

(21) 申請案號：103136957

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 10 月 24 日

(51) Int. Cl. : G01T1/20 (2006.01)

(30) 優先權：2013/10/25 日本

2013-222761

(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：山本晃永 YAMAMOTO, KOEI (JP)；永野輝昌 NAGANO, TERUMASA (JP)；里健一 SATO, KENICHI (JP)；中村重幸 NAKAMURA, SHIGEYUKI (JP)；大桑勇樹 OKUWA, YUKI (JP)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：14 共 45 頁

(54) 名稱

檢測器

(57) 摘要

PET 裝置具有環狀之支架(座台)、托板(載台)、及操作用之電腦，於支架內部，內置有配置於活體周圍之複數個檢測器。該檢測器係藉由將閃爍器與光檢測器組合而構成。於光檢測器 D1 與閃爍器 SC 之間，存在包圍光感應區域之第 1 反射體 RF1，於閃爍器之各光傳遞區域間配置有第 2 反射體 RF2。

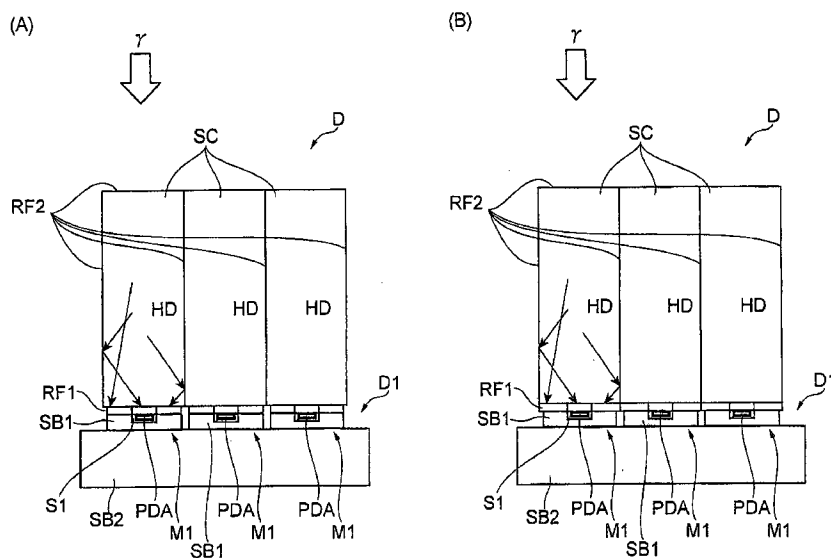


圖6

D . . . 檢測器

D1 . . . 光檢測器

HD . . . 光傳遞區域

M1 . . . 光檢測模組

PDA . . . 光電二極  
體陣列RF1 . . . 第 1 反射  
體RF2 . . . 第 2 反射  
體

S1 . . . 半導體晶片

SB1 . . . 支持基板

SB2 . . . 安裝基板

SC . . . 閃爍器

γ . . . γ 射線

## 發明摘要

※ 申請案號：103136957

※ 申請日：103.10.24

※IPC 分類：G01T 1/20 (2006.01)

## 【發明名稱】

檢測器

## 【中文】

PET裝置具有環狀之支架(座台)、托板(載台)、及操作用之電腦，於支架內部，內置有配置於活體周圍之複數個檢測器。該檢測器係藉由將閃爍器與光檢測器組合而構成。於光檢測器D1與閃爍器SC之間，存在包圍光感應區域之第1反射體RF1，於閃爍器之各光傳遞區域間配置有第2反射體RF2。

## 【英文】

無

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（6）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

D	檢測器
D1	光檢測器
HD	光傳遞區域
M1	光檢測模組
PDA	光電二極體陣列
RF1	第1反射體
RF2	第2反射體
S1	半導體晶片
SB1	支持基板
SB2	安裝基板
SC	閃爍器
$\gamma$	$\gamma$ 射線

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

檢測器

## 【技術領域】

本發明係關於一種正電子CT(Computerized Tomography，電腦化斷層掃描)裝置(Positron Emission Tomography：PET裝置，正電子發射斷層掃描裝置)等利用於醫療機器中之檢測器。

## 【先前技術】

目前，使用有各種醫療機器。PET裝置係一種將利用釋放出正電子(陽電子)之同位素而標識之藥劑導入至活體內、且藉由複數個檢測器對源於藥劑之 $\gamma$ 射線進行檢測的裝置。PET裝置具有環狀之支架(座台)、托板(載台)、及操作用之電腦，於支架內部，內置有配置於活體周圍之複數個檢測器。

此處，X射線或 $\gamma$ 射線之高效檢測器可藉由使閃爍器與光檢測器組合而構成。

再者，亦考慮到使X射線CT裝置與PET裝置組合而成之CT/PET裝置、或於該等中組合有MRI(磁鍼造影，Magnetic Resonance Imaging)裝置而成之複合診斷裝置。

如上所述之診斷裝置中所應用之光檢測器(光電二極體陣列)例如於專利文獻1中有所記載。於SiPM(Silicon Photo Multiplier，矽光電倍增器)或PPD(Pixelated Photon Detector，像素化光子探測器)等光電二極體陣列中，具有如下構成，即，將APD(Avalanche Photo-Diode，雪崩光電二極體)配置成矩陣狀，並聯連接複數個APD，讀出APD輸出之和。若使APD以蓋革模式(Geiger mode)動作，則可檢測出微弱之

光。

即，於光子(photon)入射至APD之情形時，APD內部所產生之載子經由滅弧電阻及信號讀出用之配線圖案而輸出至外部。於APD之產生有電子雪崩之像素中，流動有電流，但於串聯連接於像素之數百 $k\Omega$ 左右之滅弧電阻中，產生電壓降。藉由該電壓降，對於APD之放大區域的施加電壓降低，藉由電子雪崩而產生之倍增作用結束。以此方式，藉由1個光子之入射，自APD輸出1個脈衝信號。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2008-311651號公報

### 【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

然而，於先前之檢測器中，要求精密之時間測定與能量檢測兩者，尚無法達成此要求。於本發明之檢測器中，目的在於提供一種可精密地測定時間測定與能量檢測兩者之檢測器。

[解決問題之技術手段]

為解決上述課題，本發明之檢測器包括：光檢測器，其具有半導體晶片；及閃爍器，其配置於上述光檢測器上，且被劃分成複數個光傳遞區域；且該檢測器之特徵在於：上述半導體晶片包括：光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；複數個滅弧電阻，其分別連接於各個上述APD；及輸出端子，其電性連接於各個滅弧電阻；上述光感應區域對向於上述光傳遞區域，且該檢測器包括：第1反射體，其介置於上述光檢測器與上述閃爍器之間，包圍上述光感應區域；及第2反射體，其配置於上述閃爍器之各光傳遞區域間。

為了精密地進行時間測定，較佳為縮小半導體晶片之尺寸。其原因在於：因半導體晶片之寄生電容變小，故而相對於入射光之輸出

峰值會急峻上升。然而，若縮小半導體晶片，則光感應區域之面積變小，因此無法精密地檢測能量。

因此，於該檢測器中，具有第1反射體及第2反射體。於該情形時，入射至閃爍器之能量線被轉換為螢光，一面由第2反射體反射，一面於光傳遞區域內傳遞，到達光感應區域。於光感應區域之周圍設置有第1反射體，故而，入射至第1反射體之光被反射，但會再次由第2反射體反射，最終，入射至光感應區域之機率變高。從而，光感應區域最終接收之光量變多，可對精密之入射能量線之能量進行檢測。

又，特徵在於：自上述閃爍器之厚度方向觀察，上述第2反射體包圍上述光感應區域。於該情形時，可將於1個光傳遞區域內傳播之光確實地傳導至1個光感應區域內，可抑制每次測定之輸出之不均。

如上所述，半導體晶片之大小較小者之時間解析力優異。相對而言，各個上述光感應區域之面積小於垂直於上述閃爍器之厚度方向的各個上述光傳遞區域之面積。

又，上述光檢測器可進而包含具有收容上述半導體晶片之凹部的支持基板。於該情形時，光檢測器藉由支持基板得到保護，並且變得易於處理。

又，特徵在於：於上述凹部內填充有樹脂。於該情形時，藉由樹脂與半導體晶片接觸，使半導體晶片固定於支持基板。

又，特徵在於：上述第1反射體形成於上述支持基板及所填充之樹脂上。於凹部與半導體晶片之間隙亦可填充樹脂，因此可於該部分之樹脂上形成第1反射體，從而，可使第1反射體之反射量增加，使能量測定時被檢測出之光量增加。

又，特徵在於：上述半導體晶片具有貫通電極，該貫通電極電性連接於上述APD且貫通上述半導體晶片；上述貫通電極電性連接於配置於上述凹部內之凸塊電極。

於該情形時，貫通電極穿過半導體晶片之凹部之底部側，因此無需打線接合，便能使閃爍器與半導體晶片靠近，從而，能使閃爍器產生之更多螢光無衰減地入射至光感應區域。

本發明之檢測器包括：光檢測器，其包含半導體晶片、及具有收容上述半導體晶片之凹部的支持基板；以及閃爍器，其配置於上述光檢測器上，且被劃分成複數個光傳遞區域；且該檢測器之特徵在於：上述半導體晶片包括：光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；複數個滅弧電阻，其分別連接於各個上述APD；及輸出端子，其電性連接於各個滅弧電阻；且上述光感應區域對向於上述光傳遞區域。

於該情形時，即便於半導體晶片變小之情形時，亦可形成如下構成，即，可利用支持基板來保護該半導體晶片，並且如上所述，使入射光量增加，從而可精密地進行能量檢測之測定。

#### [發明之效果]

根據該檢測器，可精密地進行時間測定與能量檢測兩者。

#### 【圖式簡單說明】

圖1係PET裝置、CT裝置等被檢體診斷裝置之概略圖。

圖2係PET裝置之方塊圖。

圖3係表示檢測系統之信號處理電路之構成(A)及信號轉換電路(B)之圖。

圖4係1個光感應區域內之光電二極體陣列之電路圖。

圖5(A)-(D)係使用有支持基板之光檢測器之縱剖面圖。

圖6係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖(A)、(B)。

圖7係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖。

圖8係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖(A)與俯視

圖(B)。

圖9係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖(A)與俯視圖(B)。

圖10係1個光電二極體及滅弧電阻之電路圖(A)、及表示用以實現該構成之半導體晶片內之單位構造之圖(B)。

圖11係光電二極體陣列之立體圖。

圖12係光電二極體陣列之A-A箭頭縱剖面圖。

圖13係共用電極周邊部之剖面圖。

圖14係表示自光入射起之經過時間(ns)與來自光檢測器之輸出電壓(V)之關係的曲線圖。

### 【實施方式】

以下，對使用有實施形態之檢測器之PET裝置進行說明。再者，對於相同要素或具有相同功能之要素，使用相同符號，並省略重複之說明。

圖1係PET裝置等被檢體診斷裝置之概略圖。於使CT裝置組合於PET裝置中之複合診斷裝置之情形時，基本構成亦與該圖之構成相同。

被檢體診斷裝置包含托板101、具有供托板101位於內部之開口的支架102、及控制裝置103。控制裝置103藉由驅動馬達控制信號來控制使托板101移動之驅動馬達104，使托板101相對於支架102之相對位置變化。於托板101上，配置有被診斷之被檢體105。被檢體105藉由驅動馬達104之驅動，向支架102之開口之內部搬送。驅動馬達104既可使托板101移動，亦可使支架102移動。

以包圍支架102之開口之方式，配置有複數個檢測裝置106。檢測裝置106分別具有複數個檢測器D(圖2)。控制檢測裝置106之控制信號自控制裝置103輸出至支架102，來自檢測裝置106之檢測信號自支

架102輸入至控制裝置103。

圖2係具有圖1之構造之PET裝置之方塊圖。

於PET裝置中，以包圍支架之開口之方式，呈環狀配置有複數個檢測器D。各檢測器D具有以二維狀配置之複數個光電二極體陣列PDA(參照光檢測器(圖3(A)))。於被檢體105中，注入有釋放出陽電子(正電子)之類型的放射性同位素(RI)(陽電子釋放核種)。再者，PET裝置中所使用之RI係碳、氧、氟、氮等存在於活體中之元素。陽電子與體內之陰電子結合而產生湮滅放射線( $\gamma$ 射線)。即，自被檢體105出射 $\gamma$ 射線。檢測器D對出射之 $\gamma$ 射線進行檢測，並將檢測信號輸出至控制裝置103之信號處理電路50。

檢測器D係複數個光電二極體陣列PDA(參照圖3)之集合體。信號處理電路50對來自檢測器D之檢測信號進行處理，並輸出：(1)自各檢測器D輸出之總能量E；(2)於複數個光電二極體陣列PDA中， $\gamma$ 射線入射之位置P；(3)於對應於 $\gamma$ 射線之入射，而自閃爍器出射之螢光入射至光檢測器時，於初始階段自光檢測器輸出之檢測信號之波形峰值之時序T。再者，關於檢測器D，將於下文敘述。

對應於自被檢體105出射之 $\gamma$ 射線而輸出之資訊即能量E、位置P、時序T於藉由未圖示之AD(Analog to Digital，類比數位)轉換電路轉換為數位信號之後，被輸入至電腦51。電腦51具有顯示器52、記憶裝置53、中央處理裝置(CPU)54、輸入裝置55、及包含軟體之圖像處理電路56。若自輸入裝置55向CPU54輸入處理命令，則基於存儲於記憶裝置53中之程式，將控制信號發送至各檢測器D，從而可控制檢測器D之ON/OFF。

圖像處理電路56對自各檢測器D輸出之檢測信號(能量E、位置P、時序T)進行圖像處理，製成與被檢體105之內部資訊相關之圖像，即已斷層化之圖像。製成之圖像可存儲於記憶裝置53內，且顯示於顯

示器52上。於記憶裝置53中存儲有進行圖像處理等之程式，該程式根據來自CPU54之指令而動作。檢查所需之一系列操作(控制信號(檢測器之ON/OFF)向檢測器D之輸出、驅動馬達之控制、檢測信號自檢測器D之取入、圖像處理、製成圖像向記憶裝置中之存儲及向顯示器上之顯示)可藉由輸入裝置55而進行。

$\gamma$ 射線自被檢體105之內部之RI位置P朝向一個方向及其相反方向出射。複數個檢測器D配置成環狀，且 $\gamma$ 射線入射至特定之檢測器D(n)、及隔著RI位置而與該檢測器D(n)對向之檢測器D(k)。於將N個檢測器D配置於1個環上之情形時，自位於最高位置之檢測器D，將 $\gamma$ 射線入射至沿順時針數第n個檢測器D(n)、及第k個檢測器D(k)，但於RI位置P位於環之中心、且 $\gamma$ 射線於環之面內相互朝向相反方向之情形時， $k = n + (2/N)$ 。再者，n、k、N為自然數。

於PET裝置係TOF型(Time Of Flight，飛行時間)之情形時，將含有RI之物質投與至人體、動物及植物等，對於該測定對象中因電子-陽電子對湮滅而產生之放射線對( $\gamma$ 射線)進行計測，藉此獲得關於測定對象內之該投與物質之分佈的資訊。即，因時序之差分與對向之檢測器D間之對角線上之、自環之重心位置至RI位置P之變位距離對應，故只要判明自配置於對向位置之檢測器D各者之各信號處理電路50輸出之時序T，便可進行位置檢測。

又，於電腦51中，當求出2個時序T之情形時，亦對其是否係源於電子-陽電子湮滅而產生者進行判定。該判定之根據在於：於在一檢測器D(n)中檢測出 $\gamma$ 射線之檢測時刻之前後之一定時間期間，於另一檢測器D(k)中是否檢測出 $\gamma$ 射線。當於該條件下檢測出 $\gamma$ 射線之情形時，可判定其係伴隨相同之電子-陽電子對湮滅而產生之 $\gamma$ 射線對，並可作為有效值而於圖像處理電路56之圖像處理中採用。

於時序T之測定中，當檢測器D之信號強度超出特定之閾值(設為 $S$ )

SH)時，判定為有 $\gamma$ 射線之入射，當並非如此時，判定為無入射。閾值SH設定為例如伴隨電子-陽電子對湮滅而產生之一對 $\gamma$ 射線之光子能量，即為511 keV左右。藉此，可消除電雜訊信號、或源於散射伽馬射線(湮滅 $\gamma$ 射線之一者或兩者係因散射物質而改變了方向之 $\gamma$ 射線，能量因散射而減少)之雜訊信號等。

於判定時序T之後，自閃爍器向光檢測器之螢光入射亦持續，故而若求出螢光入射光量之累積值，則可求出入射之螢光之強度，即能量E。各檢測器D內之螢光之入射位置P可藉由求出於信號處理電路50中來自各光電二極體陣列的信號強度之二維重心位置而算出。視需要，該位置P可於進行更精密之圖像分析之情形時使用。

TOF-PET(Time Of Flight-Positron Emission Tomography，飛行時間正電子發射斷層掃描)裝置包括：放射線檢測器陣列(檢測裝置106)，其包含複數個檢測器D；信號處理電路50；及電腦51，其基於信號處理電路50之輸出而進行圖像處理。配置成環狀之所有檢測器D均採用該等構成，但為使說明明確化，於該圖中僅表示有1組。

圖3係表示檢測系統之信號處理電路50之構成的圖(A)、及表示信號轉換電路Pros的圖(B)。

檢測器D係由將放射線( $\gamma$ 射線、X射線)轉換為螢光之閃爍器、與檢測螢光之複數個光檢測器(光電二極體陣列)組合而成。各光檢測器D具有光檢測用之半導體晶片。於1個半導體晶片中，形成有包含一群光電二極體之光電二極體陣列PDA。1個半導體晶片內之複數個光電二極體之輸出被約束於一個地方，作為各光電二極體陣列PDA之輸出A(1)、A(2)⋯A(N)而提取。再者，1個檢測器D中所含之光電二極體陣列PDA之數量設定為N個(2以上之整數)。

如該圖(B)所示，各光電二極體陣列PDA之輸出A(n)輸入至各自之信號轉換電路Pros(n)。信號轉換電路Pros(n)具有前置放大器A1、

放大器A2、放大器A3、及AD轉換電路A4。

各光電二極體陣列PDA之輸出A(n)藉由前置放大器A1而放大，藉由放大器A2進而放大，並作為能量檢測用之信號Sig(e)而輸出。

各光電二極體陣列PDA之輸出A(n)藉由前置放大器A1而放大，藉由放大器A2進而放大，進而藉由放大器A3而放大，並作為 $\gamma$ 射線之入射位置檢測用之信號Sig(p)而輸出。

各光電二極體陣列PDA之輸出A(n)藉由前置放大器A1而放大後，藉由AD轉換電路A4轉換為數位值，並作為時序檢測用之信號Sig(t)而輸出。AD轉換電路A4係比較器，將超出特定之閾值SH的信號作為H位準而輸出，藉此，將輸入之類比信號轉換為數位信號。閾值SH亦可對輸出A(n)進行特定時間的取樣並予以記憶，且將所取樣之輸出A(n)之平均值用作閾值SH。

信號轉換電路Pros(n)之輸出中的、能量檢測用之輸出Sig(e)係全部輸入至相加電路50A，按光電二極體陣列PDA之數量而全部進行相加，該等之累積值作為入射至檢測器D之總能量E而輸出。

信號轉換電路Pros(n)之輸出中的、位置檢測用之輸出Sig(p)係全部輸入至入射位置檢測電路50B，對入射至哪個光電二極體陣列PDA進行判別，判定之結果作為 $\gamma$ 射線之入射位置P而輸出。入射位置檢測電路50B選擇輸入至此之N個信號中的最大者，或根據各信號強度之分佈而求出 $\gamma$ 射線入射之重心位置，且輸出與該重心位置對應之信號。再者，此亦可藉由採用如下等分壓電路的構成而實現，即例如，於串聯連接有複數個電阻之電阻間之連接點，輸入各個輸出Sig(p)。

信號轉換電路Pros(n)之輸出中的、時序檢測用之輸出Sig(t)係全部輸入至時序檢測電路50C，且輸出輸入至檢測器D之 $\gamma$ 射線之時序T。時序檢測電路50C可包含OR電路。即，於自連接於各個光電二極體陣列PDA之AD轉換電路A4輸出的方形波脈衝信號均為高位準之信號。

形時，時序信號T變成高位準。

其次，對各光電二極體陣列PDA之構成進行說明。光電二極體陣列PDA形成於半導體晶片之光感應區域內。

圖4係1個光感應區域內之光電二極體陣列PDA之電路圖。光電二極體陣列PDA具有複數個光電二極體PD、及分別串聯連接於各光電二極體PD之滅弧電阻R1。各光電二極體PD之陰極彼此共同連接，陽極彼此經由滅弧電阻R1而共同連接。複數個光電二極體PD係二維配置。

又，所有滅弧電阻R1連接於電極墊PAD。於半導體晶片中，當將光電二極體PD之陰極作為基板之情形時，將基板電位連接於接地GND，自成為陽極之電極墊PAD提取信號。再者，光電二極體之陰極與陽極亦可置換而使用，雖半導體晶片之導電型存在N型與P型，但即便該等相互置換，亦可發揮相同之功能。

再者，光電二極體PD係以蓋革模式動作之雪崩光電二極體(APD)。於蓋革模式下，將大於APD之崩潰電壓(break down voltage)之反向電壓(反向偏壓電壓)施加於APD之陽極/陰極間。即，向陽極施加(-)電位，向陰極施加(+)電位。該等電位之極性係相對的，亦可將一電位設定為接地電位。

圖5係使用有支持基板之光檢測器(半導體晶片為1個之情形時)之縱剖面圖。再者，以下，將使半導體晶片與支持基板組合而成之元件設為光檢測模組M1。再者，實際上，光檢測器D中呈二維狀配置有複數個半導體晶片(光電二極體陣列)。

上述光電二極體陣列PDA形成於半導體晶片S1之光感應區域。於自垂直於厚度方向之方向觀察半導體晶片S1之情形時，光感應區域設定為四邊形，位於半導體晶片S1之大致中央。又，支持基板SB1包含具有用以收容半導體晶片S1之凹部的樹脂或陶瓷等絕緣體，於凹部之

底面設置有配線E2，配線E2電性連接於支持基板SB1之內部配線(未圖示)，經由該內部配線，將半導體晶片S1之輸出提取至外部。

於圖5(A)之光檢測模組M1中，半導體晶片S1貼附於凹部之底面，設置於半導體晶片S1之表面之輸出用之電極(連接於陽極)係經由接合線W而連接於配線E2。半導體晶片S1之半導體基板(例如，陰極之電位)電性連接於設置在凹部之底面的接地電極(未圖示)。於支持基板SB1之光入射面側之開口端面上，固定有第1反射體(反射膜)RF1。又，於支持基板SB1之凹部內，填充有螢光可透過之樹脂J，將半導體晶片S1固定於凹部內。第1反射體RF1可將於閃爍器中產生之光朝向閃爍器反射。於閃爍器之側面(例如，柱狀結晶之側面)形成有第2反射體，因此，經第1反射體RF1反射之光由第2反射體再次反射後入射至光電二極體陣列。

於圖5(B)之光檢測模組M1中，與圖5(A)之構造相比，僅第1反射體RF1之構造不同，其他構造均相同。圖5(B)之情形時之第1反射體RF1係自支持基板SB1之開口端面上延伸至凹部之開口上，且與填充於凹部內之樹脂J接觸。藉此，可更多地對閃爍器中產生之光進行反射。

於圖5(C)之光檢測模組M1中，半導體晶片S1經由導電性之凸塊電極BE而固定於設置在凹部之底面的配線E2。凸塊電極BE電性連接於半導體晶片S1之表面側之陽極(參照圖13)。半導體晶片S1之半導體基板(例如，陰極之電位)同樣地藉由凸塊電極而電性連接於設置在凹部之底面的接地電極(未圖示)。於支持基板SB1之光入射面側之開口端面上，固定有第1反射體(反射膜)RF1。又，於支持基板SB1之凹部內填充有可透過螢光之樹脂J，將半導體晶片S1固定於凹部內。於閃爍器之側面(例如，柱狀結晶之側面)形成有第2反射體，因此，經第1反射體RF1反射之光由第2反射體再次反射後入射至光電二極體陣列。

列。

於圖5(D)之光檢測模組M1中，與圖5(C)之構造相比，僅第1反射體RF1之構造不同，其他構造均相同。圖5(D)之情形時之第1反射體RF1係自支持基板SB1之開口端面上延伸至凹部之開口上，且與填充於凹部內之樹脂J接觸。藉此，可更多地對閃爍器中產生之光進行反射。

作為第1反射體RF1之材料，可使用含有鋁、金、不鏽鋼等之金屬膜或高反射白色光阻劑。再者，作為設置於閃爍器之側壁的第2反射體RF2(參照圖6)之材料，可使用利用有聚酯系樹脂之多層膜。

又，任一種構造之第1反射體RF1之自其厚度方向觀察之情形時之形狀均為四邊形狀之環狀(角環狀)，半導體晶片S1之光感應區域位於第1反射體RF1之開口內。

圖6(A)係使具有複數個光檢測模組M1之光檢測器D1與閃爍器SC組合而成之檢測器D之側視圖。

光檢測器D1具有安裝基板SB2、及呈二維狀固定配置於安裝基板SB2上之光檢測模組M1，第1反射體RF1之表面與閃爍器SC之光出射面接觸。閃爍器SC被劃分成複數個光傳遞區域HD，各個光感應區域(光電二極體陣列PDA)對向於各個光傳遞區域HD。再者，該等光傳遞區域HD與光感應區域之關係較佳為1對1對應，但亦可不一定必須1對1對應。

若 $\gamma$ 射線等能量線入射至閃爍器，則閃爍器SC發光。於該圖中，表示有閃爍器SC之3個光傳遞區域HD，但因該等係二維配置，故而共計有9個光傳遞區域HD。於閃爍器SC之光傳遞區域HD間，設置有第2反射體RF2。第2反射體RF2將四角柱狀之光傳遞區域HD之至少4側面(平行於厚度方向之面)之全部完全被覆，構成光導構造。該等4側面係包圍光傳遞區域HD之厚度方向的面，進而，除此以外，亦可於能

量線之入射面(與半導體晶片為相反側之面)設置第2反射體RF2，而被覆5側面。閃爍器SC中產生之光(螢光)一面由光傳遞區域HD之側壁(第2反射體RF2)如箭頭所示反射，一面到達至光檢測模組M1。到達之一部分光入射至半導體晶片S1之光感應區域，剩餘之光由第1反射體RF1反射且再次返回至閃爍器SC內。於閃爍器SC內再次反射之光亦係一面於內部重複反射，一面使大量光最終入射至半導體晶片S1之光感應區域。

圖6(B)係使具有複數個光檢測模組M1之光檢測器D1與閃爍器SC組合而成之檢測器D之側視圖。圖6(B)之構造與圖6(A)相比，橫向延長第1反射體RF1之方面與圖6(A)者不同，其他方面均相同。即，第1反射體RF1之垂直於厚度方向之方向之長度(=寬度)大於支持基板SB1之寬度，於鄰接之支持基板SB1間存在間隙，但於該間隙之上亦設置有第1反射體RF1，可反射更多光。

再者，上述第1反射體RF1亦可安裝於閃爍器SC之光出射面。

圖7係使光檢測器(包含複數個半導體晶片與安裝基板)D1與閃爍器SC組合而成之檢測器D之側視圖。圖7之構造與圖6(B)所示者之不同之處在於：半導體晶片S1直接固定於安裝基板SB2上，第1反射體RF1安裝於閃爍器SC之光出射面。第1反射體RF1具有用以使光入射至半導體晶片S1之開口。半導體晶片S1係二維配置，故而第1反射體RF1之開口亦與此對應地，成為二維配置。圖7之構造之其他方面與圖6(B)所示者相同，發揮相同之作用效果。

圖8係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖(A)與俯視圖(B)。再者，於俯視圖中，省略閃爍器之記載，藉由鏈線表示第2反射體RF2之位置，且表示有可看見第1反射體RF1之複數個開口之狀態。

圖8之構造與圖6(B)所示者之不同之處在於：將複數個支持基板

SB1設定為共用之支持基板SB1的方面，其他構造均與圖6(B)所示者相同。再者，即，於支持基板SB1，設置有複數個凹部，於各凹部內配置有半導體晶片S1。

再者，第1反射體RF1之開口之大小可如圖5所示設定成各種狀態。即，於俯視時，長方形(正方形)之第1反射體RF1之開口尺寸既可大於、亦可一致於、或小於長方形(正方形)之半導體晶片S1之尺寸。於圖6(A)中，代表全部狀態而表示該等尺寸一致之情形。又，就第1反射體RF1之開口尺寸而言，當小於半導體晶片S1之尺寸之情形時，只要大於形成有光電二極體陣列PDA之光感應區域之尺寸，便不會使光入射效率減小，因此較佳。再者，於圖6(B)中，表示有第1反射體RF1之開口尺寸小於半導體晶片S1之尺寸之情形。

於此種情形時，當俯視時，第1反射體RF1係自支持基板SB2之開口端面，超出半導體晶片S1與支持基板SB之凹部之內側面之間之間隙地，延伸至與半導體晶片S1之周緣區域(光感應區域之周圍之區域)重疊之位置。

再者，於該構造之情形時，亦可省略安裝基板SB2。

於該構造中，第1反射體RF1被一體化，故而有易於製造之優點。

圖9係使光檢測器與閃爍器組合而成之檢測器之側視圖(A)與俯視圖(B)。再者，於俯視圖中，省略閃爍器之記載，藉由鏈線表示第2反射體RF2之位置，表示有可看見第1反射體RF1之複數個開口之狀態。

圖9之構造與圖8所示者之不同之處在於：支持基板SB1不具有凹部、增大半導體晶片S1之尺寸，其他構造與圖8所示者相同。然而，半導體晶片S1之形成有光電二極體陣列PDA之光感應區域之尺寸並無變更。再者，於該圖(B)中，第2反射體RF2之外緣與半導體晶片S1之外緣重合，故而為方便起見，使用相同之線條表示。再者，於該構造

之情形時，亦可省略安裝基板SB2。

半導體晶片S1之較光感應區域靠外側之區域可設定成低雜質濃度之半導體，從而能不發生導電。於光感應區域之周圍，亦可實施溝槽等隔離。

圖10係表示1個光電二極體PD及滅弧電阻R1之電路圖(A)、以及用以實現該構成之半導體晶片內之單位構造之圖(B)。於半導體晶片內形成有光電二極體陣列，故而該圖之單位構造係二維地形成有複數個。

構成半導體基板之半導體區域12係含有Si之N型(第1導電型)之半導體基板。光電二極體PD之陽極係P型之半導體區域13(14)，陰極係N型之半導體區域12。若光子入射至作為APD之光電二極體PD，則於基板內部會進行光電轉換從而產生光電子。於第1半導體區域13之pn接合界面之附近區域，進行雪崩倍增，經放大之電子群朝向形成於半導體區域12之背面的電極流動。即，若光子入射至光電二極體PD，則會被倍增，並作為信號而自電性連接於電阻R1(電阻部4)之電極E3被提取。電極E3連接於上述電極墊PAD。

再者，電阻部4(R1)形成於半導體區域P上之絕緣層16(17)上，且電性連接於雜質濃度高於半導體區域13之半導體區域14。於半導體基板之背面，設置有賦予基板電位之電極E4，電極E4連接於接地電位GND。

對構成半導體晶片之光電二極體陣列之具體之構造例進行說明。

圖11係具備光電二極體陣列之半導體晶片S1之立體圖，圖12係半導體晶片S1之A-A箭頭縱剖面圖。

於該光電二極體陣列之、含有Si之半導體基板之表面側具備受光區域。受光區域包含複數個光檢測部10(構成上述1個光電二極體

PD)，該等光檢測部10二維配置成矩陣狀。再者，於圖11中，除中央部之電極E3以外，配置有3列3行光檢測部10，其等構成受光區域，但光檢測部10之數量既可更多又可更少，且亦可形成一維配置之構成。

於基板表面，配置有圖案化成格子狀之信號讀出用之配線圖案(上表面電極)3C(讀出配線TL)。再者，於圖11中，為了瞭解內部構造，省略圖12所示之絕緣層17之記載。於格子狀之配線圖案3C之開口內，規定有光檢測區域。於光檢測區域內配置有光檢測部10，光檢測部10之輸出連接於配線圖案3C。

於基板背面上，視需要設置有下表面電極E4，但於設置於背面之凸塊電極與半導體基板之接觸電阻變小之情形時，亦可不使用。從而，若向作為上表面電極之配線圖案3C與下表面電極E4之間施加光檢測部10之驅動電壓，則可自配線圖案3C提取該光檢測輸出。

於pn接合中，構成該pn接合之p型之半導體區域構成陽極，n型之半導體區域構成陰極。於以p型之半導體區域之電位高於n型之半導體區域之電位之方式向光電二極體施加有驅動電壓之情形時，其為順向偏壓電壓；於向光電二極體施加有與此相反之驅動電壓之情形時，其為逆向偏壓電壓。

驅動電壓係向藉由光檢測部10之內部之pn接合而構成之光電二極體施加的逆向偏壓電壓。於將該驅動電壓設定為光電二極體之崩潰電壓以上之情形時，光電二極體中會發生雪崩降伏，光電二極體以蓋革模式動作。即，各光電二極體係雪崩光電二極體(APD)。

於基板表面，配置有電性連接於光電二極體之一端的電阻部(滅弧電阻R1)4。電阻部4之一端構成經由位於其正下方之其他材料之接觸電極而電性連接於光電二極體之一端的接觸電極4A，另一端構成與信號讀出用之配線圖案3C接觸並與其電性連接的接觸電極4C。即，各光檢測部10之電阻部4包括：接觸電極4A，其連接於光電二極

體；電阻層4B，其連續於接觸電極4A而呈曲線延伸；及接觸電極4C，其連續於電阻層4B之終端部。再者，接觸電極4A、電阻層4B及接觸電極4C包含相同電阻材料之電阻層，且其等連續。

如上所述，電阻部4自與光電二極體之電氣連接點呈曲線延伸，且連接於信號讀出用之配線圖案3C。電阻部4之電阻值與其長度成比例，故可藉由電阻部4呈曲線延伸，而使其電阻值增加。又，藉由電阻部4之存在，能使其下方所存在之半導體區域之表面能階穩定，使輸出穩定。

於圖11所示之例中，配線圖案3C包括包圍各光檢測部10之形狀，但配線圖案3C之形狀不限於此，例如，可形成為包圍2個以上之光檢測部10之形狀、或形成為包圍一行以上之光檢測部10之形狀。又，可於自厚度方向觀察半導體區域14之輪廓上，配置電阻層4B。

光檢測部10中所含之光電二極體之一端原則上係於所有位置均連接於同電位之配線圖案3C，另一端連接於供給基板電位之下表面電極E4。即，所有光檢測部10之光電二極體並聯連接。

於半導體晶片S1之表面設置有共用電極E3，讀出配線TL全部連接於共用電極E3。於圖13中，對共用電極E3之周圍之剖面構造及配置於凸塊電極下之配線基板之構造進行說明。

於圖11所示之例中，各個接觸電極4A位於由配線圖案3C包圍之各個光檢測區域之中央部。而且，電阻層4B之二維圖案包括以繞接觸電極4A之周圍旋轉之方式延伸之形狀。將接觸電極4A配置於各光檢測區域之中央部，以繞接觸電極4A之周圍旋轉之方式配置電阻層4B，藉此可將電阻層4B之長度設定得較長。

如圖12所示，各個光檢測部10包括：第1導電型(n型)之第1半導體區域(層)12；及第2導電型(p型)之第2半導體區域(半導體層13及高雜質濃度區域14)，其與第1半導體區域12構成pn接合。

第1接觸電極3A與該第2半導體區域之高雜質濃度區域(半導體區域)14接觸。高雜質濃度區域14係藉由將雜質擴散於半導體層13內而形成之擴散區域(半導體區域)，且具有較半導體層13高之雜質濃度。於本例(類型1)中，於n型之第1半導體區域12上形成有p型之半導體層13，於半導體層13之表面側形成有p型之高濃度雜質區域14。從而，使構成光電二極體之pn接合形成於第1半導體區域12與半導體層13之間。

再者，作為半導體基板之層構造，亦可採用使導電型與上述層構造成反轉關係之構造。即，(類型2)之構造係以如下方式形成，即，於p型之第1半導體區域12上形成有n型之半導體層13，於半導體層13之表面側形成有n型之高濃度雜質區域14。

又，亦可於表面層側形成pn接合界面。於該情形時，(類型3)之構造成為如下構造，即，於n型之第1半導體區域12上形成有n型之半導體層13，於半導體層13之表面側形成有p型之高濃度雜質區域14。再者，於該構造之情形時，pn接合形成於半導體層13與半導體區域14之界面。

當然，於該構造中，亦可使導電型反轉。即，(類型4)之構造成為如下構造，即，於p型之第1半導體區域12上形成有p型之半導體層13，於半導體層13之表面側形成有n型之高濃度雜質區域14。

圖13係共用電極周邊部之剖面圖。

半導體區域12具有N型(第1導電型)之半導體區域1PC。半導體區域1PC形成於半導體區域12之光入射面側。半導體區域1PC係防止形成於N型之半導體區域12與P型之第1半導體區域13之間的PN接合於配置有貫通電極TE之貫通孔TH露出。半導體區域1PC形成於與貫通孔TH(貫通電極TE)對應之位置。

於第2半導體區域14之表面上形成有絕緣層16，於其上形成有共

用電極E3與讀出配線TL。共用電極E3與讀出配線TL由絕緣層17被覆。半導體區域12之背面1Nb由絕緣層L3被覆。絕緣L3具有開口，貫通電極TE通過開口內。共用電極E3與貫通電極TE接觸且電性連接，亦可經由凸塊下金屬BM而使凸塊電極BE接觸於貫通電極TE上，但此處，係設置於其他位置。

即，貫通電極TE沿貫通孔之內面而位於半導體基板之背面上的絕緣層L3上。可於絕緣層L3形成接觸孔，從而使貫通電極TE露出，且可於該露出面上，隔著凸塊下電擊金屬BM而設置凸塊電極BE。再者，可將貫通孔TH之底部之鈍化膜PF除去，以與所除去之區域之貫通電極TE接觸之方式設置凸塊下金屬BM。根據設計的不同，亦可於底部之凸塊下金屬BM上配置凸塊電極。

設置於半導體區域12之貫通孔TH之內面由絕緣層L2被覆，絕緣層L2連續於絕緣層L3。貫通電極TE及絕緣層L3由鈍化膜(保護膜)PF被覆。凸塊下金屬之形成方法可使用無電解鍍敷法。凸塊電極BE之形成方法可使用搭載焊錫球之方法或印刷法。

如上所述，各半導體晶片包括：半導體區域12，其具有配置成二維狀之複數個光檢測部10；絕緣層16，其形成於半導體區域12之表面上；共用電極E3，其配置於絕緣層16上；讀出配線TL，其將各光檢測部10之滅弧電阻R1與共用電極E3電性連接；及貫通電極TE，其自共用電極E3，經由半導體區域12之貫通孔TH，延伸至半導體區域12之背面。

又，各光電二極體陣列PDA包含獨立或共用之貫通電極TE。貫通電極TE係自對向之主面1Na側至主面1Nb側貫通半導體區域12而形成。即，貫通電極TE配置於貫通半導體區域12之貫通孔TH內。絕緣層L2亦形成於貫通孔TH內。從而，貫通電極TE隔著絕緣層L2而配置於貫通孔TH內。貫通電極TE之一端連接於共用電極E3，將讀出配線

TL與貫通電極TE連接。

各個光檢測部10具有包含APD之光電二極體PD，各APD包括：第1導電型之半導體區域12；及第2導電型之第2半導體區域，其與半導體區域12構成pn接合，且輸出載子。於APD之第2半導體區域14，電性連接有電阻R1(電阻部4)。凸塊電極BE將貫通電極TE與支持基板上之電極或配線E2(參照圖5)電性連接。

上述電阻R1之電阻率高於連接於該電阻R1之共用電極E3。電阻R1例如含有多晶矽等。作為電阻R1之形成方法，可使用CVD(Chemical Vapor Deposition，化學氣相沈積)法。作為構成電阻R1之電阻體，此外還可列舉SiCr、NiCr、TaNi、FeCr等。

上述電極及貫通電極TE含有鋁等金屬。於半導體基板含有Si之情形時，作為電極材料，除鋁以外，亦常用AuGe/Ni等。作為電極及貫通電極TE之形成方法，可使用濺鍍法。

作為使用有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。作為半導體之導電型之N型與P型，即便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。

作為上述絕緣層之材料，可使用SiO<sub>2</sub>或SiN；作為絕緣層之形成方法，於各絕緣層含有SiO<sub>2</sub>之情形時，可使用熱氧化法或濺鍍法。

再者，上述半導體構造之各層之導電型、雜質濃度及厚度之較佳範圍如下所示。

(類型1)

半導體區域12(導電型/雜質濃度/厚度)

(n型/ $5 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /30~700  $\mu\text{m}$ )

半導體區域13(導電型/雜質濃度/厚度)(p型/ $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ /2~50  $\mu\text{m}$ )

半導體區域14(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (p型/ $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /10~1000 nm)  
 (類型2)

半導體區域12(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (p型/ $5 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /30~700  $\mu\text{m}$ )

半導體區域13(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (n型/ $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ /2~50  $\mu\text{m}$ )

半導體區域14(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (n型/ $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /10~1000 nm)

(類型3)半導體區域12(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (n型/ $5 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /30~700  $\mu\text{m}$ )

半導體區域13(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (n型/ $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ /2~50  $\mu\text{m}$ )

半導體區域14(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (p型/ $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /10~1000 nm)

(類型4)半導體區域12(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (p型/ $5 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /30~700  $\mu\text{m}$ )

半導體區域13(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (p型/ $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ /2~50  $\mu\text{m}$ )

半導體區域14(導電型/雜質濃度/厚度)  
 (n型/ $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ /10~1000 nm)

圖14係表示自光入射起之經過時間(ns)與來自光檢測器(半導體晶片)之輸出電壓(V)之關係之曲線圖。

於使用LYSO:Ce作為閃爍器之情形時，於PET裝置中，相對於作為對象之湮滅伽馬射線511 keV之能量產生約18000光子。藉由TOF-PET裝置中產生之光子中的、相對較早入射之光子之輸出脈衝，檢測

出時序。

於該圖中，表示有光檢測器中所含之1個半導體晶片之尺寸為 $1\times 1\text{ mm}^2$ 、 $3\times 3\text{ mm}^2$ 、 $6\times 6\text{ mm}^2$ 之情形時之輸出電壓。由該圖可知，晶片尺寸越小，則於光入射時上升之輸出電壓之峰值變得越高，且越能準確地檢測出峰值位置。於晶片尺寸較小之情形時，半導體晶片之寄生電容變小，故而相對於入射光之輸出峰值會急遽上升。於該情形時，於TOF型之分析中，可實現精密之時間測定。從而，為了精密地進行時間測定，較佳為縮小半導體晶片之尺寸。

然而，若縮小半導體晶片，則光感應區域之面積變小，因此存在無法精密地檢測能量之傾向，但於上述構造中，使用有第1反射體RF1及第2反射體RF2，因此可使入射光量增加，從而能精密地進行能量檢測。

如以上所說明般，上述檢測器D係一種包括：光檢測器D1，其具有半導體晶片S1；及閃爍器SC，其配置於光檢測器D1上，且被劃分成複數個光傳遞區域HD之檢測器D；其中，半導體晶片S1包括：光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；複數個滅弧電阻(電阻R1(4))，其分別連接於各個APD；及輸出端子(電極墊PAD)，其電性連接於各個滅弧電阻R1；光感應區域對向於光傳遞區域HD，且該檢測器D包括：第1反射體RF1，其介置於光檢測器D1與閃爍器SC之間，包圍光感應區域；及第2反射體RF2，其配置於閃爍器SC之各光傳遞區域HD間。

於該檢測器D中，具有第1反射體RF1及第2反射體RF2，入射至閃爍器SC之能量線轉換為螢光，一面由第2反射體RF2反射，一面於光傳遞區域HD內傳遞且到達光感應區域。於光感應區域之周圍設置有第1反射體RF1，故而入射至第1反射體RF1之光被反射，但再次由第2反射體RF2反射，最終入射至光感應區域之機率變高。從而，光

感應區域最終接收之光量變多，可對精密之入射能量線之能量進行檢測。

又，自閃爍器SC之厚度方向觀察時，第2反射體RF2包圍光感應區域。於該情形時，可將於1個光傳遞區域HD內傳播之光確實地傳導至1個光感應區域內，可抑制每次測定之輸出之不均。

如上所述，半導體晶片之大小較小者之時間解析力優異。相對而言，各個光感應區域(PDA)之面積小於垂直於閃爍器SC之厚度方向之各個光傳遞區域HD之面積。

又，於光檢測器D1進而包含具有收容半導體晶片S2之凹部的支持基板SB1之情形時，光檢測器D1藉由支持基板SB1得到保護，並且變得易於處理。於該凹部內填充有樹脂J，藉由樹脂J與半導體晶片S1接觸，使半導體晶片固定於支持基板，且該半導體晶片受到保護。

又，於第1反射體RF1形成於支持基板SB1及所填充之樹脂J上之情形時，於凹部與半導體晶片S1之間隙亦可填充樹脂J，因此可於該部分之樹脂上形成第1反射體RF1，從而，可使第1反射體RF1之反射量增加，使能量測定時被檢測出之光量增加。

又，半導體晶片S1具有貫通電極TE，該貫通電極TE電性連接於APD且貫通半導體晶片S1；貫通電極TE電性連接於配置於支持基板之凹部內之凸塊電極BE。於該情形時，貫通電極TE穿過半導體晶片S1之凹部之底部側，故而無需打線接合，便能使閃爍器SC與半導體晶片S1靠近，從而，能使閃爍器SC產生之更多螢光無衰減地入射至光感應區域。

又，上述檢測器D包括：光檢測器D1，其包含半導體晶片S1、及具有收容半導體晶片S1之凹部的支持基板SB1；以及閃爍器SC，其配置於光檢測器D1上，且被劃分成複數個光傳遞區域HD；其中，半導體晶片S1包括：光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；

複數個滅弧電阻R，其分別連接於各個APD；及輸出端子(電極墊PAD)，其電性連接於各個滅弧電阻R；且光感應區域對向於光傳遞區域HD。

於該情形時，即便於半導體晶片S1變小之情形時，亦可形成如下構成，即，藉由支持基板SB1來保護該半導體晶片S1，並且如上所述，使入射光量增加；從而可精密地進行能量檢測之測定。

如上所述，上述放射性檢測裝置係2維排列有放射線檢測單元者，上述放射線檢測單元中，於包含蓋革模式動作之APD陣列之光檢測單元上配置有閃爍器；該放射性檢測裝置中，各光檢測單元包括：APD陣列區域，其2維排列有蓋革模式動作之複數個APD單元；及反射區域，其包圍APD陣列區域，且將入射光朝向閃爍器反射；於與各光檢測單元對應之各閃爍器之側壁，自放射線入射方向觀察時，形成有反射膜，該反射膜包圍2維排列有APD單元之APD陣列區域。

#### 【符號說明】

1Na	主面
1Nb	主面
1PC	半導體區域
3A	第1接觸電極
3C	配線圖案
4	電阻部
4A	接觸電極
4B	電阻層
4C	接觸電極
10	光檢測部
12	半導體區域
13	半導體區域

14	半導體區域
16	絕緣層
17	絕緣層
50	信號處理電路
50A	相加電路
50B	入射位置檢測電路
50C	時序檢測電路
51	電腦
52	顯示器
53	記憶裝置
54	中央處理裝置(CPU)
55	輸入裝置
56	圖像處理電路
101	托板
102	支架
103	控制裝置
104	驅動馬達
105	被檢體
106	控制檢測裝置
A(1)、A(2)···A(N)	各光電二極體陣列之輸出
A1	前置放大器
A2	放大器
A3	放大器
A4	AD轉換電路
BE	凸塊電極
BM	凸塊下金屬

D	檢測器
D1	光檢測器
D(k)	檢測器
D(n)	檢測器
E	能量
E2	配線
E3	電極
E4	電極
GND	接地
HD	光傳遞區域
J	樹脂
L2	絕緣層
L3	絕緣層
M1	光檢測模組
P	位置
PAD	電極墊
PD	光電二極體
PDA	光電二極體陣列
PF	鈍化膜
Pros(1)、Pros(2)…Pros(N)	信號轉換電路
R1	滅弧電阻
RF1	第1反射體
RF2	第2反射體
S1	半導體晶片
SB1	支持基板
SB2	安裝基板

SC	閃爍器
Sig(e)	能量檢測用之信號
Sig(p)	$\gamma$ 射線之入射位置檢測用之信號
Sig(t)	時序檢測用之信號
T	時序
TE	貫通電極
TH	貫通孔
TL	讀出配線
W	接合線
$\gamma$	$\gamma$ 射線

## 申請專利範圍

1. 一種檢測器，其包括：光檢測器，其具有半導體晶片；及閃爍器，其配置於上述光檢測器上，且被劃分成複數個光傳遞區域；且該檢測器之特徵在於：  
上述半導體晶片包括：  
光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；  
複數個滅弧電阻，其分別連接於各個上述APD；及  
輸出端子，其電性連接於各個滅弧電阻；  
上述光感應區域對向於上述光傳遞區域，  
且該檢測器包括：  
第1反射體，其介置於上述光檢測器與上述閃爍器之間，包圍上述光感應區域；及  
第2反射體，其配置於上述閃爍器之各光傳遞區域間。
2. 如請求項1之檢測器，其中自上述閃爍器之厚度方向觀察，上述第2反射體包圍上述光感應區域。
3. 如請求項1或2之檢測器，其中各個上述光感應區域之面積小於垂直於上述閃爍器之厚度方向的各個上述光傳遞區域之面積。
4. 如請求項1至3中任一項之檢測器，其中上述光檢測器進而包含具有收容上述半導體晶片之凹部的支持基板。
5. 如請求項4之檢測器，其中於上述凹部內填充有樹脂。
6. 如請求項5之檢測器，其中上述第1反射體形成於上述支持基板及所填充之樹脂上。
7. 如請求項4至6中任一項之檢測器，其中上述半導體晶片具有貫通電極，該貫通電極電性連接於上述APD且貫通上述半導體晶片，且

上述貫通電極電性連接於配置於上述凹部內之凸塊電極。

8. 一種檢測器，其包括：光檢測器，其包含半導體晶片、及具有收容上述半導體晶片之凹部的支持基板；以及

閃爍器，其配置於上述光檢測器上，且被劃分成複數個光傳遞區域；且該檢測器之特徵在於：

上述半導體晶片包括：

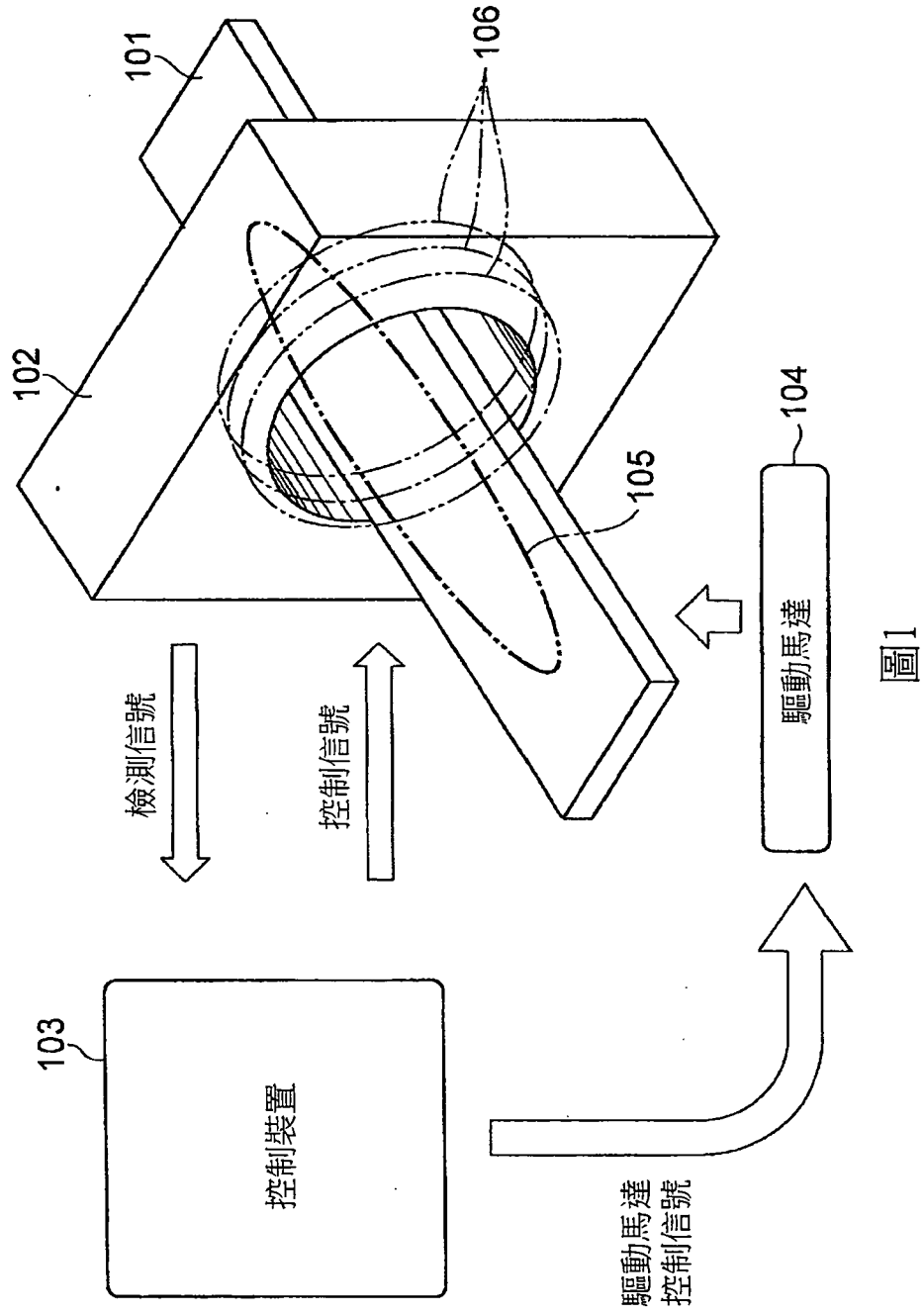
光感應區域，其包含以蓋革模式動作之複數個APD；

複數個滅弧電阻，其分別連接於各個上述APD；及

輸出端子，其電性連接於各個滅弧電阻；且

上述光感應區域對向於上述光傳遞區域。

圖式



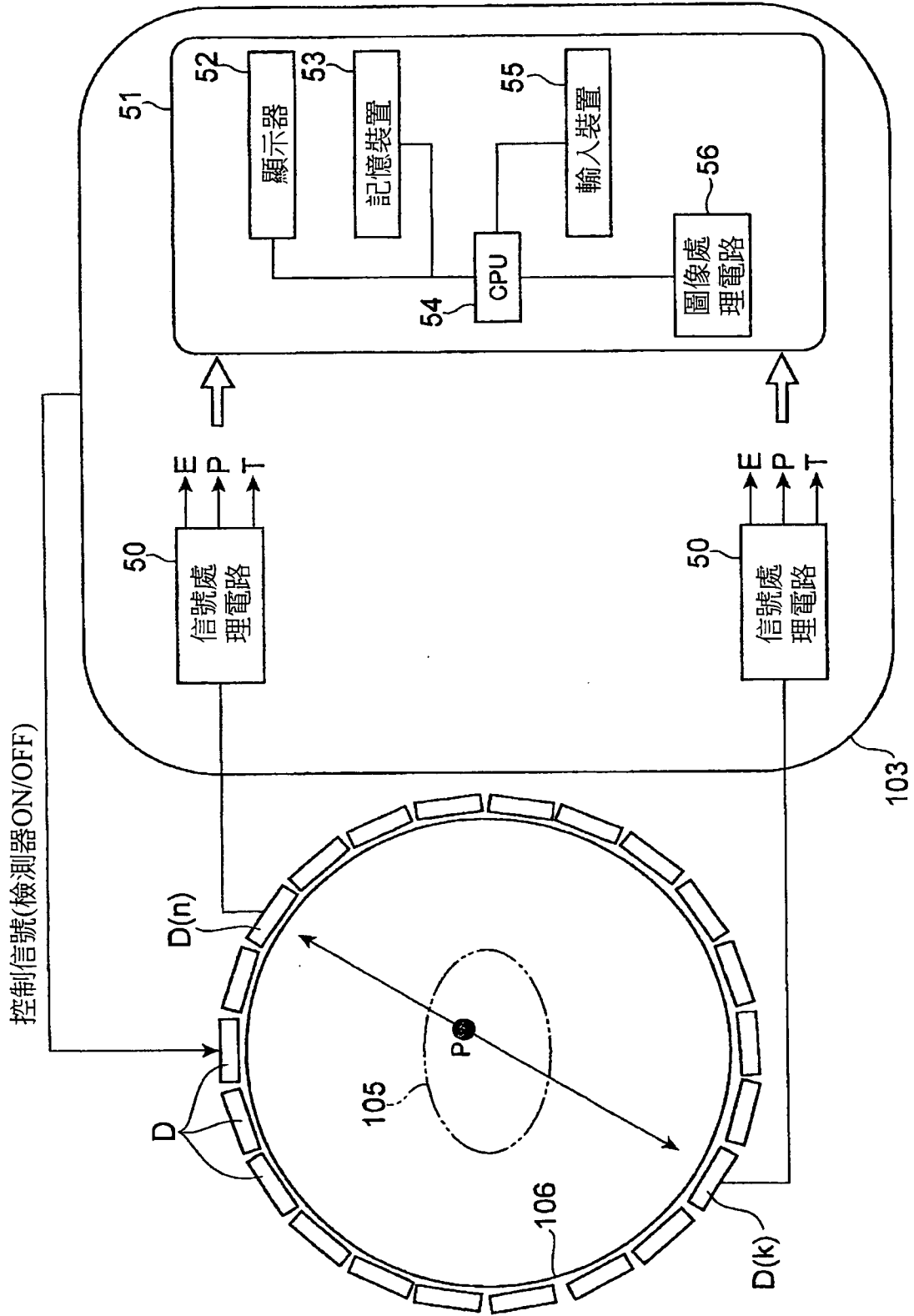


圖2

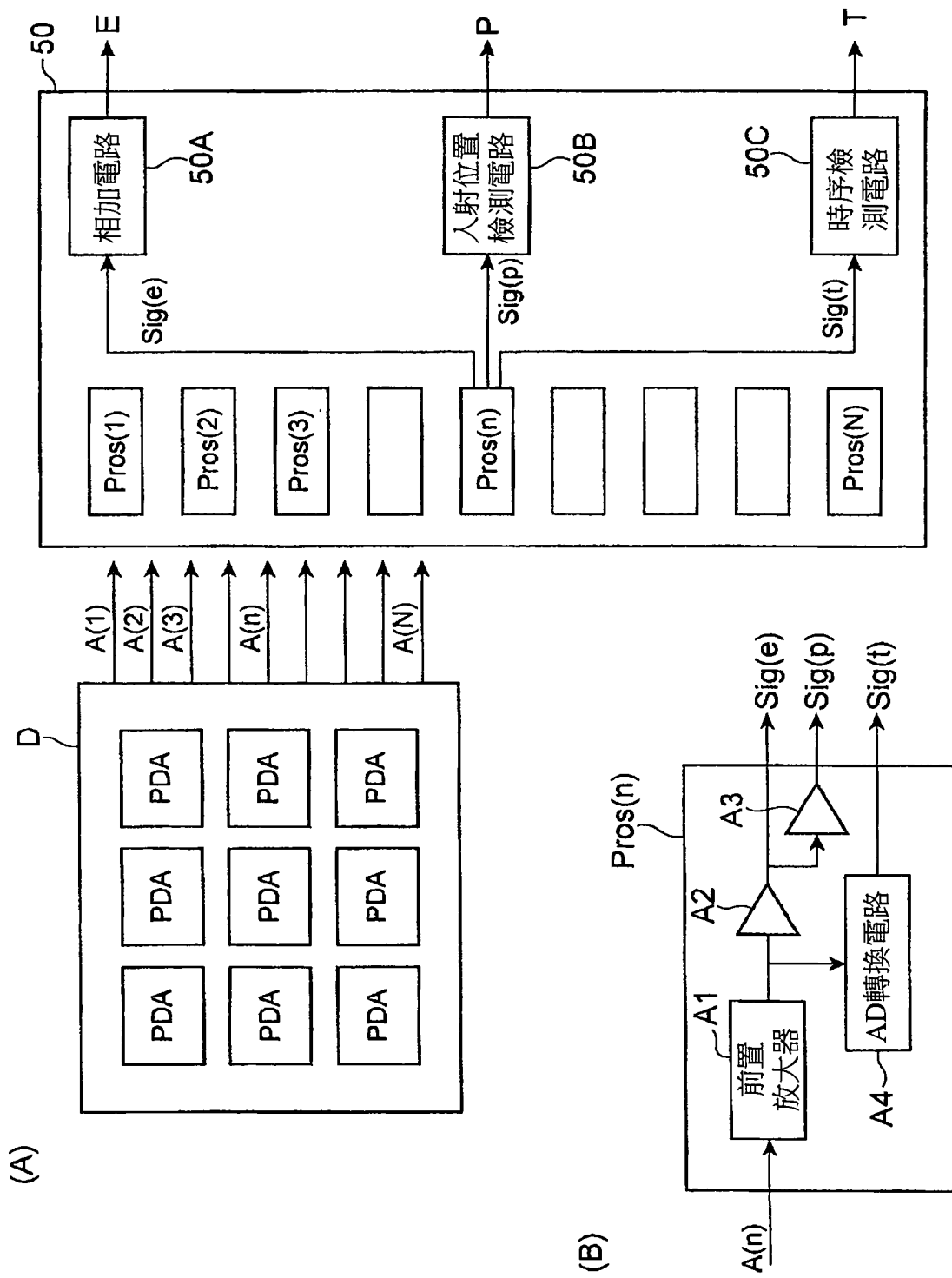


圖3

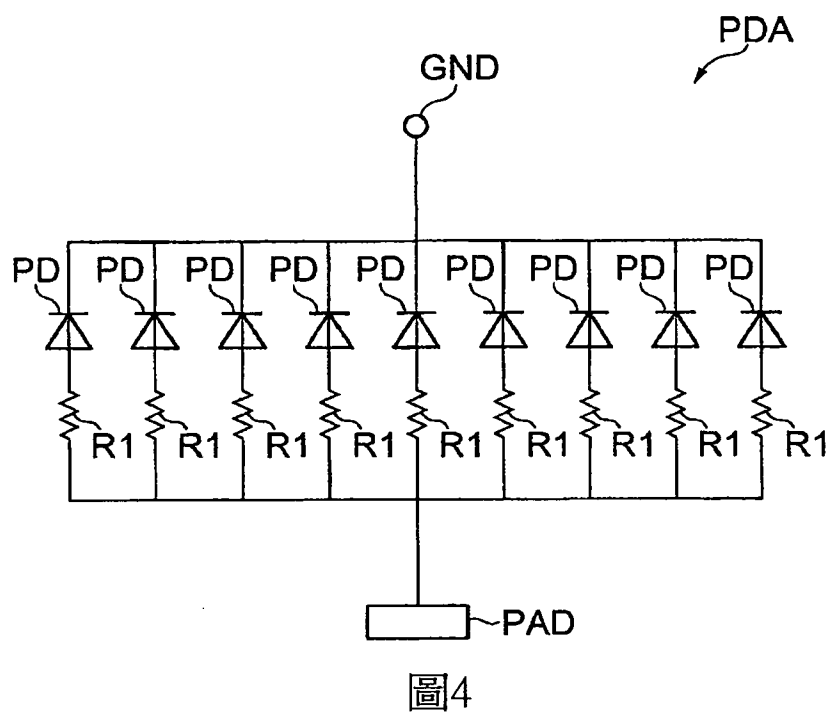


圖4

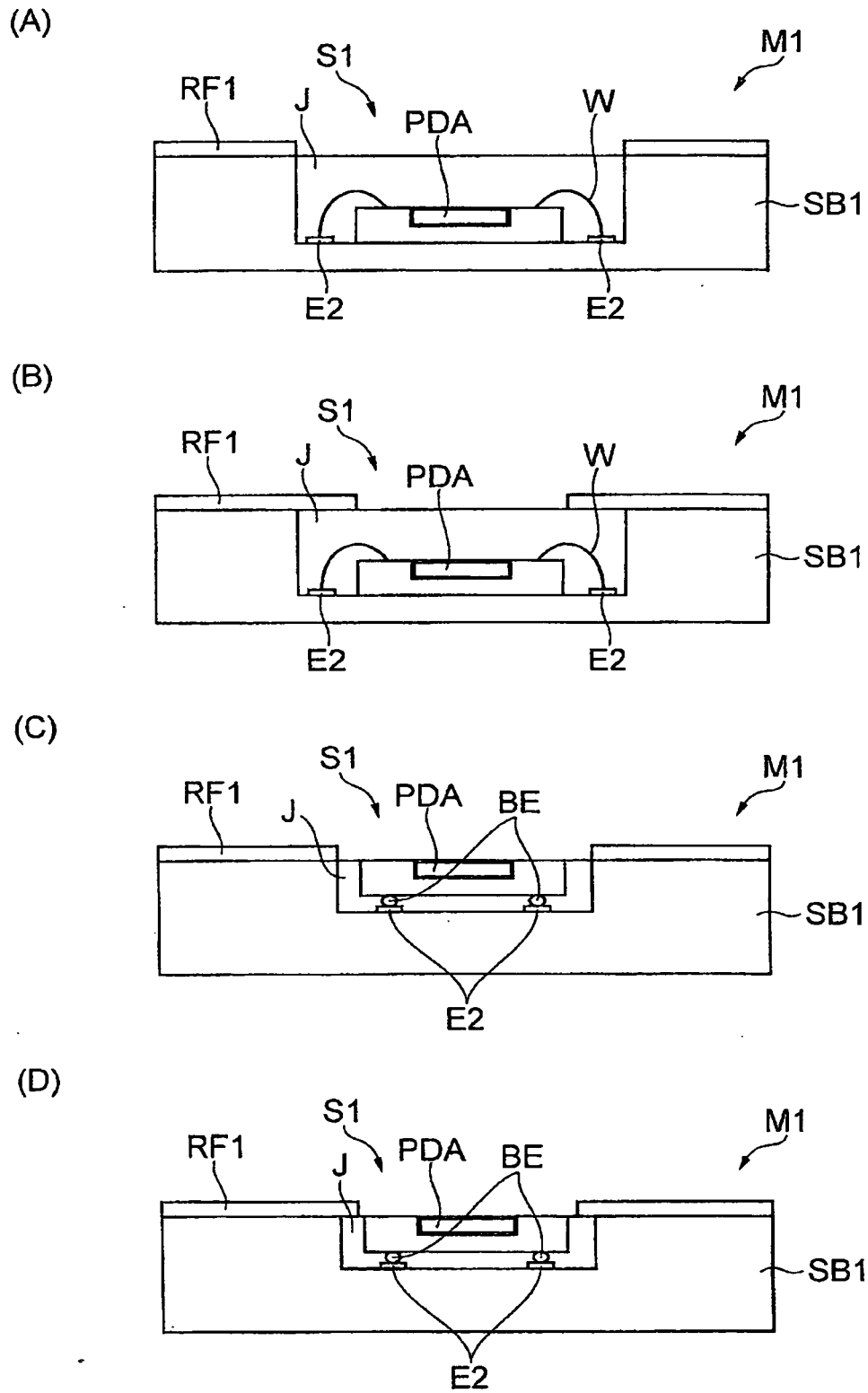


圖5

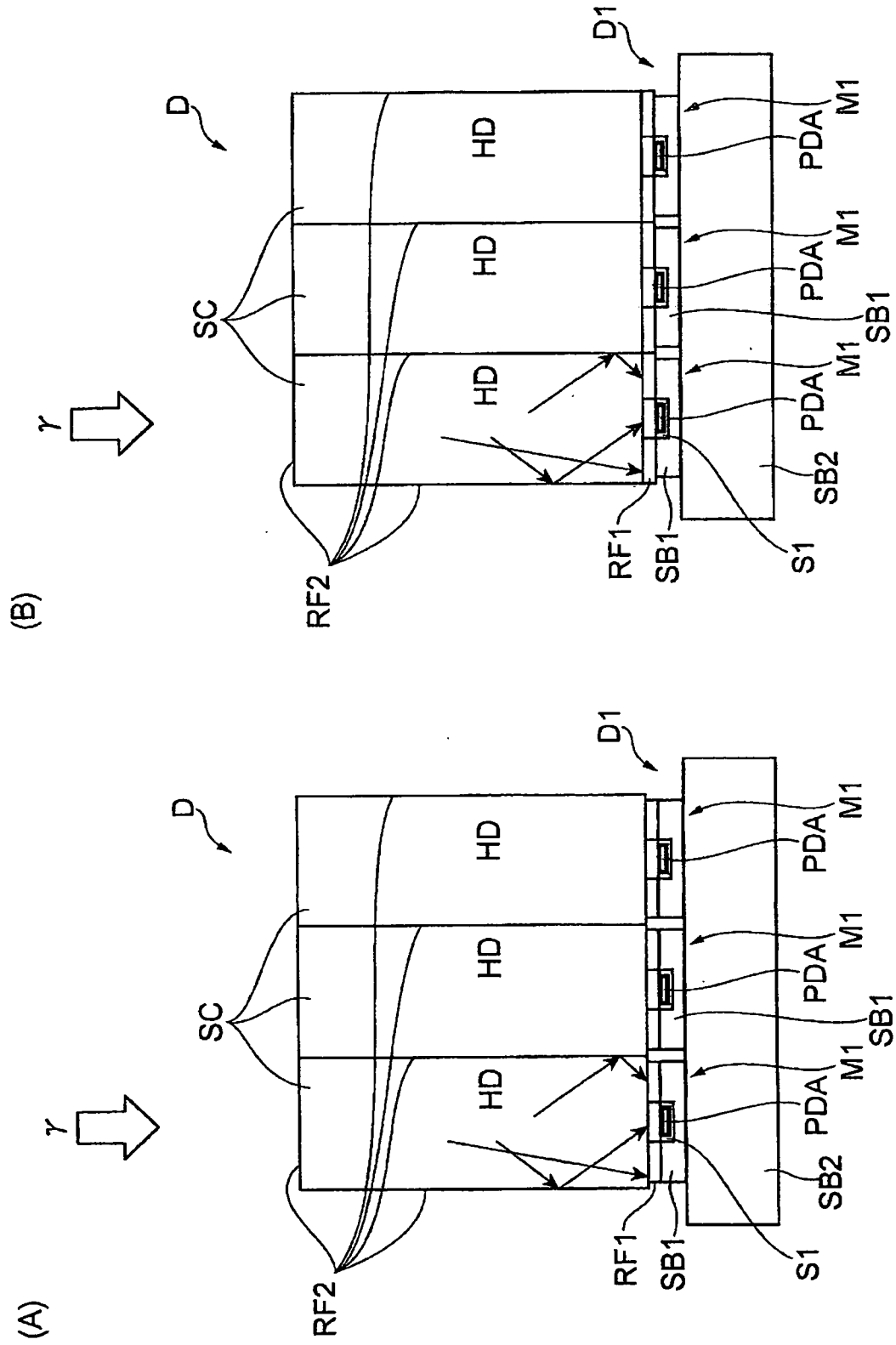


圖6

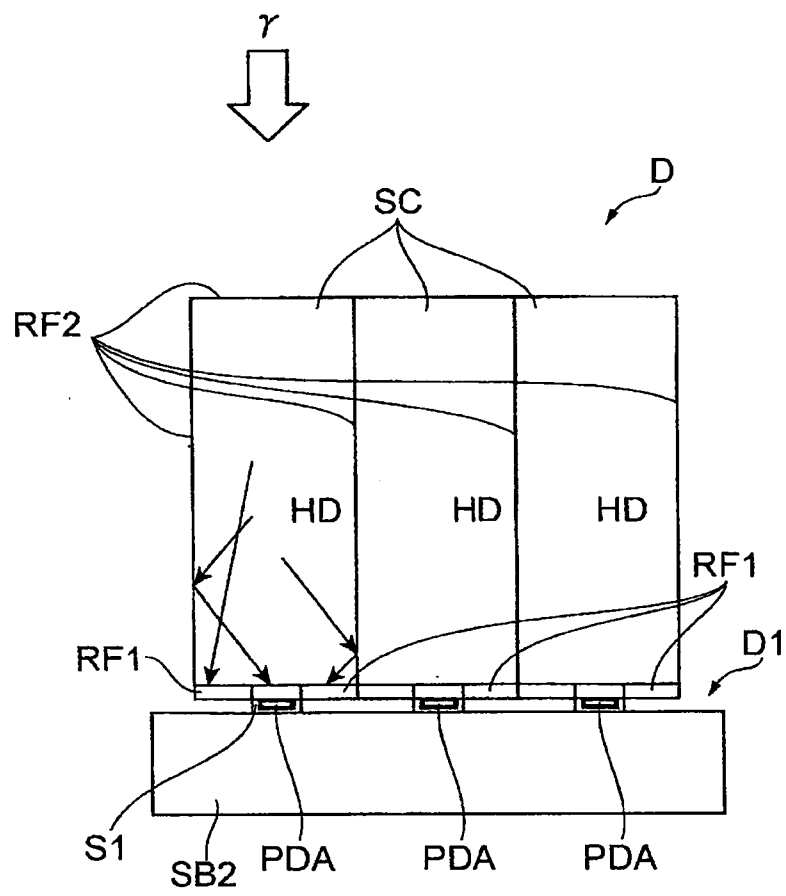


圖7

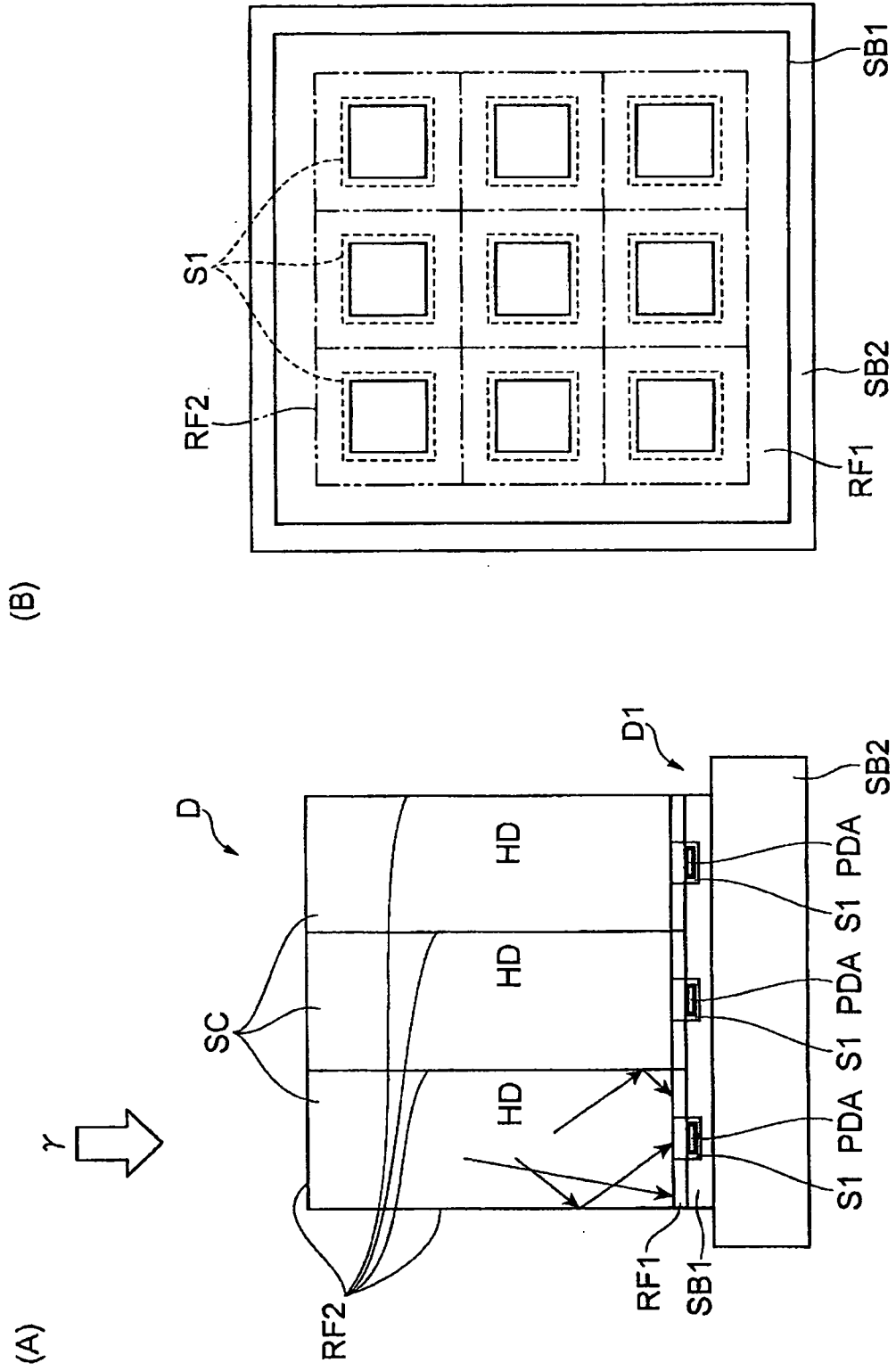


圖 8



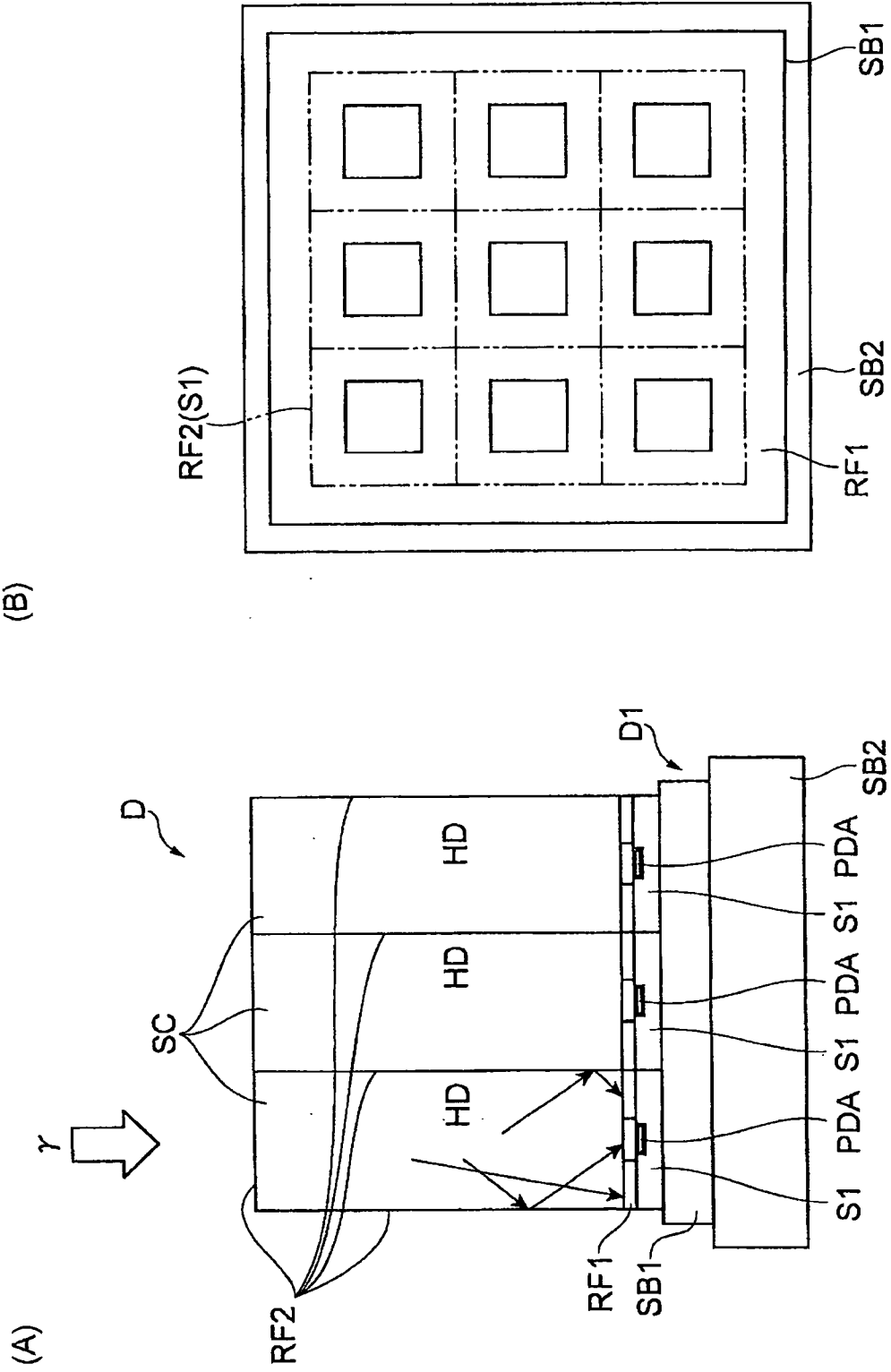
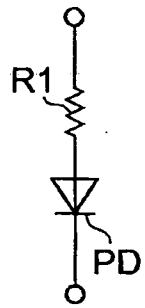


圖9

(A)



(B)

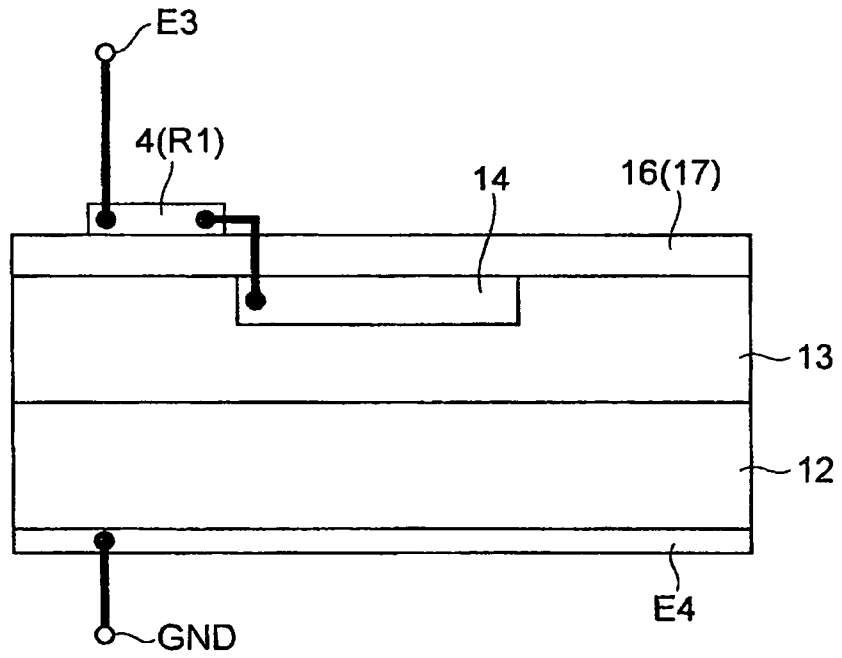


圖10

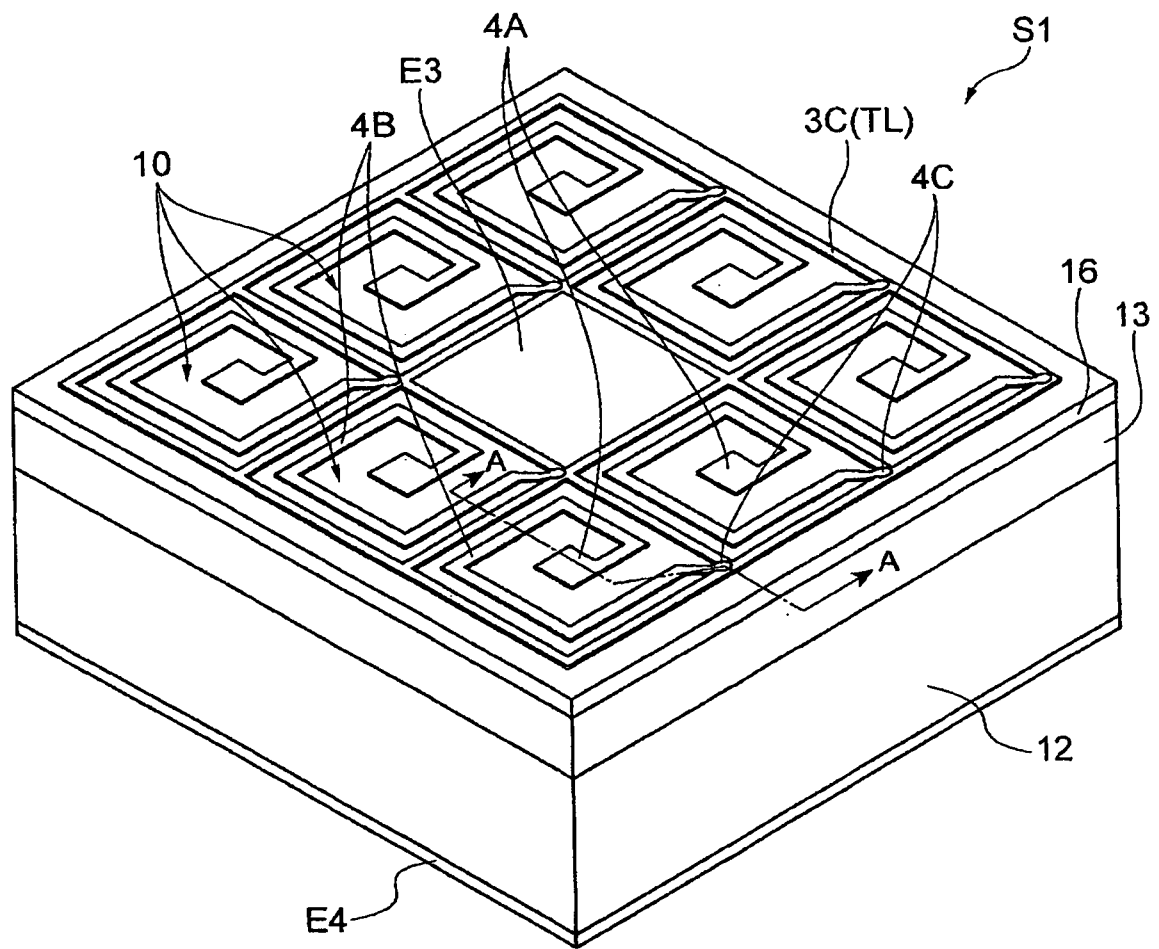


圖11

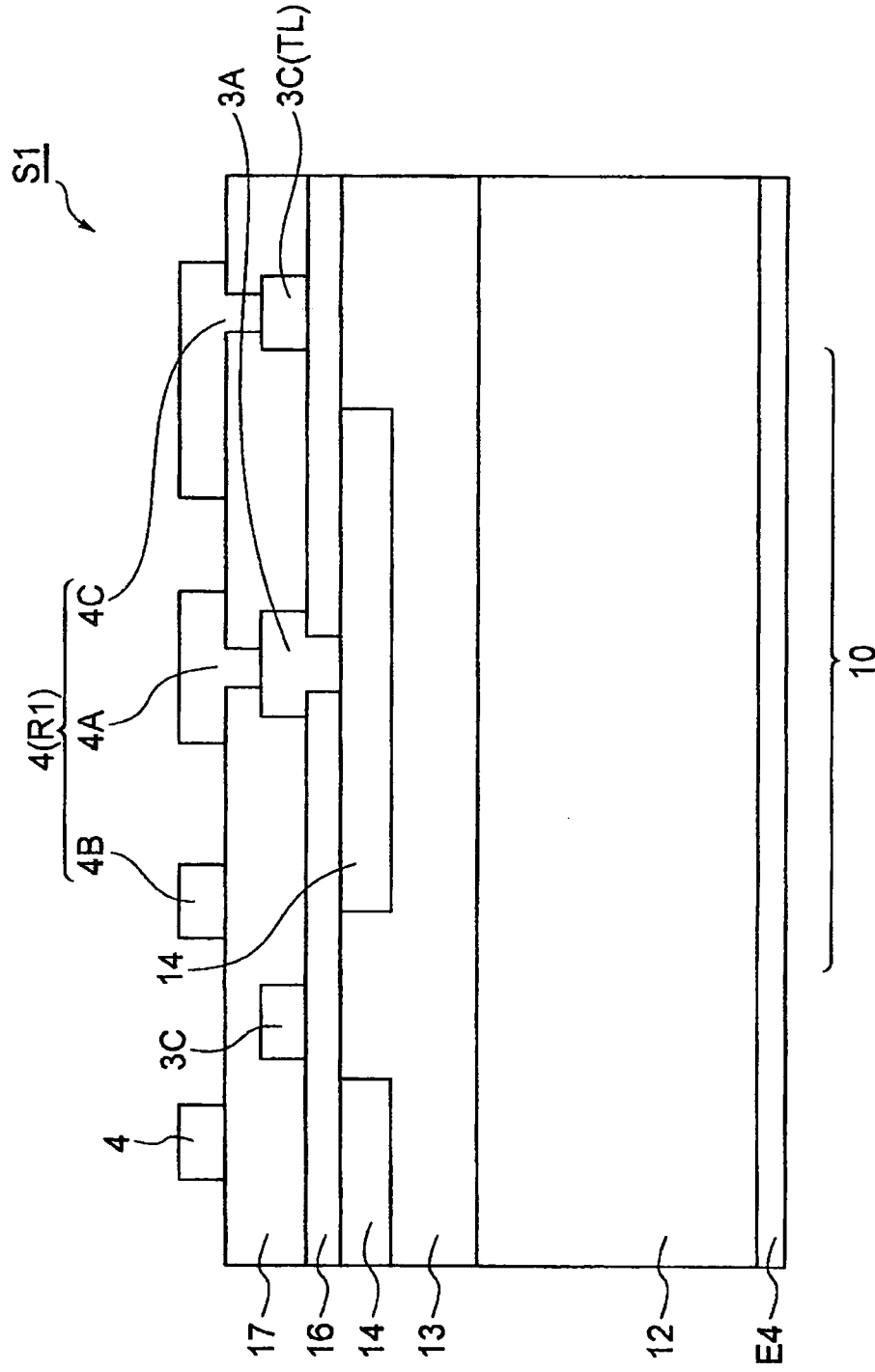


圖12

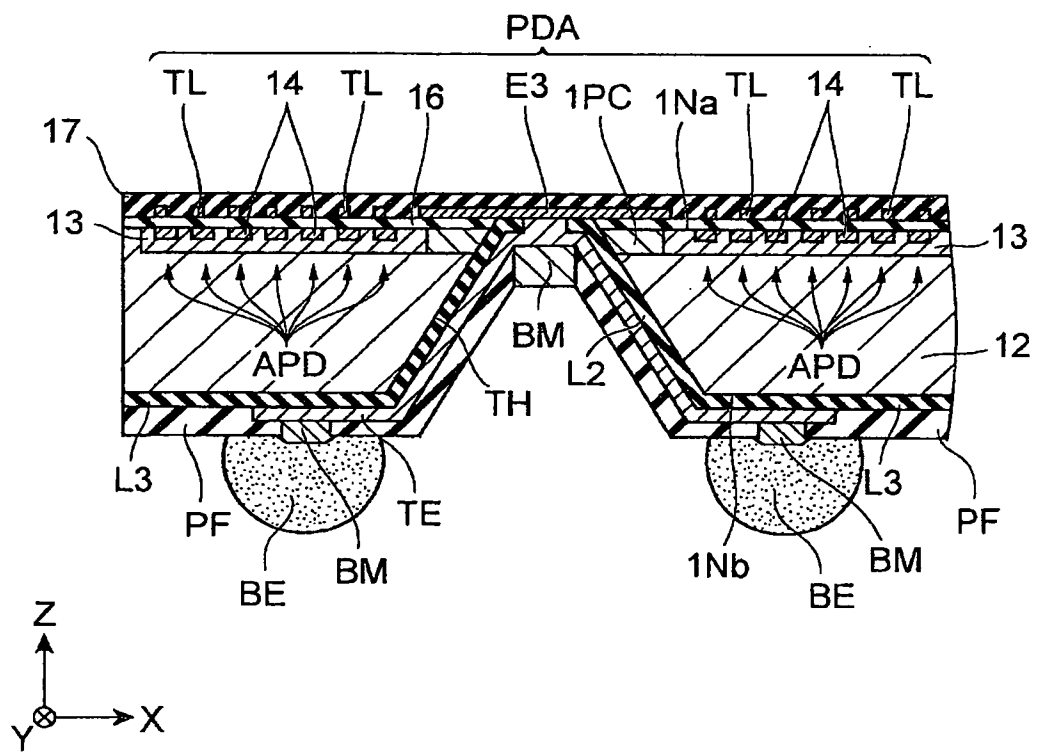


圖13

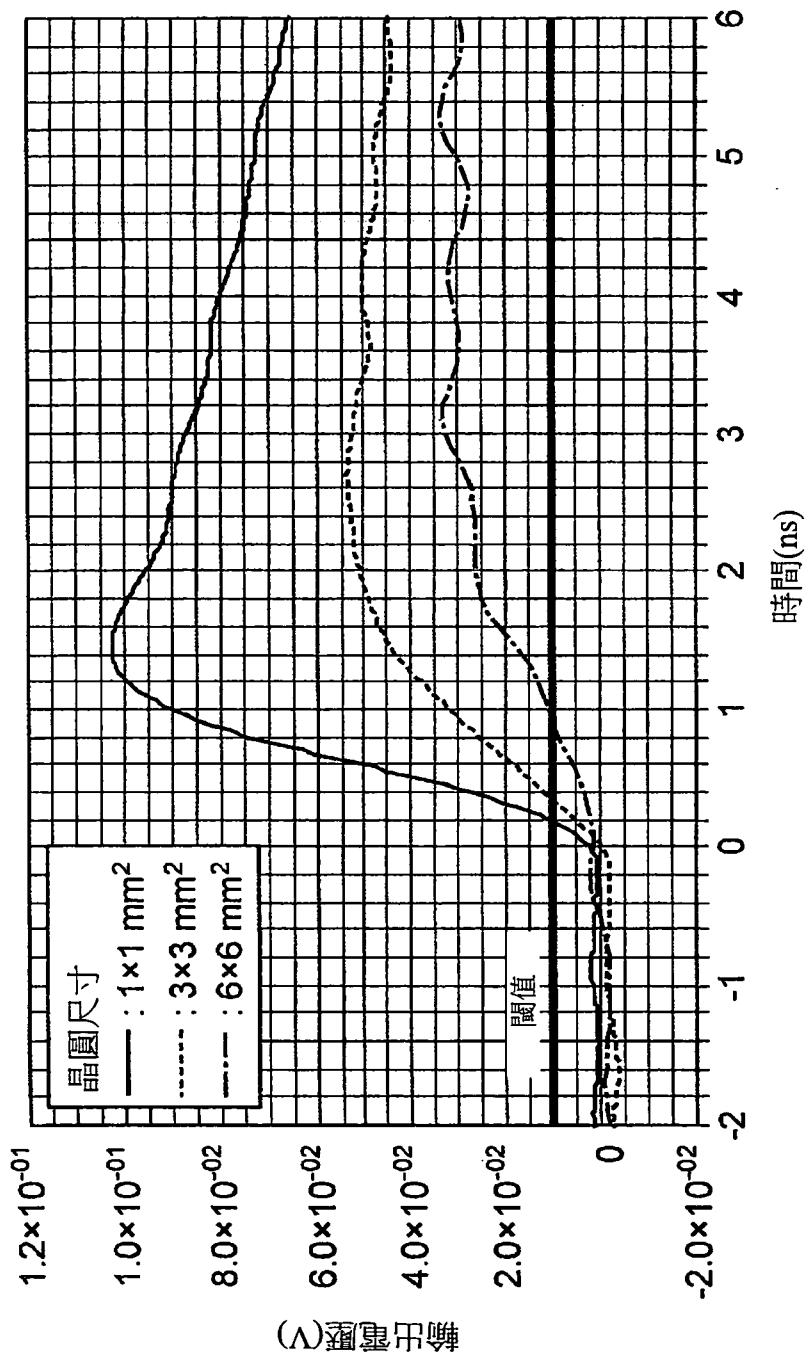


圖14

