



(21) 申請案號：101100506

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 05 日

(51) Int. Cl. : **H01L33/00 (2010.01)**

(30) 優先權：2011/07/04 日本 2011-148308

(71) 申請人：濱松赫德尼古斯股份有限公司 (日本) HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (JP)  
日本

(72) 發明人：里健一 SATO, KENICHI (JP)；鎌倉正吾 KAMAKURA, SHOGO (JP)；中村重幸  
NAKAMURA, SHIGEYUKI (JP)；太田剛 OHTA, TSUYOSHI (JP)；平柳通人  
HIRAYANAGI, MICHITO (JP)；鈴木裕樹 SUZUKI, HIROKI (JP)；足立俊介  
ADACHI, SHUNSUKE (JP)

(74) 代理人：陳長文

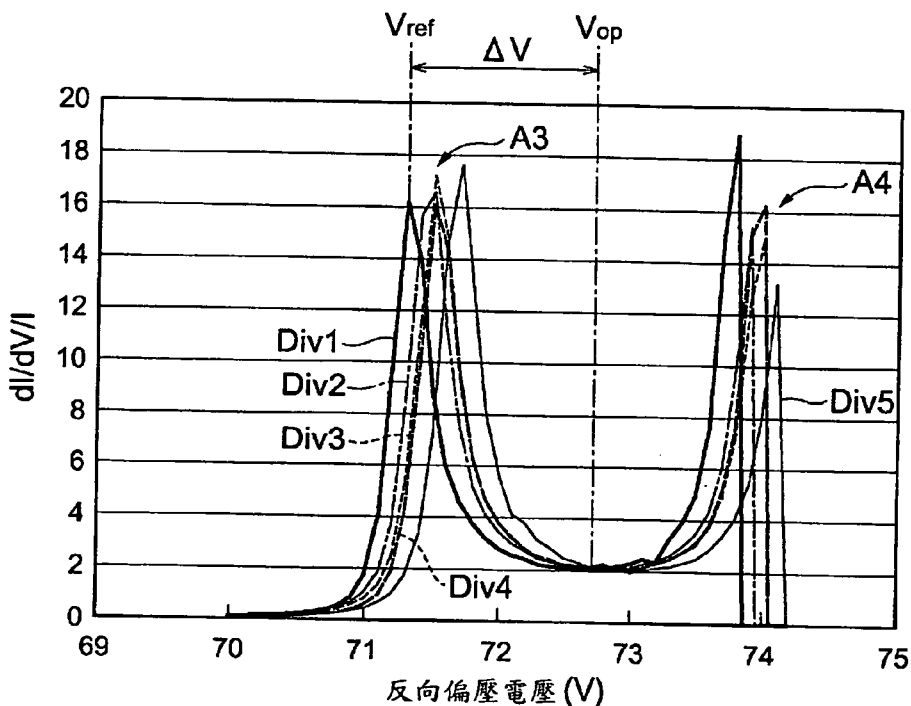
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 28 頁

(54) 名稱

光電二極體陣列、基準電壓決定方法及建議動作電壓決定方法

(57) 摘要

本發明係對光電二極體陣列施加反向偏壓電壓，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各崩潰光電二極體而串列連接。使施加之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓。決定對所決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。



A3：箭頭

A4：箭頭

Div1：微分特性

Div2：微分特性

Div3：微分特性

Div4：微分特性

Div5：微分特性

Vop：推薦動作電壓

Vref：基準電壓

ΔV：特定之值



(21)申請案號：101100506

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 05 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/00 (2010.01)**

(30)優先權：2011/07/04 日本 2011-148308

(71)申請人：濱松赫德尼古斯股份有限公司 (日本) HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (JP)  
日本

(72)發明人：里健一 SATO, KENICHI (JP)；鎌倉正吾 KAMAKURA, SHOGO (JP)；中村重幸  
NAKAMURA, SHIGEYUKI (JP)；太田剛 OHTA, TSUYOSHI (JP)；平柳通人  
HIRAYANAGI, MICHITO (JP)；鈴木裕樹 SUZUKI, HIROKI (JP)；足立俊介  
ADACHI, SHUNSUKE (JP)

(74)代理人：陳長文

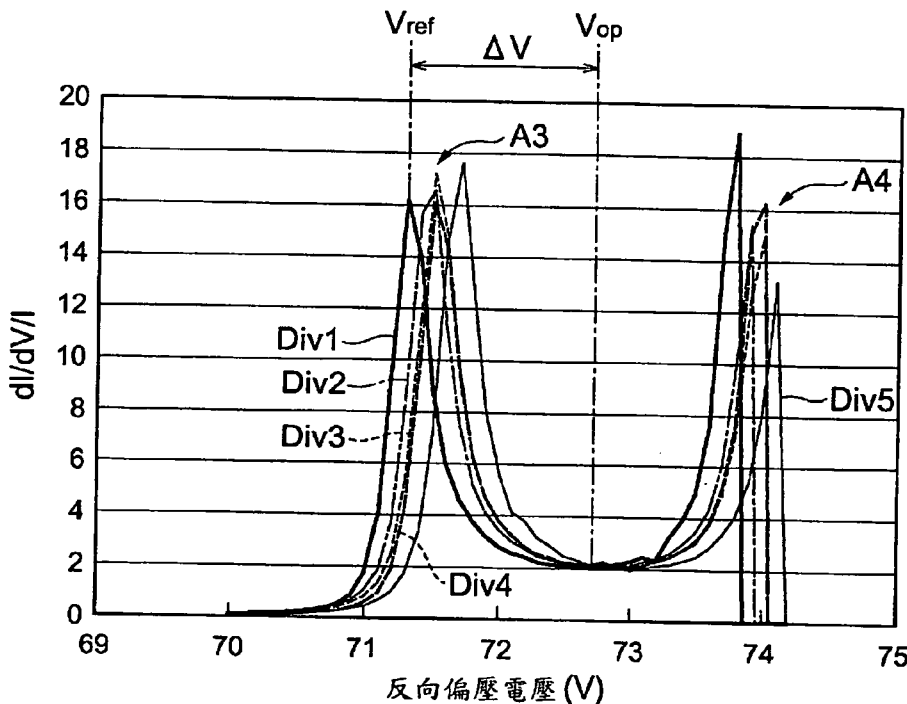
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 28 頁

(54)名稱

光電二極體陣列、基準電壓決定方法及建議動作電壓決定方法

(57)摘要

本發明係對光電二極體陣列施加反向偏壓電壓，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各崩潰光電二極體而串列連接。使施加之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓。決定對所決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。



A3：箭頭

A4：箭頭

Div1：微分特性

Div2：微分特性

Div3：微分特性

Div4：微分特性

Div5：微分特性

Vop：推薦動作電壓

Vref：基準電壓

ΔV：特定之值

# 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：101100506

※申請日：101.1.5

※IPC 分類：H01L 33/00 (2010.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

光電二極體陣列、基準電壓決定方法及建議動作電壓決定方法

## 二、中文發明摘要：

本發明係對光電二極體陣列施加反向偏壓電壓，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各崩潰光電二極體而串列連接。使施加之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓。決定對所決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。

## 三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 5 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

A3	箭頭
A4	箭頭
Div1	微分特性
Div2	微分特性
Div3	微分特性
Div4	微分特性
Div5	微分特性
Vop	推薦動作電壓
Vref	基準電壓
$\Delta V$	特定之值

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種光電二極體陣列、決定施加於該光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓之推薦動作電壓決定方法、及決定用以決定該推薦動作電壓之基準電壓之基準電壓決定方法。

### 【先前技術】

已知有包含以蓋格模式動作之複數個崩潰光電二極體、及相對於各個崩潰光電二極體而串列連接之淬滅電阻之光電二極體陣列(例如，參照專利文獻1)。該種光電二極體陣列亦如專利文獻1中所記載般用於光子計數用光半導體元件「MPPC」(註冊商標)。

先前技術文獻

專利文獻

[專利文獻1]日本專利特開2008-153311號公報

[非專利文獻1]「MPPC(註冊商標)Multi-Pixel Photon Counter技術資料(2009年5月)」、Hamamatsu Photonics股份有限公司

### 【發明內容】

發明所欲解決之問題

如非專利文獻1中所記載般，於上述光電二極體陣列中，以可獲得所期望之增益(倍增率)之方式決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓。一般情況下，推薦動作電壓之決定係藉由以下方法進行。

上述光電二極體陣列之倍增率可根據光電二極體陣列檢測光子時之輸出電荷量算出。該倍增率根據施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓而變化。因此，求出根據輸出電荷量算出之倍增率成為所期望之值時之反向偏壓電壓，並決定該反向偏壓電壓作為推薦動作電壓。

此外，倍增率以如下方式測定。將放大器(例如電荷放大器)連接於上述光電二極體陣列，自來自放大器之輸出而取得輸出電荷量之頻數分佈。輸出電荷量之頻數分佈係藉由繪製每單位時間之累計電荷量之分佈而獲得。於輸出電荷量之頻數分佈中分離地出現複數個峰值，相鄰之峰值之間隔與檢測1個光子之輸出電荷量相當。因此，可根據相鄰之峰值之間隔而算出倍增率。

然而，上述倍增率之測定方法具有如下所述之問題。

由於上述光電二極體陣列為固體元件，故而會產生因熱性地產生之暗電流之載子所引起之雜訊(暗雜訊)。尤其，於上述光電二極體陣列中，由於暗雜訊倍增並且無規則地產生，故而難以區分暗雜訊與光子之檢測信號。即，難以區分暗雜訊之產生頻率(暗計數)與檢測特定數之光子之頻率。因此，於輸出電荷量之頻數分佈中，峰值難於分離地出現，從而難以算出倍增率本身。尤其，於謀求光電二極體陣列之大面積化之情形時，由於暗計數增加，故而倍增率之測定較為困難之問題更加顯著。

將放大器連接於光電二極體陣列而將來自光電二極體陣列之輸出放大。因此，測定結果較大地受到放大器之特性

偏差之影響，故精度良好地算出倍增率較為困難。

因此，於上述推薦動作電壓之決定方法中，由於基於根據輸出電荷量而算出之倍增率決定推薦動作電壓，故而難以精度良好且容易地決定推薦動作電壓。

本發明之目的在於提供一種可容易且精度良好地決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓及用以決定該推薦動作電壓之基準電壓之基準電壓決定方法及推薦動作電壓決定方法、及設定有根據推薦動作電壓而決定之倍增率之光電二極體陣列。

#### 解決問題之技術手段

本發明者等人進行調查研究之結果而新發現如下所述之事實。

若對具備排列有以蓋格模式動作之複數個崩潰光電二極體、及包含一端分別電性連接於複數個崩潰光電二極體之淬滅電阻之光電二極體陣列施加反向偏壓電壓，且使該反向偏壓電壓變化之情形時，電流-電壓特性如下變化。即，於反向偏壓電壓成為崩潰電壓以上之後進入至蓋格區域，當崩潰光電二極體開始向蓋格模式轉移時電流值上升。而且，於使最多之崩潰光電二極體轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓，電流相對於反向偏壓電壓之變化中出現反曲點。其等原因在於複數個崩潰光電二極體並列連接之構成、及淬滅電阻串列連接於各崩潰光電二極體之構成。因此，藉由將該反曲點之反向偏壓電壓設為基準電壓，且根據該基準電壓設定推薦動作電壓，而可容易且精度良好地

決定該推薦動作電壓。

基於該事實，本發明係一種基準電壓決定方法，其係決定用以決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓之基準電壓者，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個崩潰光電二極體而串列連接；且使施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓。

於本發明之基準電壓決定方法中，決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓。藉此，難以受到暗雜訊之影響而可精度良好地決定基準電壓。於本發明中，施加反向偏壓電壓，並測定相對於反向偏壓電壓之變化之電流之變化，藉此求出該變化之反曲點。因此，可容易地決定基準電壓。

亦決定所測定之電流之一次微分成為峰值之反向偏壓電壓作為基準電壓。又，亦可決定所測定之電流之二次微分成為零之反向偏壓電壓作為基準電壓。於任一情形時，均可確實地求出電流之變化中之反曲點。

此外，光電二極體陣列之倍增率M以下述關係式表示。

$$M=C \times \Delta V$$

C為各崩潰光電二極體之接面電容。 $\Delta V$ 為最多之崩潰光電二極體轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓、即來自基準電壓之電位差。因此，若推薦動作電壓與基準電壓之差已決



定，則唯一性地決定倍增率 $M$ 。反之，為獲得所期望之倍增率 $M$ ，只要對基準電壓加上滿足上述關係式之 $\Delta V$ 即可。

本發明係一種推薦動作電壓決定方法，其係決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓者，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個崩潰光電二極體而串列連接；且決定對以如上述之基準電壓決定方法所決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。

於本發明之推薦動作電壓決定方法中，決定對以上述基準電壓決定方法決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。藉此，難以受到暗雜訊之影響而可精度良好地決定推薦動作電壓，並且可容易地決定推薦動作電壓。

本發明者等人進行調查研究之結果，亦新發現如下所述之事實。

於電流-電壓特性中，於最多之崩潰光電二極體轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓下，電流之變化中出現反曲點。若使反向偏壓電壓進一步增大，則存在電流因後脈衝等之影響而飛躍性地增大之區域。此時會出現新反曲點。該等反曲點係於使反向偏壓電壓增大時自下凸變成上凸之反曲點。因此，藉由將電流相對於反向偏壓電壓之變化中之上述兩個反曲點之間之曲線部分之反向偏壓電壓設定為推薦動作電壓，而可容易且精度良好地決定該推薦動作電壓。

根據該事實，本發明係一種推薦動作電壓決定方法，其

係決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓者，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個上述崩潰光電二極體而串列連接；且使施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定於測定之電流之變化中、自下凸變成上凸之兩個反曲點之間之曲線部分之反向偏壓電壓作為推薦動作電壓。

於本發明之推薦動作電壓決定方法中，於測定之電流之變化中，決定自下凸變成上凸之兩個反曲點之間之曲線部分之反向偏壓電壓作為推薦動作電壓。藉此，難以受到暗雜訊之影響而可精度良好地決定推薦動作電壓，並且可容易地決定推薦動作電壓。

本發明係一種光電二極體陣列，其包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個崩潰光電二極體而串列連接；且設定有基於以上述推薦動作電壓決定方法決定之推薦動作電壓之倍增率。

於本發明之光電二極體陣列中，由於設定有基於精度良好地決定之推薦動作電壓之倍增率，故而可抑制倍增率產生偏差。

#### 發明之效果

根據本發明，可提供一種能容易且精度良好地決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓及用以決定該推薦動作電壓之基準電壓之基準電壓決定方法及推薦動作電壓決定方法、及設定有基於推薦動作電壓之倍增

率之光電二極體陣列。

### 【實施方式】

以下，參照隨附圖式對本發明之較佳實施形態進行詳細說明。再者，於說明中，對相同要素或具有相同功能之要素使用相同之符號，並省略重複之說明。

首先，參照圖1~圖3說明本實施形態之光電二極體陣列之構成。圖1係光電二極體陣列之立體圖，圖2(a)係圖1所示之光電二極體陣列之II-II箭頭剖面圖、及(b)係其電路圖。圖3係光電二極體陣列整體之電路圖。

於光電二極體陣列10中，於N型(第1導電型)之半導體基板1N形成有複數個光電二極體D1(參照圖3)。

各個光電二極體D1包含：P型(第2導電型)之第1半導體區域1PA，其形成於半導體基板1N之一表面側；及P型(第2導電型)之第2半導體區域1PB，其形成於第1半導體區域1PA內。第2半導體區域1PB具有較第1半導體區域1PA高之雜質濃度。光電二極體D1包含與半導體基板1N電性連接之第1電極E1、及形成於第2半導體區域1PB上之表面電極E3。第1半導體區域1PA之平面形狀為四邊形。第2半導體區域1PB位於第1半導體區域之內側，且平面形狀為四邊形。第1半導體區域1PA之深度較第2半導體區域1PB深。圖1中之半導體基板1係表示包含N型之半導體基板1N、及P型之半導體區域1PA、1PB雙方者。

光電二極體陣列10於各個光電二極體D1分別包括包含金屬層之第1反射體E2、及電阻層(淬滅電阻)R1。第1反射體

E2經由絕緣層L(參照圖2)而形成於第1半導體區域1PA之外側之半導體基板1N上。電阻層R1係其一端連接於表面電極E3，且沿著第1半導體區域1PA上之絕緣層L之表面延伸。為了結構之明確化，於圖1中省略圖2所示之絕緣層L之記載。

第1反射體E2包含平面形狀為L字型之包含金屬層之反射體E21。位於半導體基板1N上之第1反射體E21(E2)與具有第1開口之環狀之表面電極E3電性隔離。即，雖於光電二極體D1之陽極與陰極分別設置有電極，但一方之表面電極E3自第1反射體E2電性分離。藉此，第1反射體E2與表面電極E3被明確地區分開，用以將其配置於適於反射之部位之設計自由度增加。連接於各個光電二極體D1之電阻層R1之另一端視需要經由連接於電阻層R1之配線電極而與共用之信號讀取線TL電性連接。

於圖1中，於列方向鄰接之一對光電二極體(半導體區域1PA之正下方之區域)均經由電阻層R1而連接於在行方向延伸之信號讀取線TL。複數對光電二極體分別經由電阻層R1而連接於1個信號讀取線TL。於行方向延伸之信號線TL沿著列方向整齊排列有複數條。同樣地，複數對光電二極體亦分別經由電阻層R1而連接於各個信號線TL。圖1所示之各信號線TL最終全部連接，於電路上作為1條信號線TL而構成如圖3所示之電路。

電阻層R1係電阻率高於其所連接之表面電極E3，又，電阻率亦高於第1反射體E2。具體而言，電阻層R1包含多

晶矽，剩餘之所有電極及反射體包含鋁等金屬。於半導體基板1包含Si之情形時，作為電極材料，除了鋁以外，亦經常使用AuGe/Ni等。作為使用Si之情形時之P型雜質，可使用B等3族元素，作為N型雜質，可使用N、P或As等5族元素。即便作為半導體之導電型之N型與P型相互置換而構成元件，亦可使該元件發揮功能。作為該等雜質之添加方法，可使用擴散法或離子注入法。

作為絕緣層L之材料，可使用SiO<sub>2</sub>或SiN。作為絕緣層L之形成方法，於絕緣層L包含例如SiO<sub>2</sub>之情形時，可使用熱氧化法或濺鍍法。

於上述結構之情形時，可藉由於N型半導體基板1N與P型第1半導體區域1PA之間構成PN接面而形成光電二極體D1。半導體基板1N與形成於基板背面之第1電極E1電性連接。第1半導體區域1PA經由第2半導體區域1PB而連接於表面電極E3。電阻層R1相對於光電二極體D1而串列連接(參照圖2(b))。

於光電二極體陣列10中，使各個光電二極體D1以蓋格模式動作。於蓋格模式中，將大於光電二極體D1之崩潰電壓之反向電壓(反向偏壓電壓)施加於光電二極體D1之陽極/陰極間。即，對陽極施加(-)電位V1，且對陰極施加(+)電位V2。該等電位之極性相反，亦可將一方之電位設為接地電位。

陽極為P型半導體區域1PA，陰極為N型半導體基板1N。光電二極體D1作為崩潰光電二極體發揮功能。若向光電二

極體D1入射光(光子)，則於基板內部進行光電轉換而產生光電子。於圖2(a)所示之P型半導體區域1PA之PN接面界面之附近區域AVC進行崩潰倍增，而使放大之電子群向電極E1流動。

第1反射體E2設置於相對於第2半導體區域1PB而雜質濃度相對低之第1半導體區域1PA之外側之半導體基板1N之表面上。半導體基板1N之露出面之區域係幾乎無助於對光入射進行檢測之死角。第1反射體E2使入射之光反射且入射至第2反射體(例如，金屬封裝內表面等)。第2反射體使入射之光再次反射，且將再反射之光有效地導引至光電二極體D1。

連接於各個光電二極體D1之電阻層R1之另一端係沿著半導體基板1N之表面而與共用之信號讀取線TL電性連接。複數個光電二極體D1以蓋格模式動作，各光電二極體D1連接於共用之信號線TL。因此，於同時向複數個光電二極體D1入射光子之情形時，複數個光電二極體D1之輸出全部被輸入至共用之信號線TL中，整體作為與入射光子數對應之高強度之信號予以測量。亦可將產生信號讀取用之電壓降之負載電阻連接於信號讀取線TL。

上述結構為表面入射型之光電二極體陣列之結構，但亦可採用背面入射型之光電二極體陣列之結構。於該情形時，只要使半導體基板1N之厚度變薄，且將背面側之電極E1設為透明電極即可。亦可將背面側之電極E1配置於半導體基板1N之其他位置(例如基板表面側)。

其次，參照圖4~圖5，對光電二極體陣列10之基準電壓決定方法、推薦動作電壓決定方法、及倍增率設定方法進行說明。圖4係表示電流相對於反向偏壓電壓之變化之線圖。圖5係表示將圖4所示之電流-電壓特性針對電流進行一次微分之結果之線圖。

首先，對光電二極體陣列10施加反向偏壓電壓。而且，使反向偏壓電壓變化並測定輸出電流。即，測定光電二極體陣列10之電流-電壓特性。此時，並非一定要將電荷放大器等放大器連接於光電二極體陣列10。為消除放大器之特性偏差之影響，較佳為不將放大器連接於光電二極體陣列10。亦可代替輸出電流而測定向光電二極體陣列10之輸入電流。

於光電二極體陣列10中，可預先預測進入至蓋格區域之反向偏壓電壓。因此，無需將使反向偏壓電壓變化時之下限值設定為零，只要設定為較進入至蓋格區域之反向偏壓電壓僅低特定值之電壓即可。藉此，可謀求測定光電二極體陣列10之輸出電流之時間之縮短化。

將測定結果之一例示於圖4。於圖4中表示5個光電二極體陣列10之測定結果。由圖4可知，於各光電二極體陣列10中，電流-電壓特性IV1~IV5不同。因此，必需針對各個光電二極體陣列10設定倍增率。

自圖4所示之各電流-電壓特性IV1~IV5可知，於光電二極體陣列10之各者中，於反向偏壓電壓成為崩潰電壓以上之後進入至蓋格區域，當光電二極體D1開始向蓋格模式轉

移時，輸出電流之值上升(圖4中以箭頭A1所示之部分)。輸出電流上升之反向偏壓電壓之值於每一光電二極體陣列10不同。

隨著反向偏壓電壓變高，轉移至蓋格模式之光電二極體D1之數量增加，輸出電流增加。而且，於各電流-電壓特性IV1~IV5中，於轉移至蓋格模式之光電二極體D1之數量最多之反向偏壓電壓，於輸出電流之變化中出現反曲點(圖4中以箭頭A2所示之部分)。因此，將各電流-電壓特性IV1~IV5之反曲點之反向偏壓電壓設為基準電壓，且根據該基準電壓設定推薦動作電壓，藉此，可容易且精度良好地決定該推薦動作電壓。

為求出輸出電流相對於反向偏壓電壓之變化中之反曲點，將圖4所示之各電流-電壓特性IV1~IV5針對輸出電流進行微分。將結果示於圖5。此處，將各電流-電壓特性IV1~IV5針對輸出電流進行一次微分。又，為了標準化，以輸出電流除一次微分之值。

自圖5所示之微分特性Div1~Div5可知，輸出電流相對於反向偏壓電壓之變化中之反曲點係輸出電流之一次微分成為峰值而表現出來(圖5中以箭頭A3所示之部分)。反曲點之反向偏壓電壓為最多之光電二極體D1轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓。因此，將最多之光電二極體D1轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓設為用以決定推薦動作電壓之基準電壓。基準電壓於每一光電二極體陣列10不同。

於圖5所示之微分特性Div1~Div5中，輸出電流之一次微



分於一度迎來峰值之後，再次迎來峰值(圖5中以箭頭A4所示之部分)。其係隨著使反向偏壓電壓增加而使後脈衝等飛躍性地增大之結果。即，於輸出電流相對於反向偏壓電壓之變化中，除了藉由最多之光電二極體D1轉移至蓋格模式而產生之反曲點以外，亦出現由於後脈衝等之影響而使輸出電流飛躍性地增大從而產生之反曲點。該等反曲點係於使反向偏壓電壓增加時，自下凸變成上凸之反曲點。因此，推薦動作電壓較佳為設定為最多之光電二極體D1轉移至蓋格模式之反向偏壓電壓(基準電壓)以上且未達後脈衝等飛躍性地增大之反向偏壓電壓之範圍、即成為上述兩個反曲點間之反向偏壓電壓。

其次，決定用以獲得所期望之倍增率之推薦動作電壓。光電二極體陣列10之倍增率M係如上述般以 $M=C \times \Delta V$ 表示。由於C為光電二極體D1之接面電容，故而為已知。因此，藉由決定 $\Delta V$ 而唯一性地決定倍增率M。即，藉由決定對基準電壓加上 $\Delta V$ 而得之反向偏壓電壓作為推薦動作電壓，而可獲得所期望之倍增率M。

例如，自圖5所示之各微分特性Div1~Div5中成為峰值之反向偏壓電壓(基準電壓)加上特定值而決定各微分特性Div1~Div5中之成為下凸之曲線部分之底部之反向偏壓電壓作為推薦動作電壓。作為具體例，於圖5中，關於微分特性Div1，表示有成為峰值之基準電壓 $V_{ref}$ 、於基準電壓 $V_{ref}$ 增加特定之值 $\Delta V$ 而獲得之推薦動作電壓 $V_{op}$ 。推薦動作電壓於光電二極體陣列10之各者中不同。然而，於各光電

二極體陣列10中，由於推薦動作電壓與基準電壓之差 $\Delta V$ 相同，故而各光電二極體陣列10之倍增率M相同。

於將推薦動作電壓設定為高於圖5所示之各微分特性Div1~Div5中之成為下凸之曲線部分之底部之反向偏壓電壓之情形時，有倍增率M變高，檢測效率(PDE：Photon Detection Efficiency)變高，時間解析度提昇之優點。反之，有暗計數、串擾、及後脈衝增加之缺點。於將推薦動作電壓設定為低於圖5所示之微分特性Div1~Div5中之成為下凸之曲線部分之底部之反向偏壓電壓之情形時，有倍增率M變低，暗計數、串擾、及後脈衝減少之優點。反之，有檢測效率較低，時間解析度惡化之缺點。因此，於基準電壓增加之上述特定之值係考慮光電二極體陣列10中求出之特性而決定。

如上所述，於本實施形態中，決定所測定之輸出電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為基準電壓，且決定於該基準電壓加上特定值而得之電壓作為推薦動作電壓。藉此，難以受到暗雜訊之影響而可精度良好地決定基準電壓及推薦動作電壓。於本實施形態中，藉由施加反向偏壓電壓，並測定相對於反向偏壓電壓之變化之輸出電流之變化，而求出該變化之反曲點。因此，可容易地決定基準電壓及推薦動作電壓。

而且，於本實施形態中，設定有基於精度良好地決定之推薦動作電壓之倍增率M。因此，可抑制倍增率M於每一光電二極體陣列10產生偏差。

於本實施形態中，決定所測定之輸出電流之一次微分成為峰值之反向偏壓電壓作為基準電壓。藉此，可確實地求出輸出電流之變化中之反曲點。

於上述先前之推薦動作電壓之決定方法中，必需適當地檢測來自光源之光。因此，必需採用於暗箱內配置光電二極體陣列等不向光電二極體陣列入射來自光源之光以外之光(環境光)之構成。然而，於本實施形態之基準電壓及推薦動作電壓之決定方法中，即便於環境光入射至光電二極體陣列10之情形時，光電二極體陣列10亦檢測環境光，並作為輸出電流輸出。即，由於環境光亦反映於輸出電流，故而無需採用不入射環境光之構成。當然，於本實施形態中亦可採用不入射環境光之構成。

於上述先前之推薦動作電壓之決定方法中，為獲得頻數分佈，而必需反覆測定數千次，從而必需延長測定時間。然而，於本實施形態中，只要測定光電二極體陣列10之輸出電流相對於反向偏壓電壓之變化(電流-電壓特性)即可，測定時間極短。

以上，對本發明之較佳之實施形態進行了說明，但本發明並非限定於上述實施形態，可於不脫離其要旨之範圍內進行各種變更。

於本實施形態中，藉由一次微分求出電流相對於反向偏壓電壓之變化(電流-電壓特性)中之反曲點，但並不限定於此。反曲點亦可於數學上藉由二次微分求出。因此，亦可決定測定之電流之二次微分成為零之反向偏壓電壓作為基

準電壓。

於本實施形態中，於決定基準電壓之後，根據該基準電壓決定推薦動作電壓，但並不限定於此。例如，亦可不決定基準電壓而根據電流相對於反向偏壓電壓之變化直接決定推薦動作電壓。

如上述般，推薦動作電壓較佳為設定為於電流相對於反向偏壓電壓之變化中成為藉由最多之光電二極體D1轉移至蓋格模式而產生之反曲點、與因後脈衝等飛躍性地增大而產生之反曲點之間之反向偏壓電壓。因此，於獲得如圖4所示之電流-電壓特性IV1~IV5之後，亦可將於在該電流-電壓特性IV1~IV5中使反向偏壓電壓增加時自下凸變成上凸之兩個反曲點之間之曲線部分之反向偏壓電壓決定為推薦動作電壓。藉此，亦可精度良好且容易地決定推薦動作電壓。於此情形時，反曲點亦可藉由一次微分或二次微分之任一者求出。

#### 產業上之可利用性

本發明可利用於包含以蓋格模式動作之複數個崩潰光電二極體、及相對於各個崩潰光電二極體而串列連接之淬滅電阻之光電二極體陣列。

#### 【圖式簡單說明】

圖1係本實施形態之光電二極體陣列之立體圖。

圖2(a)係圖1所示之光電二極體陣列之II-II箭頭剖面圖、及(b)係其電路圖。

圖3係本實施形態之光電二極體陣列整體之電路圖。

圖 4 係表示電流相對於反向偏壓電壓之變化之線圖。

圖 5 係表示將圖 4 所示之電流-電壓特性針對電流進行一次微分之結果之線圖。

**【主要元件符號說明】**

10	光電二極體陣列
A3	箭頭
A4	箭頭
D1	光電二極體(崩潰光電二極體)
Div1	微分特性
Div2	微分特性
Div3	微分特性
Div4	微分特性
Div5	微分特性
R1	電阻層(淬滅電阻)
Vop	推薦動作電壓
Vref	基準電壓
$\Delta V$	特定之值

## 七、申請專利範圍：

1. 一種基準電壓決定方法，其係決定用以決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓之基準電壓者，該光電二極體包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個上述崩潰光電二極體而串列連接；且

使施加於上述光電二極體陣列之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定所測定之電流之變化中之反曲點之反向偏壓電壓作為上述基準電壓。

2. 如請求項1之基準電壓決定方法，其中決定所測定之電流之一次微分成為峰值之反向偏壓電壓作為上述基準電壓。

3. 如請求項1之基準電壓決定方法，其中決定所測定之電流之二次微分成為零之反向偏壓電壓作為上述基準電壓。

4. 一種推薦動作電壓決定方法，其係決定施加於光電二極體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓者，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個上述崩潰光電二極體而串列連接；且

決定對以如請求項1至3中任一項之基準電壓決定方法所決定之基準電壓加上特定值而得之電壓作為上述推薦動作電壓。

5. 一種推薦動作電壓決定方法，其係決定施加於光電二極

體陣列之反向偏壓電壓之推薦動作電壓者，該光電二極體陣列包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個上述崩潰光電二極體而串列連接；且

使施加於上述光電二極體陣列之反向偏壓電壓變化並測定電流，而決定於測定之電流之變化中、自下凸變成上凸之兩個反曲點之間之曲線部分之反向偏壓電壓作為推薦動作電壓。

6. 一種光電二極體陣列，其包含：複數個崩潰光電二極體，該等以蓋格模式動作；及淬滅電阻，其相對於各個上述崩潰光電二極體而串列連接；且

設定有基於以如請求項4或5之推薦動作電壓決定方法所決定之推薦動作電壓之倍增率。

八、圖式：

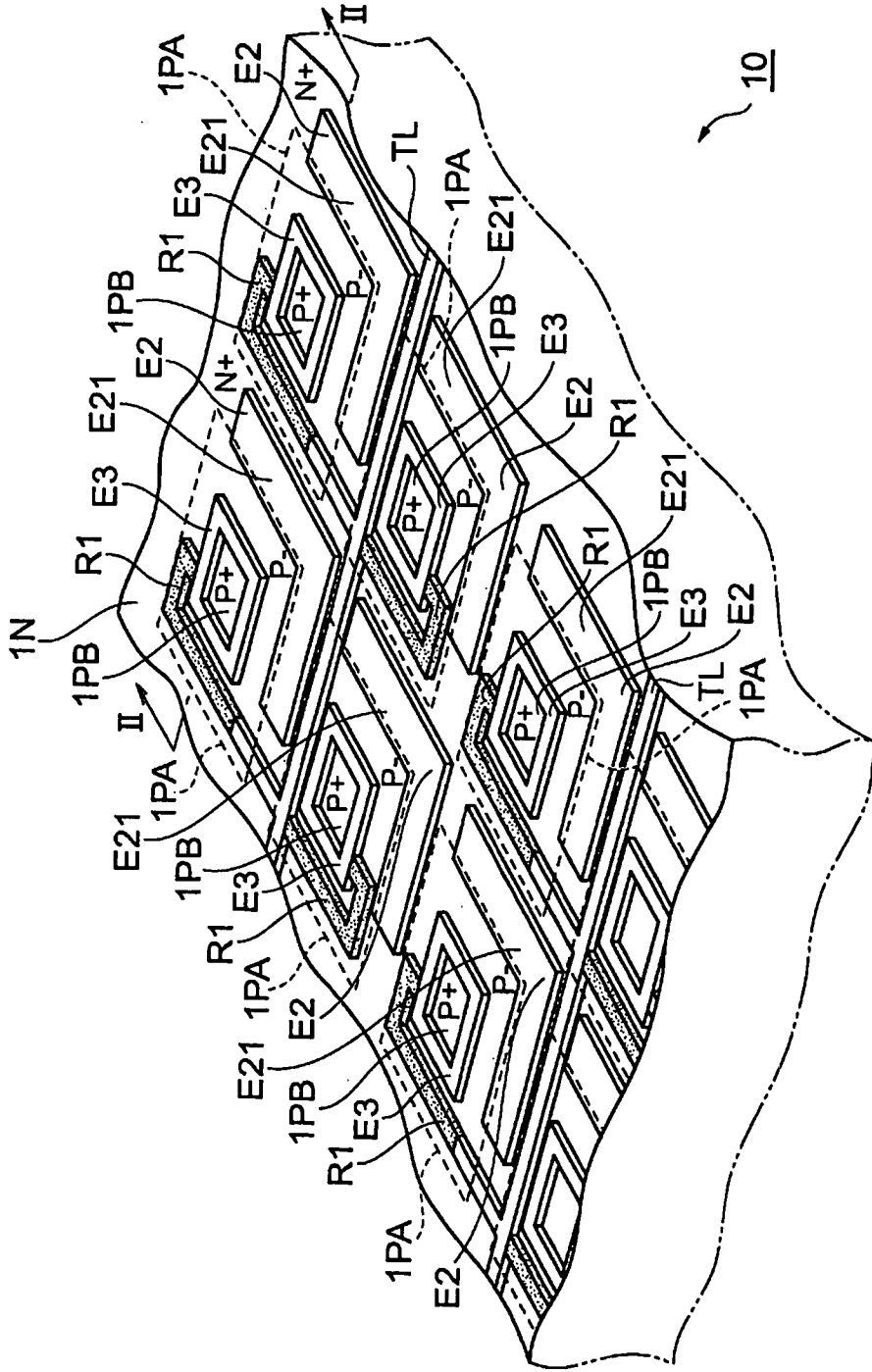
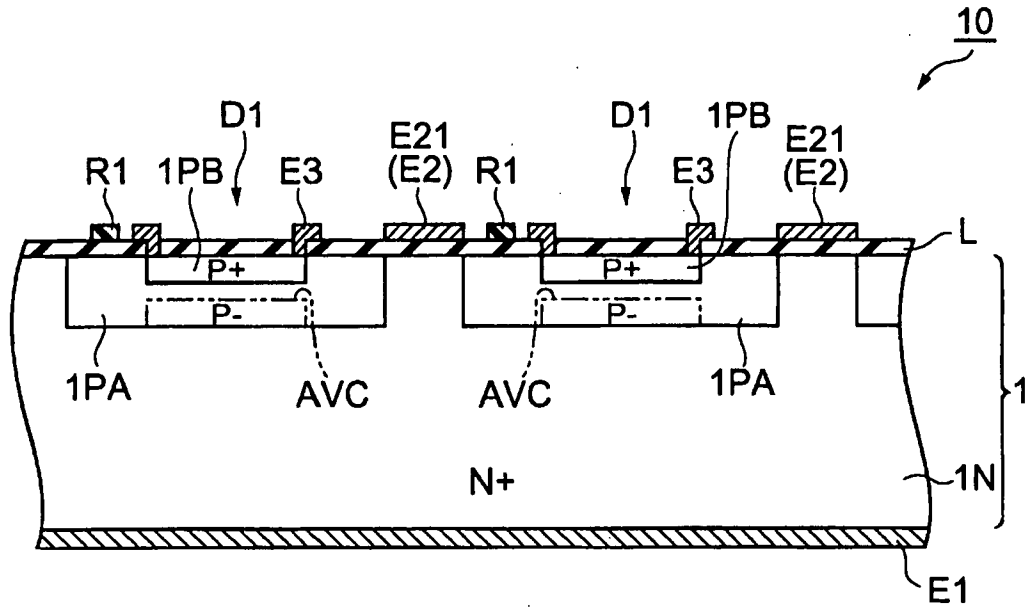


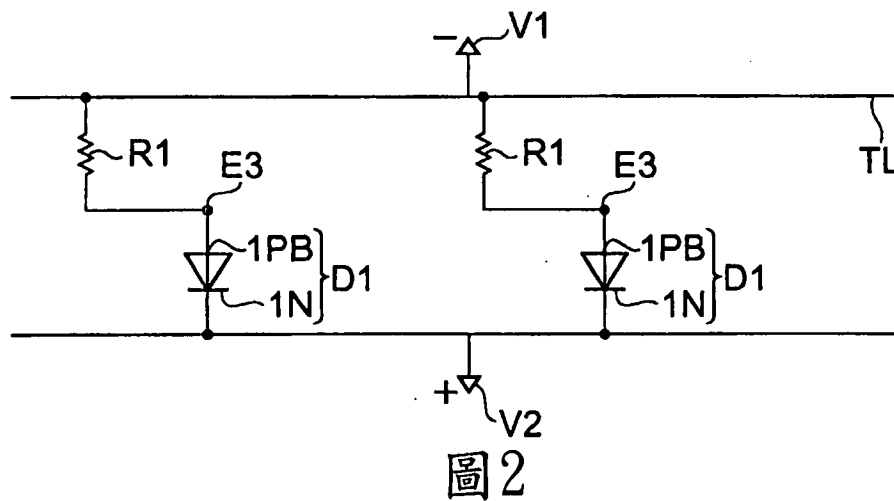
圖 1



(a)



(b)



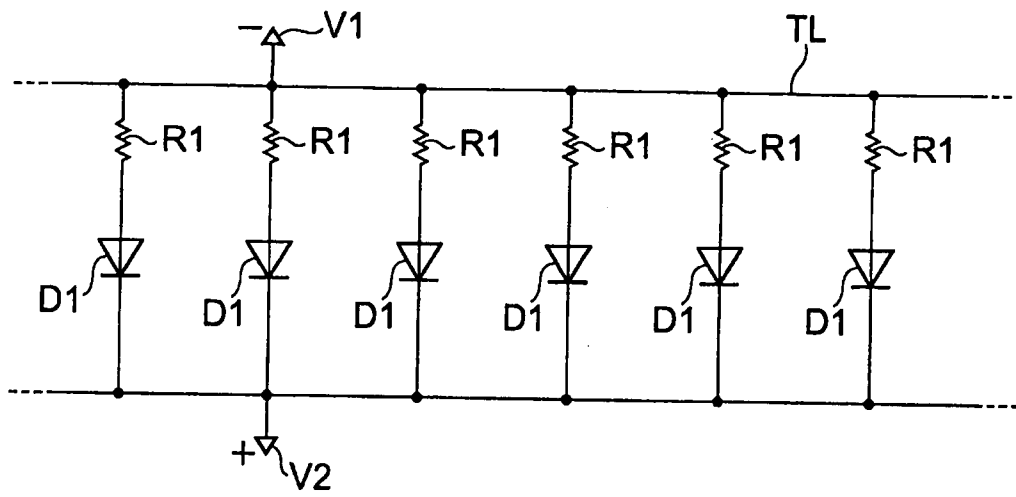


圖3

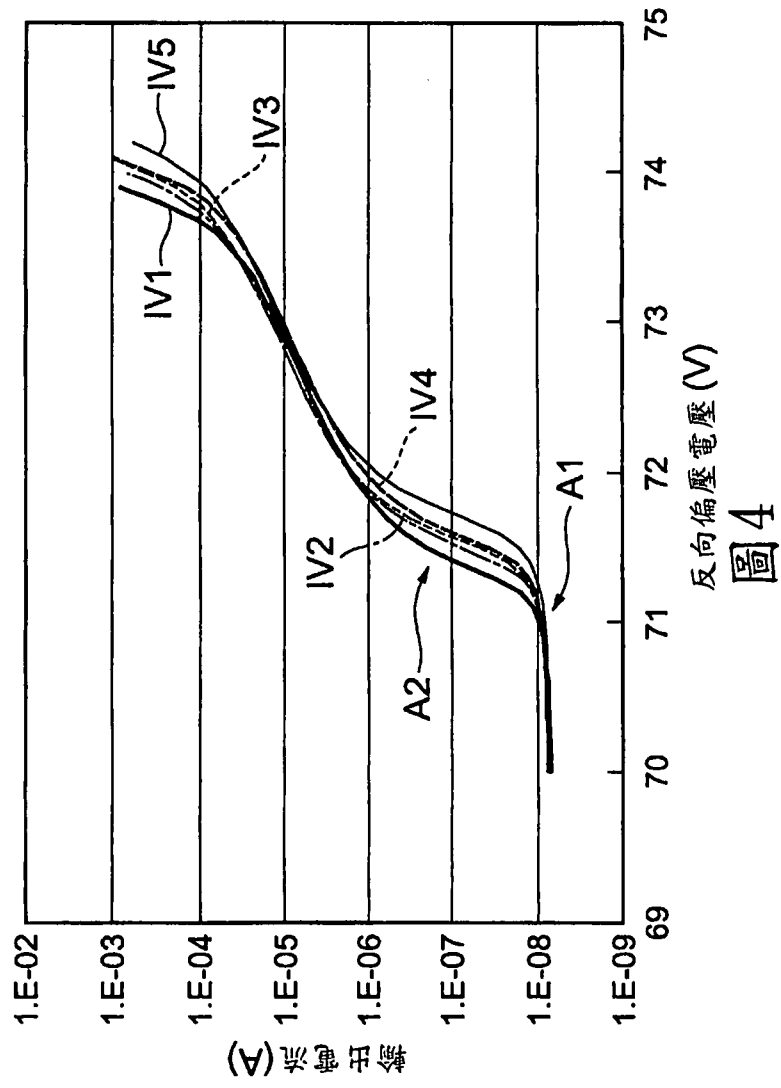


圖4

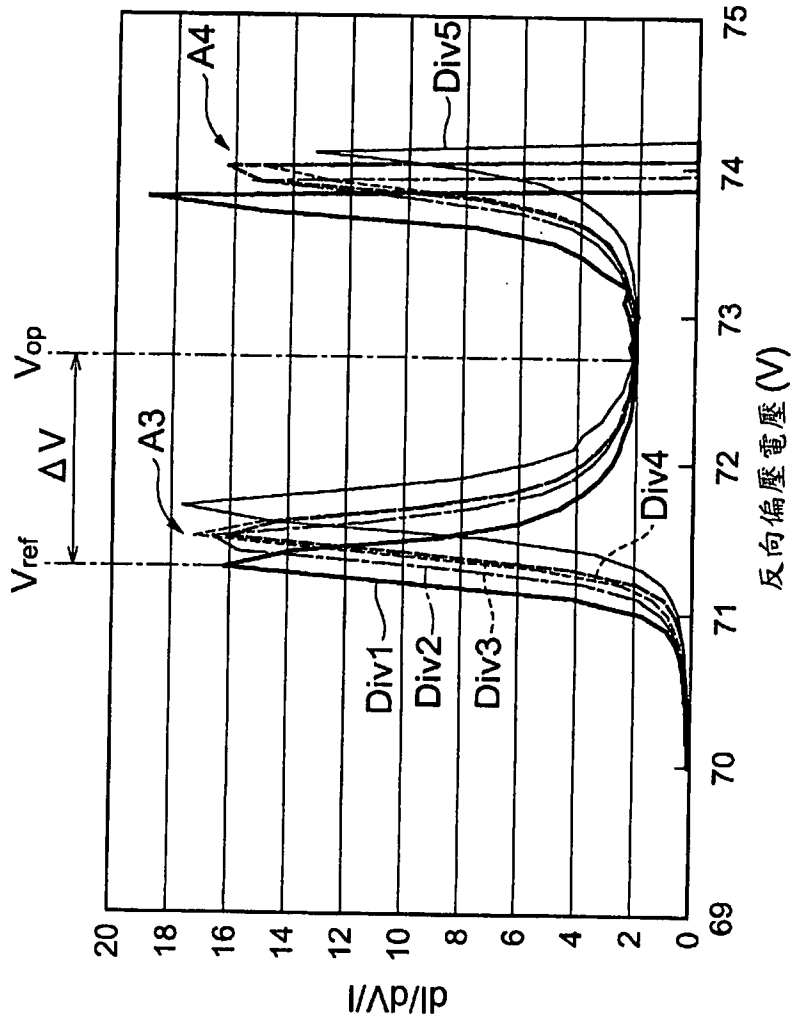


圖5