

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97/423/2

※ 申請日期：97.10.31

※IPC 分類：H01L 31/12(2006.01)
H01L 31/0232(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有光導配置之光電元件及形成該配置之方法

OPTOELECTRONIC DEVICE WITH LIGHT DIRECTING
ARRANGEMENT AND METHOD OF FORMING THE
ARRANGEMENT

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

南非商茵西瓦(私營)有限公司

INSIAVA (PTY) LTD

代表人：(中文/英文)

羅賓 克魯

CREWE, ROBIN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

南非普利托里亞市希爾克斯特區林屋路普利托里亞大學研究中心一樓

1ST FLOOR, GRADUATE CENTER, UNIVERSITY OF PRETORIA,

LYNNWOOD ROAD, HILLCREST, PRETORIA 0083, SOUTH AFRICA

國 籍：(中文/英文)

南非 SOUTH AFRICA

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 莫紐克 度 沛雷席西
DU PLESSIS, MONUKO
2. 雷 弗瑞得瑞克 葛雷凡斯汀
GREYVENSTEIN, RAY FREDERICK
3. 阿爾豐斯 威利 布格利奇
BOGALECKI, ALFONS WILLI

國 籍：(中文/英文)

1. 南非 SOUTH AFRICA
2. 南非 SOUTH AFRICA
3. 南非 SOUTH AFRICA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 南非；2007年11月01日；2007/09436

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明提供一種光電元件(20)，其包括一間接能帶隙半導體材料之主體(14)，該主體(14)具有一表面(16)及一位在該表面之一側上的光子活性區(12)。一光導配置(22)在該表面之一相對側上與該主體一體成形。

六、英文發明摘要：

An optoelectronic device (20) comprises a body (14) of an indirect bandgap semiconductor material having a surface (16) and a photon active region (12) on one side of the surface. A light directing arrangement (22) is formed integrally with the body on an opposite side of the surface.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(8)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

12	光源
14	矽主體
16	表面
20	發光元件
22	發射光導配置
24	通道
26	結構
28.1	光反射材料層
28.2	光反射材料層
28.3	光反射材料層
28.4	光反射材料層
36	主軸
40	通孔
42	多晶矽層
54	接觸
P	拋物線
x _p	距離
x _c	距離
x _{m1}	距離
x _{v1}	距離
x _{m2}	距離

xv2	距 離
xm3	距 離
xv3	距 離
xm4	距 離

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於光電元件，且更特定言之，本發明係關於包括一導引光之配置的元件。本發明亦關於一種形成一用於一光電元件之光導配置之方法。

【先前技術】

一種已知類型的發光裝置包括在一矽主體中的接面，且該接面係經組態以驅使進入雪崩或場發射崩潰模式而因此發射光。與此等元件關聯的一問題係矽-氧化物-空氣界面處的內反射之臨界角係由該等材料之折射率所決定。對於矽及空氣，該臨界角僅為大約 15.3° 且考慮發射之立體角，其意指由該元件產生的光僅大約1.8%將離開該表面。此光之大部分實質上平行於該表面離開該主體之該表面，且因此難以將此光有效地耦合至一間隔開之光學纖維之輸入。

亦知曉半導體pn接面二極體光學偵測器操作的速度係內置接面電容之函數。藉由減小該偵測pn接面之大小，該內置pn接面電容可減小，且該偵測二極體元件可以一較高轉換頻率操作。然而，同時該偵測器之感應面積亦減小，導致被偵測的光學信號較小，此並不佳。

【發明內容】

因此，本發明之一目的係提供一種光電元件及形成一用於該元件之光導配置之方法，本申請者相信利用其可至少減輕上述缺點。

根據本發明，提供一種光電元件，其包括一主體，該主

體具有一表面及一間接能帶隙半導體材料之一區域；在該表面之一側上的一光子活性區；及一相鄰於該表面之一相對側的光導配置。

該光子活性區可為一發光區域及一光偵測區域之至少一者。

該間接能帶隙材料可為Si、Ge及SiGe之一者，但不限於此。在一較佳實施例中，該材料可為Si，該光子活性區可包括一形成於該矽材料中的pn接面且該光導配置可圍繞該表面上的一光透射區。在其他實施例中，可使用其他形式的光子活性區，諸如嵌入一位在間接能帶隙材料之區域或主體上的鈍化層(例如一層二氧化矽)中的矽奈米晶體。

該光導配置可一體形成在該表面上，例如利用標準的CMOS製程。

在一些實施例中，該光電元件可為一發光元件，其中使用的該pn接面係一用於將光透射通過該光透射區朝向該光導配置之發光源。

在其他實施例中，該光電元件可為一光電偵測器元件，其中使用的該pn接面係一用於通過該光透射區接收來自該光導配置之光的光電偵測器。

該光導配置可包括一具有一光反射材料及一絕緣材料之交替層之結構，其形成一界定一光通道的光反射側壁，該通道與該區成光通訊關係且其中該通道之橫截面積在一背離該區之方向上增大。

該光反射材料可選自包括鋁、銅、金及多晶矽之群。

該側壁可包括該等光反射材料層之暴露邊緣，其等係由覆蓋該等絕緣材料層之相鄰邊緣的光反射材料之環形區域連接。該覆蓋光反射材料可與該等光反射層之材料相同。

該等暴露邊緣及該等環形區域之至少一些可相對於該通道之一主軸以一銳角傾斜。較佳為所有該等環形區域與該等暴露邊緣皆相對於該主軸傾斜。在一較佳實施例中，該角度在背離該區之方向上減小。

根據本發明之另一態樣，提供一種形成一用於一光電元件之光導配置的方法，該光電元件包括一具有一表面及一間接能帶隙半導體材料之一區域的主體及一位在一表面之一側上的光子活性區，該方法包括以下步驟：在該表面之一相對側上形成至少一光反射材料層，以圍繞該表面上的一光透射區並界定一光通道。

該方法可包括以下步驟：形成多於一層光反射材料之疊加層以界定該通道，並藉由一絕緣材料之中間層使相鄰層彼此間隔開。

該方法可包括以下步驟：利用一光反射材料覆蓋相鄰於該通道之該等中間層之邊緣。

該方法可包括以下步驟：使該等經覆蓋的邊緣及相鄰於該通道之該等光反射材料層的邊緣之至少部分具有相對於該通道之一主軸成一銳角的斜度。

該配置可藉由利用習知的CMOS技術，在該表面上沈積該等光反射材料層之第一層，藉由該等中間層之一者分離該第一光反射材料層與該等光反射材料層之第二層，利用

一通孔定義在該第一層與該第二層之間形成一導通體並覆蓋相鄰於該通道之該中間層之邊緣，並分別對該導通體及該等光反射材料層之邊緣形成一斜度而形成。

在該方法之一形式中，該導通體之該斜度及該等光反射材料層之該等斜度可經配置以使該通道具有一成拋物線形式的輪廓，該導通體之該斜度及該等光反射材料層之該等邊緣之該等斜度的角度可為恒定，且該通道之一主軸與該等斜度間的距離可經選擇成(諸如)最小化該角度與該拋物線上一對應位置處的該拋物線之一切線間的差異。

在該方法之另一形式中，該導通體之該斜度與該等光反射材料層之斜度亦可經配置以使該通道具有一成拋物線形式的輪廓，但該導通體之該斜度的角度及該等光反射材料層之該等邊緣的各自角度可不同，以便接近該拋物線上一對應位置處的該拋物線之一切線。

【實施方式】

經由背景，圖1顯示一已知的矽發光元件10之光輻射圖案。如在本說明書之導言中所敘述，在該矽-氧化物-空氣界面處的內反射之臨界角 β 僅為大約 15.3° 。因此，在該矽主體14之接面12處產生的光僅大約1.8%離開該主體之該表面16。該光之大部分以一實質上平行於該表面16之方向離開該表面，且因此難以將該光耦合至一間隔開之光學纖維19之輸入18。

參考圖2，一根據本發明之呈一發光元件20形式之光電元件包括一具有一表面16及一諸如Si、Ge及SiGe之間接能

帶隙材料之區域14的主體；在該表面之一側上的發光源12及相鄰於該表面16之一相對側的發射光導配置22。該發射光導配置用以沿著一通道24聚焦該光背離該表面，以致該光可更有效地被耦合至光學纖維19之該輸入18中。

在本說明書中顯示的該等實施例中，不一定顯示出該區域14上的一鈍化層。熟習此項技術者當瞭解可提供一鈍化層，且前述表面將係遠離該區域14之該層的一表面。

如將在下文更詳細地描述，該發射光導配置係一體形成於該表面之前述相對側上。該配置22包括一光反射材料層28.1至28.4及絕緣材料層30.1至30.4之交替層的結構26。該光反射材料可選自包括鋁、銅、金及多晶矽之群。該絕緣材料可為氧化物。

該結構26包括一實質上杯形的側壁32，其圍繞該表面16上的一光透射區34。該壁32界定具有一延伸穿過該區34並垂直於該表面之主軸36的該通道24。該通道24係與該區成光通訊關係。

從圖3可推導在該側壁32之一反射點R處，該等角之間的關係係：

$$\gamma = 45 + \frac{\theta}{2} = \frac{90 + \theta}{2} \quad \text{度}$$

其中在該點R處該結構之切線係由以下等式給出：

$$\text{斜度} = \frac{dy}{dx} = \tan(\gamma) = \frac{\cos \theta}{1 - \sin \theta} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2} - y}$$

利用以上等式，可計算該壁32上的該等點處該結構26之

實體形狀。

在一標準CMOS技術中，可使用該等金屬導體層(通常為鋁)來接近該結構曲率。在其中存在四個金屬層28.1至28.4之情況下，該反射器結構將係如圖4所示。在該CMOS技術中，該金屬層28.1至28.4高出該表面16之平均高度 y_1 、 y_2 、 y_3 及 y_4 係藉由處理順序固定。對於每個發射角 θ (見圖3)之值，可對給定的 y_n 計算橫向尺寸 x_n 之對應值。頂部金屬層28.4取決於應用決定待反射之最大發射角，且自此 x_n 值(在圖4之實例中 $n=4$)可決定其他橫向尺寸 x_1 至 x_3 。

參考圖5，為了增大反射面積並防止光進入金屬層28.1至28.4之間的氧化物界面30.1至30.4，使用習知有利於相鄰金屬層間之連接的互連通孔40。在圖5顯示的該結構26中，遵循所有設計規則，亦即，該等金屬層28.1至28.4完全覆蓋並填充該等通孔40。在圖5中，使用一額外層作為反射層，亦即一多晶矽層42。金屬層28.1經由一產生接觸54之金屬與該多晶矽層42接觸。

為獲得改良的聚焦效果，可賦予相鄰於該通道24之該等金屬層28.1至28.4及填充該等通孔以覆蓋隔離層30.1至30.4之該等相鄰邊緣之金屬40的該等邊緣一斜度。

為獲得該反射表面之非垂直斜度，可違反CMOS設計規則。一項違反的規則係通孔形成及金屬沈積之後的該金屬蝕刻之掩模定義。參考圖6(a)，這可藉由使該金屬掩模50不完全覆蓋該通道定義40而僅部分地覆蓋其之背離該通道之一區域中的該通孔而達成。此係由於特定的經部分覆蓋

的通孔將不實施電功能而僅實施機械/光學功能而可達成。

參考圖 6(b)，在該金屬之蝕刻後，剩餘的金屬將具有一相對於垂直線或軸 36 成一角 ε 的非垂直斜度 52，且將因此造成入射光朝向垂直線之反射。當瞭解參考圖 6(a) 及 (b) 描述及繪示的程序可用於所有金屬層 28.1 至 28.4，以及該對多晶矽層產生接觸 54 之金屬。該角 ε 可在一背離該表面 16 之方向上減小。

圖 7 中顯示由上文描述的程序產生的該結構 22。預期在此情況下，大量可利用的光學信號將被大致上導向垂直，但或許不成一狹窄光束。

應瞭解由於該等金屬邊緣之相對陡峭的斜度 52，若射出角小，則此結構可產生更佳的性能。

圖 8 中顯示該結構 22 之另一實施例。該結構界定一具有實質上呈拋物線 P 形式之輪廓的通道 24 且該光源 12 係位在焦點處。將該焦點設定為笛卡爾 (Cartesian) 坐標系統之原點 (0 ; 0)，則該拋物線為：

$$y = ax^2 - /4a$$

一些標準的半導體處理技術指定固定的金屬及通孔高度及形成該側壁 32 之該等層之內側邊緣上的該等斜度之恒定角度，其僅為自該軸 36 至該等層之該內側邊緣的水平距離 x 留下設計自由。

圖 8 顯示多晶矽層 42、接觸 54、金屬層 28.1 至 28.4 及通孔互連層 40 之傾斜內側邊緣可與該拋物線 P 對準，以致其等

將來自位在該拋物線焦點的該光源12的光平行於該拋物線之穿過該焦點的對稱軸36垂直向上反射。

改變拋物線變數 a 及距該拋物線之對稱軸36的距離 x_p 、 x_c 、 x_{m1} 、 x_{v1} 、 x_{m2} 、 x_{v2} 、 x_{m3} 、 x_{v3} 及 x_{m4} 可找到最佳距離，以致使該內側邊緣上的該恒定角與該拋物線上的一對應位置處的該拋物線之切線間的差異最小化。

可完成上述程序同時仍保持每個金屬邊緣比其正下方的該層更遠離該拋物線之對稱軸36(亦即 $x_p < x_c < x_{m1} < x_{v1} < x_{m2} < x_{v2} < x_{m3} < x_{v3} < x_{m4}$)。該等金屬邊緣越陡峭，則該拋物線變數 a 越大，且該拋物線及所得之射出光束將越窄。

在其他實施例中，可能可使該等層之內側邊緣具有漸增的斜度，換言之為具有漸減的角 ε (見圖6(b))，以致該等邊緣之該等角接近該拋物線上一對應位置處的拋物線之一切線。在此一情況下，該等層之該等邊緣可經形成為實質上與在相關點處的該拋物線之該切線一致。

可利用一半透明，較佳為諸如二氧化矽之透明材料填充該通道24。

圖9顯示一先前技術或習知的光電偵測器60，其收集自一光學纖維64發射的光。需要一相對大的pn接面區域62以收集大部分該光學信號。如在本說明書之導言中所敘述，已知半導體pn接面二極體光學偵測器操作的速度係內置接面電容之函數。藉由減小該偵測pn接面62之大小，可減小該內置pn接面電容，且可以一較高轉換頻率操作該偵測二

極體元件。然而，同時該偵測器之感應面積亦減小，導致被偵測的光學信號較小，此並不令人滿意。

參考圖10，對光電偵測器70設置一如上文所述呈用於入射光之聚集器66形式的光導配置。利用該聚集器66，該光學感應面積68仍可相當大，但可將該偵測器pn接面62製得較小。此意謂可在一較大操作頻率下偵測實質上相同量的光學能。更特定言之，該集成CMOS技術聚集器66實質上將相同的光學信號功率集中在一更小的pn接面二極體偵測器62上，導致由於該較小的偵測器電容而引起較高的操作頻率。

【圖式簡單說明】

本發明已參照僅作為實例用之附圖作進一步說明，其中：

圖1係一包括一位在矽主體中呈一pn接面形式之光源的先前技術發光元件之示意圖；

圖2係一根據本發明之呈一包括一發射光導配置之發光元件形式的光電元件之第一實施例的示意截面圖；

圖3係繪示該配置之一實施例之特定尺寸與角度間的關係之圖；

圖4係繪示形成一發射光導結構之部分之複數個光反射層之示意圖；

圖5係該結構之更詳細的截面圖；

圖6(a)及圖6(b)係繪示在由該結構界定之光通道的一側壁上的傾斜表面之形成的圖；

圖 7 係該結構之一更詳細的截面圖；

圖 8 係該結構之另一實施例之示意圖；

圖 9 係一先前技術光電偵測器之示意圖；及

圖 10 係一根據本發明之呈一包括一入射光導配置之光電偵測器形式之光電元件之第二實施例之示意截面圖。

【主要元件符號說明】

10	矽發光元件
12	光源
14	矽主體
16	表面
18	輸入
19	光學纖維
20	發光元件
22	發射光導配置
24	通道
26	結構
28.1	光反射材料層
28.2	光反射材料層
28.3	光反射材料層
28.4	光反射材料層
30.1	絕緣材料層
30.2	絕緣材料層
30.3	絕緣材料層
30.4	絕緣材料層

32	側壁
34	光透射區
36	主軸
40	通孔
42	多晶矽層
50	金屬掩模
52	非垂直斜度
54	接觸
60	光電偵測器
62	pn接面區域
64	光學纖維
66	聚集器
68	光學感應面積
70	光電偵測器
P	拋物線
R	反射點
x_1	橫向尺寸
x_2	橫向尺寸
x_3	橫向尺寸
x_4	橫向尺寸
y_1	平均高度
y_2	平均高度
y_3	平均高度
y_4	平均高度

x_p	距 離
x_c	距 離
x_{m1}	離
x_{v1}	距 離
x_{m2}	離
x_{v2}	距 離
x_{m3}	離
x_{v3}	距 離
x_{m4}	離
β	臨 界 角
θ	發 射 角
ε	角

十、申請專利範圍：

1. 一種發光元件，其包括主體，該主體具有表面、間接能帶隙半導體材料之區域及在該表面之一側上的發光源；及一相鄰於該表面之相對側的發射光導配置，其係用於沿著光通道引導該發射光並遠離該表面，該發射光導配置包括一具有光反射材料層及絕緣材料層之交替層之結構，其形成具有環形橫截面積及界定該光通道的光反射側壁，該光通道具有主軸，其中該側壁包括相鄰該光通道之該等光反射材料層之暴露邊緣，其等經覆蓋該絕緣材料層之相鄰邊緣的光反射材料之環形區域連接，且其中從該主軸到該光反射材料層中任一者之暴露邊緣之距離不小於從該主軸到覆蓋該絕緣材料層之相鄰邊緣之距離且在朝向該表面之方向上立即相鄰於該光反射材料層之一者之區域。
2. 如請求項1之發光元件，其中該間接能帶隙半導體材料係矽，其中該發光源包括形成在該間接能帶隙半導體材料之區域中的pn接面且其中該發射光導配置圍繞該表面上的光透射區。
3. 如請求項1之發光元件，其中該光導配置係一體形成在該表面上，其中該光反射材料層包含金屬層且其中該光反射材料區域包含用於在經間隔的金屬層間形成連接之金屬互連通孔。
4. 如請求項3之發光元件，其中從該主軸到該金屬層之任一者之暴露邊緣之距離大於從該主軸到覆蓋該絕緣材料

層之相鄰邊緣之距離且在朝向該表面之方向上相鄰於該金屬層之金屬互連通孔，且其中該金屬層僅部分遮蓋該金屬互連通孔。

5. 如請求項1之發光元件，其中該光通道之橫截面積在背離該表面之方向上增大。
6. 如請求項1之發光元件，其中該光通道具有拋物線形式之輪廓且其中該發光源係在該拋物線之焦點。
7. 如請求項1之發光元件，其中該光反射材料係選自包括鋁、銅、金及多晶矽之群。
8. 如請求項1之發光元件，其中該絕緣材料包含氧化物。
9. 如請求項1之發光元件，其中該等暴露邊緣及該等覆蓋該絕緣材料層之相鄰邊緣之區域相對於該光通道之主軸以銳角傾斜。
10. 如請求項9之發光元件，其中該角度在背離該表面之方向上減小。
11. 一種形成用於光電元件之光導配置的方法，該光電元件包括具有一表面及一間接能帶隙半導體材料之區域的主體及位在該表面之一側上的發光源，該方法包括以下步驟：形成相鄰該表面之一相對側之光導配置，其界定光通道，該光導配置係藉由以下所形成：在該表面上沉積光反射材料層與絕緣材料層之交替層；形成具有環形橫截區域並界定具有主軸之光通道，利用該光反射材料層之暴露邊緣及經光反射材料區域覆蓋之該絕緣材料層之相鄰邊緣；及

使從該主軸到該光反射材料層中任一者之暴露邊緣之距離不小於從該主軸到覆蓋該絕緣材料層之相鄰邊緣且在朝向該表面之方向上立即相鄰於該光反射材料層之一者之區域。

12. 如請求項11之方法，其中該光導配置係藉由以下一體形成在該表面上：在該表面上沈積該等光反射材料層之第一層，藉由該絕緣材料層之第一層分離該第一光反射材料層與該等光反射材料層之第二層，且在該光反射材料層之第一層與該第二層之暴露邊緣之間形成金屬互連通孔以覆蓋該絕緣材料層之第一層之相鄰邊緣。
13. 如請求項12之方法，其中該光反射材料層之第二層僅部分遮蓋該金屬互連通孔。
14. 如請求項11或12之方法，其包含以下步驟：分別對覆蓋該絕緣材料層之相鄰邊緣及該光反射層之暴露邊緣之至少一些區域形成相對於該光通道之主軸之銳角斜度。
15. 如請求項14之方法，其中該等絕緣材料層之相鄰邊緣之斜度及該等光反射材料層之暴露邊緣之斜度係經配置以使該光通道具有一成拋物線形式的輪廓，

其中該等絕緣材料層之相鄰邊緣之斜度及該等光反射材料層之暴露邊緣之斜度的角度係為恒定，且

其中該通道之主軸與該等斜度之間的距離係經選擇成得使該角度與介於該拋物線上對應位置處的該拋物線之切線與水平線間的角度差異最小化。

16. 如請求項14之方法，其中覆蓋該等絕緣材料層之相鄰邊

緣之斜度與該等光反射材料層之暴露邊緣之斜度係經配置成使該通道具有一成拋物線形式的輪廓，

其中覆蓋該等絕緣材料層之相鄰邊緣之區域之斜度的角度及該等光反射材料層之暴露邊緣之斜度的各自角度不同，以便接近該拋物線上對應位置處的該拋物線之切線。

十一、圖式：

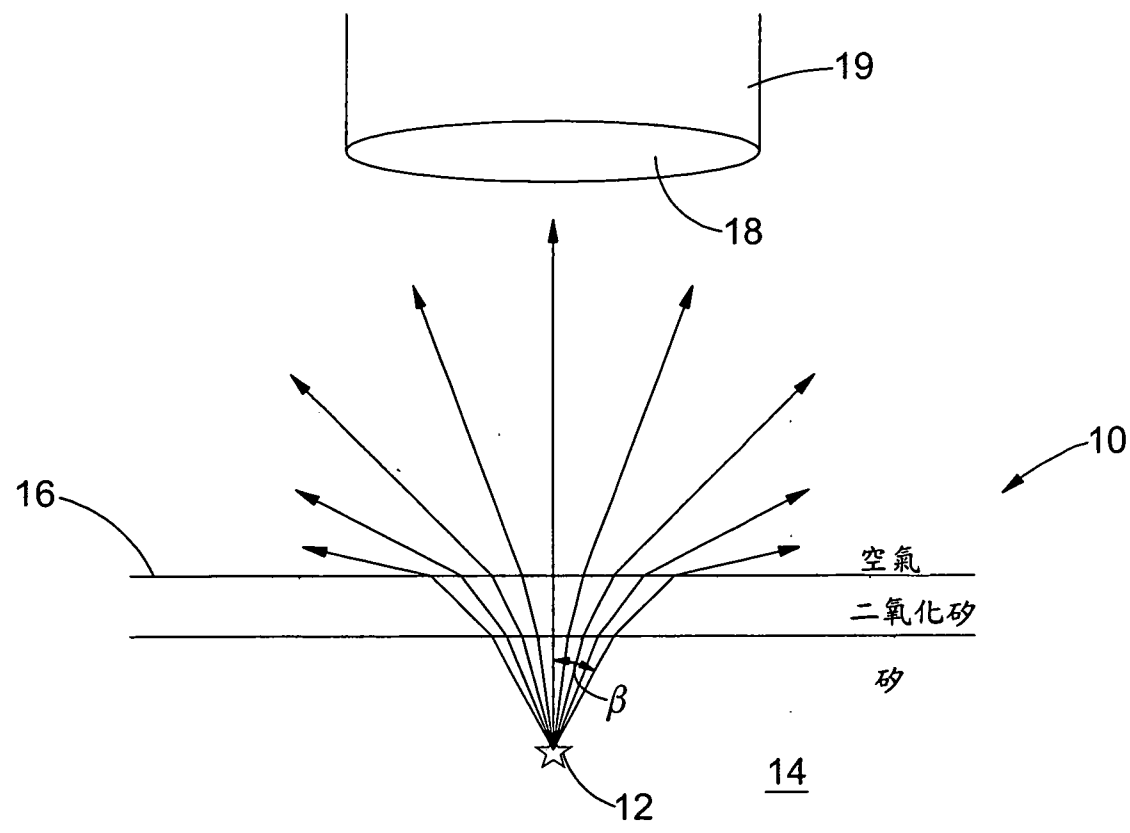


圖 1

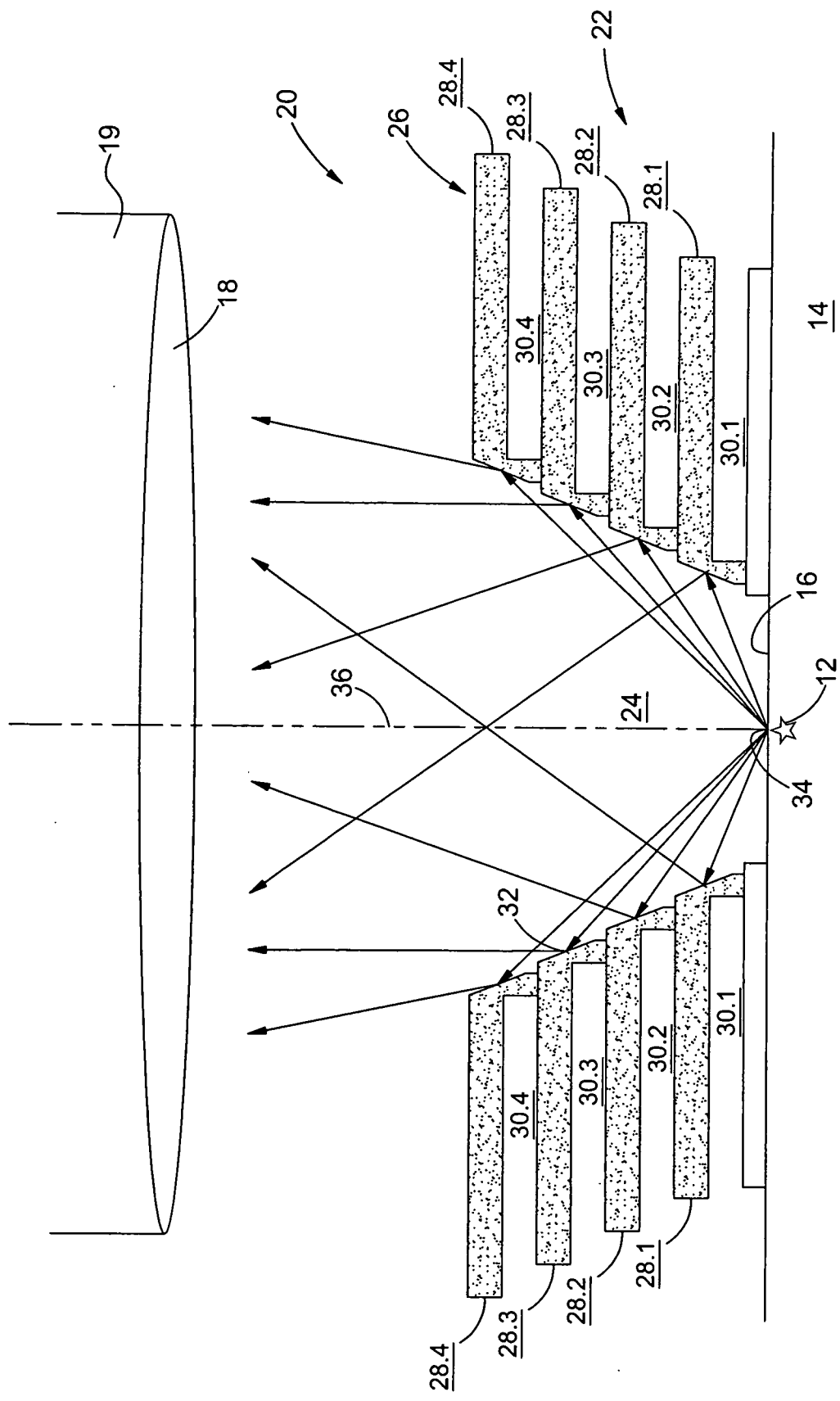


圖 2

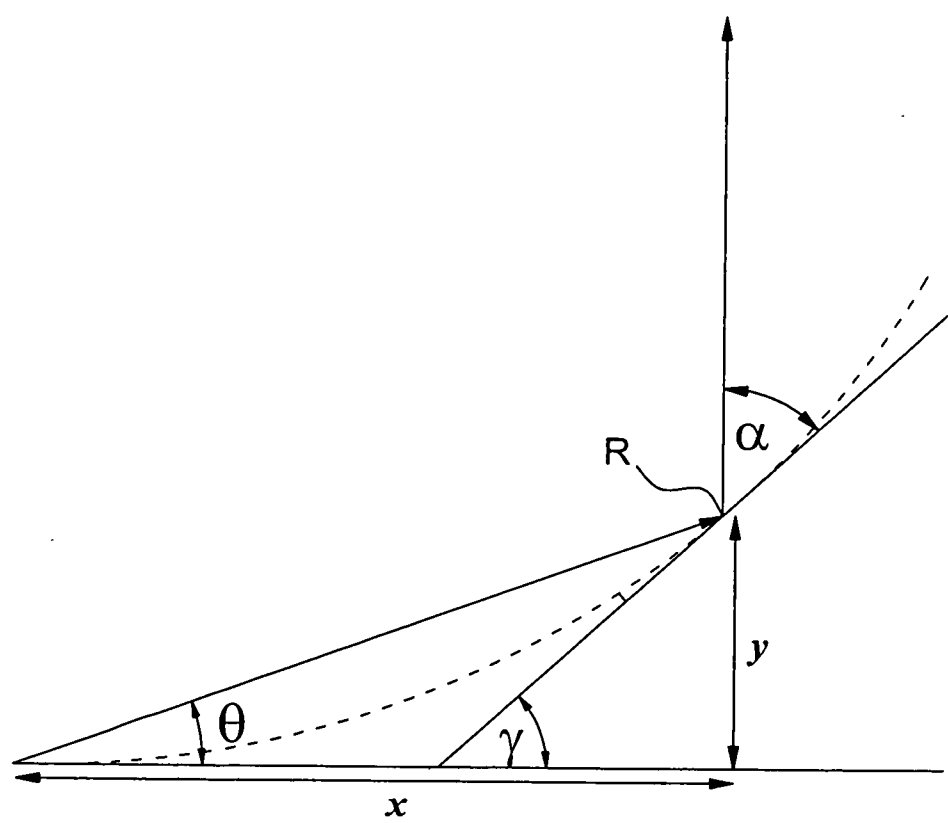


圖 3

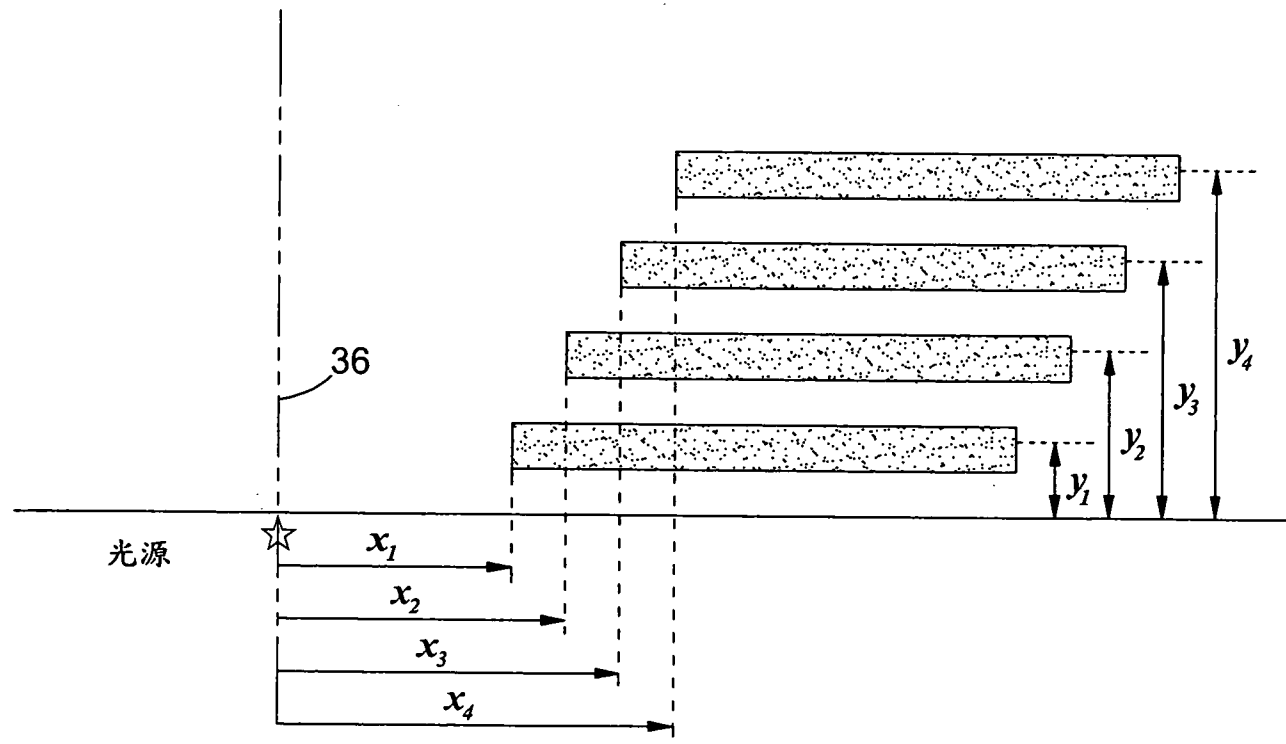


圖 4

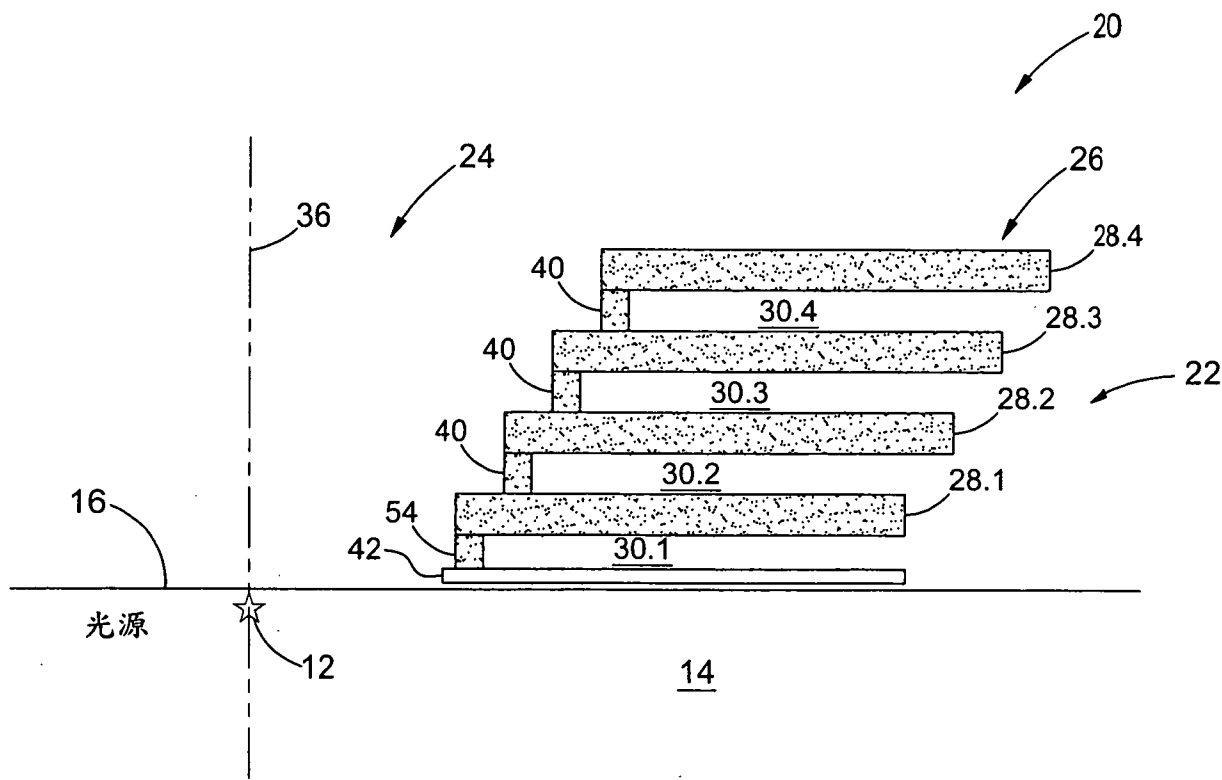


圖 5

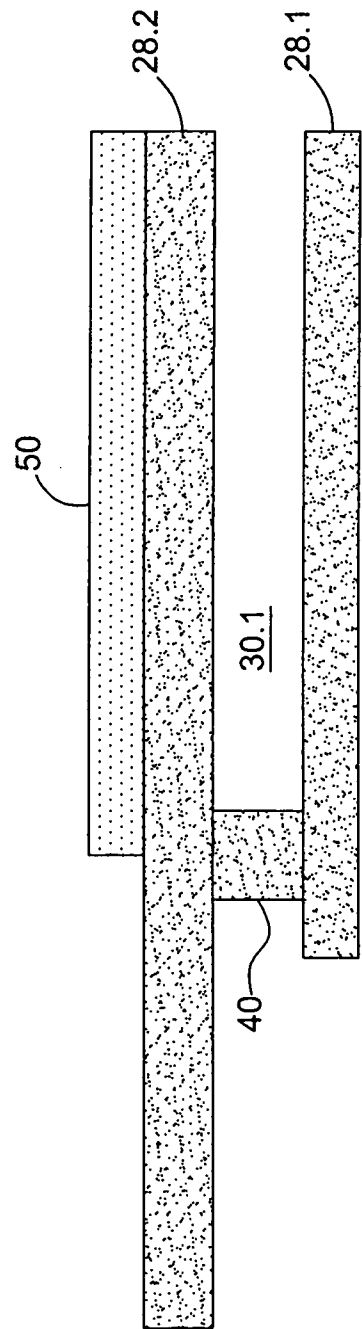


圖 6a

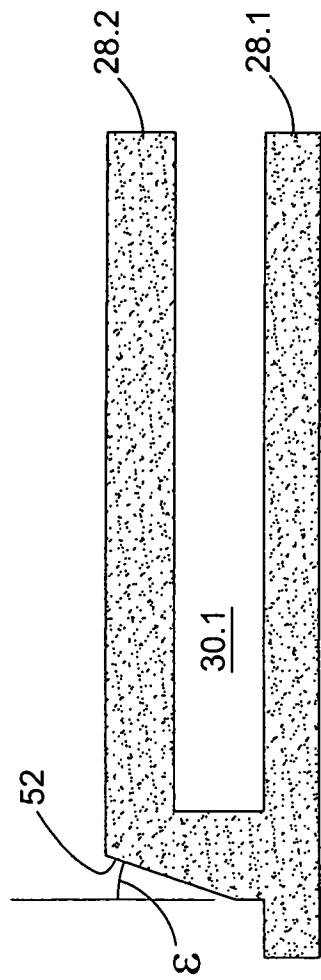


圖 6b

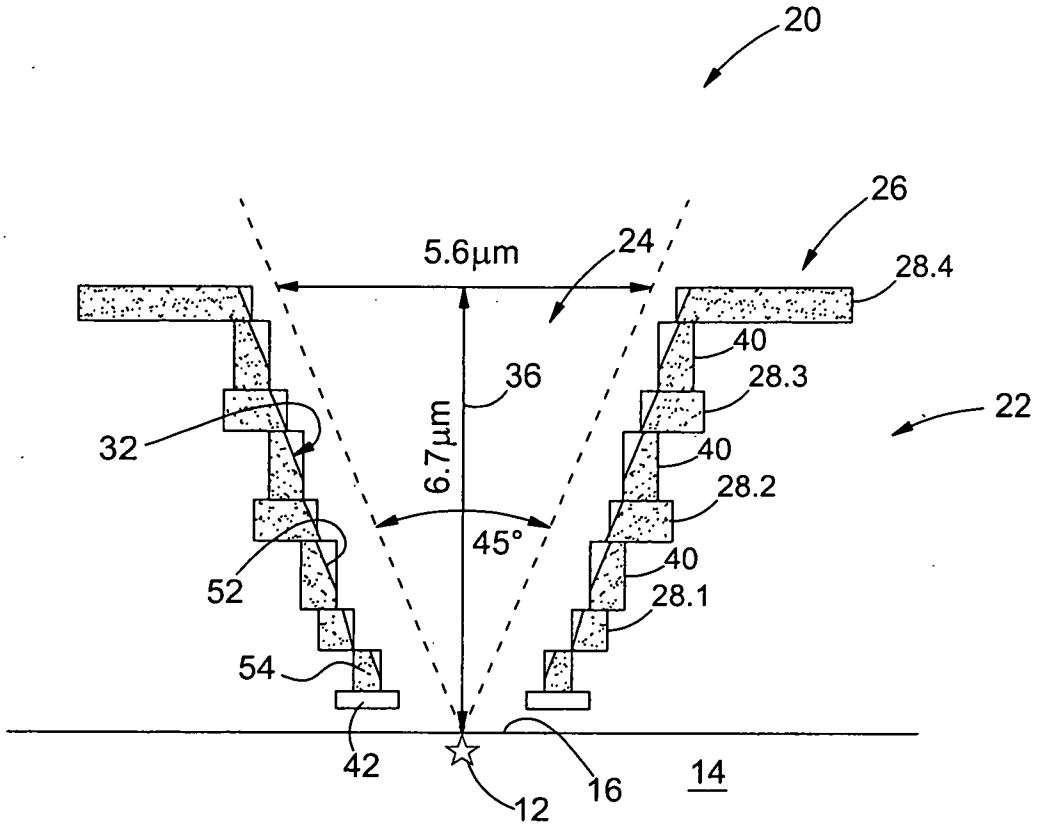


圖 7

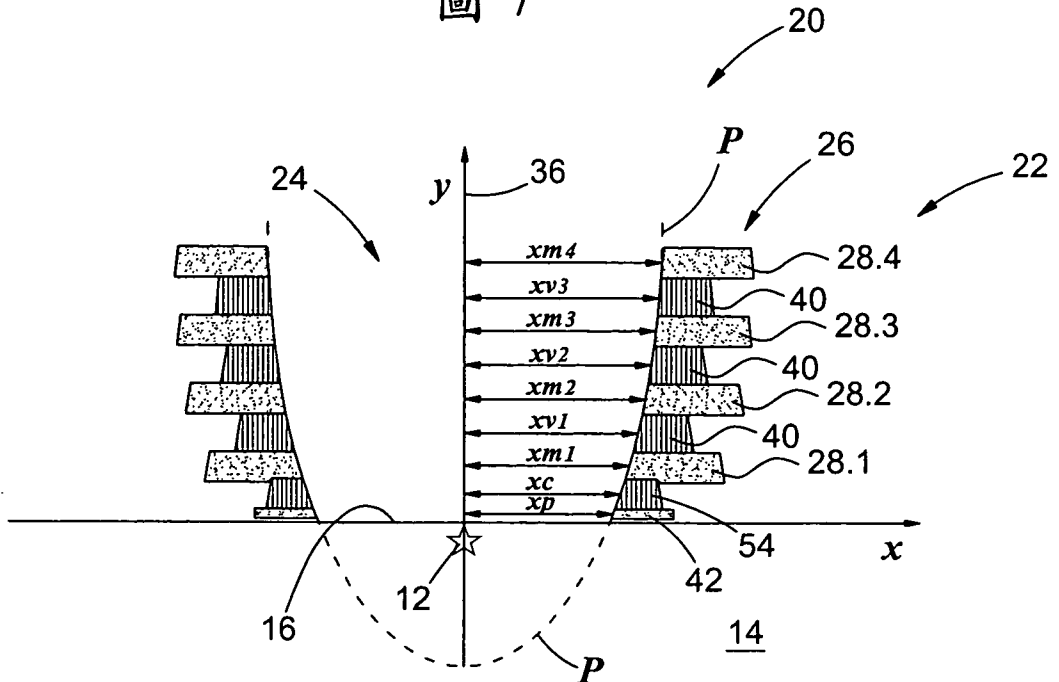


圖 8

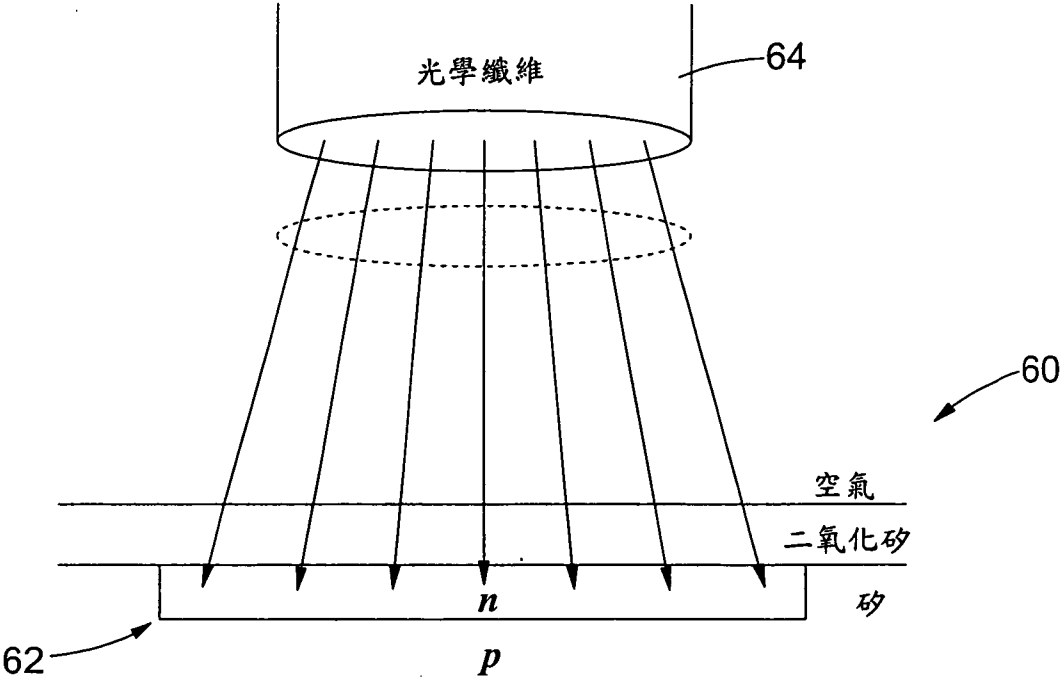


圖 9

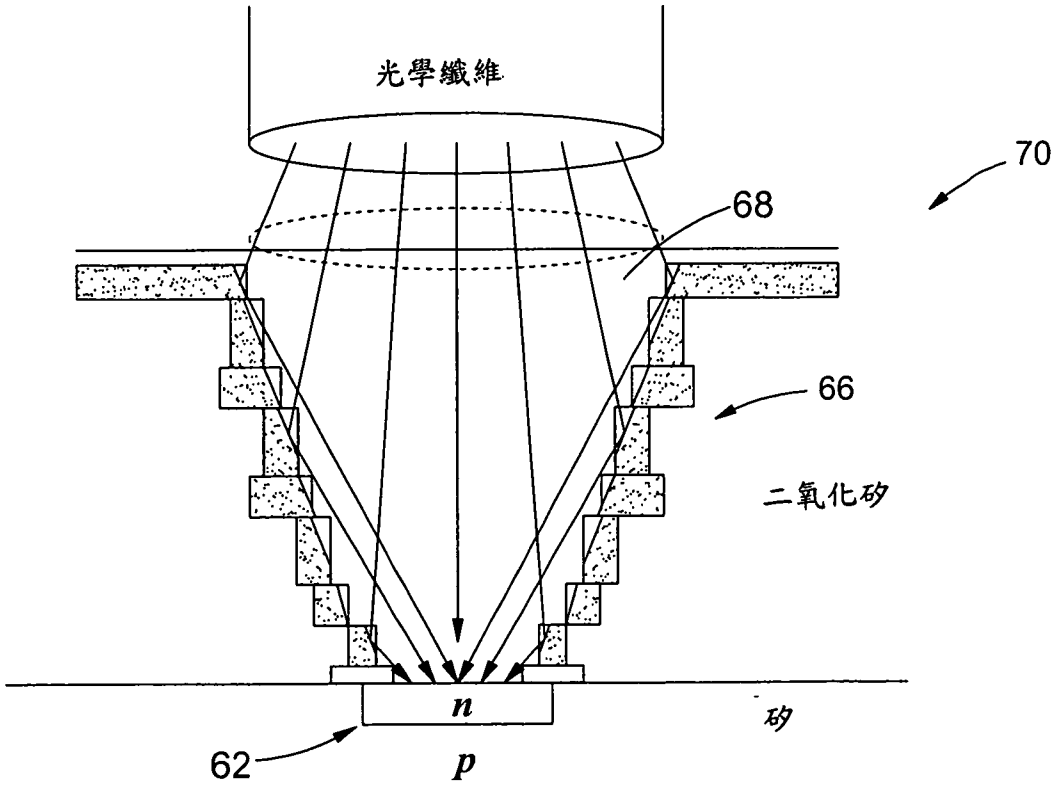


圖 10