



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I601299 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：105133097

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 13 日

(51)Int. Cl. : **H01L31/05 (2014.01)****H01L31/0735(2012.01)****H01L31/0725(2012.01)**

(30)優先權：2015/10/20 德國

102015013514.7

(71)申請人：艾澤太空太陽能公司 (德國) AZUR SPACE SOLAR POWER GMBH (DE)  
德國(72)發明人：古特 沃夫岡 GUTER, WOLFGANG (DE)；福爾曼 丹尼爾 FUHRMANN, DANIEL  
(DE)；派普 克里斯多夫 PEPPER, CHRISTOPH (DE)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 6316715B1

US 2015/0162478A1

D.J. Friedman, "GaInNAs Junctions for Next-Generation Concentrators Progress and Prospects", International Conference on Solar Concentrators for the Generation of Electricity or Hydrogen, 1-5 May 2005

Yu Chen Yuan, "Responses of Thin Film Photovoltaic Cell to Irradiation under Double Laser Beams of Different Wavelength", Materials Science Forum, Vol. 743-744, 25 January 2013, pages 937-942

審查人員：梁宏維

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 22 頁

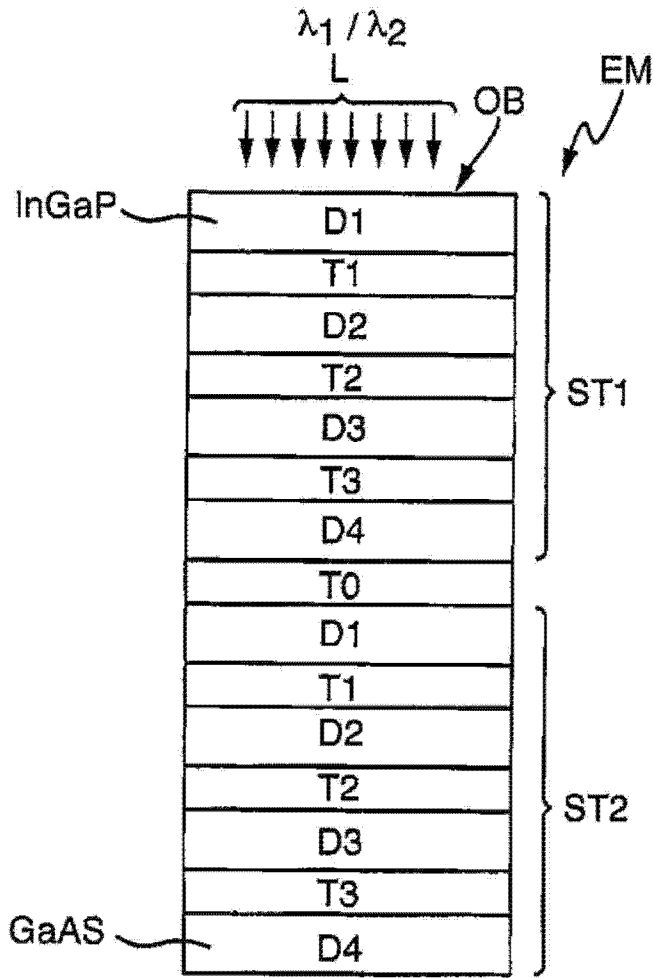
(54)名稱

光學接收器模組

(57)摘要

一種光學接收器模組，其中該接收器模組具有包含第一吸收邊之第一類型的分壓源及包含第二吸收邊之第二類型的分壓源，且該第一吸收邊與該第二吸收邊相比，具有更高的能量，並且若具有特定波長之光子流射中該分壓源，則該等分壓源中之每一者皆產生一分壓，且該二分壓源串聯，其中設有第一數目 N1 之彼此串聯的第一類型之子分壓源及第二數目 N2 之彼此串聯的第二類型之子分壓源，其中該第一數目 N1 及/或該第二數目 N2 大於一，且在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於 20%，且該等子分壓源中之每一者皆具有包含 p-n 接面的半導體二極體，並且在每兩個接連的子分壓源之間構建有一穿隧二極體，其中每個類型之子分壓源及穿隧二極體皆以堆疊的方式單塊積體，並且每個以堆疊的方式單塊積體之類型皆具有頂面及底面。

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

- D1-D4 . . . 半導體二極體，二極體
- EM . . . 接收器模組
- L . . . 光
- OB . . . 表面
- ST1 . . . 第一疊堆
- ST2 . . . 第二疊堆
- T1-T3 . . . 穿隧二極體
- λ1 . . . 第一波長
- λ2 . . . 第二波長



申請日: 105/10/13

## 【發明摘要】

IPC分類: *H01L 31/05* (2014.01)  
*H01L 31/0735* (2012.01)  
*H01L 31/0725* (2012.01)

## 【中文發明名稱】

光學接收器模組

## 【中文】

一種光學接收器模組，其中該接收器模組具有包含第一吸收邊之第一類型的分壓源及包含第二吸收邊之第二類型的分壓源，且該第一吸收邊與該第二吸收邊相比，具有更高的能量，並且若具有特定波長之光子流射中該分壓源，則該等分壓源中之每一者皆產生一分壓，且該二分壓源串聯，其中設有第一數目N1之彼此串聯的第一類型之子分壓源及第二數目N2之彼此串聯的第二類型之子分壓源，其中該第一數目N1及/或該第二數目N2大於一，且在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於20%，且該等子分壓源中之每一者皆具有包含p-n接面的半導體二極體，並且在每兩個接連的子分壓源之間構建有一穿隧二極體，其中每個類型之子分壓源及穿隧二極體皆以堆疊的方式單塊積體，並且每個以堆疊的方式單塊積體之類型皆具有頂面及底面。

## 【指定代表圖】

圖2

## 【代表圖之符號簡單說明】

D1-D4 半導體二極體，二極體  
EM 接收器模組  
L 光  
OB 表面  
ST1 第一疊堆

ST2	第二疊堆
T1-T3	穿隧二極體
$\lambda_1$	第一波長
$\lambda_2$	第二波長

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

光學接收器模組

### 【技術領域】

本發明係有關於一種光學接收器模組。

### 【先前技術】

由DE 103 50 112 A1已知一種光學接收器模組。此外還由以下文獻已知其他由III-V族材料構成的光學接收器模組及可擴展之電壓源：US 4 127 862、US 6 239 354 B1、DE 10 2010 001 420 A1、Nader M. Kalkhoran等人所著「Cobalt disilicide intercell ohmic contacts for multijunction photovoltaic energy converters」, Appl. Phys. Lett. 64, 1980 (1994)以及A. Bett等人所著「III-V Solar cells under monochromatic illumination」, Photovoltaic Specialists Conference, 2008, PVSC '08. 33rd IEEE, 第1-5頁, ISBN:978-1-4244-1640-0。

此外，由US 4 996 577已知其他光學接收器模組。由US 2006/0048811 A1、US 8 350 208 B1及WO 2013/067969 A1亦已知光學構件。

### 【發明內容】

在此背景下，本發明之目的在於提出一種進一步改良先前技術之裝置。

本發明用以達成該目的之解決方案為一種具有請求項1之特徵的光學接收器模組。本發明之有益技術方案為附屬項之主題。

根據本發明之主題，一種光學接收器模組具有包含第一吸收邊之第

一類型的分壓源及包含第二吸收邊之第二類型的分壓源，其中該第一吸收邊與該第二吸收邊相比，具有更高的能量，若具有特定波長之光子流射中該分壓源，則該等分壓源中之每一者皆產生一分壓，並且該二分壓源串聯，其中設有第一數目 $N_1$ 之彼此串聯的第一類型之子分壓源及第二數目之彼此串聯的第二類型之子分壓源，其中該第一數目 $N_1$ 及/或該第二數目 $N_2$ 大於一，並且在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於20%，並且該等子分壓源中之每一者皆具有包含p-n接面的半導體二極體，並且在每兩個接連的子分壓源之間構建有一穿隧二極體，其中每個類型之子分壓源及穿隧二極體皆以堆疊的方式單塊積體，並且每個以堆疊的方式單塊積體之類型皆具有頂面及底面。

需要說明的是，單塊積體之概念係指彼此堆疊的半導體層，較佳在磊晶過程中依次沈積該等半導體層。當然，該一類型(即該第一類型及該第二類型)之概念皆指該一類型內部之具有半導體材料的子分壓源，該等子分壓源在相關之類型內部具有相同或幾乎相同的吸收邊。同樣需要說明的是，每個類型皆形成疊堆。換而言之，該第一類型形成第一疊堆，該第二類型形成第二疊堆。在該等吸收邊中，該二疊堆之間的差距為至少50 nm，其中該第一疊堆總是具有波長小於該第二疊堆之吸收邊。因此，在堆疊式佈置方案中，該第一疊堆總是佈置在該第二疊堆上方，意即，光進入該第一疊堆，穿過該第一疊堆並藉由在該第一疊堆中未被吸收之部分入射至該第二疊堆。

需要說明的是，就疊堆頂面上之照明面積與第一疊堆之頂面面積大小的比較而言，該表達基本上係指面積差特別小於20%，或者較佳小於10%，或者較佳小於5%，或者該二面積尤佳相同。

同樣需要說明的是，用於照射疊堆頂面之「光」係指具有波長處於吸收層之吸收範圍內的光譜之光。當然，亦可採用單色光，其具有特定波長，即吸收波長，意即，處於吸收層之吸收範圍內的波長。

當然，該第一類型原則上具有有別於該第二類型之半導體材料，其中該第一類型與該第二類型相比具有更高的吸收邊或更大的帶隙能量，與在該第二疊堆中相比，在該第一疊堆中吸收波長更短之光。該等分壓源較佳包括III-V族材料作為半導體材料。

優點在於，透過將兩個疊堆積體在唯一的殼體中而接收不同的光色並將其分別轉化為一電壓。若該二疊堆串聯，則總電壓增大。如此便亦能實現用於多色接收器之節省空間且成本較低的結構。另一優點在於，透過該接收器模組之較高電壓可控制形式例如為MOS-FET之器件。

在一實施方式中，該第一數目N1及/或該第二數目N2 $\geq$ 三。如此便能藉由每個疊堆產生高電壓。

在一改良方案中，在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於10%。

在一改良方案中，一類型內之該等半導體二極體分別包括相同的半導體材料，其中在此情況下，該等二極體之半導體材料具有相同的晶態成分，且較佳地，化學計量比幾乎相同或者較佳完全相同。較佳地，該第一半導體材料包括由至少該等元素InGaP及/或AlGaAs構成之化合物，且該第二半導體材料包括由至少該等元素GaAs或InGaAs構成之化合物。

在另一實施方式中，該第一半導體材料由該InGaP化合物構成，且該第二半導體材料由該GaAs化合物或該InGaAs化合物構成，意即，該等化合物不具有其他的化合物元素。當然，該等化合物通常具有摻雜劑，部分

亦具有非期望的雜質。

在另一改良方案中，該第一類型之子分壓源作為第一疊堆以及該第二類型之子分壓源作為第二疊堆而共同地單塊積體並形成共同的疊堆，即總疊堆。當然，在該第一疊堆與該第二疊堆之間構建有穿隧二極體且電流流過整個疊堆，意即，該等單層形成串聯連接。

在另一實施方式中，該第一類型之分壓源及該第二類型之分壓源形成兩個並排佈置的疊堆，意即，該第一疊堆佈置在該第二疊堆旁。該二疊堆較佳佈置在共用基板上。如此便能將該二疊堆串聯。

在另一實施方式中，該二類型堆疊佈置，其中在該二疊堆之間構建有板狀隔離層，即厚度小於1 mm之隔離體。在此情況下，該二疊堆串聯，且該第一疊堆佈置在該第二疊堆上，未被該第一疊堆吸收之光入射至該第二疊堆。

在一改良方案中，該第一吸收邊低於750 nm，該第二吸收邊高於820 nm。在另一改良方案中，該二吸收邊中之一者高於1000 nm。

在一改良方案中，在該第一類型及/或該第二類型中，該半導體疊堆的基面具有四邊形之形狀，其中該四邊形之最大邊長小於2 mm，且面積小於4 mm<sup>2</sup>或者小於2 mm<sup>2</sup>。

在另一實施方式中，該二類型之子分壓源的半導體二極體具有p型摻雜吸收層，其中該p型吸收層被具有較該p型吸收層的帶隙更大之帶隙的p型摻雜鈍化層鈍化，並且，該二類型之子分壓源的半導體二極體具有n型摻雜吸收層，其中該n型吸收層被具有較該n型吸收層的帶隙更大之帶隙的n型摻雜鈍化層鈍化。

在一改良方案中，該等穿隧二極體中之至少一者具有數個半導體



層，該等半導體層具有較該p/n型吸收層的帶隙更高之帶隙，其中具有更高帶隙之該等半導體層分別由具有改變的化學計量比及/或有別於該半導體二極體之p/n型吸收層的元素組成之材料構成。

在一實施方式中，光入射至該頂面之表面，其中該被照亮之表面的大小基本上相當於該頂面之面積大小。

在另一改良方案中，每個類型的疊堆厚度皆小於12  $\mu\text{m}$ ，其中若入射光之波長小於該吸收邊，則在300 K下，該第一及/或第二疊堆之分源電壓大於2.2伏，且其中沿各疊堆之自該頂面至該底面的光入射方向，半導體二極體之p型及n型吸收層的總厚度自該最上方的半導體二極體至該最下方的半導體二極體增大。

在一實施方式中，該等分壓源在該底面附近具有環繞的凸肩形邊緣。藉由該凸肩形邊緣在金屬化時抑制該等二極體短路。當然，若將兩個分壓源單塊佈置成一疊堆，則僅在該一疊堆之底面上構建有環繞階梯。

該邊緣較佳呈階梯狀或者構建為階梯。在此情況下，該邊緣或該階梯之表面較佳絕大部分具有平的面，其中該邊緣或該階梯之表面的法線平行於或幾乎平行於該第一疊堆之表面的法線或各相關疊堆之表面的法線。需要說明的是，該邊緣或該階梯之側面基本或完全垂直於該邊緣或該階梯之表面。

該邊緣或該階梯之邊沿與該第一疊堆之四個側面中的每一者或與該等數個疊堆之側面相距至少5  $\mu\text{m}$ ，至多500  $\mu\text{m}$ 。該邊沿到緊鄰側面之距離範圍介於10  $\mu\text{m}$ 與300  $\mu\text{m}$ 之間。特定言之，該距離範圍介於50  $\mu\text{m}$ 與250  $\mu\text{m}$ 之間。

較佳地，該第一疊堆之側面以及特別是該等疊堆之所有側面皆構建

為平的，且特別是以垂直或幾乎垂直的方式構建。特定言之，側面法線與鄰接邊緣面之法線或疊堆表面之法線相比處於 $80^\circ$ 至 $110^\circ$ 之角度範圍內，意即，一側面之法線與緊鄰邊緣面之法線基本上彼此正交。該角度範圍較佳介於 $85^\circ$ 與 $105^\circ$ 之間。

在一實施方式中，該第一及/或第二類型之分壓源之子分壓源中之至少一者具有包含p-i-n接面的半導體二極體。換而言之，在該p型半導體層與該n型半導體層之間構建有本質半導體層。該本質半導體層較佳以非摻雜的方式構建。當然，本質層總是具有所謂之本底摻雜，例如在以磊晶方式製造之III-V族層中，該本底摻雜處於 $10e17\text{ N/cm}^3$ 及以下之範圍內。在一改良方案中，該等子分壓源中之每一者皆具有包含p-i-n接面的半導體二極體。

#### 【圖式簡單說明】

下面結合圖式詳細闡述本發明。在此，同類型部件使用相同名稱。所示實施方式經高度示意性處理，意即，距離以及橫向及豎向延伸未按比例示出，且相互間亦不存在可推導出來的幾何關係，另有說明者除外。其中：

圖1為在兩個疊堆之間具有隔離層之堆疊式佈置方案的根據本發明之第一實施方式的示意圖；

圖2為將兩個疊堆單塊積體成總疊堆之堆疊式佈置方案的根據本發明之第三實施方式的示意圖；

圖3為本發明具有兩個並排佈置之疊堆之第二實施方式的示意圖；

圖4為具有三個堆疊之半導體二極體的實施方式中第一疊堆之等效電路圖；

圖5為具有三個堆疊之半導體二極體的實施方式中第一疊堆及第二疊堆之等效電路圖，其中該二疊堆串聯；

圖6為具有五個單塊積體之半導體二極體的實施方式以第一疊堆為例之示意圖，其中各半導體二極體之厚度增大；

圖7為佈置在共用基板上之總疊堆的示意圖。

### 【實施方式】

圖1為光學接收器模組EM根據本發明之第一實施方式的示意圖，該光學接收器模組具有堆疊式佈置之第一疊堆ST1及第二疊堆ST2。在第一疊堆ST1與第二疊堆ST2之間構建有隔離層ISO。該結構具有摩擦連接。

單色或多色光L入射至第一疊堆ST1之頂面。表面OB幾乎或完全被照亮。較佳地，光L包括第一波長 $\lambda_1$ 及/或第二波長 $\lambda_2$ 。當然，隔離層ISO須至少可被第二波長 $\lambda_2$ 穿透。在本實施方式中，光L首先穿過第一疊堆ST1，故僅該光之未被吸收的部分入射至第二疊堆ST2。

第一疊堆ST1在頂面上具有第一電接頭VSUP1，且在底面上具有第二電接頭VSUP2。第二疊堆ST2在頂面上具有第一電接頭VSUPZ，且在底面上具有第二電接頭VSUP3。第一疊堆ST1與第二疊堆ST2串聯。為此，第一疊堆ST1之第二電接頭VSUP2與第二疊堆ST2之第一電接頭VSUPZ連接-符號a。第一疊堆ST1較佳以材料接合的方式佈置在隔離層ISO之頂面上，隔離層ISO之底面以材料接合的方式佈置在第二疊堆ST2之頂面上。

在光學接收器模組EM中，具有第一吸收邊之第一類型的子分壓源構建在第一疊堆ST1中，具有第二吸收邊之第二類型的子分壓源構建在第二疊堆ST2中。

該等子分壓源中之每一者皆具有包含p-n接面的半導體二極體。在每兩個接連的子分壓源之間構建有一穿隧二極體，其中每個類型之子分壓源及穿隧二極體皆以堆疊的方式單塊積體，並且每個以堆疊的方式單塊積體之類型皆具有頂面及底面。

第一類型之子分壓源形成第一分壓源VQ1，並且第二類型之子分壓源形成第二分壓源VQ2。該第一吸收邊與該第二吸收邊相比，具有更高的能量，若具有特定波長之光子流射中分壓源VQ1、VQ2，則該等分壓源中之每一者皆產生一分壓。若兩個分壓源VQ1及VQ2串聯，則兩個疊堆ST1及ST2之分壓相加形成總電壓。

第一疊堆ST1具有第一數目N1之彼此串聯的第一類型之子分壓源，該第二疊堆具有第二數目N2之彼此串聯的第二類型之子分壓源，其中第一數目N1及/或第二數目N2大於一，且在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於20%。由於第一數目N1及第二數目N2可變，兩個分壓源VQ1、VQ2在電壓值方面可擴展。

圖2為光學接收器模組EM之示意圖，係關於將兩個疊堆ST1及ST2單塊積體成總疊堆之堆疊式佈置方案的根據本發明之第三實施方式，其中第一疊堆ST1佈置於上方，即佈置在第二疊堆ST2上。下面僅對與圖1不同之處進行說明。

在此，第一疊堆ST1具有與第一數目N1相同之四個半導體二極體D1至D4。在兩個接連的半導體二極體D1至D4之間分別構建有穿隧二極體T1至T3中之一者。第一疊堆ST1處於接收器模組EM之朝向照明的一側上。該第一疊堆之半導體二極體包括InGaP及/或AlGaAs材料。第二疊堆ST2具有與第二數目N2相同之四個半導體二極體D1至D4。在兩個接連的半導

體二極體D1至D4之間分別構建有穿隧二極體T1至T3中之一者。在兩個疊堆ST1與ST2之間構建有另一穿隧二極體T0。就照明方向而言，該第二疊堆處於該第一疊堆下方。該第二疊堆之半導體二極體包括GaAs及/或InGaAs材料。單塊積體使得兩個疊堆ST1及ST2的所有構件串聯在一起。

圖3為具有並排佈置的疊堆ST1及ST2之光學接收器模組EM根據本發明之第二實施方式的示意圖。下面僅對與圖1不同之處進行說明。

具有第一波長 $\lambda_1$ 之光L入射至第一疊堆ST1之頂面，具有第二波長 $\lambda_2$ 之光L入射至第二疊堆ST2的頂面。兩個疊堆ST1及ST2或者兩個分壓源VQ1及VQ2串聯，意即，能夠在第一疊堆ST1的第一電接頭VSUP1及第二疊堆ST2之底面的第二電接頭VSUP3上量取總電壓。

圖4為具有三個堆疊之半導體二極體D1至D3的實施方式中第一疊堆ST1或第一分壓源VQ1之等效電路圖。因此，第一疊堆ST1具有由第一二極體D1及第一穿隧二極體T1及第二二極體D2及第二穿隧二極體T2及第三二極體D3構成之串聯連接。在第一疊堆ST1之頂面上構建有第一電壓接頭VSUP1，並且在第一疊堆ST1之底面上構建有第二電壓接頭VSUP2。

在此，第一疊堆ST1之電壓基本上由各二極體D1至D3的子分壓組成。為此，第一疊堆ST1必須曝露於光子流之下，即曝露於光L之下。

二極體D1至D3以及穿隧二極體T1及T2之第一疊堆ST1實施為單塊塊體，較佳由III-V族材料構成。在此情況下，半導體二極體D1至D3較佳由相同之半導體材料構成。穿隧二極體T1及T2同樣較佳以相同的方式構造。

圖5為具有三個堆疊之半導體二極體D1至D3的實施方式中第一疊堆ST1及第二疊堆ST2之等效電路圖，其中兩個疊堆ST1及ST2串聯。下面僅

對與圖4不同之處進行說明。

第二疊堆ST2如同第一疊堆ST1具有由三個二極體及構建在其間之穿隧二極體構成的串聯連接。兩個疊堆ST1與ST2彼此串聯，使得若第一疊堆ST1曝露於第一波長 $\lambda_1$ 的光L之下，且第二疊堆ST2曝露於具有第二波長 $\lambda_2$ 的光L之下，則第一疊堆ST1之第一分壓源VQ1的電壓與第二疊堆ST2之第二分壓源VQ2的電壓相加。

在未繪示之實施方式中，兩個疊堆ST1及ST2具有不同數目之串聯二極體。在另一未繪示之實施方式中，至少第一疊堆ST1及/或第二疊堆ST2具有 $\geq$ 三個的串聯二極體。如此便能擴展電壓源VQ之電壓水平。數目N較佳處於四至八之範圍內。

圖6示出若干半導體層有利地接連排列而形成第一疊堆ST1之實施方式。下面僅對與圖4不同之處進行說明。第一疊堆ST1總共包括五個串聯之構建為二極體D1至D5的子分壓源。

光L入射至第一二極體D1之表面OB。在兩個接連的二極體D1-D5之間分別構建有一穿隧二極體T1-T4。吸收區之厚度隨著各二極體D1至D5與表面OB間之距離的增大而增大，使得最下方的二極體D5具有最厚之吸收區。總體而言，第一疊堆ST1之總厚度小於等於 $12\ \mu\text{m}$ 。在最下方的二極體D5下方構建有基板SUB。

圖7為佈置在共用基板SUB上之單塊式總疊堆的示意圖，該基板具有環繞的凸肩形階梯STU。下面僅對與前述圖式不同之處進行說明。

在第一疊堆ST1之表面OB上，在邊緣R上構建有第一金屬連接接點K1。在第一疊堆ST1下方佈置有第二疊堆ST2。第一連接接點K1與第一電壓接頭VSUP1連接-未繪示。基板SUB具有頂面OS，其中基板SUB之頂面

OS以材料接合的方式與第二疊堆ST2之底面連接。

當然，在此情況下，在將第二疊堆ST2之最下方的二極體佈置在基板SUB上並將該二極體以材料接合的方式與基板SUB之頂面OS連接之前，在基板SUB上以磊晶方式產生薄的成核層及緩衝層。基板SUB之頂面OS的表面積大於第二疊堆ST2之底面的面積。藉此形成環繞階梯STU。在基板SUB之底面上構建有第二整面金屬接點K2。第二連接接點K2與第二疊堆ST2之第二電壓接頭VSUP3連接-未繪示。

#### 【符號說明】

D1-D5	半導體二極體，二極體
EM	接收器模組
ISO	隔離層，隔離體
K1	第一金屬連接接點，第一連接接點
K2	第二整面金屬接點，第二連接接點
L	光
N	數目
N1	第一數目
N2	第二數目
OB	表面
OS	頂面
R	邊緣
ST1	第一疊堆
ST2	第二疊堆
STU	階梯

SUB	基板
T0	穿隧二極體
T1-T4	穿隧二極體
VQ	電壓源
VQ1	第一分壓源
VQ2	第二分壓源
VSUP1	第一電接頭，第一電壓接頭
VSUP2	第二電接頭，第二電壓接頭
VSUP3	第二電接頭，第二電壓接頭
VSUPZ	第一電接頭
$\lambda 1$	第一波長
$\lambda 2$	第二波長



## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種光學接收器模組(EM)，其中該接收器模組(EM)具有：

包含第一吸收邊之第一類型的分壓源(VQ1)及包含第二吸收邊之第二類型的分壓源(VQ2)，且該第一吸收邊與該第二吸收邊相比，具有更高的能量，並且該等分壓源(VQ1, VQ2)中之每一者皆產生一分壓，且該二分壓源(VQ1, VQ2)串聯，

其特徵在於，

該第一類型形成第一疊堆，且該第二類型形成第二疊堆，並且在該第一吸收邊及該第二吸收邊中，該二疊堆之間的差距為至少50 nm，並且

兩個疊堆積體在唯一的殼體中，以便形成多色接收器，

設有第一數目N1之彼此串聯的第一類型之子分壓源及第二數目N2之彼此串聯的第二類型之子分壓源，其中該第一數目N1及/或該第二數目N2大於一，並且

在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於20%，且該等子分壓源中之每一者皆具有包含p-n接面的半導體二極體(D1-D5)，並且

在每兩個接連的子分壓源之間構建有一穿隧二極體，其中

每個類型之子分壓源及穿隧二極體(T1-T4)皆以堆疊的方式單塊積體，且每個以堆疊的方式單塊積體之類型皆具有頂面及底面。

### 【第2項】

如請求項1之光學接收器模組(EM)，其中，該第一數目N1及/或該第

二數目 $N_2 \geq 3$ 。

**【第3項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，在該二類型中，該等子分壓源之源電壓彼此間的偏差小於10%。

**【第4項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，一類型內之該等半導體二極體(D1-D5)分別包括相同的半導體材料。

**【第5項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該第一類型之子分壓源及該第二類型之子分壓源共同地單塊積體並形成共同的疊堆，且在該第一類型分壓源與該第二類型分壓源(VQ1, VQ2)之間構建有穿隧二極體(T0)。

**【第6項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該第一類型之子分壓源及該第二類型之子分壓源形成兩個並排佈置的疊堆(ST1, ST2)，且該二疊堆(ST1, ST2)較佳佈置在共用基板(SUB)上。

**【第7項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該二類型堆疊佈置，並且在該二疊堆(ST1, ST2)之間構建有厚度小於1 mm之板狀隔離體(ISO)。

**【第8項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該第一吸收邊低於750 nm，且該第二吸收邊高於820 nm。

**【第9項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該二吸收邊中之一者高於1000 nm。

**【第10項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該等分壓源(VQ1, VQ2)包括III-V族材料作為半導體材料。

**【第11項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該第一類型之半導體二極體(D1-D5)包括InGaP及/或AlGaAs材料，且該第二類型之半導體二極體(D1-D5)包括GaAs材料或InGaAs材料。

**【第12項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，在該第一類型及/或該第二類型中，該半導體疊堆(ST1, ST2)的基面具有四邊形之形狀，該四邊形之最大邊長小於2 mm，且面積小於4 mm<sup>2</sup>或者小於2 mm<sup>2</sup>。

**【第13項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該二類型之子分壓源的半導體二極體(D1-D5)具有p型摻雜吸收層，其中該p型吸收層被具有較該p型吸收層的帶隙更大之帶隙的p型摻雜鈍化層鈍化，並且，該二類型之子分壓源的半導體二極體具有n型摻雜吸收層，其中該n型吸收層被具有較該n型吸收層的帶隙更大之帶隙的n型摻雜鈍化層鈍化。

**【第14項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該等穿隧二極體(T1, T2, T3, T4)中之至少一者具有數個半導體層，該等半導體層具有

較該p/n型吸收層的帶隙更高之帶隙，且其中，具有更高帶隙之該等半導體層分別由具有改變的化學計量比及/或有別於該半導體二極體(D1, D2, D3, D4, D5)之p/n型吸收層的元素組成之材料構成。

**【第15項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該第一類型之分壓源形成第一疊堆(ST1)，且該第二類型之分壓源形成第二疊堆(ST2)，或者，該二類型形成共同的疊堆，其中該共同的疊堆以單塊或組合的方式構建，且其中該第一疊堆(ST1)佈置在該第二疊堆(ST2)上，未被該第一疊堆(ST1)吸收之光入射至該第二疊堆(ST2)。

**【第16項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，被照亮之表面(OB)的大小基本上相當於該頂面之面積大小。

**【第17項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，每個類型之分壓源的疊堆厚度(ST1, ST2)皆小於12  $\mu\text{m}$ ，並且，若波長小於該第一吸收邊及該第二吸收邊之光(L)入射，則在300 K下，該第一及/或第二疊堆之分源電壓大於2.2伏，且其中沿各疊堆(ST1, ST2)之自該頂面至該底面的光入射方向，半導體二極體之p型及n型吸收層的總厚度自該最上方的半導體二極體(D1)至該最下方的半導體二極體(D3-D5)增大。

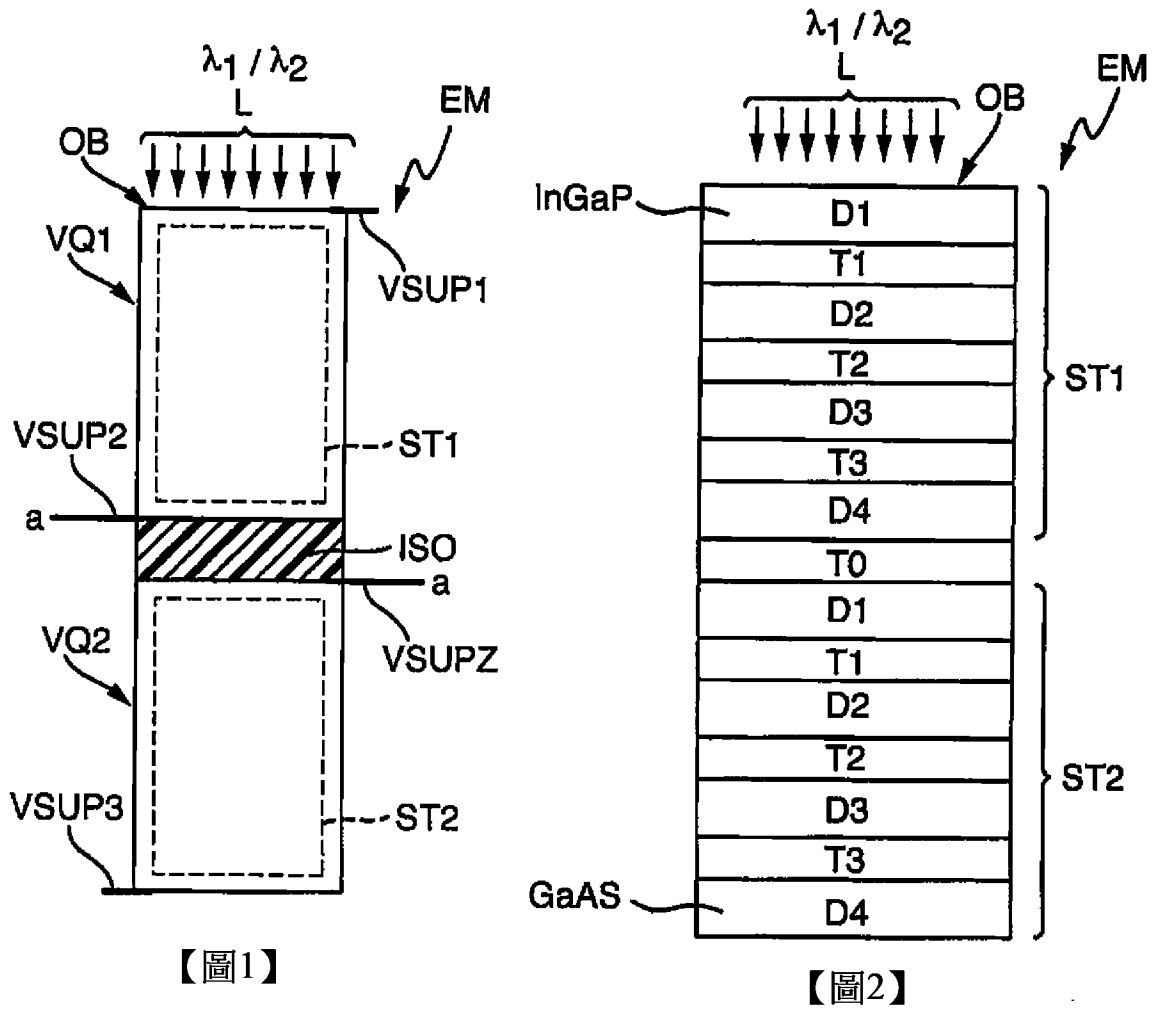
**【第18項】**

如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該等分壓源(VQ1, VQ2)在該底面附近具有環繞的階梯(STU)。

**【第19項】**

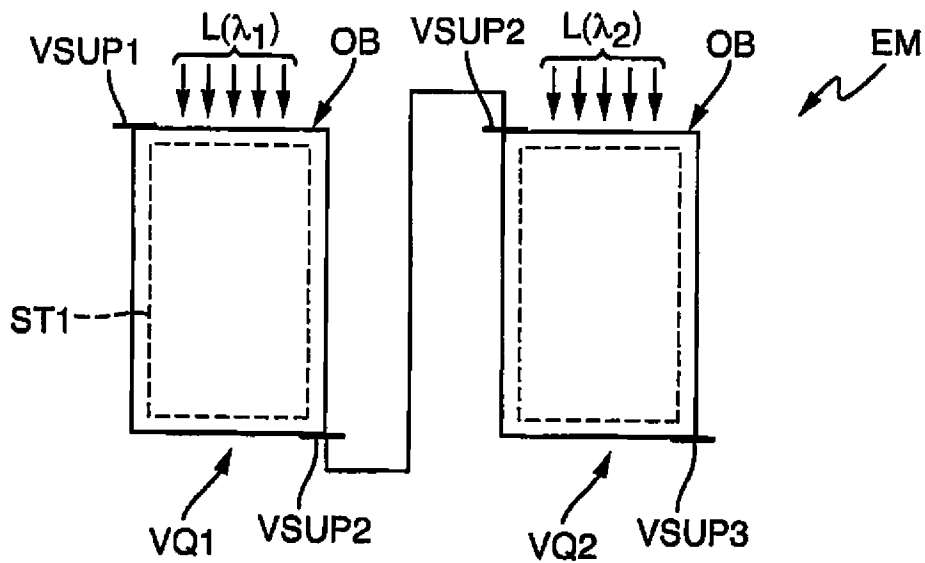
如請求項1或請求項2之光學接收器模組(EM)，其中，該等子分壓源中之至少一者具有包含p-i-n接面的半導體二極體。

【發明圖式】

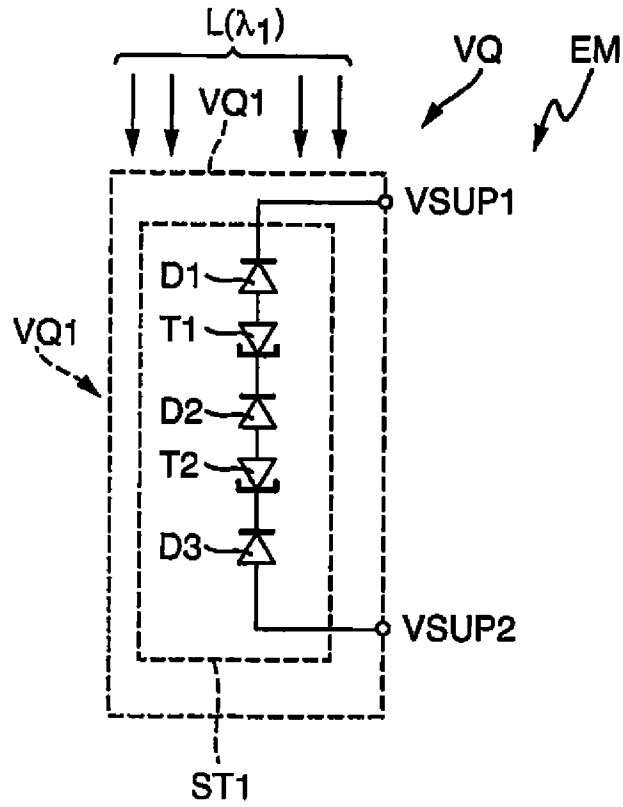


【圖1】

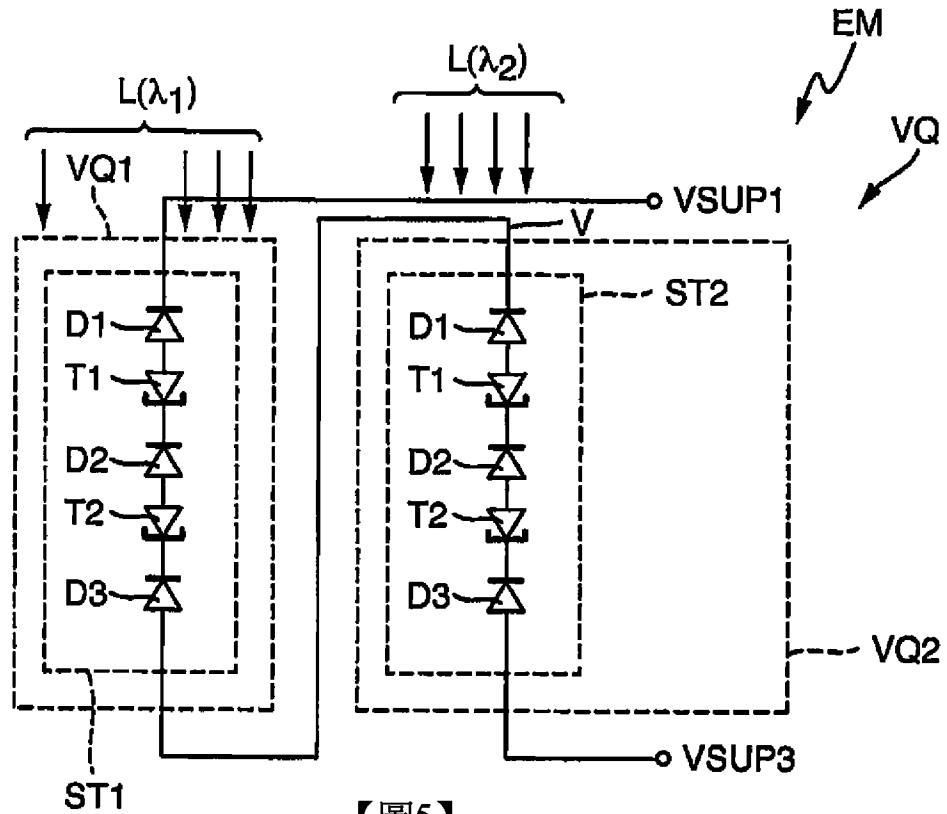
【圖2】



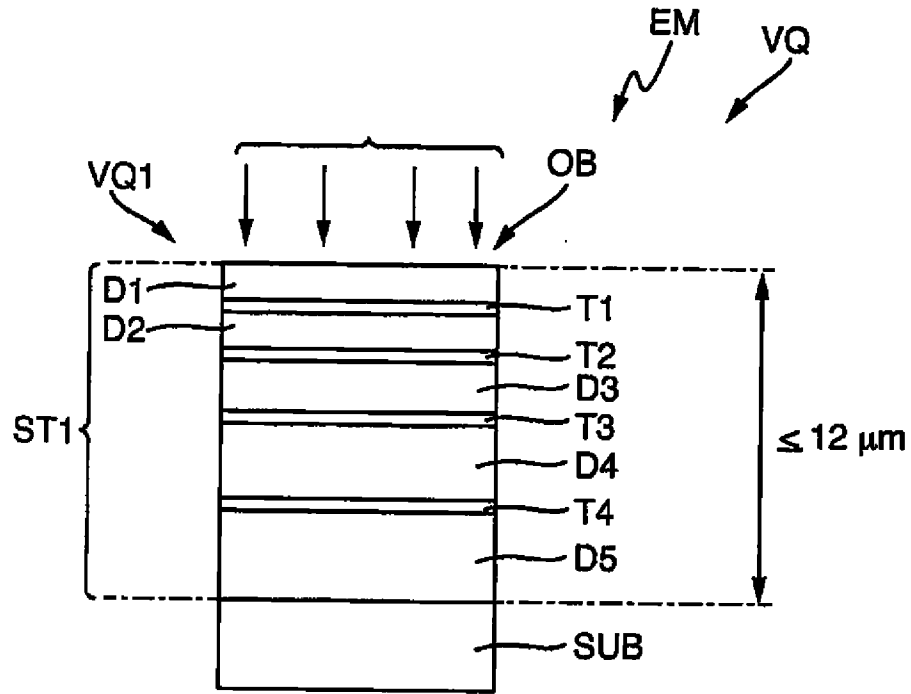
【圖3】



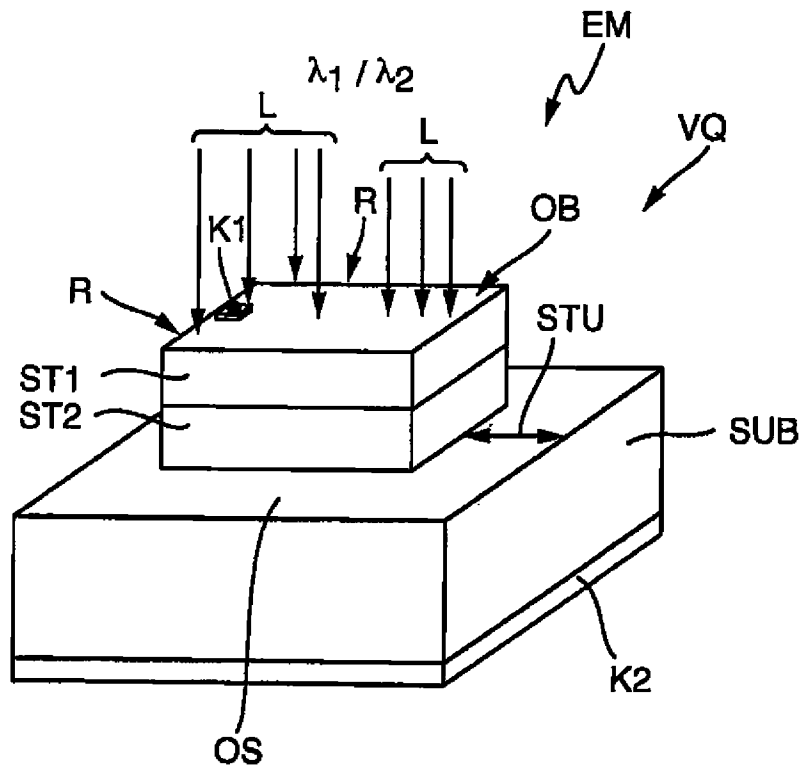
【圖4】



【圖5】



【圖6】



【圖7】