(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2006-343223
(P2006-343223A)
(43)公開日　平成18年12月21日(2006.12.21)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G01J 3/36 (2006.01)	G01J 3/36	2G020

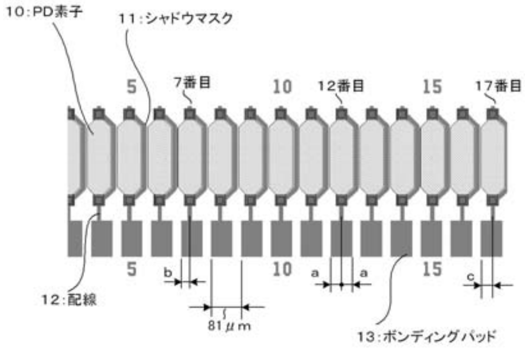
審査請求 未請求　請求項の数 4　ＯＬ　（全 10 頁）

(21)出願番号　特願2005-169385(P2005-169385)
(22)出願日　平成17年6月9日(2005.6.9)

(71)出願人　000006507
横河電機株式会社
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号
(72)発明者　藤田　忠重
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
(72)発明者　鈴木　泰幸
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
(72)発明者　八木原　剛
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
(72)発明者　三浦　明
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】フォトダイオードアレイ

(57)【要約】
【課題】　結像位置と一致させたＰＤアレイを実現する。
【解決手段】　入射光を波長分散素子を備えた分光装置に入射し、この分光装置からの出力光を検出するフォトダイオードレイにおいて、該フォトダイオードアレイを構成するダイオード素子の配列をずらして配置した。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
入射光を波長分散素子を備えた分光装置に入射し、この分光装置からの出力光を検出するフォトダイオードレイにおいて、該フォトダイオードアレイを構成するダイオード素子の配列をずらして配置したことを特徴とするフォトダイオードアレイ。
【請求項２】
分光装置の分光特性に起因する結像位置のずれに合わせてダイオード素子の配列をずらしたことを特徴とする請求項１記載のフォトダイオードアレイ。
【請求項３】
隣合うフォトダイオード素子の間に光遮蔽部材を設けたことを特徴とする請求項1又は２に記載のフォトダイオードアレイ。
【請求項４】
フォトダイオード素子の配列のずれは光遮蔽部材の幅を変化させて行うことを特徴とする請求項３に記載のフォトダイオードアレイ。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、波長分散素子を用いた分光装置に用いられ、光パワーのモニタリングに用いて好適なフォトダイオードアレイ（以下、単にＰＤアレイという）に関する。
【背景技術】
【０００２】
波長分散素子である回折格子等に入射光を照射して波長分散された光をＰＤアレイで受光することにより波長毎に光を分離して検出するものとして下記の特許文献がある。
【０００３】
【特許文献１】特開２００２－３０３７３６号公報
【０００４】
図３はＰＤアレイを検出素子として用いた分光装置の一例を示す構成図である。図３において１は光源の出力光、若しくは、光ファイバからの光が出射する出射端、２はコリメーティングレンズ、３は回折格子等の波長分散素子、４はフォーカシングレンズ、５はＰＤアレイである。
【０００５】
出射端１から出射した光はコリメーティングレンズ２により平行光に変換されて波長分散素子３に入射する。波長分散素子３からの波長分散された光はフォーカシングレンズ４により集光されてＰＤアレイ５に入射する。
回折格子３に入射した光はその波長により回折角が異なるので、それぞれ異なる方向に回折光として出射し、フォーカシングレンズ４によりＰＤアレイ５にそれぞれ集光される。
【０００６】
図３中”ＦＰ０１”、”ＦＰ０２”及び”ＦＰ０３”に位置するＰＤアレイ５では異なる波長の光が集光される。このような分光装置では回折格子３を回転させる必要がないので高速性及び信頼性に優れている。
【０００７】
例えば、回折格子３の回折の次数を”ｍ”、格子定数を”ｄ”、回折格子３への入射角を”ｉ”出射角を”θ”、波長を”λ”とすれば、
ｍλ／ｄ＝sinｉ＋sinθ　　　　（１）
となる。
【０００８】
図３に示すような分光装置をＷＤＭ（波長多重：Ｗａｖｅｌｅｎｇｔｈ　Ｄｉｖｉｓｉ

ｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｘｉｎｇ）伝送システム監視モニタ等のように狭い波長範囲を扱うように設計した場合には、フォーカシングレンズ４の焦点距離と比較して波長分散による光路の広がりが小さくなり、１次元配列のＰＤアレイ５を用いたときの各素子の位置と出射角はほぼ比例関係になる。

【０００９】

但し、波長と出射角との関係は式（１）を微分した、

ｄλ／ｄθ｜i=（ｄ／ｍ）・cosθ　　　（２）

となる。

【００１０】

式（２）から分かるように波長と分散角は出射角の余弦に比例することになる。この出射角は分光装置の波長範囲、用いる回折格子３の格子定数及びフォーカンシングレンズ４の焦点距離等を用いて式（１）から求めることができる。

【００１１】

図４はこのような分光装置の一設計例を示す表であり、図５は各波長に対する出射角を示す表である。この場合、例えば、”λ＝１．５５［μｍ］”、溝本数”９００［ｌ／ｍｍ］”及び”３２［ｎｍ］”の波長範囲で”１９０素子”の受光素子（ＰＤ）とすれば、平均波長分散は”３２／１９０＝約０．１７［ｎｍ］”となる。

【００１２】

ところで、図４に示す表を用いて式（２）から実際の波長の波長分散を計算すると図６に示すようになる。図６は波長と波長分散との関係を示す表であり、図６から分かるように”１５３１［ｎｍ］”の波長の波長分散はＰＤアレイ５を構成する受光素子（ＰＤ）１素子当たり”０．１９２７［ｎｍ］”であるのに対して、”１５６３［ｎｍ］”の波長の波長分散はＰＤアレイ５を構成する受光素子１素子当たり”０．１４６２［ｎｍ］”となり、波長分散に依存性がある。

【００１３】

図７は上述の依存性を改善した分光装置の構成図である。図７において１，２，３，４及び５は図３と同一符号を付してある。６はプリズム等の非線形分散補償手段である。

出射端１からの出力光はコリメーティングレンズ２により平行光に変換され回折格子３に入射する。回折格子３からの回折光は非線形分散補償手段６を介してフォーカシングレンズ４により集光されてＰＤアレイ５に入射する。

【００１４】

図８は波長分散素子３及び非線形分散補償手段６での光路の説明図である。基本的な動作は図３に示すものと同様なので説明は省略する。

【００１５】

式（２）を変形すると、ｄλ＝（ｄ／ｍ）・cosθ・ｄθ　　　（３）

となり、ＰＤアレイ５を構成する受光素子が等間隔に配置されているとすると余弦成分（ｃｏｓθ）に起因して波長分散に不均一が生じることなる。

言い換えれば、非線形性が存在する。

【００１６】

一方、屈折の式は媒質の屈折率を”ｎ１”及び”ｎ２”、入射角及び出射角を”φ”及び”ψ”とすると、

ｎ１・sinφ＝ｎ２・sinψ　　　（４）

となり、”φ”で微分すると、

ｎ１・cosφ・ｄφ＝ｎ２・cosψ・ｄψ　　　（５）

となる。

【００１７】

式（５）から分かるように屈折角もまた余弦成分に依存する。従って、波長分散素子３の出射角の余弦成分に起因する非線形性を屈折（非線形分散補償手段６）の余弦成分による非線形性で補償することが可能になる。

【００１８】

図８において波長分散素子３の入射角及び出射角を”θ_1”及び”θ_2”、非線形分散補償手段６の入射角及び出射角を”θ_3”及び”θ_4”とし、非線形分散補償手段６の屈折率を”ｎ”、波長を”λ”とすれば、

$$\sin\theta_1+\sin\theta_2=\lambda/d \qquad (6)$$

$$(1/n)\cdot(d\theta_2/d\lambda)=-d\theta_3/d\lambda \qquad (7)$$

$$n\cdot\sin\theta_3=\sin\theta_4 \qquad (8)$$

となる。

【００１９】

そして、式（６）から式（８）を微分して整理することにより平均波長分散が得られ、

$$d\theta_4/d\lambda=\cos\theta_3/(d\cdot\cos\theta_2\cdot\cos\theta_4) \qquad (9)$$

となる。

【００２０】

さらに、式（９）を変形して、

$$d^2\theta_4/d\lambda^2=(d\theta_4/d\lambda)^2 \times \{\sin\theta_4/\cos\theta_4 -(\sin\theta_2\cdot\cos\theta_4)/(\cos\theta_2\cdot\cos\theta_3) -(\sin\theta_3\cdot\cos\theta_4)/(n\cdot\cos^2\theta_3)\} \qquad (10)$$

となる。

【００２１】

ここで、この特性が線形であるためには、”$d^2\theta_4/d\lambda^2=0$”であるから、式（１０）を変形して、

$$\tan\theta_3/(1-n^2\cdot\sin^2\theta_3) = n\cdot\tan\theta_2/(n^2-1) \qquad (11)$$

となる。

【００２２】

例えば、以下の条件に基づいて波長分散特性を式（９）を用いて計算すると図９に示すようになる。図９は受光素子位置に対する波長差を示す特性曲線図である。

（ａ）ＰＤアレイ５の使用素子数　約１８０
（ｂ）ＰＤアレイ５の素子間隔　５０［μｍ］
（ｃ）フォーカシングレンズの焦点距離　１０３．５［mm］
（ｄ）使用波長範囲　１５３２〜１５６４［nm］
（ｅ）回折格子の入射角　３１．２２［°］
（ｆ）回折格子の出射角　６１［°］
（ｇ）回折格子のライン数　９００［本／ｍｍ］
（ｈ）プリズムの入射角　３３．５６４３［°］
（ｉ）プリズムの出射角　５６［°］
（ｊ）屈折率　１．５

【００２３】

図９から分かるように隣接する受光素子間の波長誤差は”０．１７３〜０．１７４５”の範囲であり図６に示したものよりも平坦な特性になっている。

図１０（ａ，ｂ）はこのような非線形分散補償手段６を設けた構成における波長分散補償手段の効果を示すもので、図１０（ｂ）は（ａ）図をグラフ化したものである。

【００２４】

これらの図において、散補償手段無しの場合のフォーカシングレンズの焦点距離f_2は１００ｍｍから６０ｍｍとなり、隣合うＰＤの波長差（Δλ）の最大値は０．１９４μｍから０．１６５μｍに改善され、同じく最小値は０．１４６μｍから０．１６μｍに改善されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００２５】

ところで、ＰＤアレイ上の結像位置には、フォーカシングレンズの歪曲特性も影響して

いる。図１１は一定の条件下で最適化した構成でのＰＤアレイ上の結像位置ずれの特性を示すもので、この図では８８個のＰＤを８０μｍピッチで並べた状態を示している。

【００２６】

実際の装置としての条件下では、図１１に示すように結像位置におよそ±８μｍの範囲のずれがある。そのため、ＰＤのピッチと比較した位置精度としては±１０％となり、十分に一致しているとはいえない。

従って本発明は、ＰＤアレイ各素子位置をずらして配置することにより、結像位置と一致させたＰＤアレイを実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００２７】

このような課題を達成するために、本発明のＰＤアレイは請求項１においては

入射光を波長分散素子を備えた分光装置に入射し、この分光装置からの出力光を検出するフォトダイオードレイにおいて、該フォトダイオードアレイを構成するダイオード素子の配列をずらして配置したことを特徴とする。

【００２８】

請求項２においては、請求項１記載のＰＤアレイにおいて、

分光装置の分光特性に起因する結像位置のずれに合わせてダイオード素子の配列をずらしたことを特徴とする。

【００２９】

請求項３においては、請求項1又は２に記載のＰＤアレイにおいて、

隣合うフォトダイオード素子の間に光遮蔽部材を設けたことを特徴とする請求項1又は２に記載のフォトダイオードアレイ。

【００３０】

請求項４においては、請求項１乃至３に記載のＰＤアレイにおいて、

フォトダイオード素子の配列のずれは光遮蔽部材の幅を変化させて行うことを特徴とする請求項３に記載のフォトダイオードアレイ

【発明の効果】

【００３１】

以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。

請求項１及び２の発明によれば、分光特性に起因する結像位置のずれに合わせてＰＤ素子の配列をずらしたので、分光装置の波長による受光感度特性の平坦化を図ることができる。

【００３２】

請求項３の発明によれば、

隣合うＰＤ素子の間に光遮蔽部材を設けたので、隣合うＰＤ素子の中央部の電界中立点における励起された電子の引き抜き応答速度の低下を防ぐことができる。

【００３３】

請求項４の発明によれば、

隣合うＰＤ素子の配列のずれを光遮蔽部材の幅を変化させて行うので、ＰＤアレイ各素子の受光窓の形状に変更がないため受光特性にバラツキが生じるのを防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３４】

以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。

図１は本発明のＰＤアレイの一実施例を示す要部拡大平面図である。

この図では分光装置の光学系で吸収し切れなかった結像位置ずれに合わせてＰＤを配置した例を示している。実際にはＰＤアレイチップでは図１１で示すものとは異なり８８個以上のＰＤを配置しているが、ＰＤをずらして配置している様子を分かりやすくするためにチップ一部分の拡大図を示している。

【００３５】

図１において１０はアレイ状に形成されたＰＤ素子、１１はＰＤ素子間に形成されたシャドウマスク、１２はボンディングパッド１３とＰＤ素子１０を接続する配線である。

【００３６】

なお、図１の拡大部分は図１１で結像位置ずれが０になる３点のうち最も左側の点と対応している。図中"５"、"１０"、"１５"といった表示はそのすぐ下のＰＤがアレイ構造の何番目に配置されている素子かを示しており、この例では結像位置ずれが０になるＰＤ素子番号（ＰＤ素子１０の中心とボンディングパッド１３の中心が同じａとなる位置）は１２番となっている。

【００３７】

また、一般にこのようなＰＤアレイでは、ＰＤＡチップの実装組立性に支障を与えることのないようボンディングパッド１３は一定間隔（例えば８０ｕｍ）で配置されている。そのため、ボンディングパッド１３とＰＤ素子１０及び取り出し配線１２の中心位置が相対的にずれることになる。

【００３８】

図１の例では結像位置ずれに合わせるためにＰＤピッチを例えば８１ｕｍとしているため、１２番より前のＰＤ素子ではボンディングパッドに対して左側（－側）にずれて（例えば図の7番はａ＞ｂ）おり、１２番より後ろのＰＤ素子ではボンディングパッドに対して右側（＋側）にずれて（例えば図の１７番はａ＜ｂ）となっているのが見て取れる。

【００３９】

図２はＰＤ配置をずらした際に各ＰＤ素子の受光特性を変化させないための工夫についての説明図である。

ＰＤＡ出力の高速読み出しを行なう際、隣合うＰＤ素子の中央部には電界中立点があり、この場所では励起された電子の引き抜き応答速度が遅いことが問題となる。そのため、ＰＤ間への光入射を遮断するシャドゥマスクを用いている。

【００４０】

またＰＤアレイ各素子の受光特性にバラツキができないようにするためには各素子受光部のパターンを同一としなければならないため、ＰＤ位置のずれをシャドゥマスク１１の幅を変更して吸収する必要がある。

【００４１】

図２は１ｕｍ刻みでシャドゥマスク幅を変えた例を示している。図示のように結像位置のずれに合わせてシャドゥマスク幅を変えることにより、結像位置とのずれを±０．５ｕｍ以内に収めることが可能である。このように、シャドゥマスク幅を更に細かく変更することにより、ＰＤ位置と結像位置のずれ量を少なくすることができる。

なお、結像の大きさがＰＤ素子に対し充分に小さい構成ではシャドゥマスクは不要である。

【００４２】

なお、以上の説明は、本発明の説明および例示を目的として特定の好適な実施例を示したに過ぎない。

従って本発明は、上記実施例に限定されることなく、その本質から逸脱しない範囲で更に多くの変更、変形を含むものである。

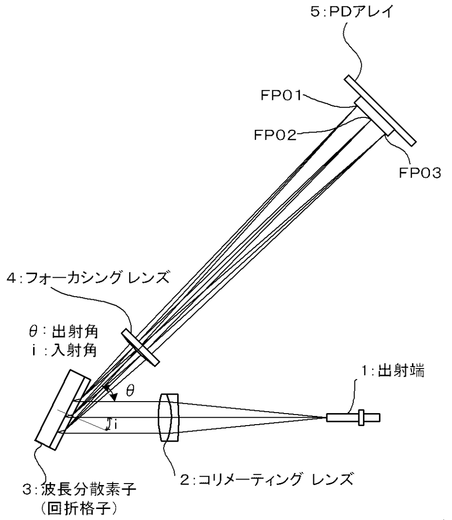
【図面の簡単な説明】

【００４３】

【図１】本発明に係るＰＤアレイの一実施例を示す要部拡大平面図である。
【図２】ＰＤ配置をずらした際に各素子の受光特性を変化させないための説明図である。
【図３】本発明が適用される分光装置の一例を示す構成図である。
【図４】分光装置の一設計例を示す表である。
【図５】各波長に対する出射角を示す表である。
【図６】波長と波長分散との関係を示す表である。
【図７】非線形分散補償手段を挿入した分光装置の一例を示す構成図である。
【図８】波長分散素子及び非線形分散補償手段での光路を説明する説明図である。

【図９】受光素子位置に対する波長差を示す特性曲線図である。
【図１０】非線形分散補償手段を設けた構成における波長分散補償手段の効果を示す図である。
【図１１】一定の条件下で最適化した構成でのＰＤアレイ上の結像位置ずれの特性を示す図である。
【符号の説明】
【００４４】
１　出射端
２　コリメーティングレンズ
３　波長分散素子
４　フォーカシングレンズ
５　ＰＤアレイ
６　非線形分散補償手段
１０　ＰＤ素子
１１　シャドウマスク
１２　配線
１３　ボンディングパッド

【図３】



【図４】

波長範囲	1532～1564(nm)
格子定数	1．11×10^{-6}
入射角	26．39°
次数	1
フォーカシングレンズの距離	103．5mm
フォトダイオードアレイの間隔	50μm

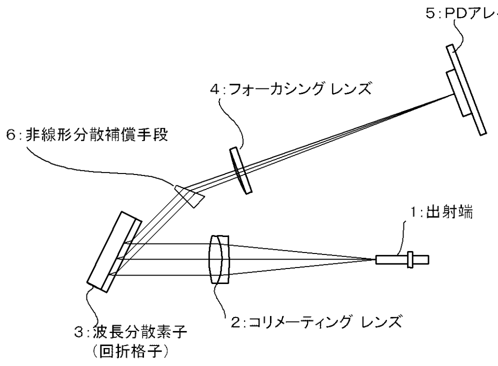
【図５】

波長(nm)	出射角(°)
1531	68．97
1547	71．4
1563	74．19

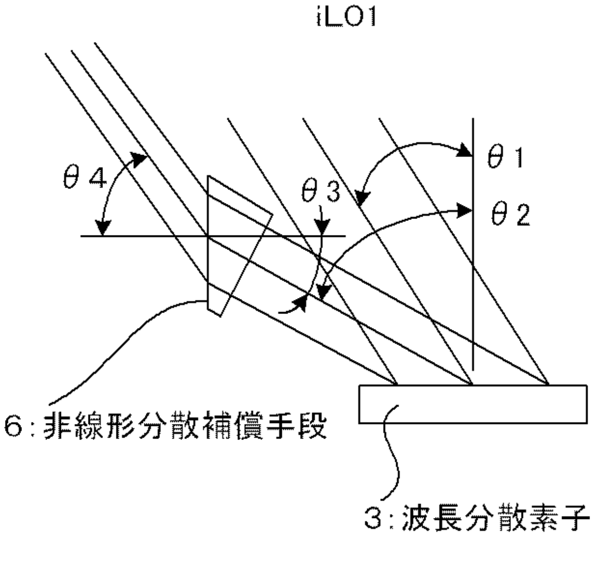
【図６】

波長(nm)	波長分散(nm／p×1)
1531	0．1927
1547	0．1712
1563	0．1462

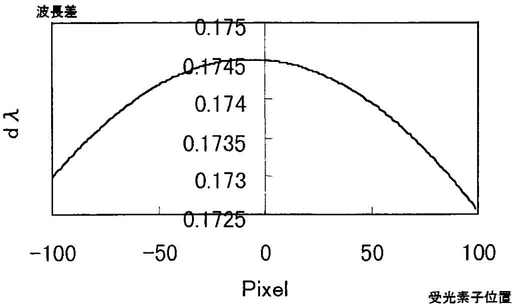
【図７】



【図８】



【図９】



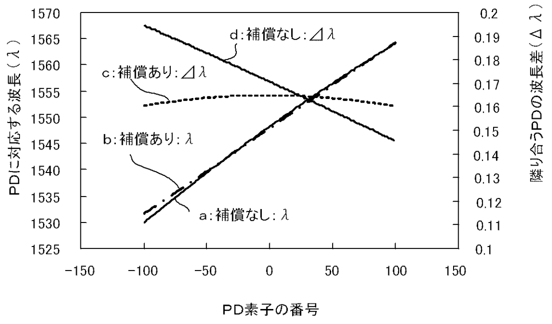
【図１０】

(a)

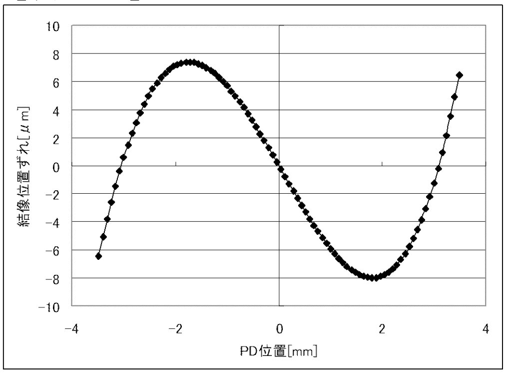
波長分散補償の効果

	補償なし	補償あり
波長帯域	1532〜1564nm	
PDAの素子間隔	50μm	
f 2 (mm)	100	60
$\Delta\lambda_{PD}$の最大値	0.194	0.165
$\Delta\lambda_{PD}$の最小値	0.146	0.16

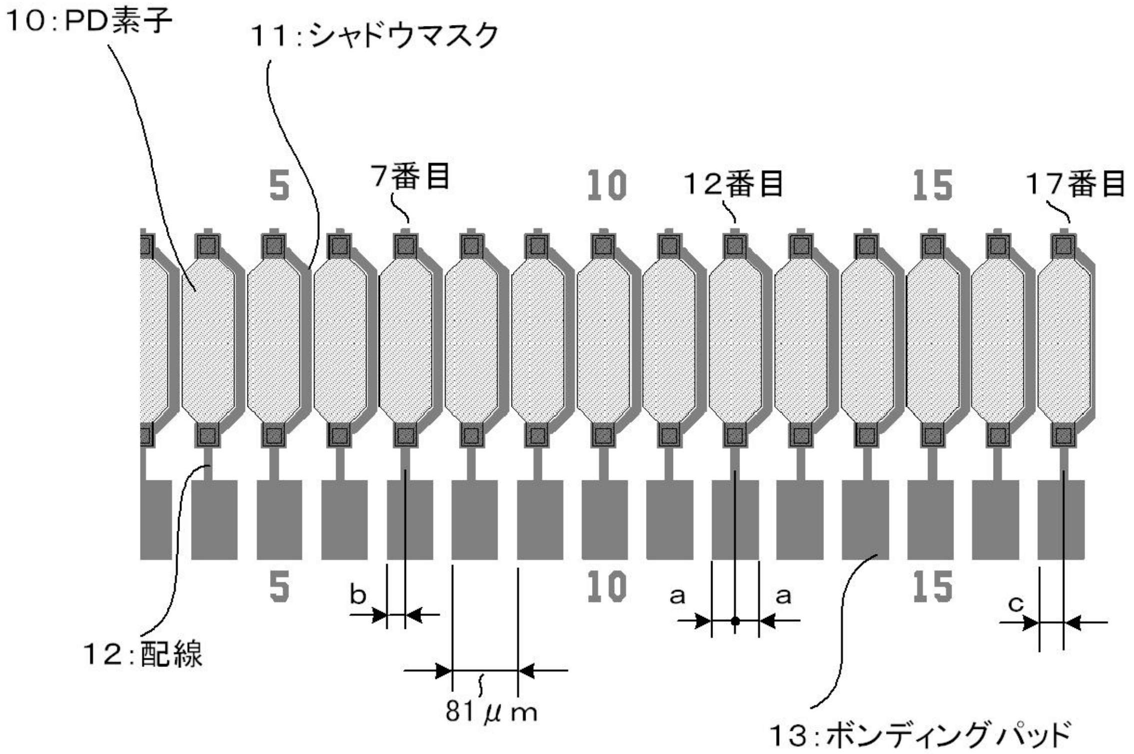
(b)



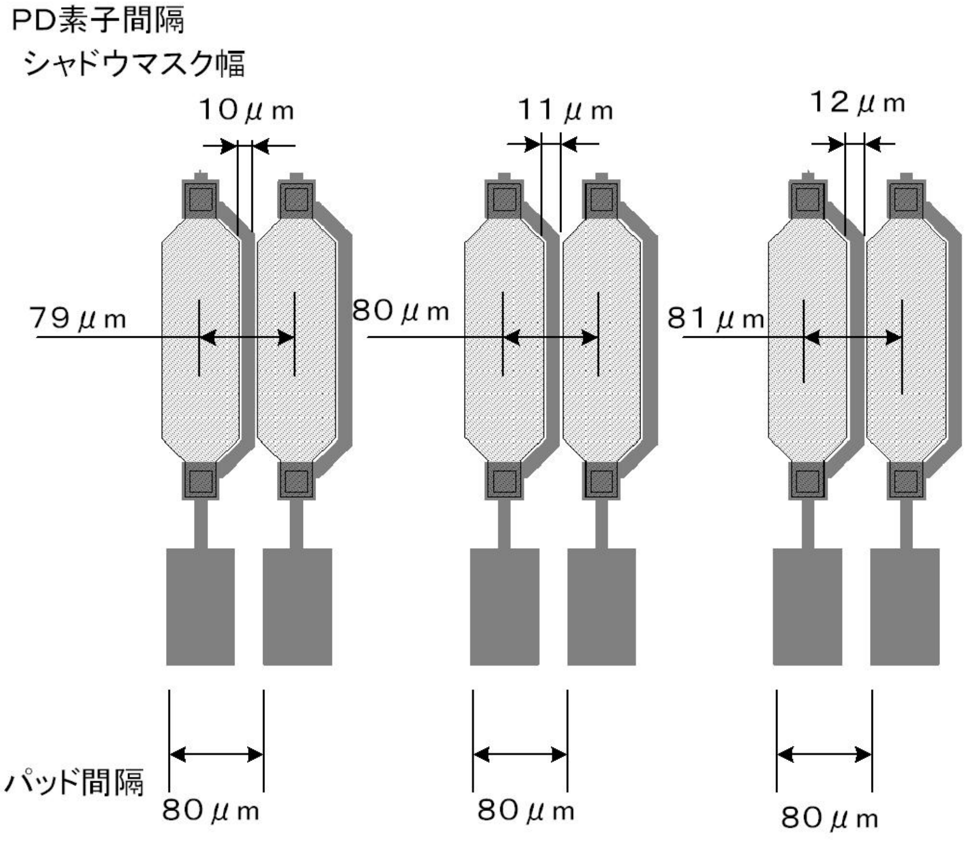
【図１１】



【図１】


10:PD素子
11:シャドウマスク
5
7番目
10
12番目
15
17番目
5
b
10
a
a
15
c
12:配線
81μm
13:ボンディングパッド

【図２】


PD素子間隔
シャドウマスク幅
10μm
11μm
12μm
79μm
80μm
81μm
パッド間隔
80μm
80μm
80μm

フロントページの続き

(72)発明者　亀井　伸
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
(72)発明者　和田　守夫
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内
Ｆターム(参考) 2G020 CB03　CC02　CC63　CD03　CD24