nejsou žádné struktury fixovány, ale jsou pouze zakrývány struktury již vytvořené. Následkem toho nehrají přitom tolerance přiřazení podstatnou roli, tj., přesnost přiřazení musí být pouze relativně malá. Vhodnou volbou rozměrů elementů struktury v odpovídajících

fotošablonách a přípustných tolerancí přiřazení je nutno při respektování rozměrů místků v masce Si_3N_4 , které vzájemně oddělují okénka kontaktů báze a emitoru, pouze zaručit, aby při těchto obou maskovacích procesech bylo vždy jedno okénko zcela volné a druhé bylo naproti tomu zcela zakryto.

Zhotovení kontaktů a emitorové oblasti a oblasti báze nastává známým způsobem vyloučením a strukturací kovové vrstvy.

Následkem rozšíření samočinného zaujímání poloh též na okénka kontaktů báze je možné dále redukovat rozměry oblastí báze tranzistorů ve srovnání s doposud známými způsoby a tím tedy zvyšovat mezní frekvenci, jakož i zvyšovat reprodukovatelnost elektrických parametrů a tím i výrobní výnos. Dále je maximální přesnost přiřazení požadovaná pouze pro jeden fotomaskovací proces, z čehož rovněž vyplývá zvýšení výrobního výnosu a kromě toho, pokud je za určitých podmínek rovněž zapotřebí jen dvou maskovacích procesů - vyšší produktivita. Pro případ, kdy musí být vzhledem ke stavu techniky užito třetího přídavného fotomaskovacího procesu, způsobí tento proces pouze zvýšení výrobních nákladů a hodnot, pro tento proces typické, avšak nezmenšuje jiné uvedené výhody, jako např. výrobní výnos. Neboť kvóta chyb, nastávající následkem chyb maskování, charakteristická pro fotomaskovací procesy, je zde bezvýznamná, neboť je prováděno selektivní leptání kysličníkem křemičitým SiO_2 , přičemž vzhledem k nad ním ležící ulpívající masce z nitridu křemíku Si_3N_4 jsou vyloučena chybná leptání následkem chyb v fotolakové masce.

V následujícím příkladu je vynález vysvětlen na dvou příkladech provedení, přičemž na příslušných výkresech znázorňuje:

obr.1 výrobu npn tranzistoru užitím z vnějšku nanášené vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 a

obr.2 výrobu npn tranzistoru užitím termické vrstvy kysličníku, vzniklé ze substrátu.

Podle obr. 1a je polovodičový monokrystal 1 s vodivostí typu n, který je v dalším textu označován jako substrát, a který obsahuje oblast báze 2 s vodivostí typu p a je pokryt difuzní ulpívající maskou 4, nutnou pro difuzi báze, opatřen na velké ploše nejprve vrstvou 5 kysličníku křemičitého SiO_2 a tloušťce cca 0,1 μm a potom vrstvou nitridu křemíku Si_3N_4 o tloušťce 0,1 až 0,2 μm . Nanesení vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 a nitridu křemíku Si_3N_4 je provedeno naprášením nebo vyloučením z fáze páry. Následně je vrstva nitridu křemíku Si_3N_4 pokryta fotolakovou maskou 2, jejíž poloha je vzhledem k oblasti báze stanovena s nejvyšší přesností, a pomocí procesu leptání podrobena strukturaci, tj. opatřena okénky, čímž vzniká ulpívající maska 8 nitridu křemíku Si_3N_4 . Jako leptacího prostředku je příkladně užito hypofosfátu amonného / $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ /, který odstraňuje vrstvu nitridu křemíku Si_3N_4 velkou rychlostí, avšak pod ní ležící vrstvu kysličníku křemičitého SiO_2 rychlostí leptání podstatně nižší. Fotolaková maska 2 obsahuje jak strukturu okénka 13 emitorového kontaktu 12, které současně slouží jako difuzní okénko pro emitorovou difuzi, tak i strukturu okénka 14 kontaktu báze, takže obě struktury jsou od počátku navzájem pevně přiřazeny a při následujících fotomaskovacích procesech nemůže dojít k výskytu žádných chyb přiřazení, jak je tomu u doposud známých způsobů výroby.

V daném případě musí být pro leptání ulpívající masky 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 užito pomocné masky, která není na výkrese znázorněna a která sestává z vrstvy kovu nebo kysličníku, za účelem eliminace obtíží při přímém leptání okének fotolakovou maskou 10. Přitom lze užít kovů jako např. wolfram, molybden nebo nikl.

Ve druhém procesu leptání musí být pro přípravu emitorové difuze uvolněno okénko 13 pro emitorovou difuzi, zatímco pod okénkem 14 kontaktu báze ulpívající masky 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 nesmí být odstraněna vrstva 5 kysličníku křemičitého SiO_2 , zabráňující difuzi / obr. 1b /. Za tímto účelem je povrch zakryt druhou fotolakovou maskou 10 pro leptání okének emitorové difuze, přičemž nezakryta zůstávají pouze okénka 13 pro emitorovou difuzi. V následujícím procesu leptání je odstraněna vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 v okénku 13 emitorové difuze, přičemž ulpívající maska 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 způsobí maskování a fotolaková maska 10 uzavírá pouze okénka 14 kontaktů báze. K tomu je jako leptacího prostředku užito příkladně pufrového roztoku chloridu amonného a kyseliny fluorovodíkové, který ulpívající masku z nitridu křemíku Si_3N_4 téměř nezmění. Při tomto procesu leptání vzniká ulpívající maska 6 z kysličníku křemičitého SiO_2 pro emitorovou difuzi. Vzhledem k tomu, že fotolaková maska 10 sama neurčuje polohu a dodržení rozměru struktur okénka, může být její přiřazení k ulpívající masce 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 relativně nepřesné. Maximálně povolená chyba přiřazení $\pm \delta$, která respektuje chyby užité sady fotošablon, jakož i chyby polohy fotošablon vzhledem ke strukturám, již fixovaným na substrátu, je určena šířkou dělicího proužku 21 mezi okénkem kontaktů emitoru a báze. Tato šířka musí být větší nebo nejméně rovna 2δ . Pod touto podmínkou a za předpokladu, že příslušné okénko ve fotolakové masce 10 je na všech stranách o hodnotu δ větší než okénko 13 v ulpívající masce 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 , je bezpečně dokonale uzavřeno okénko 14 kontaktu báze zatímco okénko 13 emitorové difuze zůstává otevřeno.

Po odstranění fotolakové masky 10 nastává proces emitorové difuze, přičemž difundací donorů vzniká emitorová oblast s vodivostí typu n. Následkem laterální difuze vstupuje pn-přechod pod vrstvu kysličníku na povrch polovodičového monokrystalu, takže při následném zhotovení kovových kontaktů nemůže vzniknout krátké spojení emitor - báze.

Před opatřením kontakty musí být ještě odstraněna vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 z okénka 15 kontaktu báze / obr. 1c /. Též v tomto procesu leptání určuje opět ulpívající maska z nitridu křemíku Si_3N_4 rozměry a polohu okénka 15 kontaktu báze. Přitom vzniká z ulpívající masky 6 z kysličníku křemičitého SiO_2 pro emitorovou difuzi ulpívající maska 7 kysličníku křemičitého SiO_2 s kontaktními okénky. Za účelem zabránění podleptání v okénku kontaktu emitoru, z něhož je právě odstraněna vrstva kysličníku, následuje další maskování pomocí třetí fotolakové masky 11 pro leptání okénka kontaktu báze, pro jejíž toleranci přiřazení platí též aspekty jako pro fotolakovou masku 10. Tato fotolaková maska 11 má pouze význam při velmi malých hloubkách vnikání emitoru, kde by mohlo následkem podleptání dojít ke zkratům emitor - báze, přičemž může však při správné volbě tloušťky vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 a dob leptání odpadnout.

Po uvolnění okének kontaktů a odstranění fotolakové masky 11 nastává vyloučení kovové vrstvy, a níž je strukturací zhotoven emitorový přípoj 16 a přípoj 17 báze. Ulpívající

maska 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 může být před vyloučením kovu odstraněna, je však účelně ponechávána.

Tohoto způsobu se užívá tehdy, nelze-li chemickou přeměnou povrchu převodivého materiálu, příkladně tepelnou oxydací, zhotovit vrstvy, zabranující difuzi a působící pasivně, resp. jsou-li difuzní procesy vedeny tak, že nevznikají žádné vrstvy tohoto druhu. Při užití křemíku jako substrátu 1 může být sklovitých křemičitanových vrstev, které vznikají při difuzním procesu, užito na místě vrstvy 2 kysličníku křemičitého SiO_2 . Tento způsob, který se z hlediska maskovacích procesů neliší od popisu právě popsaného, je v následujícím textu popsán ve spojení s obr. 2.

Vychází se z křemíkového substrátu, jehož povrch je pokryt ulpívající maskou 4 pro difuzi báze, přičemž okénka pro difuzi báze pro výrobu oblastí báze 2 jsou uzavřena sklovitou vrstvou křemičitanu, 18, příkladně vrstvou křemičitanu bóru, vznikající při difuzním procesu. Na tomto povrchu je vyloučena vrstva nitridu křemíku Si_3N_4 a - Jak bylo již popsáno - vyrobena užitím fotolakové masky 9 ulpívající maska 8 z nitridu křemíku Si_3N_4 / obr. 2a /. Po zakrytí fotolakovou maskou 10 je selektivním leptáním odstraněna vrstva 18 křemičitanu z okénka 13 pro emitorovou difuzi, čímž vzniká křemičitanová maska 19 pro emitorovou difuzi / obr. 2b /.

Během emitorové difuze je okénko 13 pro emitorovou difuzi znovu uzavřeno sklovitou vrstvou křemičitanu 20, příkladně vrstvou křemičitanu fosforu. Po maskování fotolakovou maskou 11 je uvolněno okénko 15 kontaktu báze / obr. 2c /. Po odstranění fotolakové masky 11 se provádí vyleptání vrstvy 21 křemičitanu z okénka kontaktu emitoru. K tomuto účelu není nutné nové maskování fotolakem, neboť se rychlostí leptání vrstev křemičitanu bóru a fosforu, které převážně vznikají při výrobě npn tranzistorů, dostatečně liší, takže není nutno se obávat podleptání v okénku kontaktu báze.

Při výrobě pnp-tranzistorů musí na základě rozdílných rychlostí leptání fotolaková maska 11 pokrýt okénko 14 kontaktu báze a okénko 13 pro emitorovou difuzi nechat volné, aby byla nejprve za účelem uvolnění kontaktního okénka odstraněna v tomto místě existující vrstva 20 křemičitanu bóru, která vykazuje podstatně menší rychlost leptání než vrstva křemičitanu fosforu.

Je rovněž možné, vytvořit přídatným difuzním procesem pod kontaktem báze oblast s vysokou povrchovou koncentrací. To je zejména důležité u n-vodivých oblastech báze pro výrobu uzavírání prostého nízkohodnotného kontaktu. Za tímto účelem je prováděna difuze donorů, resp. u oblastí s vodivostí typu p akceptorů s velkou povrchovou koncentrací při malé hloubce vnikání do otevřeného okénka 15 báze / srovnej obr. 2c / , přičemž okénko 13 pro emitorovou difuzi je uzavřeno vrstvou křemičitanu 20.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob výroby hipolárních planárních tranzistorů užitím principů samočinného zaujímání poloh masek a substrátu, opatřeného oblastí báze, zhotovenou difuzí, jakož i nad ní vyloučenou vrstvou nitridu křemíku Si_3N_4 a vrstvou kysličníku křemičitého SiO_2 , které se opatřují strukturou pomocí fotolitografických postupů a selektivně působících leptacích

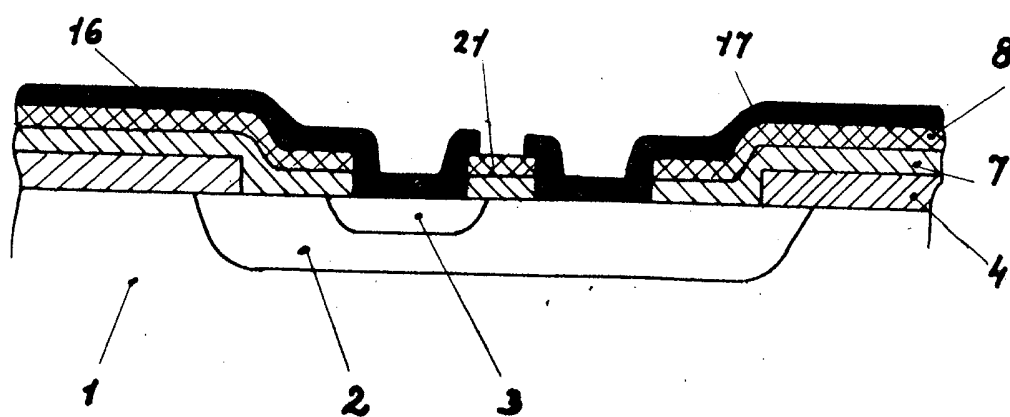
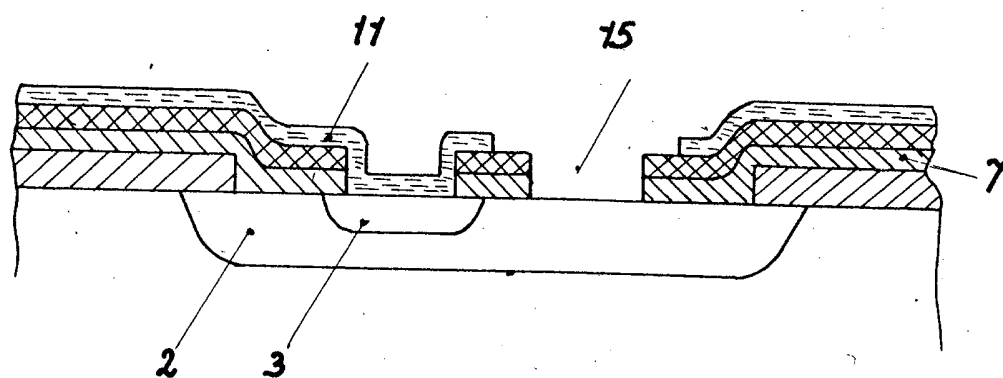
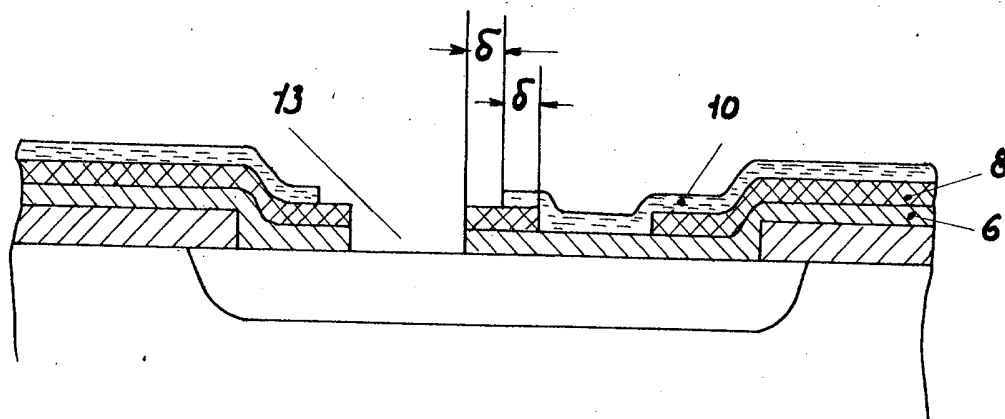
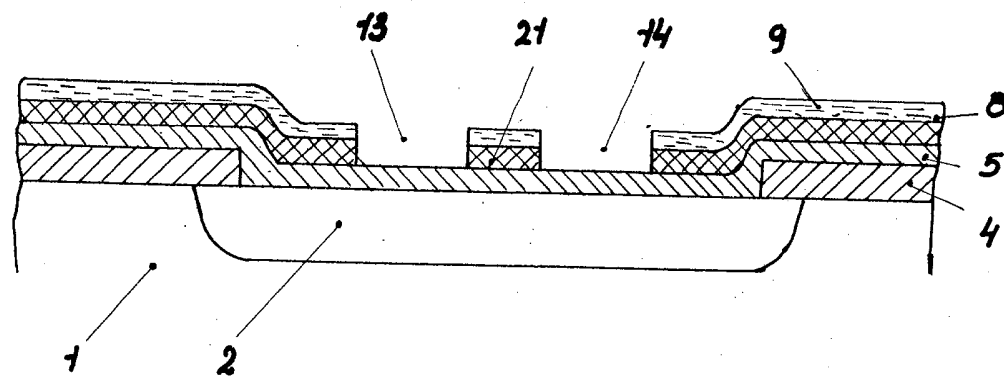
prostředků, vyznačený tím, že ve vrstvě nitridu křemíku Si_3N_4 se současně vytvoří okénka / 13, 14 / jak pro emitorovou difuzi, tak i pro kontakt báze, přičemž následně se při zakrytém okénku / 14 / u kontaktu báze fotolakovou ulpívající maskou / 10 / , odstraní užitím ulpívající masky / 8 / z nitridu křemíku Si_3N_4 vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 z okénka / 13 / emitorové difuze a difuzí se vytvoří oblast emitoru / 3 / , načež se též z okénka / 15 / kontaktu báze odstraní vrstva kysličníku křemičitého SiO_2 a následně se provede vyloučení kovu .

2. Způsob podle bodu 1 , vyznačený tím, že substrát / 1 / je z křemíku a okénka v ulpívající masce / 4 / jsou místo vyloučené vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 / 5 / uzavřena vrstvou křemičitanu, vznikajícího působením tepla během difuze báze, přičemž během emitorové difuze se okénko / 13 / pro emitorovou difuzi znovu uzavře vrstvou křemičitanu / 19 / , načež se tato vrstva křemičitanu / 19 / odstraní současně s vrstvou / 18 / křemičitanu .

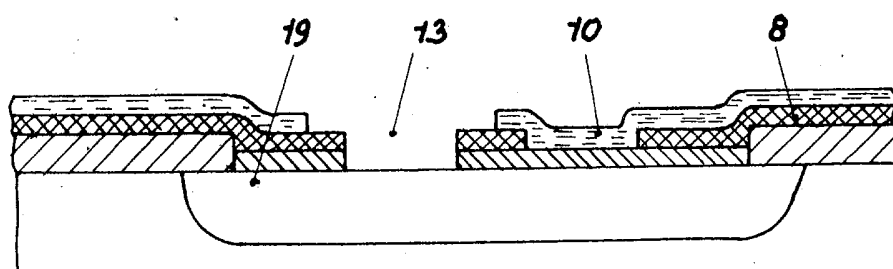
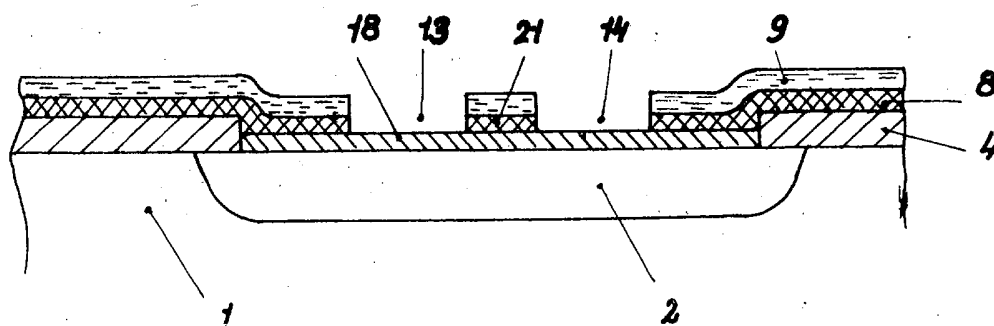
3. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se během selektivního procesu leptání za účelem odstranění vrstvy kysličníku křemičitého SiO_2 z okénka / 15 / kontaktu báze zakryje okénko / 13 / pro emitorovou difuzi fotolakovou maskou / 11 / .

4. Způsob podle bodu 2, vyznačený tím, že během odstranění křemičitanových vrstev / 18, 20 / z okénka / 15 / kontaktů báze respektive z okének / 13 / pro emitorovou difuzi, se působení leptacího prostředku vystaví nejprve jedno okénko / 15 / , zatímco druhé okénko / 13 / pro emitorovou difuzi se zakryje fotolakovou maskou / 11 / , přičemž po odstranění této fotolakové masky se odstraní též křemičitanová vrstva druhého okénka / 13 / .

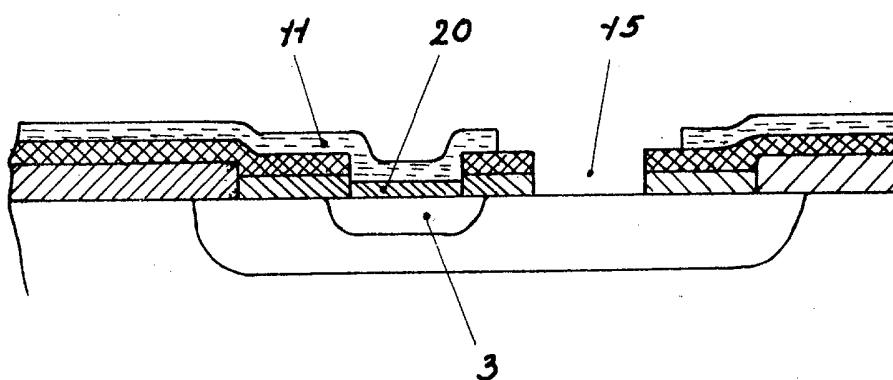
5. Způsob podle bodu 4, vyznačený tím, že po odstranění křemičitanové vrstvy / 18 / z okének / 15 / kontaktů báze přitom, kdy jsou emitorové okénka ještě uzavřena křemičitanovou vrstvou / 20 / , nastává difuze při vysoké povrchové koncentraci donorů, které vytvářejí stejný typ vodivosti, který již vykazuje oblast / 2 / báze, načež se poté uvolní jak emitorová okénka, tak i okénka kontaktů báze.



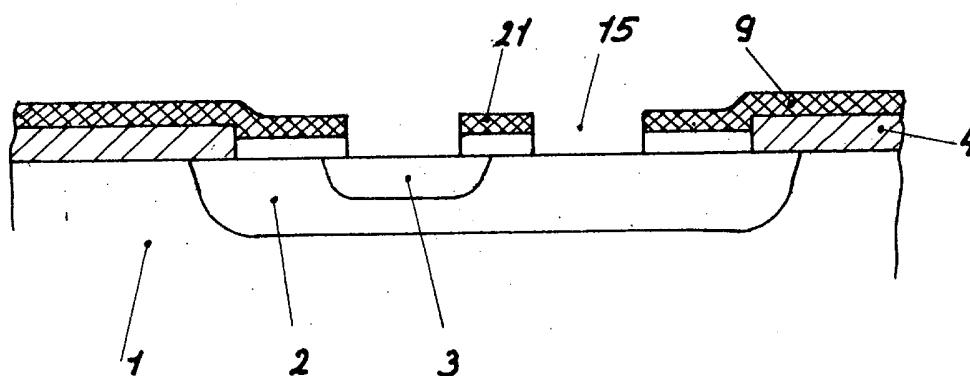
Obr. 1



b



c



d

Obr. 2