



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

219491
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 L 31/04

(22) Přihlášeno 17 03 80
(21) (PV 1821-80)

(40) Zveřejněno 27 08 82

(45) Vydáno 15 08 85

(75)

Autor vynálezu

HLÁVKA JAN RNDr. CSc., BRNO, LÝČKA MIROSLAV, VSETÍN

(54) Křemíková fotodioda

1

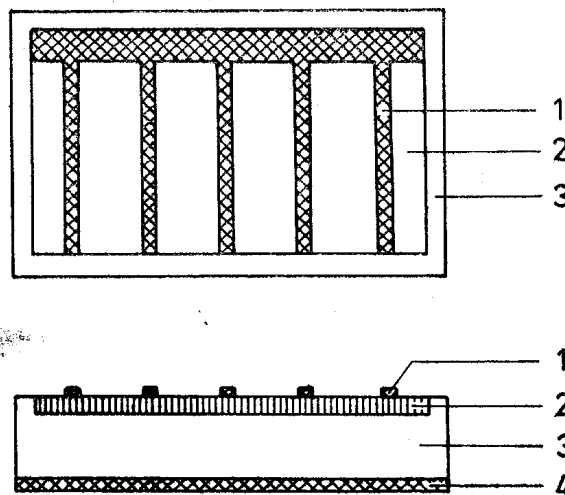
Předmětem vynálezu je křemíková fotodioda.

Účelem vynálezu je zvýšení fotoelektrické citlivosti křemíkových fotodiod v oboru kratších vlnových délek světla při zachování vysoké fotoelektrické citlivosti v celém pracovním oboru vlnových délek světla.

Uvedeného účelu se dosáhne vytvořením přechodu PN v těsné blízkosti osvětlovaného povrchu fotodiody, takže se velká část nadbytečných nositelů generovaných v blízkosti povrchu podílí na fotoproudu.

Vzhledem k výhodné spektrální závislosti fotoelektrické citlivosti fotodiod je možné použít je ve fotometrii, kolorimetrii, optoelektronice, při konstrukci expozimetrů, v regulační technice a také pro detekci elektronů.

2



Obr. 1

Vynález se týká křemíkové fotodiody.

Fotodiody nacházejí v současné době stále větší uplatnění jednak při přímé přeměně slunečního záření v elektrickou energii, jednak v regulační a měřicí technice. Z tohoto hlediska je výhodná vysoká fotoelektrická citlivost v celém oboru viditelného záření. Běžně vyráběné fotodiody nesplňují požadavek vysoké fotoelektrické citlivosti v krátkovlnné části viditelného spektra, kde se jejich citlivost prudce snižuje. To je značně nevýhodné zejména při využití fotodiody v měřicí technice. Pokles fotovodivosti je podmíněn tím, že přechod PN, který z velké části určuje vlastnosti fotodiody, je vytvářen dosti hluboko pod osvětlovaným povrchem fotodiody. Nadbyteční nositelé generovaní krátkovlnným zářením z velké části rekombinují u osvětleného povrchu fotodiody a pouze část se jich dostane k přechodu PN, kde se podílejí na fotoproudu.

Uvedené nevýhody jsou odstraněny křemíkovou fotodiódou podle vynálezu, jejíž podstata spočívá v tom, že v základním materiálu je vytvořen přechod PN ve vzdálenosti menší než $1\text{ }\mu\text{m}$ od osvětleného povrchu.

Vytvořením přechodu PN v těsné blízkosti osvětlovaného povrchu fotodiody se dosáhne toho, že se velká část nadbytečných nositelů generovaných v blízkosti tohoto povrchu podílí na fotoproudu. Tím je dosaženo vysoké fotoelektrické citlivosti v celé oblasti viditelného záření, případně i v blízkosti ultrafialové oblasti. Navíc je taková fotodióda schopna detekovat částice, které mají v křemíku krátký dolet, a tím způsobují povrchovou generaci nadbytečných nositelů, jako například elektrony. Dále se takové fotodiody vyznačují krátkou dobou odezvy, kratší než 10^{-6} s. Zvýšená fotocitlivost se projeví i vysokou hodnotou účinnosti fotodiody.

Na výkresech je znázorněno konstrukční provedení fotodiody podle vynálezu, kde jsou uvedeny charakteristiky několika zhotovených fotodiód, znázorňující dosahované vlastnosti, a to na obr. 2 až 4. Na obr. 1 je uveden průřez fotodiódou a uspořádání elektrod na osvětlovaném povrchu fotodiody. Je zde kontakt k osvětlovanému povrchu 1, implantovaná oblast přechodu PN 2, podložka 3 a kontakt k podložce 4. Na obr. 2 jsou uvedeny spektrální závislosti fotonapětí naprázdno, tj. závislosti napětí naprázdno, odpovídajícího jednotkové hustotě energiového toku dopadajícího záření na vlnové délce dopadajícího záření, několika zhotovených fotodiód, ze kterých je zřejmá dosahovaná fotocitlivost. Závislost 1 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 25 keV, o dávce $5 \cdot 10^{15}\text{ cm}^{-2}$, teplota žíhání byla 820°C , závislost 2 odpovídá fotodiódě implantované fosforem o energii 75 keV, o dávce 10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 700°C , závislost 3 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 75 keV, o dávce

10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 700°C . Pro srovnání je uvedena závislost 4 odpovídající běžné fotodiódě. Na obr. 3 je znázorněna závislost fotoproudu nakrátko na hustotě energiového toku dopadajícího záření. Závislost 1 odpovídá běžné fotodiódě, závislost 2 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 50 keV, o dávce 10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 700°C , závislost 3 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 150 keV, o dávce 10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 700°C . Na obr. 4 je uvedena závislost zesílení elektrického proudu, tj. poměr elektrického proudu fotodiódou k proudu dopadajících elektronů, na urychlujícím napětí dopadajících elektronů. Závislost 1 odpovídá fotodiódě implantované fosforem o energii 30 keV, o dávce 10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 820°C , závislost 2 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 25 keV, o dávce $5 \cdot 10^{15}\text{ cm}^{-2}$, teplota žíhání byla 820°C , závislost 3 odpovídá fotodiódě implantované bórem o energii 100 keV, o dávce 10^{15} cm^{-2} , teplota žíhání byla 820°C .

Pro správnou funkci diód podle vynálezu je rozhodující vytvoření mělkého přechodu PN 2 u jednoho povrchu základní desky 3. Pro ověření správné funkce fotodiód podle vynálezu byly vytvořeny různé přechody PN, a to iontovou implantací bóru, fosforu a arzenu o energii v rozmezí 25 až 150 keV. K implantaci je však možno použít i jiných příměsí, například hliníku, galium, antimon apod. K dosažení elektrické aktivity implantovaných příměsí a k dosažení nízké rekombinace bylo prováděno termické nebo laserové žíhání. Termické žíhání bylo prováděno při teplotách v rozmezí 600 až 800°C v argonové atmosféře, je však možno použít i jinou ochrannou atmosféru. Laserové žíhání bylo prováděno rubínovým pulsním laserem. Podmínky žíhání je možno volit i jinak a žíhání lze provést i elektronovým svazkem. Kontakty k implantované vrstvě byly vytvořeny napařením slitiny zlato—antimon nebo titanu v případě donorových implantovaných příměsí a slitiny zlato—galium nebo hliníku pro akceptorové příměsi. Kontakty k implantované vrstvě však lze vytvořit i jiným způsobem, například napařením nebo elektrolytickým nanesením jiného kontaktovacího kovu. Měrný odpor použitého křemíku byl v rozmezí $0,1$ až 10 ohm cm , typu N, resp. P, podle druhu implantované příměsi. Elektrické kontakty k zadní straně fotodiody byly slitinové. I tyto kontakty lze zhotovit buď napařením, nebo elektrolytickým, nebo i chemickým pokovením a případným temperováním. Pro činnost fotodiód není způsob vytvoření zadních kontaktů rozhodující; kontakty musí mít malý elektrický odpor. K takto vytvořeným kontaktům lze připevnit přívody buď termokompresí, pájením, nebo lze použít vodivou pastu či tmel.

Vzhledem k výhodné spektrální závislosti

fotoelektrické citlivosti fotodiod je možno je použít jako detektorů záření, navíc s krátkou dobou odezvy, v různých přístrojích, jako jsou fotometry, kolorimetry, expozi-metry apod., Fotodiod je možno použít jako

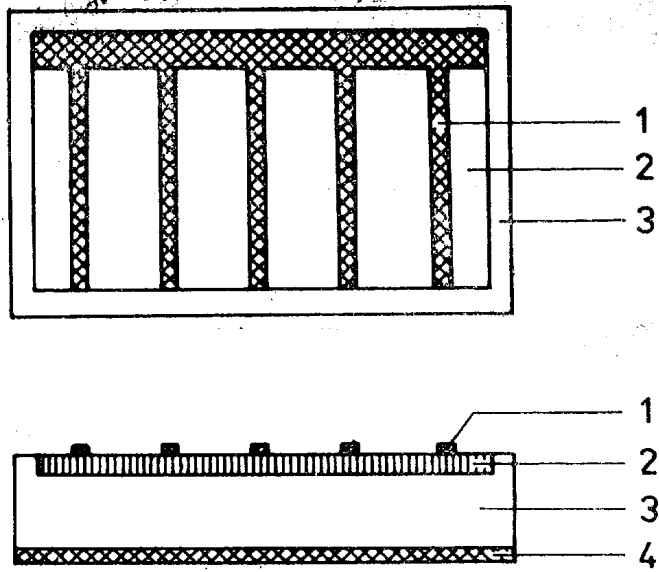
detektorů v blízké ultrafialové oblasti. Vzhledem k vysoké účinnosti lze fotodiody použít i jako sluneční články a dále v regulační technice. Fotodiod podle vynálezu lze použít i pro detekci elektronů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

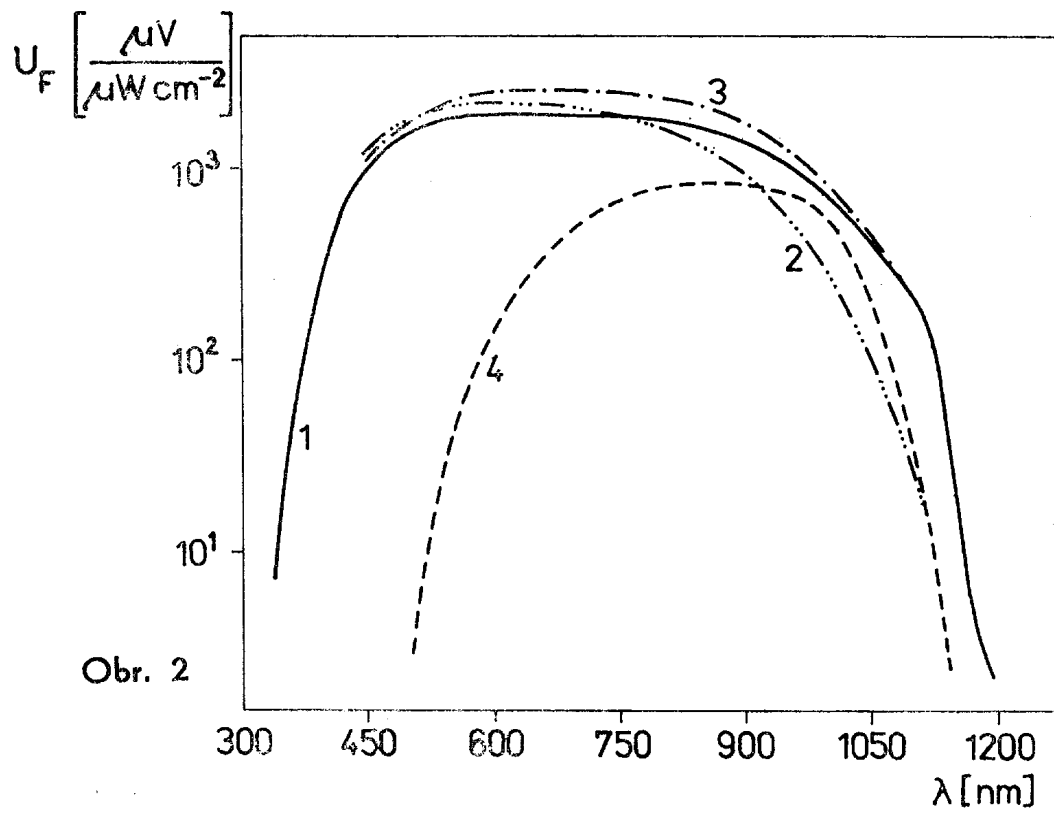
Křemíková fotodioda o vysoké fotoelek-trické citlivosti v celém oboru viditelného záření, vyznačená tím, že je v základním

materiálu vytvořen přechod PN ve vzdále-nosti menší než $1\text{ }\mu\text{m}$ od osvětlovaného po-vrchu.

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2

