



Přihlášeno 16. VIII. 1961 (PV 5027-61)

MPT H 01 1

Vyloženo 15. IX. 1963

ÚŘAD PRO PATENTY
A VYNÁLEZY

Vydáno 15. II. 1964

DT 621.314.63

Právo k využití vynálezu přísluší státu podle ustan. § 3 odst. 6 zák. č. 34/1957 Sb.

Inž. GUSTAV PÍŠA, inž. SVATOPLUK ŠEBEK a inž. dr. JAROMÍR VINOPAL
všichni PRAHAPájka pro spojení destičky monokrystalického křemíku, se zpevňující
kovovou elektrodou

1

Monokrystalický vysoce čistý křemík je velmi výhodným polovodičovým prvkem pro výrobu usměrňovacích diod, tranzistorů a řízených polovodičových systémů typu na příklad PNPN. Uvedené systémy obsahují jeden nebo více tzv. přechodů PN. Tyto přechody PN, které jsou rozhraním mezi odlišnými typy elektrické vodivosti v krystalu křemíku, lze připravit několika metodami. Z nich jsou nejznámější metody slitinová, difusní a metoda využívající vzniku PN přechodu při tažení monokrystalu.

Způsob přípravy slitinovou metodou je předmětem čs. patentu č. 99 437. Vynález navazuje na tento čs. patent s názvem „Způsob výroby usměrňovacího polovodičového systému s přechody $P^+ - N - N^+$ nebo $N^+ - P - P^+$ na křemíku, pro výkonové usměrňovače“. Podstatou tohoto patentu je, že systém sestávající z monokrystalického křemíku a příslušných elektrod s fóliemi se podrobí žíhání v inertním nebo redukčním prostředí při teplotě od 820°C do 970°C , při kterém proběhne legování a ztavení tohoto systému v jeden celek a vytvoří tak vlastní usměrňující přechod $P - N$ i s přechodem ohmickým, který se zpevní kovovými elektrodami umožňujícími připojení přívodů systému. Vlastní usměrňující přechod $P - N$ a přechod ohmický je vytvořen na destičce z monokrystalického křemíku $0,3-0,5$ mm silné, na jedné straně nalegováním slitiny $\text{Al} - \text{Sn}$ ($5-20\%$ Sn) nebo

2

$\text{Al} - \text{In}$ ($3-10\%$ In) a na druhé straně nalegováním slitiny Ag , Pb , Ge a Sb (nejméně 5% Pb, $2,5\%$ Ge, $0,3\%$ Sb a zbytek Ag). Slitiny se ztavují ve formě a kombinaci nejvýše dvou $0,05-0,2$ mm silných fólií z binárních slitin potřebného složení a velikosti, přičemž ztavení a legování se provádí pod mírným tlakem cca $15-25$ g na cm^2 účinné plochy přechodu.

Difusní metoda spočívá v difuzi nečistot způsobujících opačný typ vodivosti základního materiálu. Do materiálu typu N difundují akceptory (B, Al, Ga, In, Tl), do materiálu typu P donory (P, As, Sb). Tyto nečistoty difundují do křemíku buď přímo z prvků, nebo ze sloučenin a látek, které je obsahují. Difuze může probíhat z fáze plynné, kapalně nebo pevné. Velmi rozšířená je difuze násobná, která využívá rozdílných difusních koeficientů akceptorů a donorů a dále difuze přes kyslíčníky křemíku.

Metoda používaná při tažení monokrystalu má několik modifikací:

- a) změna typu vodivosti základního materiálu přidavkem vhodné legury během tažení;
- b) změna původní vodivosti změnou podmínek tažení (rychlost tažení, rychlost rotace apod.).

Obě metody, jak difusní, tak metoda tažení, umožňují získat velmi tenké přechodové vrstvy, což je důležité u složitých

struktur, které obsahují několik přechodů PN. Pro výkonové elementy je výhodnější, vzhledem k nižším elektrickým ztrátám, metoda difusní než metoda tažení.

Různé metody přípravy PN přechodů, aplikované na výchozím materiálu typu vodivosti P nebo N, poskytují vzájemnou kombinaci několik desítek až set možných způsobů výroby složitých polovodičových struktur. Z nich uvádíme jen základní typy u diod obr. 1 a u tranzistorů — obr. 2. Typ vodivosti, označený křížkem, znamená oblast s větší koncentrací aktivní nečistoty, které se používá podle návrhu Halla a Dunlapa.

Uvedené struktury jsou obsaženy v destičkách křemíku silných jen několik desetin mm. Z důvodů zvýšení mechanické pevnosti proti otřesům a tepelným dilatacím a pro snadné pájení přívodních kontaktů jsou tyto destičky přitavovány vhodnou slitinou k elektrodám z molybdenu, tantalu nebo wolframu.

Podle předloženého vynálezu je tento úkol řešen použitím slitiny Ag, Pb, Ge a X (nejméně: 5 % Pb; 2,5 % Ge; 0,1 % X a zbytek Ag), která vznikne během legování ztavením dvou fólií binárních, po případě termálních slitin vhodného složení. X je donorová (P, As, Sb, Bi), nebo akceptorová příměs (B, Al, Ga, In, Tl), zesilující typ vodivosti příslušné rekrystalisované vrstvy křemíku. Vzniklá slitina je volena tak, aby dokonale smáčela a spojovala a měla potřebné legující vlastnosti. Elektroda je na druhé volné straně předem pokovená pomocí vhodného kovu, na příklad slitiny stříbra s germaniem.

Žháním systémů podle uspořádání na obr. 3 až 5 při teplotě od 820 do 970° C proběhne přitavení křemíku k elektrodě. Legování lze provádět ve vakuu, inertní nebo redukční atmosféře.

Příklady provedení podle vynálezu:

1. Na obr. č. 3 je schematicky znázorněno uspořádání jednotlivých vrstev v případě využití vynálezu pro výrobu prvku PNP. Destička 1 ze Si typu P, obsahující na příklad difusní vrstvy 2,3 (N) a 4 (P), je přitavena podle vynálezu k molybdenové elektrodě 5 slitinou 6 z Ag, Pb, Ge a Sb. Kontakty 7 — slitina Ag, Ge a 8 — měděný, po případě hliníkový drátek nebo dracoun slouží jako přívody elektrického proudu. Řídící elektroda je označena 9.
2. Na obr. 4 je schematicky znázorněno uspořádání jednotlivých vrstev v případě využití vynálezu pro výrobu tranzistoru NPN⁺. Destička 10 ze Si typu N, s difusními vrstvami 12 (P) a 13 (N), je přitavena podle vynálezu k molybdenové elektrodě 14 slitinou 15 z Ag, Pb, Ge a Sb. Rekrystalisací během legování vznikne silně dotovaná vrstva N⁺ 11. Části 16, 17 a 18 slouží jako vývody kolektoru, emitoru a báze.
3. Na obr. 5 je schematicky znázorněno uspořádání jednotlivých vrstev v případě využití vynálezu pro výrobu difusních diod. Destička 20 ze Si typu N, s nadi-fundovanou vrstvou 22 typu P, je přitavena podle vynálezu k molybdenové elektrodě 23 slitinou 24 z Ag, Pb, Ge a Sb. Rekrystalisací během legování vznikne nízkohmová vrstva N⁺ 21. Části 25 a 26 slouží opět k připojení elementu do elektrického obvodu.

Výhodou vynálezu je, že obvykle používané drahé a deficitní zlato je nahrazeno slitinou stříbra, která je mnohem dostupnější. Další výhodou je, že křemík je nataven při použití vynalezené slitiny do menší hloubky než při použití stejně silné zlaté nebo hliníkové fólie. To umožňuje použití slabších výchozích destiček drahého křemíku a dále nedojde tak snadno k protavení slabých difusních vrstev.

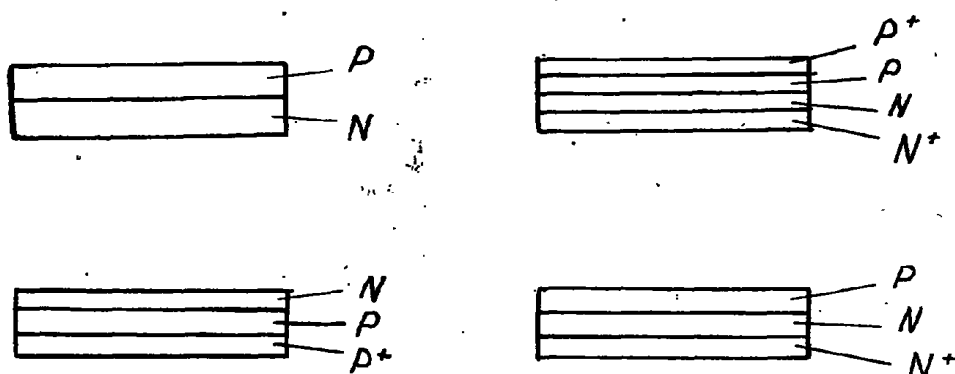
PŘEDMET PATENTU

1. Pájka pro spojení destičky monokrystallického křemíku, se zpevňující kovovou elektrodou, tvořená slitinou nejméně 5 % olova Pb, 2,5 % germania Ge, další složkou X a stříbrem Ag, vyznačená tím, že X je nejméně 0,1 % příměsí posilující typ vodivosti pájené strany křemíkové destičky.

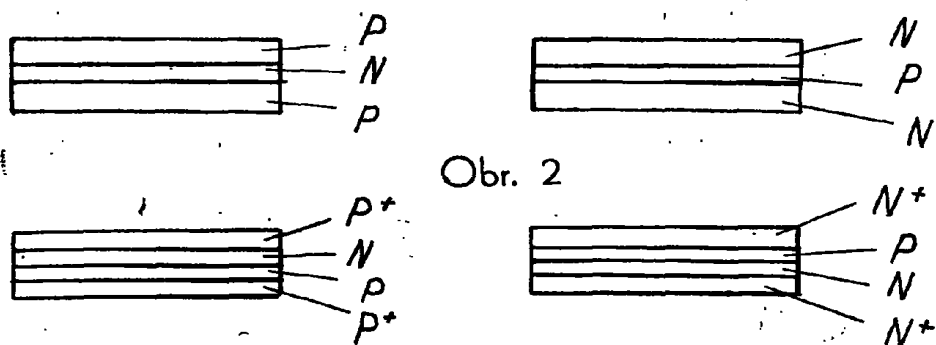
2. Pájka podle bodu 1 vyznačená tím, že příměs je donorová a je tvořena fosforem P nebo arsenem As nebo vizmutem Bi.

3. Pájka podle bodu 1 vyznačená tím, že příměs je akceptorová a je tvořena borem B nebo hliníkem Al nebo galiem Ga nebo indiem In.

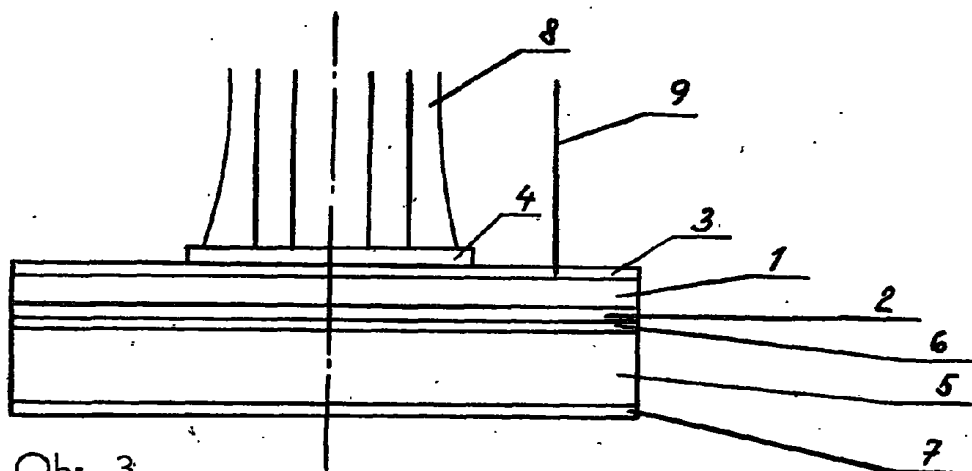




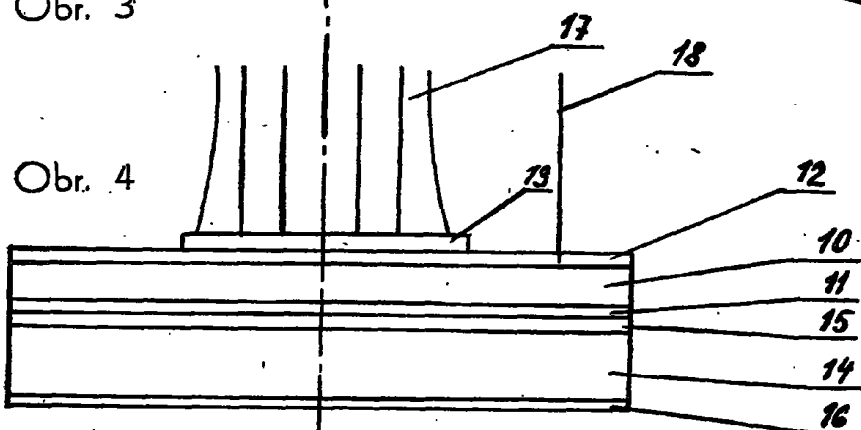
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Obr. 5

