

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：93132391

※申請日期：93年10月26日

※IPC分類：H01L 33/00

一、發明名稱：

(中) 半導體發光元件及該製造方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 三肯電氣股份有限公司
(英) SANKEN ELECTRIC CO., LTD.
代表人：(中) 1. 森田雄次
(英)
地址：(中) 日本國埼玉縣新座市北野三丁目六番三號
(英)
國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓名：(中) 青柳秀和
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

2. 姓名：(中) 大塚康二
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

3. 姓名：(中) 佐藤雅裕
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 主張國際優先權：

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：93132391

※申請日期：93年10月26日

※IPC分類：H01L 33/00

一、發明名稱：

(中) 半導體發光元件及該製造方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 三肯電氣股份有限公司
(英) SANKEN ELECTRIC CO., LTD.
代表人：(中) 1. 森田雄次
(英)
地址：(中) 日本國埼玉縣新座市北野三丁目六番三號
(英)
國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓名：(中) 青柳秀和
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

2. 姓名：(中) 大塚康二
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

3. 姓名：(中) 佐藤雅裕
(英)
國籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1.日本 ; 2003/11/26 ; 2003-396151 有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種使用 3A-5A 族化合物之半導體發光元件及該製造方法。

【先前技術】

使用化合物半導體之以往代表性的半導體發光元件係具有：藍寶石、碳化矽 (silicon carbide) 或矽等的基板、緩衝層、n 型半導體層、活性層、p 型半導體層、及接觸層。其他以往具代表性的半導體發光元件，例如美國專利第 5008718 號 (以下稱專利文獻 1) 所示，具有稱為基板、n 型半導體層、活性層、p 型半導體層、及窗 (window) 之電流分散 (spread) 層。

在活性層產生的光從接觸層或電流分散層的表面取出。因此，光不透過性的襯墊電極或是陽極僅設置在接觸層或電流分散層的表面之一部分。因而，在活性層產生的光從未設置有接觸層或電流分散層之襯墊電極或是陽極取出。此外，在接觸層或電流分散層的表面配置有光透過性電極，在該光透過性電極上配置有襯墊電極。

然而，由於襯墊電極或陽極係光不透過性，因此從與活性層的襯墊電極或陽極相對向的部分射出的光未取出至外部。因而，在與活性層的襯墊電極或陽極相對向的部分流動的電流對於發光效率是沒有幫助之無效電流。因此，使在活性層的襯墊電極或陽極相對向的部分流動的電流降

(2)

低，使未與活性層的襯墊電極或陽極相對向的部分流動的電流增大，且要求該電流分布之均勻性變好。為因應該要求，在上述專利文獻 2 中，於接觸層的表面之外周側配置有細條電極且在活性層與接觸層之間配置有電流分散層。但是，上述專利文獻 2 之細條電極由於不具有光透過性，因此由於光取出面積減少 30~40%，導致光的取出效率降低。又，以往的電流擴散層由於不具有大的光透過率，因此在該電流擴散層產生光吸收，導致光的取出效率降低。

又，當設置光透過性電極時，雖改善電流分布的均一性，惟由於光透過性電極的光透過率為 70~90% 左右，因此在光透過性電極中，光的取出效率降低 10~30%。

而且，依據上述專利文獻 1，當設置比較厚的電流分散層時，因為電流分散層之光吸收導致光的取出效率降低。

【專利文獻 1】美國專利第 5008718 號

【專利文獻 2】特開 2003-197965 號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

因而，本發明所欲解決之課題係半導體發光元件之發光效率差的問題。

本發明之目的在於提供一種發光效率佳的半導體發光元件。

(3)

[用以解決課題之方案]

爲了解決上述課題，本發明係有關一種半導體發光元件，其特徵在於具備有：第 1 化合物半導體層，係具有第 1 導電型；活性層，係由配置於上述第 1 化合物半導體層上之化合物半導體所構成；第 2 化合物半導體層，係配置於上述活性層且具有光透過性，並具有與上述第 1 導電型相反的第 2 導電型；電流分散層，係配置於上述第 2 化合物半導體層上且具有光透過性，且使由第 1 化合物半導體層構成的第 1 層、及與第 1 化合物半導體層不同的第 2 化合物半導體層構成的第 2 層反覆複數次交互配置之積層體所構成；第 1 電極，係在允許從上述電流分散層的表面側取出來自上述活性層所放射的光之狀態下，與上述電流分散層電性連接；以及第 2 電極，係與上述第 1 化合物半導體層相對電性連接。

期望上述第 1 層的上述第 1 化合物半導體係依據上述第 1 層與上述第 2 層之間的異質接合，可在上述第 1 層產生 2 次元載子層 (Two Dimensional Carrier Layer) 亦即 2 次元電子氣體 (Two Dimensional Electron Gas) 或 2 次元孔氣體 (Two Dimensional Hole Gas) 之材料。上述 2 次元載子層具有與上述第 1 層的橫向即上述第 1 層的主面平行的方向之電流通路的功能。因而，亦可將 2 次元載子層稱爲通道。當產生 2 次元載子層時，上述電流分散層之橫向電阻變低，使活性層的電流均一性提升。

(4)

期望上述電流分散層之上述第 1 層與上述第 2 層之至少一方添加第 2 導電型決定用雜質。

期望上述第 2 化合物半導體層具有比上述活性層大的能帶，且具有比上述第 1 層與上述第 2 層大的厚度。當上述第 2 化合物半導體層具有大的厚度時，上述第 2 化合物半導體層具有良好的覆蓋層功能，可良好的抑制載子之溢流。藉此，使載子與活性層相對之關入效率提升，使發光效率提升。

期望上述第 1 層具有比上述活性層大的能帶且以未包含 Al 或以第 1 比例包含的上述第 2 導電型氮化物半導體所構成；上述第 2 層具有比上述活性層大的能帶且以大於上述第 1 比例之第 2 比例包含 Al 的第 2 導電型氮化物半導體所構成。藉由使 Al（鋁）的含有率不同的兩個氮化物半導體間異質接合，可獲得良好的 2 次元載子層。

期望上述電流分散層之上述第 1 層比上述第 2 化合物半導體層薄。上述第 1 層之最佳厚度為 15 nm 至 5000 nm。

期望上述第 1 導電型為 p 型，上述第 2 導電型為 n 型。當上述電流分散層為 n 型時，依據上述電流分散層所包含的異質接合產生 2 次元電子氣體。由於電子從正孔具有高的移動度（mobility），因此可提升半導體發光元件之應答特性。

期望上述第 1 電極直接與上述電流分散層之露出表面的一部分連接。依此，可容易形成上述第 1 電極。又，

(5)

半導體發光元件更期望具備有用來支持上述第 1 化合物半導體層的導電性支持基板藉此，使半導體發光元件的機械強度提升。藉此，可使上述第 2 電極與上述導電性支持基板連接。

藉由第 1 方法製造半導體發光元件，其特徵在於具有以下步驟：準備支持基板之步驟；以氣相成長法依序在上述支持基板上形成具有第 1 導電型之第 1 化合物半導體層、活性層、及具有第 2 導電型之第 2 化合物半導體層之步驟；藉由氣相成長法，在上述第 2 化合物半導體層上反覆複數次交互形成由第 1 化合物半導體構成的第 1 層、及與上述第 1 化合物半導體不同的第 2 化合物半導體構成的第 2 層，獲得電流分散層之步驟；形成與上述電流分散層電性連接的第 1 電極之步驟；以及形成與上述第 1 化合物半導體相對電性連接的第 2 電極之步驟。

藉由第 2 方法製造半導體發光元件，其特徵在於具有以下步驟：準備用來使半導體成長的成長用基板之步驟；藉由氣相成長法，在上述成長用基板上反覆複數次交互形成由第 1 化合物半導體構成的第 1 層、及與上述第 1 化合物半導體不同的第 2 化合物半導體構成的第 2 層，以獲得電流分散層之步驟；以氣相成長法依序在上述電流分散層上形成具有第 1 導電型之第 1 化合物半導體層、活性層、及具有第 2 導電型之第 2 化合物半導體層之步驟；準備支持基板之步驟；在上述第 2 化合物半導體層之一方的主面與上述支持基板的一方之主面內至少一方形形成由金屬或合

(6)

金構成的導電體層之步驟；介以上述導電體層，黏貼上述支持基板之一方的主面與上述第 2 化合物半導體層的一方之主面之步驟；在上述黏貼步驟前或後除去上述成長用基板之步驟；形成與上述電流分散層電性連接的第 1 電極之步驟；以及形成與上述第 2 化合物半導體相對電性連接的第 2 電極之步驟。

〔發明的功效〕

根據本發明可獲得如下之功效。

(1) 電流分散層由第 1 及第 2 層的交互積層體構成，具有多重異質接合。在異質接合的附近產生 2 次元載子層、亦即 2 次元電子氣體或 2 次元孔氣體。因此，電流分散層之第 1 層的橫向電阻亦即與電流分散層的一方之主面相對平行的電阻變小，在電流分散層產生電流的橫向分散效果，使活性層的電流分布之均一性提升，提高發光效率。

(2) 在具有多重異質接合構造的電流分散層中，獲得與以往相同的電流分散功能時，可使電流分散層之厚度比以往的電流分散層的厚度薄。若使電流分散層變薄，在此的光吸收變小，使光取出效率提升，且降低此之電力損失。

【實施方式】

參照第 1 圖至第 8 圖說明本發明的實施形態。

〔實施例 1〕

依據第 1 圖所示之本發明實施例 1 的半導體發光元件之雙重異質接合構造的發光二極體，係由以下構件所構成：由具有導電性之 p 型矽構成的支持基板 1；由具有 p 型（第 1 導電型）的氮化物半導體構成的緩衝層 2；作為第 1 化合物半導體層之 p 型氮化物半導體層 3；由氮化物半導體構成的活性層 4；作為第 2 化合物半導體層之 n 型氮化物半導體層 5；本發明之多重異質接合構造的 n 型電流分散層 6；作為陰極功能的第 1 電極 7；作為陽極功能的第 2 電極 8。上述 p 型氮化物半導體層 3 稱為 p 型覆蓋層，上述 n 型氮化物半導體層 5 稱為 n 型覆蓋層。

p 型矽支持基板 1 係以例如 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 左右的濃度摻雜 p 型雜質亦即作為受體雜質功能的例如 B（硼）等 3A 族元素。因而，矽支持基板 1 為具有 $0.0001 \Omega \cdot \text{cm} \sim 0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 左右的低介電率之導電性支持基板，作為第 1 及第 2 電極 7、8 間的電流通路之功能。又，該矽支持基板 1 具有可機械性支持其上各層 2 至 6 的厚度例如 350 至 500 μm 。

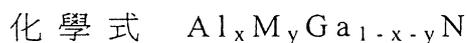
配置在 p 型矽支持基板 1 上的緩衝層 2 係由包含 p 型雜質（受體雜質）之 3A-5A 族化合物半導體構成，以滿足化學式 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ，在此，a 及 b 為 $0 \leq a < 1$ 、 $0 \leq b < 1$ 的數值表示的氮化物半導體構成最佳。亦即，緩衝層 2 由從 AlInGaN （氮化鋁銦鎵）、 GaN （氮化鎵）、

(8)

AlGa_N (氮化鋁鎵) 、 InGa_N (氮化銦鎵) 選擇的材料構成。該實施例 1 的緩衝層 2 由厚度 30nm 之 p 型氮化鋁銦鎵 (AlInGa_N) 所構成。

緩衝層 2 主要具有良好的接收將矽基板 1 的結晶之面方位形成於其上的氮化物半導體所構成各層 3 至 6 的緩衝功能。為了良好地發揮該緩衝功能，期望緩衝層 2 具有 10nm 以上的厚度。但是，為防止緩衝層 2 之裂開，期望將緩衝層 2 的厚度設為 500nm 以下。

取代第 1 圖的單層構成之緩衝層，可設為反覆複數次第 1 層與第 2 層磊晶成長之多層構造緩衝區域。該多層構造緩衝區域之第 1 層係期望以：



在此，上述 M 係從 In (銦) 與 B (硼) 選擇的至少一種之元素，

上述 x 及 y 係滿足以下式子之數值：

$$0 < x \leq 1$$

$$0 \leq y < 1$$

$$x + y \leq 1$$

所示的材料構成最理想。亦即，依據上述化學式之多層構造緩衝區域之第 1 層的最佳材料係例如 AlN (氮化鋁)、或 AlGa_N (氮化鋁鎵)、或 AlInGa_N (氮化鋁銦鎵)、AlBGa_N (氮化鋁硼鎵)、AlInBGa_N (氮化鋁銦硼鎵)、AlInN (氮化鋁銦)、AlBN (氮化鋁硼)、AlInBN (氮化鋁銦硼)。

(9)

又，多層構造緩衝區域之第 2 層之化學式為 $Al_aM_bGa_{1-a-b}N$ ，

在此，上述 M 係從 In（銻）與 B（硼）選擇的至少一種之元素，上述 a 及 b 係滿足下述式子之數值：

$$0 \leq a \leq 1$$

$$0 \leq b < 1$$

$$a+b \leq 1$$

$$a < x$$

以上述所示的材料構成最理想。

而且，當緩衝層 2 上的 p 型氮化物半導體層 3 比較厚時，可省略緩衝層 2。

p 型氮化物半導體層 3 為 3A-5A 族化合物半導體，最理想者為：化學式 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ，在此，在 x 及 y 滿足 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 之數值所示的材料摻雜 p 型雜質而形成。亦即，p 型氮化物半導體層 3 在從 AlInGaN（氮化鋁銻鎵）、GaN（氮化鎵）、AlGaIn（氮化鋁鎵銻）選擇的材料摻雜 p 型雜質而形成最為理想。該實施例的 p 型氮化物半導體層 3 由與上述化學式的 $x=0$ 、 $y=0$ 相當的 p 型 GaN 所構成。該 p 型氮化物半導體層 3 具有比活性層 4 大的能帶（band gap），且具有約 200 nm 厚度。

活性層 4 係由 3A-5A 族化合物半導體構成，以化學式 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ，在此，以 x 及 y 係滿足 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 之數值所示的氮化物半導體所形成最佳。在該實施例中，活性層 4 係以氮化銻鎵（InGaIn）形成。此外，在

(11)

層，由反覆複數次配置有第 1 及第 2 層 9、10 之交互積層體構成。因而，電流分散層 6 具有多重異質接合層構造，包含複數個異質接合。在第 1 圖中為簡略化圖示，雖僅反覆配置 4 次第 1 及第 2 層 9、10 之對，惟實際上係反覆配置 40 次。第 1 及第 2 層 9、10 之對的數量從 20 至 60 次中選擇較佳。

電流分散層 6 之第 1 層 9 係由 3A-5A 族化合物半導體構成，以未包含 Al 或以第 1 比例包含 Al 之 n 型（第 2 導電型）的第 1 氮化物半導體所構成，以大於上述第 1 比例之第 2 比例包含 Al 之 n 型的第 2 氮化物半導體所構成。

電流分散層 6 之第 1 層 9 的最佳材料係忽視雜質以如下的化學式表示：



在此，上述 M 係從 In（銻）與 B（硼）中選擇至少一種之元素，

上述 a 及 b 係滿足以下式子之數值：

$$0 \leq a < 1$$

$$0 \leq b < 1$$

$$a + b \leq 1$$

換言之，電流分散層 6 之第 1 層 9 的最佳材料係從以下材料選擇：GaN（氮化鎵）、InN（氮化銻）、InGaN（氮化銻鎵）、BN（氮化硼）、BGaN（氮化硼鎵）、BInGaN（氮化硼銻鎵）、AlInN（氮化鋁銻）、AlGaN（

(12)

氮化鋁鎵) 、 AlInGaN (氮化鋁銦鎵) 、 AlBN (氮化鋁硼) 、 AlBGaN (氮化鋁硼鎵) 、 以及 AlBInGaN (氮化鋁硼銦鎵) 等。

該實施例之第 1 層 9 由上述化學式之 a 及 b 為零的 n 型 GaN (氮化鎵) 所構成，在能帶圖中具有大於活性層 4 的能帶且具有 25 nm 的厚度。第 1 層 9 的厚度由 15 至 500 nm 選擇最佳。當第 1 層 9 的厚度小於 15 nm 時，在第 1 層 9 無法充分獲得產生二次元電子氣體之效果。又，當第 1 層 9 的厚度大於 500 nm 時，在此的光吸收變大，使光取出效率降低。

配置在電流分散層 6 之第 1 層 9 上的第 2 層 10 之最佳材料係忽視雜質以如下的化學式表示：



在此，上述 M 係從 In (銦) 與 B (硼) 中選擇至少一種之元素，

上述 x 及 y 係滿足以下式子之數值：

$$0 < x \leq 1$$

$$0 \leq y < 1$$

$$x+y \leq 1$$

$$a < x$$

換言之，電流分散層 6 之第 2 層 10 的最佳材料係從以下材料選擇：AlN (氮化鋁) 、 AlInN (氮化鋁銦) 、 AlGaIn (氮化鋁銦) 、 AlInGaIn (氮化鋁銦鎵) 、 AlBN (氮化鋁硼) 、 AlBGaIn (氮化鋁硼鎵) 、 以及 AlBInGaIn (氮化鋁

(13)

硼 銦 鎵) 等 。 但是 ， 該 第 2 層 10 爲 了 與 第 1 層 9 相 對 形 成 異 質 接 合 ， 故 以 與 第 1 層 9 相 異 的 材 料 形 成 。 又 ， 第 2 層 10 係 由 在 第 1 層 9 形 成 作 爲 2 次 元 載 子 層 之 2 次 元 電 子 氣 體 層 的 材 料 構 成 。 該 實 施 例 之 第 2 層 10 由 與 上 述 化 學 式 之 $x = 1$ 、 $y = 0$ 相 當 的 AlN (氮 化 鋁) 所 構 成 ， 具 有 大 於 活 性 層 4 的 能 帶 且 比 第 1 層 9 薄 ， 同 時 可 獲 得 量 子 力 學 的 通 道 效 果 之 5 nm 的 厚 度 。 第 2 層 10 的 厚 度 係 以 0.5 至 5 nm 的 值 中 選 擇 較 佳 。 當 第 2 層 10 的 厚 度 小 於 0.5 nm 時 ， 無 法 良 好 地 形 成 二 次 元 電 子 氣 體 層 。 又 ， 當 第 2 層 10 的 厚 度 大 於 5 nm 時 ， 無 法 獲 得 通 道 效 果 ， 使 第 2 層 10 的 厚 度 方 向 之 電 阻 變 大 。

在 該 實 施 例 中 ， 在 第 1 及 第 2 層 9、10 添 加 n 型 雜 質 。 但是 可 僅 在 第 1 及 第 2 層 9、10 任 一 方 添 加 n 型 雜 質 ， 或 不 在 第 1 及 第 2 層 9、10 任 一 方 添 加 n 型 雜 質 。

由 可 產 生 2 次 元 電 子 氣 體 之 第 1 及 第 2 層 9、10 之 複 數 個 交 互 積 層 體 構 成 的 電 流 分 散 層 6， 係 具 有 在 活 性 層 4 產 生 的 光 之 透 過 性 優 良 的 特 性 。 又 ， 平 行 的 方 向 亦 即 橫 向 的 電 阻 在 電 流 分 散 層 6 的 厚 度 方 向 之 電 阻 及 電 流 分 散 層 6 的 上 面 極 小 。 電 流 分 散 層 6 的 橫 向 電 阻 之 降 低 效 果 係 藉 由 與 第 1 及 第 2 層 9、10 之 異 質 接 合 界 面 相 鄰 接 的 第 1 層 9 之 一 方 主 面 附 近 產 生 的 2 次 元 電 子 氣 體 層 (未 圖 示) 可 獲 得 。

作 爲 陰 極 功 能 之 第 1 電 極 7 僅 配 置 在 n 型 雜 質 濃 度 比 作 爲 n 覆 蓋 層 的 n 型 氮 化 物 半 導 體 層 5 高 的 電 流 分 散 層 6

(14)

之第 2 層 10 的表面大致中央之一部分，與電流分散層 6 直接歐姆接觸。該第 1 電極 7 係具有用來連接未圖示的線材等之外部連接構件之襯墊電極的功能。第 1 電極 7 雖僅與電流分散層 6 之表面的中央部分連接，惟藉由電流分散層 6 的電流分散作用亦可使電流在活性層 4 的外周側部分流動。亦即，亦可使電流在未與活性層 4 的第 1 電極 7 相對向的區域流動。

與上述專利文獻 2 所示的陽極相同，在電流分散層 6 之表面的外周側部分附加配置細條電極，可使此與第 1 電極 7 電性連接。此時，與電流分散層 6 之表面面積相對的細條電極之表面的比例小於上述專利文獻 2。又，亦可在第 1 電極 7 附加地將光透過性電極設置在電流分散層 6 的表面。又，更可在第 1 電極 7 與電流分散層 6 之間設置用來提升歐姆性之 n 型氮化物半導體所構成的接觸層。

作為陽極功能的第 2 電極 8 與 p 型矽支持基板 1 的下面歐姆接觸。此外，亦可使第 2 電極 8 直接與 p 型氮化物半導體層 3 或 p 型緩衝層 2 接觸。

依據第 1 方法製造該實施例 1 的發光二極體時準備矽支持基板 1，在該矽支持基板 1 上藉由周知的 OMVPE (Organometallic Vapor Phase Epitaxy) 亦即有機金屬氣相成長法依序形成。然後，在 OMVPE 反應室以特定的比例藉由導入三甲基鎵氣體 (以下稱為 TMG)、氨氣、矽烷氣體 (SiH_4)，形成由 GaN 構成的第 1 層 9。接續第 1 層 9 的形成，在 OMVPE 反應室藉由以特定的比例導入三甲

(15)

基鋁氣體（以下稱爲 TMA）、氮氣、矽烷氣體（ SiH_4 ）形成由 AlN 構成的第 2 層 10。藉由切換供給至 OMVPE 反應室的氣體之種類，反覆複數次第 1 層及第 2 層 9、10 以獲得期望的電流分散層 6。

最後，形成第 1 電極 7 及第 2 電極 8 完成發光二極體。

本實施例具有以下的功效。

(1) n 型的電流分散層 6 爲第 1 及第 2 層 9、10 的複數之交互積層體，包含複數個異質接合。各個複數個異質接合與介面鄰接，產生 2 次元電子氣體層作爲 2 次元載子層。因此，電流分散層 6 之橫向電阻變小，在未與活性層 4 的第 1 電極 7 相對向的外周側區域流動的電流增大。結果，如第 3 圖所示，在第 1 電極 7 之外側的第 1 及第 2 位置 P1、P2 間與第 3 及第 4 位置 P3、P4 間可大致獲得均勻的光輸出。藉此，省略上述專利文獻 2 所記載的細條電極，或可降低細條電極的表面積，可使因細條電極之光取出的妨礙消失或降低，使光取出效率提升。又，與具有以往的光透過性電極之發光二極體比較，本實施例的發光二極體僅光取出以往的光透過性電極之光吸收分，可使光取出效率提高。

(2) 使具有 2 次元電子氣體效果的電流分散層 6 比以往的單一層構造之電流分散層薄，可獲得與以往的單一層構造之電流分散層同等的電流分散層亦即使電流橫向擴展之效果。因而，電流分散層 6 之光吸收及電壓降下可小

(16)

於以往的電流分散層。

(3) 由於電流分散層 6 之雜質濃度大於 n 型氮化物半導體層 5，因此亦具有接觸層的功能，在此可使第 1 電極 7 直接歐姆接觸。該電流分散層 6 由於包含較多的載子，因此可使第 1 電極與電流分散層 6 相對之接觸電阻降低。

(4) 電流分散層 6 由於接續 p 型緩衝層 2、p 型氮化物半導體層 3、活性層 4、及 n 型氮化物半導體層 5 之形成而以氣相成長形成，因此製造步驟不複雜，可抑制發光二極體的製造成本之提升。

[實施例 2]

然後，說明第 4 圖所示的實施例 2。但是，在第 4 圖以及後述的第 5 圖至第 8 圖中，與第 1 圖以及第 2 圖實質上相同的部分附加相同符號並省略其說明。

第 4 圖之發光二極體係省略第 1 圖的 n 型氮化物半導體層 5，其他相當於與第 1 圖相同的構成。亦即，在該第 4 圖中，設置與電流分散層 6' 之第 1 層 9 具有相同構成的 n 型氮化物半導體層 9'。該 n 型氮化物半導體層 9' 由於與第 2 層 10 相接，因此具有作為獲得 2 次元電子氣體效果的層之功能，並且亦與活性層 4 相接，故與第 1 圖之 n 型氮化物半導體層 5 相同，具有 n 覆蓋層的功能。第 4 圖的電流分散層 6' 省略第 1 圖的電流分散層 6 之最下方的第 1 層 9，其他設為與第 1 圖相同的構成。因而，第

(17)

4 圖的電流分散層 6' 之最下層為第 2 層 10。

第 4 圖的實施例 2 之發光二極體由於係具有 2 次元電子氣體效果的電流分散層 6'，因此具有與實施例 1 相同的效果。

[實施例 3]

第 5 圖的實施例 3 之發光二極體在第 1 圖的實施例 1 之發光二極體追加電流阻擋層 11，更設置已變形的第 1 電極 7'，其他設為與第 1 圖相同之構成。

電流阻擋層 11 係由絕緣體或電流分散層 6 與逆導電型半導體構成，配置在與第 1 圖的第 1 電極 7 相當之位置。第 5 圖的第 1 電極 7' 係由配置於電流阻擋層 11 上的電極襯墊部分 7a 及與此電性連接的細條部分 7b 所構成。細條部分 7b 係以環狀或格子狀配置於電流分散層 6 的表面上，與電流分散層 6 歐姆接觸。

本實施例的發光二極體由於具有電流分散層 6，因此即使在活性層 4 的外周側區域電流亦可良好流動，惟當細條部分 7b 配置在電流阻擋層 11 的外側時，電流更容易在活性層 4 的外周側區域流動。在本實施例中，由於僅藉由細條部分 7b，而不需要使電流在外周側部分流動，故細條部分 7b 與電流分散層 6 的表面積相對的比例即使縮小，在外周側區域亦可流動期望的電流。因而，與上述專利文獻 1 的構造相比，光取出效率提高。此外，為了改善第 5 圖的細條部分 7b 與電流分散層 6 之間的歐姆性，可配

(18)

置由 n 型氮化物半導體構成的接觸層。此外，亦可在 p 型半導體區域 2、3 側形成於與電流阻擋層 11 相當者。此時，比在電極 7 的正下方形成電流阻擋層 11 之情況比較，期待不易受到電流分散層 6 之電流分散的影響，強力發揮區塊效果。又，電流阻擋層 11 亦可以相鄰接的半導體層與相反導電型的半導體層形成。

〔實施例 4〕

以第 2 方法製造本發明之發光二極體時，藉由第 6 圖及第 7 圖所示的實施例 4 之步驟製造。

首先，準備第 6 圖所示之例如由矽構成的成長用基板 20。然後，在該成長用基板 20 上以周知的 OMVPE 法依序形成電流分散層 6、作為第 1 導電型之第 1 化合物半導體層的 n 型氮化物半導體層 5、活性層 4、作為第 2 導電型之化合物半導體層的 p 型氮化物半導體層 3 以及緩衝層 2。第 6 圖的電流分散層 6 係由第 1 及第 2 層 10、9 之複數個交互積體所構成。

第 6 圖的各層之配列順序與第 1 圖的各層之配列順序相反。因而，作為第 6 圖的第 1 導電型之第 1 化合物半導體層的 n 型氮化物半導體層 5 具有與作為第 1 圖的第 2 化合物半導體層的 n 型氮化物半導體層 5 相同的功能，作為第 6 圖的第 2 化合物半導體層的 p 型氮化物半導體層 3 具有與作為第 1 圖的第 1 化合物半導體層的 p 型氮化物半導體層 3 相同的功能，第 6 圖的電流分散層 6 之第 1 層 10

(19)

具有與第 1 圖的電流分散層 6 之第 2 層 10 相同的功能，第 6 圖的電流分散層 6 之第 2 層 9 具有與第 1 圖的電流分散層 6 之第 1 層 9 相同的功能。

由第 6 圖之第 1 及第 2 層 10、9 構成的多層構造之電流分散層 6 具有作為磊晶成長於其上方之層 5、4、3、2 之緩衝區域的功能，可使上方之層 5、4、3、2 的結晶性及平坦性提升。

然後，在 p 型緩衝層一方的主面以漸鍍等形成 Au 等金屬層。該 p 型緩衝層 2 之一方的主面之金屬層在後述的貼合步驟為必要之可貼合的導電體層。

繼而，準備第 7 圖所示的 p 型矽支持基板 1，在該矽支持基板 1 一方的主面形成 Au 等金屬層。該矽支持基板 1 之一方的主面之金屬層在後述的貼合步驟為必要之可貼合的導電體層。

然後，以熱壓接等使 p 型緩衝層 2 的金屬層與矽支持基板 1 之金屬層貼合。藉此，如第 7 圖所示，p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1 可介以金屬層 21 貼合。

在該實施例 4 中，p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1 兩方雖設置有金屬層，惟取代此，僅在 p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1 任一方設置金屬層，介以該金屬層亦可貼合 p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1。又，亦可將 p 型緩衝層 2 之金屬層與 p 型矽基板 1 之金屬層設為合金層等的其他導電體層。

然後，除去第 7 圖之 B-B 線上的成長用基板 20。在

(20)

該實施例 4 中，雖於貼合 p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1 之後除去成長用基板 20，惟取而代之，在貼合 p 型緩衝層 2 與 p 型矽基板 1 之前亦可除去成長用基板 20。

然後，在電流分散層 6 的表面上形成與第 1 圖的第 1 電極 7 相當者，在矽支持基板 1 連接與第 2 電極 8 相當者，實質上獲得與第 1 圖相同的發光二極體。

以該實施例 4 的方法所形成的發光二極體具有與第 1 圖的實施例 1 相同的效果。又，根據該實施例 4，多層構造的電流分散層 6 由於作為磊晶成長的緩衝功能，因此可改善 p 型以及 n 型氮化物半導體層 3、5 以及活性層 4 的結晶性以及平坦性。

此外，當然亦可取代第 7 圖的 p 型矽支持基板 1 使用 n 型矽支持基板或金屬板。

[實施例 5]

第 8 圖所示的實施例 5 之發光二極體係將第 2 電極 8 的連接位置改變至 p 型緩衝層 2，其他係形成與第 1 圖相同者。在第 8 圖中，支持基板 1 以及 p 型緩衝層 2 突出至比此等上方之層 3 至 6 更外周側，第 2 電極 8 形成於 p 型緩衝層 2 上。

由於第 8 圖的實施例 5 之發光二極體具有多層構造之電流分散層 6，因此具有與第 1 圖的實施例 1 相同的功效。又，由於第 2 電極 8 環狀配置於緩衝層 2 的外周側，因此使活性層 4 的外周側區域之電流增加，可提高發光效率。

(21)

。此外，在第 8 圖的實施例 5 中，由於電流不在支持基板 1 流動較佳，故可將支持基板 1 置換為藍寶石等絕緣性基板。

本發明不限定於上述實施例，例如亦可為如下之變形。

(1) 可將 p 型氮化物半導體層 3 與 n 型氮化物半導體層 5 中之任一方或兩方設為材料彼此不同的氮化物半導體層之多層構造。

(2) 亦可將 p 型緩衝層 2 設為彼此材料不同的氮化物半導體層之多層構造。

(3) 可在電流分散層 6 附加用來提高 2 次元電子氣體效果的第 3 層。

(4) 可以氮以外的 5A 族元素例如 P (磷) 與 3A 族元素的化合物半導體形成 p 型緩衝層 2、p 型氮化物半導體層 3、活性層 4、n 型氮化物半導體層 5、以及電流分散層 6。

(5) 在實施例 1 至 5 中，可將各層的導電型設為相反導電型。當電流分散層 6 為 p 型時，依據異質接合可生成 2 次元孔氣體。

[產業上利用的可能性]

本發明係可利用光輸出大的發光二極體等的半導體發光元件。

(22)

【圖式簡單說明】

第 1 圖係依據本發明實施例 1 之發光二極體的中央縱剖面圖。

第 2 圖係第 1 圖的發光二極體之平面圖。

第 3 圖係相對顯示第 2 圖的發光二極體之 A-A 線的光輸出之圖。

第 4 圖係依據本發明實施例 2 之發光二極體的剖面圖。

第 5 圖係依據本發明實施例 3 之發光二極體的剖面圖。

第 6 圖係本發明實施例 4 之發光二極體的第 1 製造步驟的狀態剖面圖。

第 7 圖係實施例 4 之發光二極體的第 2 製造步驟的狀態剖面圖。

第 8 圖係依據本發明第 5 實施例之發光二極體的剖面圖。

【主要元件符號說明】

- 1 矽基板
- 2 p 型緩衝層
- 3 p 型氮化物半導體層
- 4 活性層
- 5 n 型氮化物半導體層
- 6 n 型電流分散層

(23)

7 第 1 電 極

8 第 2 電 極

9 第 1 層

10 第 2 層

五、中文發明摘要

發明名稱：半導體發光元件及該製造方法

[課題]

難以提高發光二極體的光取出效率。

[解決手段]

本發明係提供一種發光二極體，係具有：介以緩衝層（2）配置在矽支持基板（1）上的 p 型氮化物半導體層（3）、活性層（4）、n 型氮化物半導體層（5）、以及電流分散層（6）。電流分散層（6）係由包含用來獲得 2 次元電子氣體效果的異質接合之複數層第 1 及第 2 層（9）、（10）的積層體所構成。由於具有 2 次元電子氣體效果的電流分散層（6）之橫向電阻小，因此產生電流的擴張，使光取出效率提升。電流分散層（6）係作為使第 1 電極（7）歐姆接觸的區域之功能。

六、英文發明摘要

發明名稱：

(1)

十、申請專利範圍

1. 一種半導體發光元件，其特徵在於具備有：

第 1 化合物半導體層，係具有第 1 導電型；

活性層，係由配置於上述第 1 化合物半導體層上之化合物半導體所構成；

第 2 化合物半導體層，係配置於上述活性層上且具有光透過性，並具有與上述第 1 導電型相反的第 2 導電型；

電流分散層，係配置於上述第 2 化合物半導體層上且具有光透過性，且使由第 1 化合物半導體層構成的第 1 層、及與上述第 1 化合物半導體層不同的第 2 化合物半導體層構成的第 2 層反覆複數次交互配置之積層體所構成；

第 1 電極，係在允許從上述電流分散層的表面側取出來自上述活性層所放射的光之狀態下，與上述電流分散層電性連接；以及

第 2 電極，係與上述第 1 化合物半導體層相對電性連接。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，上述第 1 層的上述第 1 化合物半導體係依據上述第 1 層與上述第 2 層之間的異質接合，可在上述第 1 層產生 2 次元載子層之材料。

3. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，在上述電流分散層之上述第 1 層與上述第 2 層之至少一方添加第 2 導電型決定用雜質。

4. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中

(2)

，上述第 2 化合物半導體層具有比上述活性層大的能帶，且具有比上述第 1 層及上述第 2 層大的厚度。

5. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，上述第 1 層係由具有比上述活性層大的能帶且未包含 Al 或以第 1 比例包含的上述第 2 導電型氮化物半導體所構成；上述第 2 層係由具有比上述活性層大的能帶且以大於上述第 1 比例之第 2 比例包含 Al 的第 2 導電型氮化物半導體所構成。

6. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，上述第 1 層係比上述第 2 化合物半導體層薄。

7. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，上述第 1 導電型係 p 型，上述第 2 導電型係 n 型。

8. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，上述第 1 電極係直接與上述電流分散層之露出表面的一部分連接。

9. 如申請專利範圍第 1 項之半導體發光元件，其中，更具備有用來支持上述第 1 化合物半導體層的導電性支持基板，上述第 2 電極係與上述導電性支持基板連接。

10. 一種半導體發光元件之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

準備支持基板之步驟；

以氣相成長法依序在上述支持基板上形成具有第 1 導電型之第 1 化合物半導體層、活性層、及具有第 2 導電型之第 2 化合物半導體層之步驟；

(3)

藉由氣相成長法，在上述第 2 化合物半導體層上反覆複數次交互形成由第 1 化合物半導體構成的第 1 層、及與上述第 1 化合物半導體不同的第 2 化合物半導體構成的第 2 層，獲得電流分散層之步驟；

形成與上述電流分散層電性連接的第 1 電極之步驟；
以及

形成與上述第 1 化合物半導體相對電性連接的第 2 電極之步驟。

11. 一種半導體發光元件之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

準備用來使半導體成長的成長用基板之步驟；

藉由氣相成長法，在上述成長用基板上反覆複數次交互形成由第 1 化合物半導體構成的第 1 層、及與上述第 1 化合物半導體不同的第 2 化合物半導體構成的第 2 層，以獲得電流分散層之步驟；

以氣相成長法依序在上述電流分散層上形成具有第 1 導電型之第 1 化合物半導體層、活性層、及具有第 2 導電型之第 2 化合物半導體層之步驟；

準備支持基板之步驟；

在上述第 2 化合物半導體層之一方的主面與上述支持基板的一方之主面內至少一方形成由金屬或合金構成的導電體層之步驟；

介以上述導電體層，黏貼上述支持基板之一方的主面與上述第 2 化合物半導體層的一方之主面之步驟；

(4)

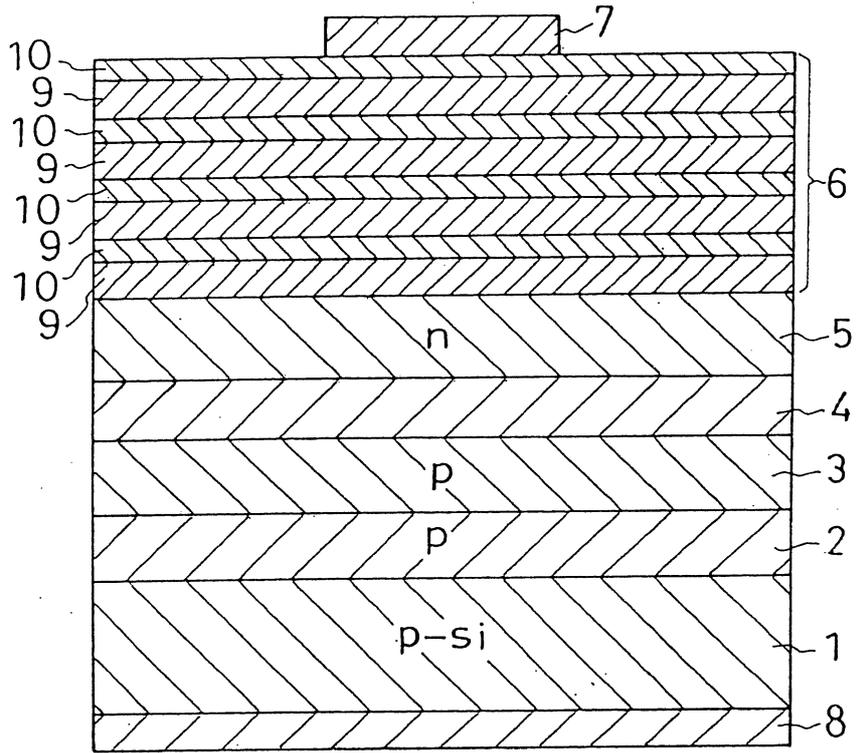
在上述黏貼步驟前或後除去上述成長用基板之步驟；

形成與上述電流分散層電性連接的第1電極之步驟；

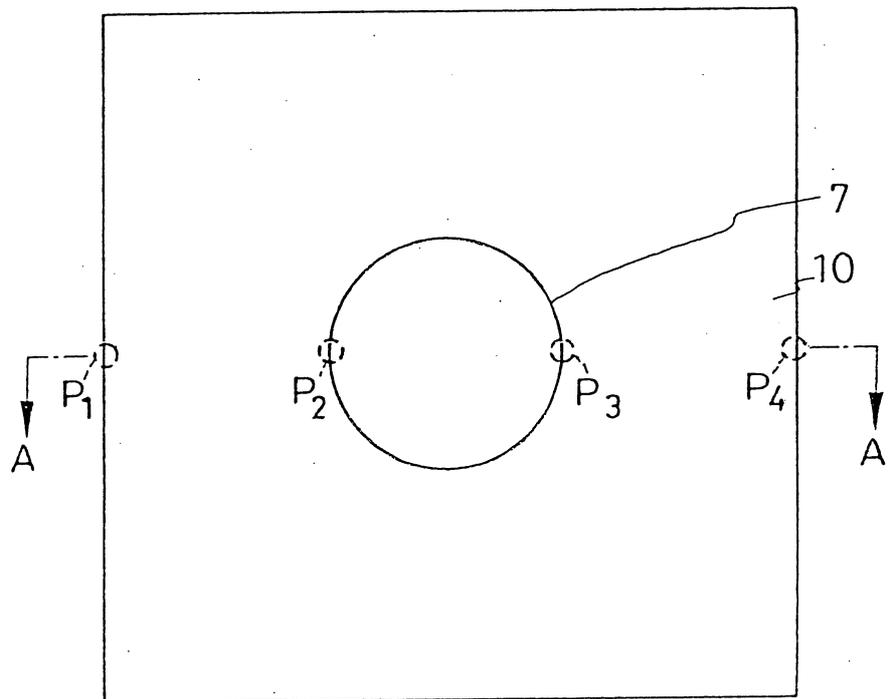
以及

形成與上述第2化合物半導體相對電性連接的第2電極之步驟。

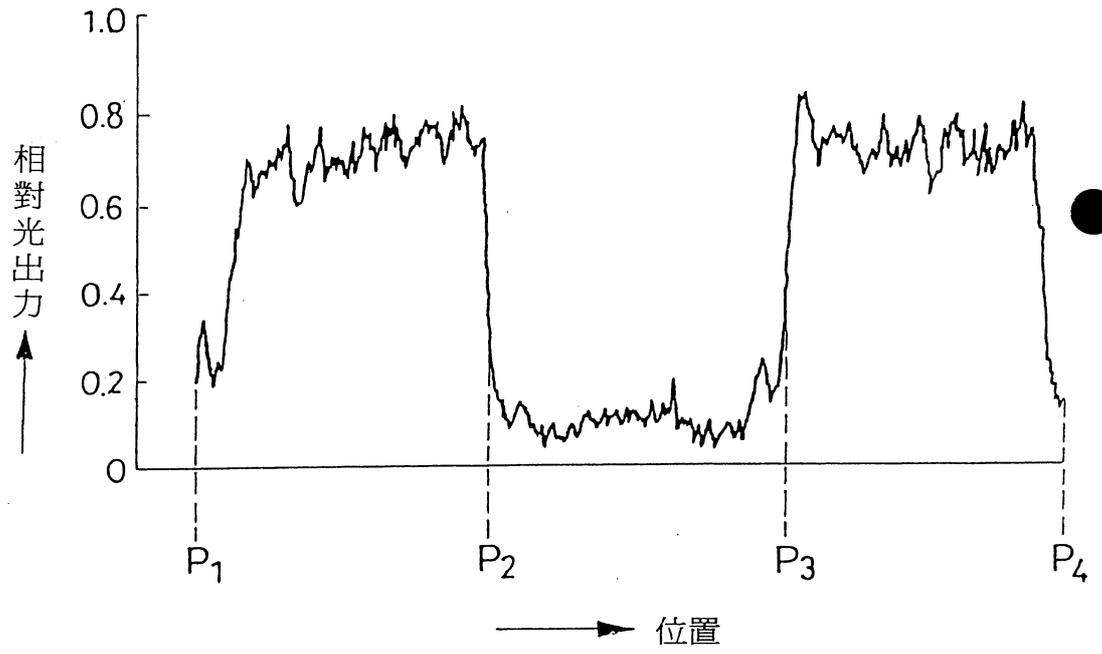
第1圖



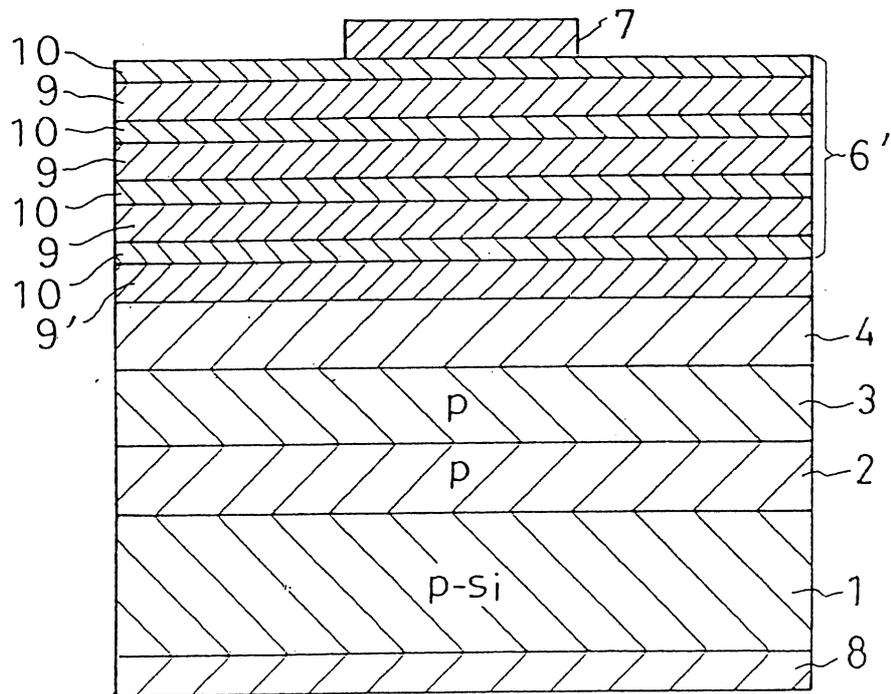
第2圖



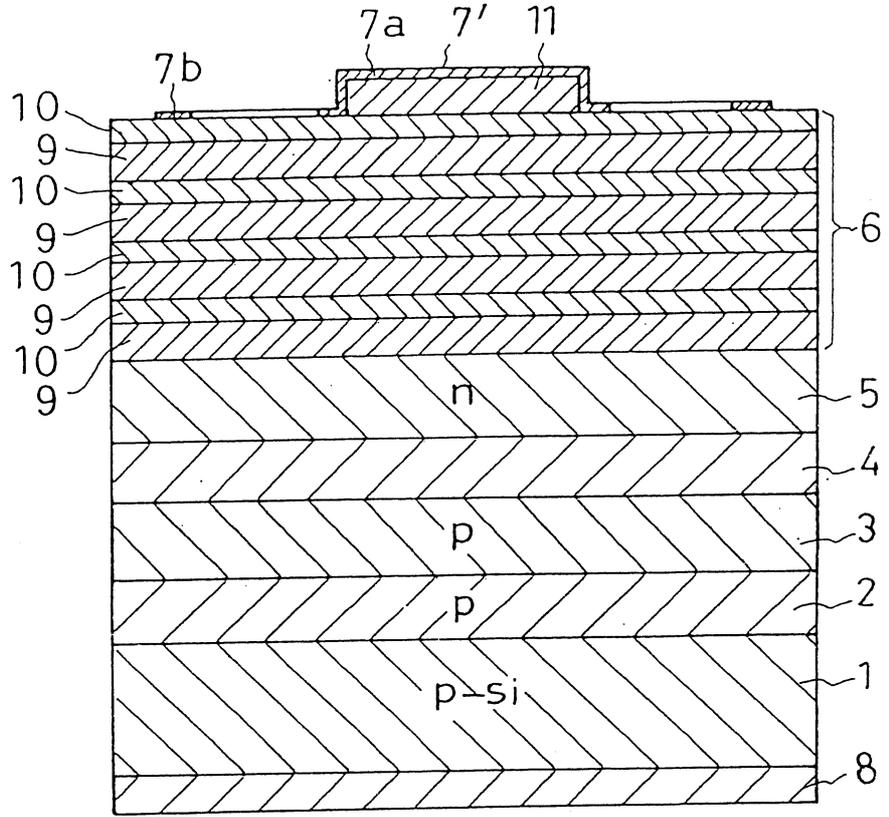
第3圖



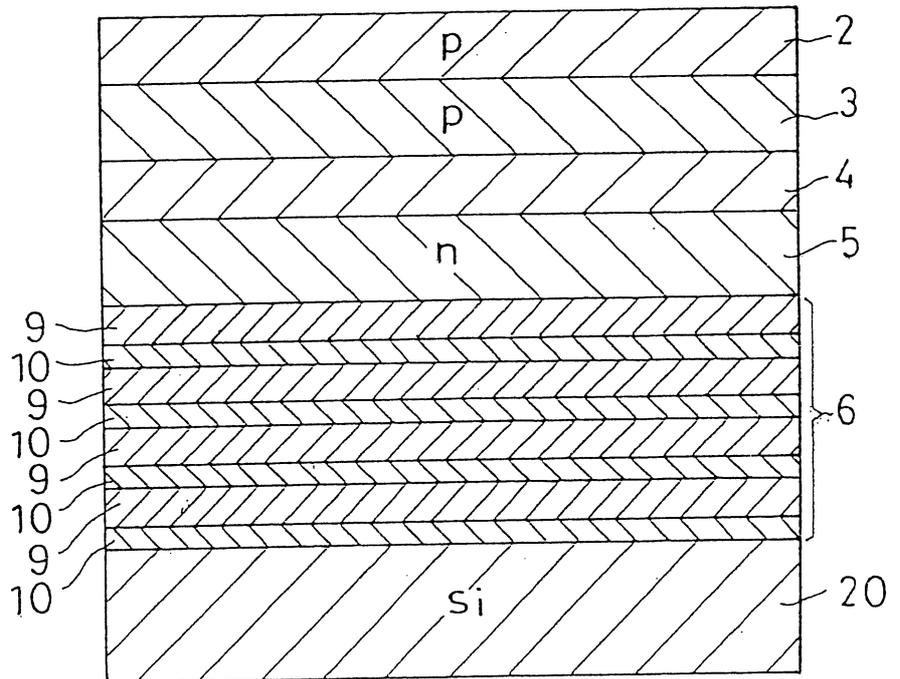
第4圖



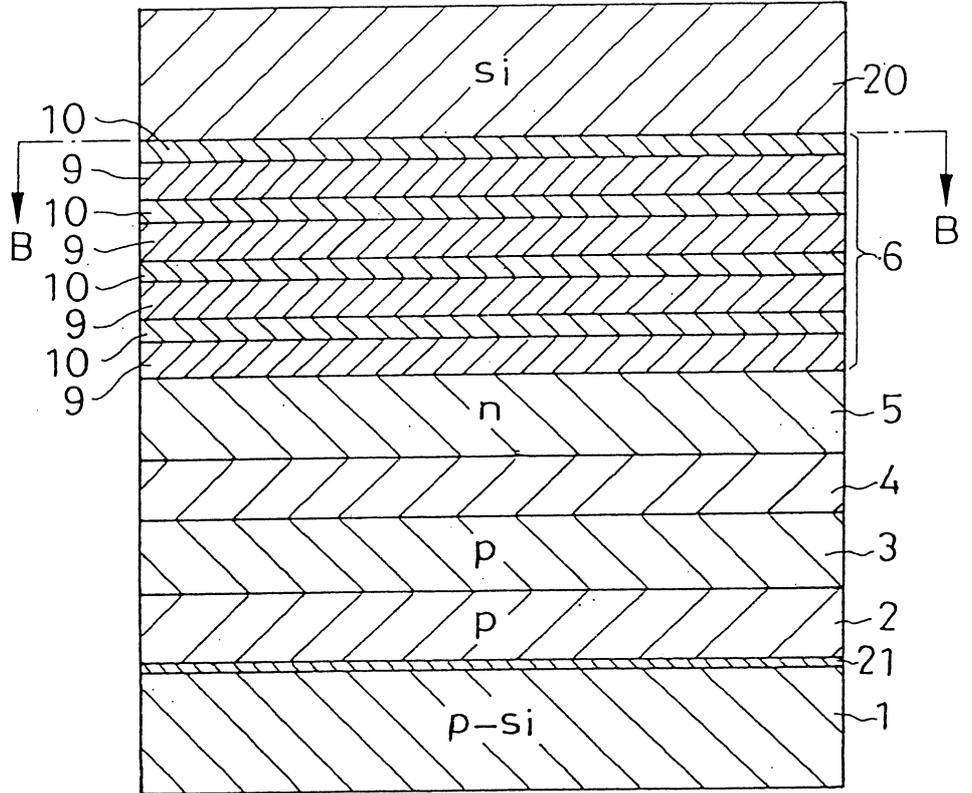
第5圖



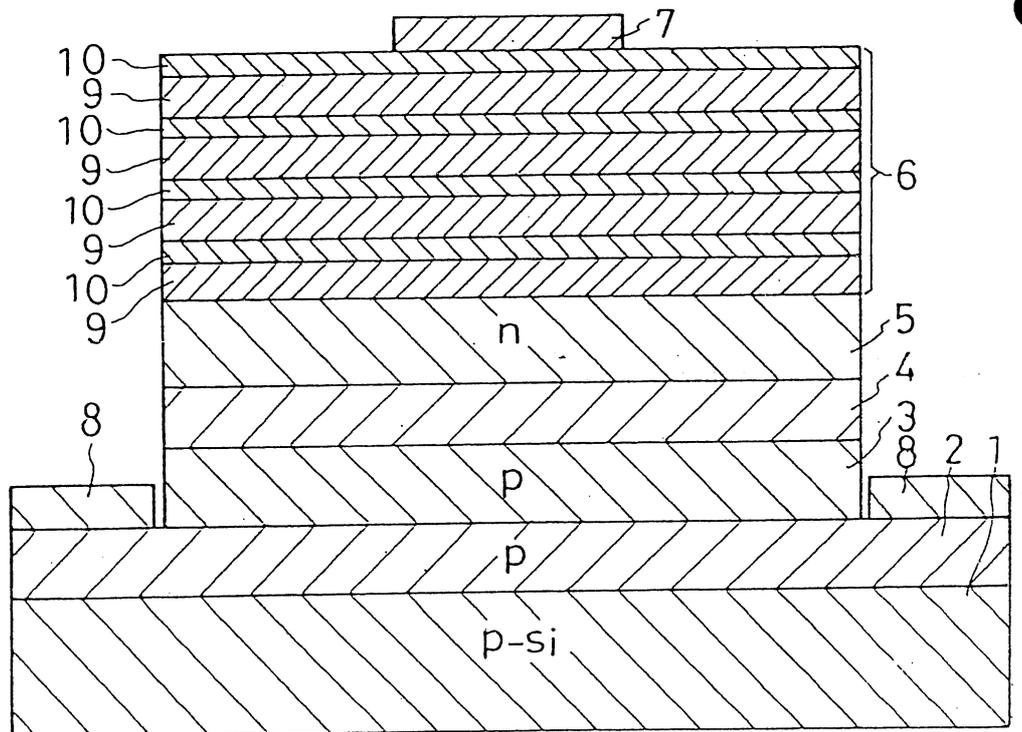
第6圖



第7圖



第8圖



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1 矽基板
- 2 p 型緩衝層
- 3 p 型氮化物半導體層
- 4 活性層
- 5 n 型氮化物半導體層
- 6 n 型電流分散層
- 7 第 1 電極
- 8 第 2 電極
- 9 第 1 層
- 10 第 2 層

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(10)

第 1 圖中，活性層 4 雖概略顯示一個層，惟實際上具有周知的多重量子井構造 (multiple quantum well structure)。當然，亦可以一個活性層構成活性層 4。又，在該實施例中，在活性層 4 雖未摻雜導電型決定雜質，惟可摻雜 p 型或 n 型雜質。活性層 4 亦可形成較 p 型氮化物半導體層 3 以及 n 型氮化物半導體層 5 薄。

作為配置在活性層 4 上的第 2 化合物半導體層之 n 型氮化物半導體層 5 為 3A-5A 族化合物半導體，最理想者為：化學式 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ，在此，於 x 及 y 滿足 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 之數值所示的材料摻雜 n 型雜質而形成。在該實施例中，n 型氮化物半導體層 5 係以 n 型 GaN 所形成。該 n 型氮化物半導體層 5 係具有大於活性層 4 的能帶且具有 500 nm 的厚度。n 型氮化物半導體層 5 的最佳厚度為 200 至 10000 nm，且期望比後述的電流分散層 6 之第 1 及第 2 層 9、10 厚。當 n 型氮化物半導體層 5 具有大的厚度時，n 型氮化物半導體層具有良好的覆蓋層功能，可良好的抑制載子的溢流。藉此，使與活性層 4 相對的載子之關閉效率提升，使發光效率提升。

由於具有作為發光二極體之主半導體區域的功能之 p 型氮化物半導體層 3、活性層 4 以及 n 型氮化物半導體層 5 係介以緩衝層 2 磊晶成長於矽基板 1 上，因此其結晶性較良好。

依據配置在 n 型氮化物半導體層 5 上的本發明之 n 型電流分散層 6 亦可稱為電流分散兼接觸層、或接觸層或窗