



FEDERÁLNÍ ÚŘAD  
PRO VYNÁLEZY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

273 388

(21) FV 5218-88.Q  
(22) Přihlášeno 21 07 88

(40) Zveřejněno 12 07 90  
(45) Vydáno 27 01 92

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl. 5  
H 01 L 31/0352  
H 01 L 31/105

(75) Autor vynálezu BENC IVO RNDr. CSc., KERHART JAROSLAV ing.,  
KOPECKÝ JOSEF ing., KRČA PAVEL ing.,  
VEVERKA VÁCLAV ing., WEIDNER MIROSLAV ing.,  
WEINOVÁ HANA ing., PRAHA

(54) Křemíkový detektor záření

(57) Řešení se týká křemíkového detektoru záření, určeného pro detekci energetických elektronů nad 500 eV a detekci záření v oblasti 200 až 1 100 nm.

Účelem je pomocí jednoduchého detektoru dosáhnout větší účinnosti pro detekci v široké oblasti záření a při zachování této účinnosti dosáhnout většího průrazného napětí.

Uvedeného účelu se dosáhne tím, že detekční plocha mělké difuze typu P s koncentrací akceptorů  $10^{15}$  až  $10^{17}$  atomů/cm<sup>3</sup> je vytvořena do hloubky 40 až 100 nm, přičemž o jednu šestinu až osminu šířky okrajového sběrného pásu P<sup>+</sup> překrývá tento sběrný pás P<sup>+</sup> o šířce 150 až 300 μm a s koncentrací akceptorů  $10^{20}$  až  $10^{21}$  atomů/cm<sup>3</sup> do hloubky 0,5 až 3 μm, který je pokryt vodivou vrstvou, s výhodu NiCr.

Řešení lze využít v měřicí technice pracující s detekcí rentgenového, elektronového a jiného krátkovlnného záření.

Vanález se týká křemíkového detektoru záření, určeného k detekci energetických elektronů a záření v oblasti 200 až 1 100 nm, tvořeného fotodiodou typu PIN nebo PNN<sup>+</sup>.

Pro detekci záření hlavně v oblasti krátkých vlnových délek se používá fotonásobičů citlivých v této oblasti. Tento způsob však je dosti složitý pro větší rozměry detektoru a náročnější elektroniku, což způsobuje také větší náklady. Proto se místo něho v poslední době častěji používá detekce pomocí fotodiod na bázi křemíku typu PIN. U běžně vyráběných PIN fotodiod se používá pro dosažení požadovaných průrazných napětí poměrně hlubokých přechodů PN, což v případě detekce záření s krátkou vlnovou délkou způsobuje snížení účinnosti detekce tohoto záření v důsledku malé hloubky průniku záření. U PIN fotodiod s malou hloubkou přechodu je sice dosaženo větší účinnosti, ale na úkor malého průrazného napětí a častého výskytu poruch vzniklých při kontaktování. Proto se přistupuje k provedení popsanému například v práci Hirobumi Ouchi: IEEE Electron Devices No.12, 1979. Zde se navrhuje řešení, ve kterém účinná plocha fotodiody s mělkou difusí vytvořená ve vrstvě křemíku, epitaxi nanesené na základní křemíkovém substrátu, je ohraničena sběrným pásem s hlubokou difusí, což za určitých optimálních parametrů účinné plochy s mělkou difusí a sběrného pásu s hlubokou difusí umožní dosáhnout většího závěrného napětí, nižších proudů za tmy a také vyšší responsivity pro UV záření. Podobné řešení je také v patentním spise NSR: DE 2734726. Zde se však jedná o lavinové fotodiody, které mají jiné zaměření a jinou funkci, a tedy také jiné požadované parametry než námi sledovaný detektor záření. Další evropský patentní spis EP 0177918 sice pojednává o detektoru záření, ale tento je provedený zcela odlišnou MOCVD technologií na bázi struktur  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  na safírovém substrátu. V dalších dvou patentních spisech DD 216141 a DD 248000 se navrhuje řešení na jiném fyzikálním principu, ve kterém se nabízí dosažení efektivní detekce UV-záření pomocí tenké izolační oxidové vrstvy a vhodně volené implantace iontů příměsí.

Nevýhodou předchozích řešení detektorů, pokud jsou na křemíkovém substrátu, je v prvním případě obtížné stanovení optimálních hodnot koncentrací příměsí pro kombinovanou difuzi a určení optimálního prostorového uspořádání a profilu nadifundovaných vrstev. Také způsob výroby detektoru vyžadující nanášení epitaxních vrstev je technologicky složitější. Také u dalších postupů vyžadujících vytváření tenkých izolačních vrstev a využívajících implantace jde o postupy technologicky dosti složité a náročné. Výroba detektorů zhotovených MOCVD technologií na bázi struktur  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  vyžaduje značně drahé a málo dostupné technologické zařízení, což se nutně projeví v ceně detektoru.

Uvedené nevýhody odstraňuje křemíkový detektor záření podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že detekční plocha mělké difuze typu P s koncentrací akceptorů  $10^{15}$  až  $10^{17}$  atomů/cm<sup>3</sup> je vytvořena do hloubky 40 až 100 nm, přičemž o jednu šestinu až osminu šířky sběrného pásu překrývá sběrný pás P o šířce 150 až 300 μm s koncentrací akceptorů  $10^{20}$  až  $10^{21}$  atomů/cm<sup>3</sup> do hloubky 0,5 až 3 μm, který je pokryt vodivou vrstvou, s výhodou NiCr.

Výhodou detektoru řešeného podle vynálezu je jeho účinnost detekce s možností volby v poměrně široké oblasti záření 200 až 1 100 nm, při jeho poměrně jednoduchém technologickém provedení, nevyžadujícím mimo jiné například vytváření epitaxní vrstvy, protože přechody se vytváří přímo na křemíkovém substrátu, což navíc podle volby umožní dosažení velmi rychlé odezvy signálu zmenšením kapacity přechodu, využitím celé tloušťky desky křemíkového substrátu z vysokohodnotného materiálu. Navíc se tak zabrání vzniku případných přídavných ohmických odporů. Ve vynálezu uvedené velikosti a hloubky koncentrací a uspořádání sběrného pásu umožňuje dosažení velkých závěrných napětí a nízkých proudů za tmy, což má za následek možnost použití většího pracovního napětí. To je umožněno tím, že se vzniklým zvětšením profilu sběrného pásu hluboké

difuze sníží jeho křivost, a tím se také sníží velikost intenzity elektrického pole, a tedy také zvýší průrazné napětí, a to aniž by se snížila účinnost detekce. Výhodou je také to, že detektor lze zhotovit buď pro detekci záření v oblasti UV záření, opatří-li se povrch detektoru antireflexní vrstvou, anebo pro detekci energetických elektronů, ponechá-li se povrch bez antireflexní vrstvy.

Jako příklad lze uvést křemíkový detektor záření pro detekci energetických elektronů. Vlastní detektor je tvořen deskou monokrystalického křemíku o rozměrech:  $3,8 \times 3,8 \times 0,3$  mm, vodivosti typu N a specifické vodivosti  $1/1\ 000\ \Omega\ \text{cm}$ . Čelní strana této desky je opatřena kruhovou detekční plochou typu P o průměru 2,5 mm a hloubce 40 nm, o koncentraci akceptorů  $10^{16}$  atomů bóru na  $\text{cm}^3$ . Tato detekční plocha je ohraničena kruhovým sběrným pásem typu  $P^+$  o vnějším průměru 2,52 mm, šířce 200  $\mu\text{m}$ , a hloubce 1,5  $\mu\text{m}$ . Tento kruhový sběrný pás je na svém povrchu překryt 500 nm silnou vrstvou NiCr. Odvrácená strana desky detektoru je opatřena 0,4  $\mu\text{m}$  silnou vrstvou  $N^+$ , s koncentrací donorů  $2 \cdot 10^{20}$  atomů fosforu na  $\text{cm}^3$ . Také tato  $N^+$  vrstva je celá překryta 500 nm silnou vrstvou NiCr.

Detektorů podle vynálezu lze využít na příklad v laboratorních měřicích přístrojích v systémech kapalinové chromatografie. Dále lze vynálezu využít v zařízeních s detekcí rentgenového, elektronového a jiného záření.

#### P Ř E D M Ě T    V Y N Á L E Z U

Křemíkový detektor záření pro detekci energetických elektronů nad 500 eV a detekci záření v oblasti 200 až 1 100 nm, tvořený fotodiodou typu PIN nebo PNN<sup>+</sup>, jejíž akceptorová aktivní oblast je tvořena detekční plochou mělké difuze akceptorů obklopenou sběrným pásem hluboké difuze akceptorů, vyznačující se tím, že detekční plocha mělké difuze typu P s koncentrací akceptorů  $10^{15}$  až  $10^{17}$  atomů/ $\text{cm}^3$  je vytvořena do hloubky 40 až 100 nm, přičemž o jednu šestinu až osminu šířky sběrného pásu překrývá sběrný pás  $P^+$  o šířce 150 až 300  $\mu\text{m}$  s koncentrací akceptorů  $10^{20}$  až  $10^{21}$  atomů/ $\text{cm}^3$  do hloubky 0,5 až 3  $\mu\text{m}$ , který je pokryt vodivou vrstvou, s výhodou NiCr.