

發明專利說明書

PD1061051B

(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：95127729

※申請日期：95.7.28

※IPC 分類：H01L 33/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光電半導體晶片

OPTO-ELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章) ID：

歐斯朗奧托半導體股份有限公司

OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH

代表人：(中文/英文)(簽章)

1. R. 穆勒/Dr. R. Mueller

2. R. 威特根/R. Wittgen

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國 D-93049 理斯堡華能街 2 號

Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg, Germany

國籍：(中文/英文)

德國

Germany

三、發明人：(共 6 人)

姓 名：(中文/英文) ID：

1. 亞德里恩艾倫梅斯庫/AVRAMESCU, ADRIAN
2. 馬提亞彼得/PETER, MATTHIAS
3. 馬提亞薩巴席/SABATHIL, MATTHIAS
4. 魯茲何佩/HOEPPEL, LUTZ
5. 韋克哈勒/HAERLE, VOLKER
6. 威史楚斯/STRAUSS, UWE

國 籍：(中文/英文)

1. 羅馬尼亞/Romania
2. ~6. 德國/Germany

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. 德國 2005/7/29 102005035722.9

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及一種光電半導體晶片。

【先前技術】

文件 US 2003/0085409 A1 描述一種光電半導體晶片。

【發明內容】

本發明的目的是提供一種效率較佳的光電半導體晶片。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，此光電半導體晶片具有一種 p-摻雜的位障層以用於此光電半導體晶片之活性區中，此 p-摻雜的位障層在生長方向中觀看時配置在該活性區之前。即，由半導體晶片之生長基板觀看時，首先是該活性區所需的 p-摻雜的位障層，隨後才是該活性區。p-摻雜的位障層(即，限制層)因此在空間中配置成較靠近該生長基板而離該活性區較遠。此 p-摻雜的位障層較佳是該活性區所需的一種 p-位障層。此 p-摻雜的位障層可包括 p-摻雜的材料之多個單層。

依據此光電半導體晶片之至少一種實施形式，此半導體晶片之一活性區在生長方向中配置在該 p-摻雜的位障層之後。該活性區較佳是適合用來產生輻射。即，一種電流施加至半導體晶片中，以便在活性區中藉由電荷載體的重組而產生電磁輻射，其至少一部份離開該半導體晶片。該活性區因此較佳是由一系列的層所設定。

依據光電半導體晶片之至少一種實施形式，該活性區是以一種六角形的化合物半導體為主。

這表示該活性區或該活性區的至少一層包含一種六角形的化合物半導體。即，至少一活性區具有一種六角形的晶格結構。然後，整個光電半導體晶片例如是以一種六角形的化合物半導體為主。即，半導體晶片之半導體材料具有一種六角形的晶格結構。

六角形的化合物半導體例如是一種由化學元素之周期表中的 II.族和 VI.族之元素的二元，三元及/或四元化合物所形成的半導體結構。例如，六角形的化合物半導體可以是以下各化合物中的一種：ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO。此外，六角形化合物半導體亦可以是一種由化學元素之周期表中具有氮化物的 III.族之元素的二元，三元及/或四元化合物所形成的半導體結構。例如，此六角形化合物半導體可以是以下的半導體結構中之一：BN, AlGa_{0.5}N_{0.5}, GaN, AlGaInN 或其它的 III-V-化合物。

因此，活性區中的化合物半導體材料不必具有如上所示的各數學式中之之一的正確的組成。反之，此種材料可具有一種或多種摻雜物質以及其它各種成份，這些成份基本上不會改變該材料的物理特性。然而，為了簡單之故，以上的數學式可只含有晶格的主要成份，當這些成份的一部份可由少量的其它材料來取代時。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，該活性區之一種 n-摻雜的位障層在生長方向中配置在該活性區之後。即，n-摻雜的位障層在生長方向中跟隨在活性區之後。因此，此 n-摻雜的位障層在空間中離該生長基板之距離較離

該活性區的距離還遠。此 n-摻雜的位障層較佳是包含多個由 n-摻雜的材料所構成的單層。此 n-摻雜的位障層是該活性區用的一種位障層。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，此半導體晶片在生長方向中具有以下的一系列的區域：一種活性區用的 p-摻雜的位障層，以六角形化合物半導體為主之適合產生電磁輻射的活性區，以及該活性區用的一種 n-摻雜的位障層。即，在生長方向中觀看時，該活性區跟隨在一種用於該活性區之 p-位障層之後，該活性區之後又有一種適用於該活性區之 n-位障層。各 p-和 n-位障層因此可限制該活性區中的電荷載體。該生長方向較佳是與半導體晶片之結晶學上的 c-軸平行。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，該活性區是以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主。

這在上述情況中表示：該活性區或該活性區的至少一層包含一種氮化物-III-V-化合物半導體材料，較佳是 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。因此，此材料不必具有如上所示數學式的正確的組成。反之，此種材料可具有一種或多種摻雜物質以及其它的各種成份，這些成份基本上不會改變 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ -材料的物理特性。然而，為了簡單之故，以上的數學式可只含有晶格的主要成份，例如，Al, Ga, In, N，當這些成份的一部份可由少量的其它材料來取代時。

活性區較佳是在該半導體晶片操作時用來在以下各光譜區之至少一種光譜區中產生電磁輻射：紫外線，藍光，藍-綠，黃光，紅光。例如，藉由銦濃度可調整各種發射波長。活性區較佳是以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ，其中 $0 < y \leq 1$ 為主而製成。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，半導體晶片在生長方向中具有以下依序排列的各區域：一種活性區用的 p-摻雜的位障層，以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主之適合產生電磁輻射的活性區，以及該活性區用的一種 n-摻雜的位障層。即，在生長方向中觀看時，該活性區跟隨在一種用於該活性區之 p-位障層之後，該活性區之後又有一種適用於該活性區之 n-位障層。各 p-和 n-位障層因此可限制該活性區中的電荷載體。該半導體晶片因此較佳是以 Ga-面之生長模式來生長。該生長方向較佳是與半導體晶片之結晶學上的 c-軸平行。

此光電半導體晶片另外使用以下的概念。在一種六角形化合物半導體中，例如，在一種以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主之半導體晶片中，壓電場由於極化的纖鋅礦-晶體結構以及活性區中的應力而進入該活性區中，此活性區例如可包含 InGaN-量子井。壓電場沿著生長方向而對準。電場的極性是與半導體晶片的生長模式有關。例如，在使用金屬有機氣相磊晶(MOVPE)時，該生長模式較佳是在 Ga-面中生長。例

如，就一種 GaN 晶體而言這表示：在 Ga-N 雙層(由此而形成晶體)中鎵原子位於該晶體之遠離該生長基板之此一表面的方向中。結晶學上的 c-軸和電場顯示在 Ga-面之生長模式中所生長的晶體中，其中生長方向平行於結晶學上的 c-軸而延伸且由基板離開而至晶體表面。壓電場由於活性區中的應力所造成的極化而具有一種相反的方向。藉由極化而感應的晶格電荷在該活性區之面對該晶體表面的此側上是負的(negative)且在該活性區之與基板和已生長的晶體之介面相面對的此側上是正的(positive)。c-軸方向中該壓電場之極性在 Ga-面之生長模式中不易受到影響。

在該活性區的一系列的層中，其中生長方向(即，平行於結晶學上的 c-軸)中依據排列著 n-位障層，活性區和 p-位障層，則壓電場會造成一種不利的位障結構，其使電荷載體不易注入至活性區中。因此，此光電半導體晶片具有一種內部量子效率，其隨著半導體晶片中所輸入的電流之密度而明顯地下降。生長方向中所建議的一系列的 p-摻雜的位障層，活性區和 n-摻雜的位障層使用此壓電場的極性，以促成該活性區中可獲取電荷載體。在此種順序的層構造中該壓電場因此會在活性區中使電荷載體更容易被捕獲。內部量子效率因此幾乎與電流密度無關。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，在 p-摻雜的位障層和活性區之間配置一擴散位障。此擴散位障適合用來防止 p-摻雜物質由位障層侵入至活性區中。即，只有很少量的 p-摻雜物質可由 p-摻雜的位障層經由該擴散位障而到

導電區與該穿隧接觸區形成一種界面時特別有利。該穿隧接觸區使 n-導電區與 p-摻雜的位障層相連接。此穿隧接觸區用來使電荷載體施加至 p-摻雜的位障層中。

光電半導體晶片另外使用以下的概念，即：藉助於穿隧接觸區，則可在 n-導電區與 p-摻雜的位障層之間使用一種 n-導電之生長基板來生長該光電半導體晶片。這樣所具有的優點是：可廣泛地在導電性良好的 n-導電區中進行電流的輸送。此電流然後經由該穿隧接觸區而輸入至一種較 n-導電區還薄的 p-位障層中。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，此光電半導體晶片生長在一種 p-導電之基板上。此晶片之半導體層因此較佳是在 Ga-面的生長模式中生長在該基板上。本實施形式中不需 n-導電區和該穿隧接觸區。例如，可使用以下的基板作為 p-導電之基板：p-摻雜的氮化鎵，p-碳化矽，p-矽(111)。

然而，在層序列生長之後亦可使 p-導電之基板薄化。即，在另外包含該活性區的該半導體結構生長之後，p-導電之基板之厚度可減少或 p-導電之基板可完全去除。此光電半導體晶片因此具有一種已薄化的基板或不具備一種基板。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，該活性區具有至少一量子井結構。此量子井結構可以是一種多量子井結構或特別有利的是一種單一量子井結構。因此，電荷載體可在量子井結構中量子化，但這不是必要的。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，該活性區恰巧

包含一種用來產生輻射的單一量子井結構。即，該活性區恰巧具有一種單一量子井結構，其中在半導體晶片操作時可產生輻射。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，用來產生輻射的單一量子井結構之前設有至少一不是用來產生輻射的量子井結構。即，此光學非活性的量子井結構(前井，pre-well)在空間中配置成較靠近該生長基板而離該光學活性之量子井結構較遠。

在生長方向中觀看時，多個光學非活性的量子井結構較佳是配置在光學活性的量子井結構之前。例如，在生長方向中觀看時，三至五個光學非活性的量子井結構配置在光學活性的量子井結構之前。光學非活性的量子井結構較佳是一種銦含量較光學活性的量子井結構中還少的量子井結構。在半導體晶片操作時，光學非活性的量子井結構不產生-或幾乎不產生電磁輻射，其可形成光學活性的量子井結構用的一種超晶格。

上述的光電半導體晶片另外使用以下的認知，即：上述之光學非活性的量子井結構(前井)可使光學活性的量子井結構之品質獲得改良，此乃因光學非活性的量子井結構可以無應力的方式生長而成。此外，已顯示的事實是：上述的前井結構可作為 p-摻雜物質由 p-摻雜之位障層擴散時的擴散位障。因此，前井較佳是配置在 p-摻雜之位障層和光學活性的量子井之間。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，在 p-摻雜之位

6 相遠離。此穿隧接觸區 5 在其面對 n-導電區 6 之此側上包含一種高的 n-摻雜之 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 或一種高的 n-摻雜之 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ 超晶格，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。例如，矽適合用作 n-摻雜物質。摻雜濃度較佳是至少 10^{19} ，特別有利的是至少 10^{20} 。高的 n-摻雜之層較佳是最多 20 奈米厚。

在遠離該 n-導電區 6 之此側上該穿隧接觸區 5 例如包含一種高的 p-摻雜之 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 或一種高的 p-摻雜之 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ 超晶格，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。一種可能的 p-摻雜物質是由鎂來設定。摻雜濃度較佳是至少 10^{19} ，特別有利的是至少 10^{20} 。高的 p-摻雜之層較佳是最多 20 奈米厚。

該穿隧接觸區 5 在生長方向 c 中是位於 p-位障層 1 之前。p-位障層 1 例如是一種 p-摻雜的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 < x \leq 0.1$ 。p-位障層之厚度較佳是介於 50 和 500 奈米之間。一種較佳的 p-摻雜物質是鎂。位障層 1 作為活性區 2 用之 p-位障層。

介於 n-導電區 6 和 p-位障層 1 之間的穿隧接觸區 5 可使半導體晶片 20 中的電流廣泛地在 n-導電區中輸送。因此，在晶片操作時歐姆損耗可最小化。在穿隧接觸區 5 之後該 p-位障層 1 需要某種厚度的厚度，以使半導體晶片 20 之隨後的活性區獲得一種良好的晶體品質。

p-摻雜的位障層 1 之後較佳是一種擴散位障 4。此擴散位障 4 較佳是適合用來使活性區 2 受到 p-摻雜物質（例如，鎂）

所污染的程度下降或不受其污染。無此擴散位障 4 時，此污染會由於 p-摻雜物質例如由 p-摻雜的位障層 1 擴散至活性區 2 中而形成。第 1A 圖之實施例中，該擴散位障 4 例如包含一種 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -中間層。此擴散位障 4 之厚度較佳是介於 1 和 20 奈米之間。鋁濃度較佳是最高 50%。

在生長方向 c 中觀看時，該活性區 2 配置在該擴散位障 4 之後。第 1A 圖之實施例中，該活性區較佳是包含一種用來產生輻射的單一量子井結構 8(請參閱第 3 圖)。該活性區 2 較佳是以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ，其中 $0 < y \leq 1$ 為主而製成。此活性區 2 較佳是用來在紫外線，藍光，藍-綠光，黃光或紅色光譜區中產生電磁輻射。活性區 2 中的銦濃度較佳是介於 10 和 60%之間。

在生長方向 c 中觀看時，一種 n-摻雜的位障層 3 配置在活性區 2 之後。n-摻雜的位障層 3 例如是一種以矽來摻雜的氮化鎵層。n-摻雜的位障層 3 之厚度較佳是介於 100 和 200 奈米之間。

此外，第 1A 圖的實施例中該半導體晶片 20 可包含其它的層和區域，其未顯示在第 1A 圖中。因此，該半導體晶片例如可在基板 7 之下側上和位障層 3 之上側上具有多個接觸層。此外，此基板 7 被薄化或完全去除。半導體晶片 20 例如可以其遠離基板 7 之表面來固定在一載體上，此載體的熱膨脹係數可較原來的生長基板 7 更良好地依據各已生長的層來調整。

半導體晶片 20 較佳是藉由以下各種磊晶方法之一來製

不會由量子井 8 所捕獲而是繼續依照該導電帶之外形前進。這些電子 e 因此不會用來產生輻射。若施加至半導體晶片上的操作電壓提高，則電荷載體之未由量子井 8 所捕獲的份量增加。結果，此半導體晶片之內部量子效率隨著增加的電流密度而大大地下降。

類似情況適用於價帶 11 中的電洞 p 。電洞必須克服能量位障 11a，以便在量子井 8 中被捕獲。

現在，此處所述的半導體晶片 20 另以下述認知為主，即：首先，半導體晶片 20 之活性區 2 中顯示成負的壓電場可用來使量子井結構之電荷載體捕獲情況獲得改善。

如第 3 圖所示，生長方向 c 中該層序列改變成 p -位障層 1，活性區 2 和 n -位障層 3 時，電子 e 或電洞 p 之能量位障 10a 和 11a 可使電荷載體在量子井結構 8 中的捕獲現象大大地獲得改善。現在，各個位障在電荷載體（以箭頭來表示）之各別的流動方向中配置在量子井結構 8 之後。量子效率與電流密度的關係因此大大地下降或甚至不再存在。此半導體晶片之輻射功率在電流強度之廣大的範圍中直接與所施加的電流成比例。已改良的量子效率在較小的晶片面積時允許一種較大的光功率而不會使晶片之效率流失。此外，上述之層序列的改變會使半導體晶片 20 之操作電壓大大地下降。

如第 3 圖所示，上述之優點特別是針對單一量子井結構 8 而言。單一量子井結構 8 中，在生長方向 c 中觀看時，配置於前方的量子井結構幾乎未進行電荷載體的注入，此乃因

首先須克服該位障 10a，11a。

第 2A 圖顯示上述之光電半導體晶片 20 之第二實施例。與第 1A 圖所示的實施例不同的是，本實施例中該擴散位障 4 藉由二個層 4a 和 4b 來設定。層 4a 是一種 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ -層，其包括一種不是用來產生輻射的量子井結構。層 4b 例如可藉由一種本質之 (intrinsic) 氮化鎵層來設定。

第 4 圖顯示該導電帶 10 和該價帶 11 之與第 2A 圖中之半導體晶片 20 之生長高度 h 之關係。在生長方向中觀看時，三個不深的量子井 9 配置在單一量子井 8 之前，此三個量子井 9 不是用來產生輻射。各量子井結構 9 例如是以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ 為主而製成，其銦成份最多是 10%。反之，光學活性的量子井 8 中該銦成份較佳是介於 10 和 60% 之間。

第 2A 圖之半導體晶片 20 因此另外基於以下的認知來製成，即：光學非活性的量子井結構 9 可防止一種 p-摻雜物質 (例如，鎂) 之擴散。另一方面，量子井結構 9 形成一種單一量子井結構 8 用之超晶格且因此使活性區 2 用之晶體結構獲得改良。

與第 2A 圖之實施例不同，第 2B 圖顯示一種光電晶片 20，其中各層序列沈積在 p-導電的基板 70 上。n-導電區 6 由 p-導電區 60 來取代。該穿隧接觸區 5 可省略。

與第 2A 圖之實施例不同，第 2C 圖顯示一種半導體晶片 20，其中在該穿隧接觸區 5 之高的 n-摻雜之層 5a 和該穿隧接觸區 5 之高的 p-摻雜的層 5b 之間配置一種擴散位障 14。

此擴散位障 14 較佳是適合用來使 p-摻雜物質不會由高的 p-摻雜之層擴散至 n-摻雜的層中。此擴散位障 14 較佳是一種 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層，其鋁濃度至少是 50%，較佳是 60%，特別好的是 80%。此擴散位障 14 之層厚度較佳是介於 1 和 2 奈米之間。

第 6 圖顯示一種光電組件 200。此光電組件 200 較佳是一種電致發光二極體。半導體晶片 20 因此是一種電致發光二極體晶片。半導體晶片 20 藉由第 1 圖和第 2 圖所示的半導體晶片之組合來形成，其例如配置在外殼 18 之凹口中。

該外殼 18 例如由一種塑料或一種陶瓷材料所形成。此晶片在電性上是以其表面來與外部的終端件 183 相連接。例如，此晶片可鍵結至該終端件 183 上，此終端件 183 裸露於該外殼 18 之凹口中。半導體晶片 20 另外與外部之終端件 184 相連接。例如，半導體晶片 20 藉由導線 19 而在電性上與該終端件 184 相連接。該外殼 18 例如可具有另一凹口 185，凹口中可自由地接近第二終端件 184。

此外，晶片 20 之後配置一個反射器 182，其可由該外殼之一部份所形成。此外，一種元件 17 是與該半導體晶片 20 平行地或反平行地相連接以針對過電壓，例如，靜電放電電壓脈波，來保護該半導體晶片 20。此元件 17 例如是一種發光二極體，齊納 (Zener) 二極體或變阻器。

又，晶片 20 較佳是由一種澆注材料 186 所圍繞，此澆注材料例如可含有矽樹脂，環氧樹脂或 PMMA。此外，此澆注材料 186 可含有一種電致發光轉換材料，其適合用來使操

作時由電致光發二極體晶片 20 所產生的電磁輻射的至少一部份的波長發生轉換。以此方式可另外產生白光。適當的電致發光轉換材料(例如，YAG:Ce 粉末)例如已描述在文件 WO 98/12757 中，其與電致發光-轉換材料有關的內容藉由參考而收納於此處。

本專利申請案主張德國專利申請案 10 2005 035 722.9-33 之優先權，其已揭示的整個內容在此一併作為參考。

本發明當然不限於依據各實施例中所作的描述。反之，本發明包含每一新的特徵和各特徵的每一種組合，特別是包含各申請專利範圍之各別特徵之每一種組合，當相關的特徵或相關的組合本身未明顯地顯示在各申請專利範圍中或各實施例中時亦同。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖 光電半導體晶片之第一實施例之切面圖。

第 1B 圖 光電半導體晶片之第二實施例之切面圖。

第 1C 圖 光電半導體晶片之第三實施例之切面圖。

第 2A 圖 光電半導體晶片之第四實施例之切面圖。

第 2B 圖 光電半導體晶片之第五實施例之切面圖。

第 2C 圖 光電半導體晶片之第六實施例之切面圖。

第 3 圖 光電半導體晶片之第一實施例之價帶和導電帶之圖解。

第 4 圖 光電半導體晶片之第四實施例之價帶和導電帶之圖解。

第 5 圖 光電半導體晶片之價帶和導電帶之圖解。

第 6 圖 具有第 1, 2 圖之實施例中所示之光電半導體晶片的光電組件。

【主要元件符號說明】

1	p-位障層
2	活性區
3	n-位障層
4, 14	擴散位障
5	穿隧接觸區
6	n-導電區
7, 70	基板
8	單一量子井結構
9	量子井
10	導電帶
11	價帶
17	元件
18	外殼
19	導線
20	半導體晶片
60	p-導電區
182	反射器
183	終端件
184	外部之終端件
185	凹口
186	澆注物質
200	光電組件
c	生長方向

五、中文發明摘要：

本發明涉及一種光電半導體晶片，其在半導體晶片(20)之生長方向(c)中具有以下順序的區域：

- 一活性區(2)用之 p-摻雜的位障層(1)
- 活性區(2)，其用來產生電磁輻射，其中該活性區以一種六角形化合物半導體為主來製成，以及
- 該活性區(2)用之 n-摻雜的位障層(3)。此外，本發明另涉及一種具有此半導體晶片之組件及此半導體晶片之製造方法。

六、英文發明摘要：

This invention relates to an optoelectronic semiconductor chip with the following sequence of regions in a growth direction (c) of the semiconductor chip (20):

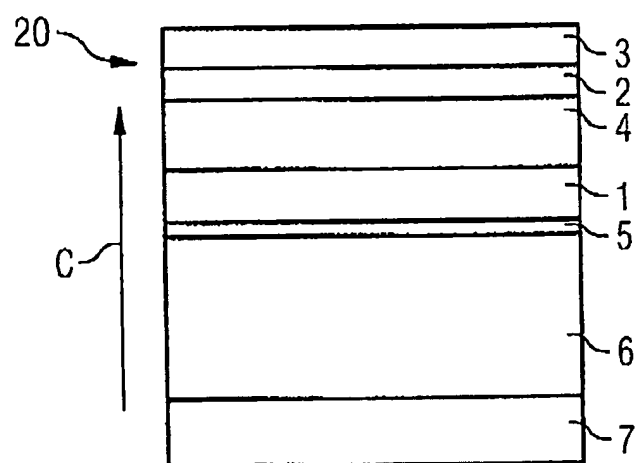
- a p-doped barrier-layer (1) for an active region (2),
- the active region (2), which is suitable to generate electromagnetic radiation, where the active region is based on a hexagonal compound semiconductor, and
- an n-doped barrier-layer (3) for the active region (2).

In addition, this invention relates to a component with such a semiconductor chip and a method to produce such a semiconductor chip.

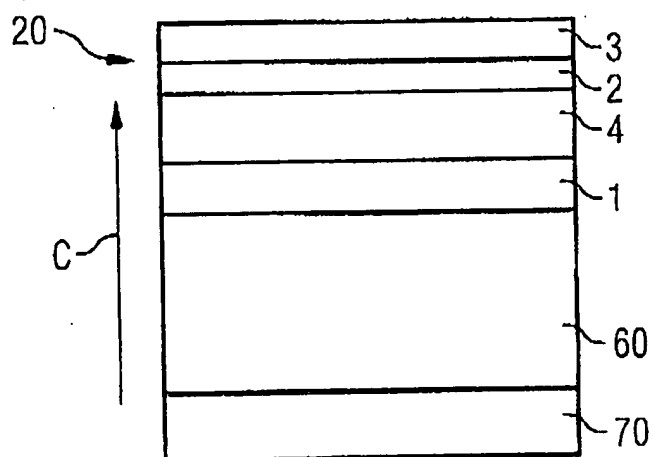
十一、圖式：

1/4

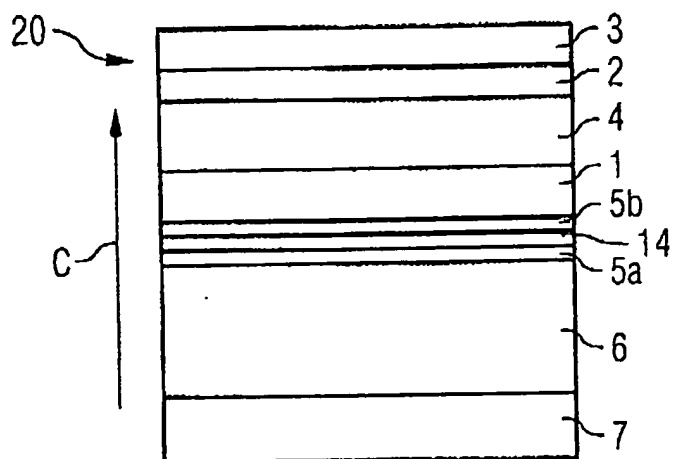
第 1A 圖



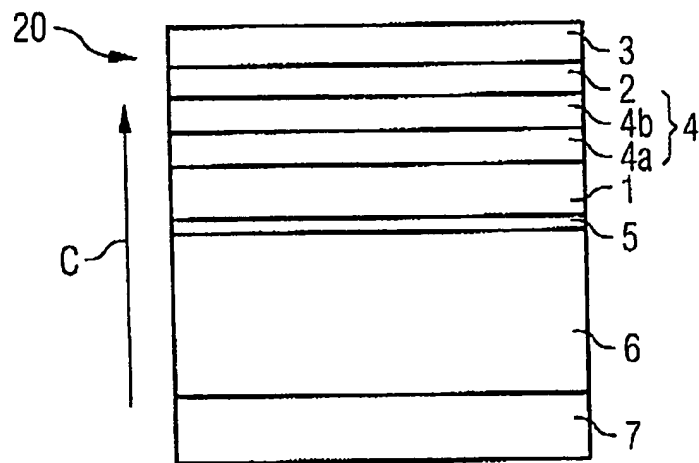
第 1B 圖



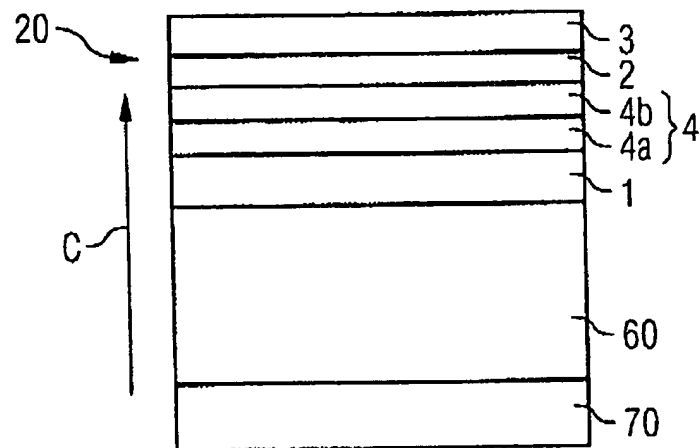
第 1C 圖



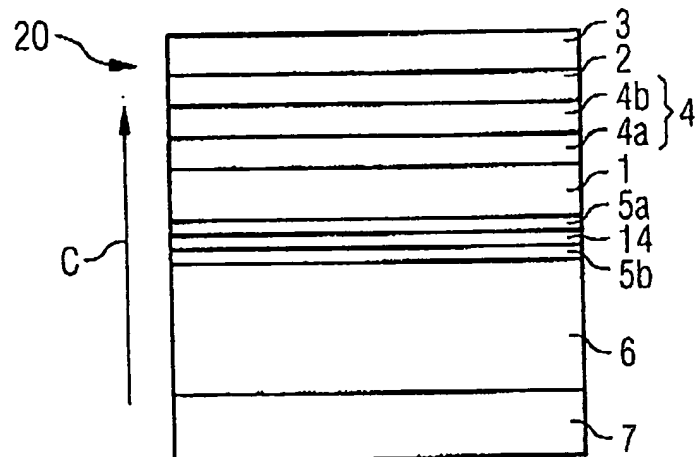
第 2A 圖



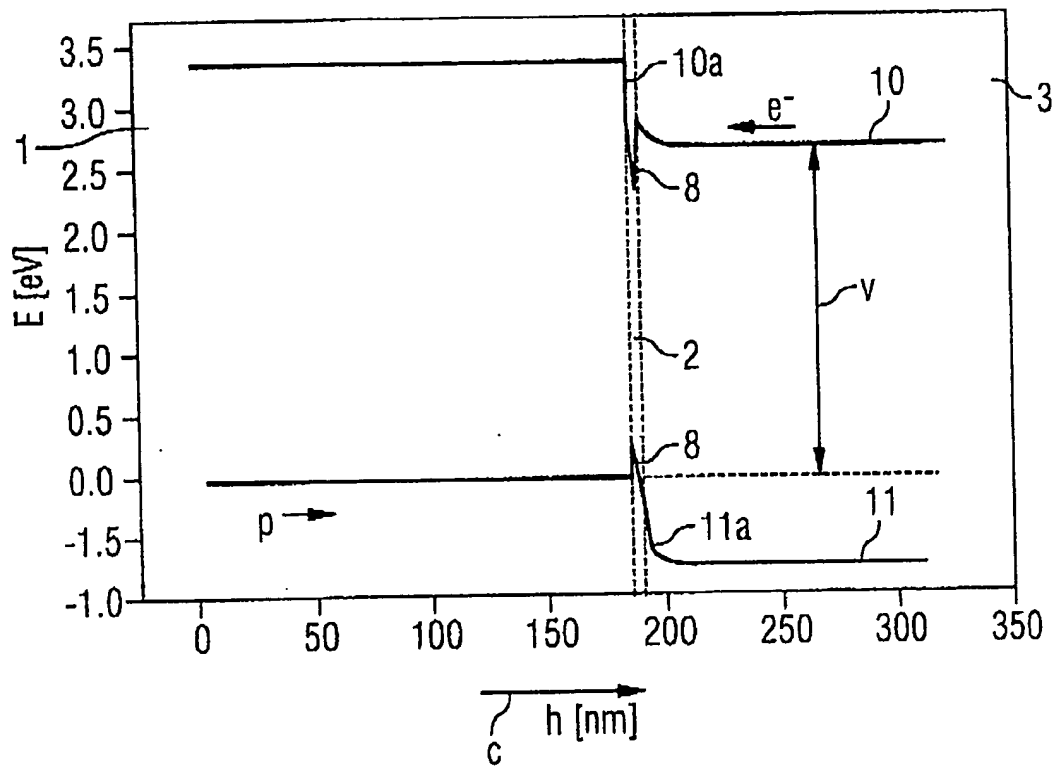
第 2B 圖



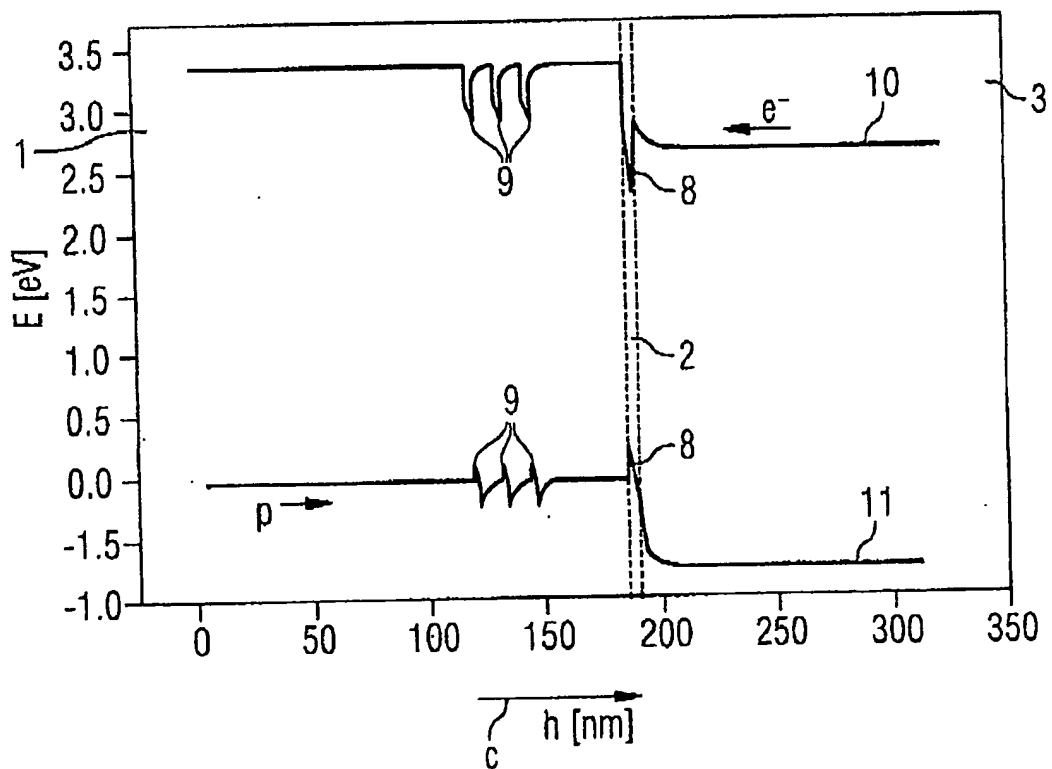
第 2C 圖



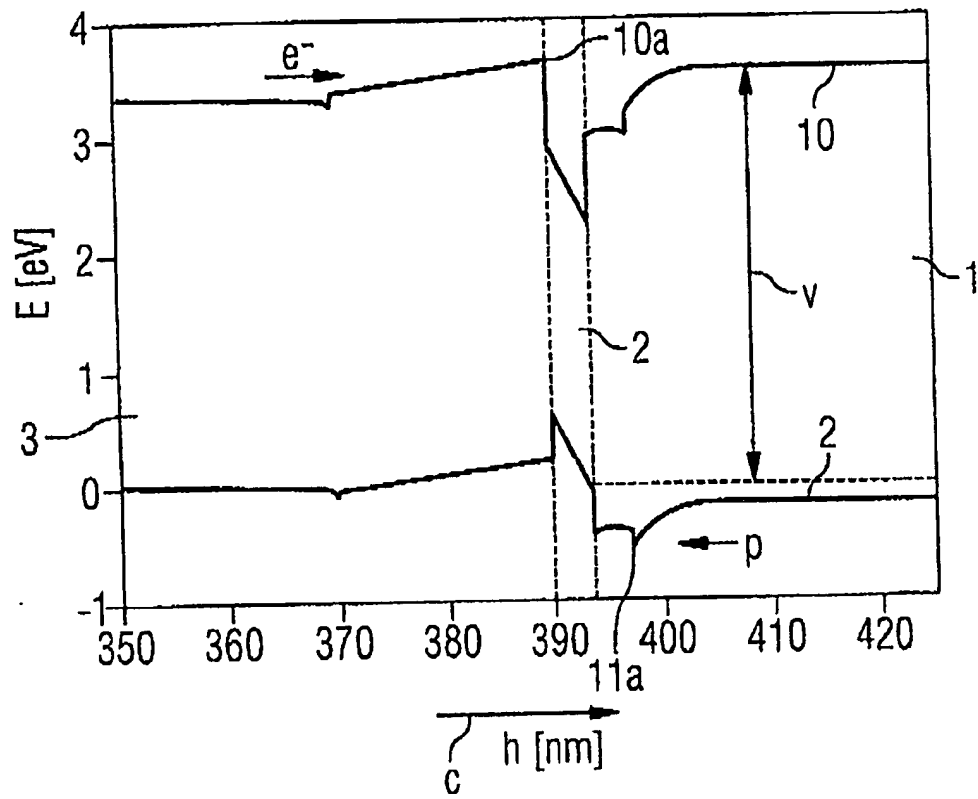
第 3 圖



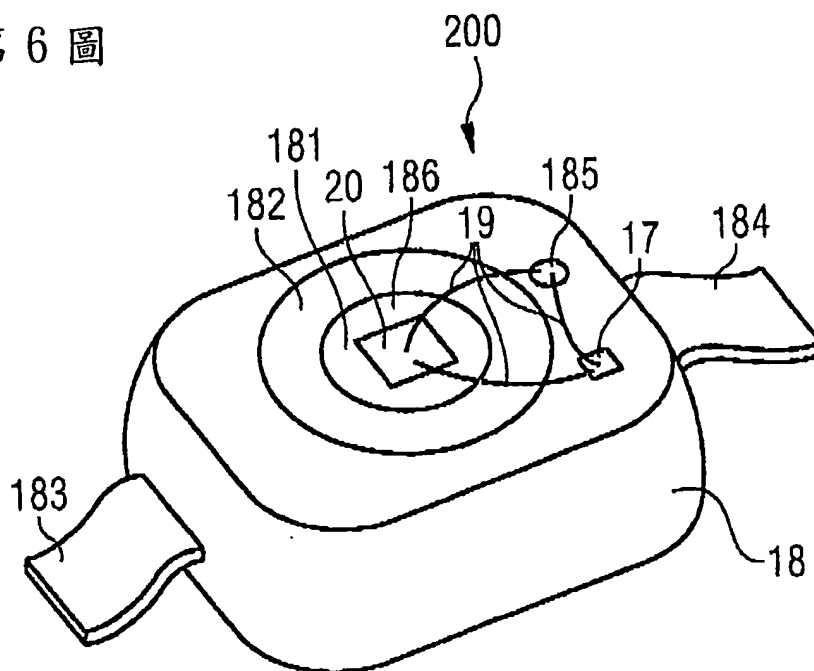
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1	p-位障層
2	活性區
3	n-位障層
4	擴散位障
5	穿隧接觸區
6	n-導電區
7	基板
c	生長方向
20	半導體晶片

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

達活性區中。此擴散位障在生長方向中觀看時配置在 p-摻雜的位障層之後且配置在活性區之前。此擴散位障可直接配置在 p-摻雜的位障層和活性區之間。即，此擴散位障分別與光電半導體晶片之二個區域形成一種界面。此擴散位障較佳是包含多個層，各層在組成上(例如，摻雜性或摻雜度)可不同。此擴散位障較佳是用來防止 p-摻雜物質(例如，鎂)之擴散。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，在生長方向中觀看時，一種穿隧(tunnel)接觸區配置在 p-位障層之前。此穿隧接觸區因此配置成比 p-摻雜的位障層更靠近該光電半導體晶片之生長基板。此穿隧接觸區較佳是直接與 p-摻雜的位障層相鄰接。即，此穿隧接觸區是與該位障層形成一種界面。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，該穿隧接觸區具有一種高的 n-摻雜區，其位於遠離 p-摻雜的位障層的此側上。此外，此穿隧接觸區具有一種高的 p-摻雜區，其面對 p-摻雜之位障層。又，此穿隧接觸區較佳是在此穿隧接觸區之上述二個區域之間具有一種擴散位障。此擴散位障較佳是用來使至少該 p-摻雜物質不會擴散至該穿隧接觸區之 n-摻雜區中。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，在生長方向中觀看時該半導體晶片之 n-導電區配置在該穿隧接觸區之前。即，n-導電區在空間中較靠近該生長基板而離該穿隧接觸區較遠。n-導電區較佳是直接與該穿隧接觸區相鄰接。n-

障層和活性區之間配置一種擴散位障，其例如含有由 III-V-半導體材料系統 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 所構成的材料。鋁濃度較佳是至少有 20%。除了上述之前井之外，此種擴散位障亦可作為 p-摻雜物質由 p-摻雜之位障層擴散時的位障。p-摻雜物質例如可以是鎂。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，此半導體晶片生長在一種具有誤差定向的生長基板上。

上述之光電半導體晶片另外以下述的認知為主，即：在一種誤差定向後的生長基板上所生長的層較在一種準確定向的基板上所生長的層平滑很多。該生長基板所具有的誤差定向(錯誤切割-角度)較佳是在 0.1 度和 1.0 度之間。此誤差定向特別有利的是在 0.2 度和 0.5 度之間。該生長基板例如可以是以下的各種生長基板之一： GaN ， n-GaN ， p-GaN ， n-SiC ， p-SiC ，藍寶石， n-Si(111) ， p-Si(111) 。

依據光電半導體晶片之至少一實施形式，使生長著半導體晶片之該生長基板薄化。在極端情況下，該生長基板由基板上所生長的層序列上完全去除。此層序列然後由基板上除去。此基板例如可藉由研磨、蝕刻、雷射燒蝕或這些方法的組合而由該生長基板中去除或被薄化。

此外，本發明提供一種光電組件。依據至少一種實施形式，此光電組件具有上述至少一實施形式中所述的至少一光電半導體晶片。此光電組件較佳是一種電致發光二極體，即，發光二極體或雷射二極體。

依據光電組件之至少一實施形式，此光電組件除了至少

一光電半導體晶片之外另含有多個終端，經由各終端可對光電組件作電性上的接觸。即，在施加一種電壓至該組件之終端上時，可使一種電流施加至該光電半導體晶片中。此光電半導體晶片然後產生電磁輻射。

此外，本發明提供上述各實施例中之光電半導體晶片之製造方法。本方法中以下各區域依時間上的順序沈積在晶圓上：光電半導體晶片之活性區用之 p-摻雜的位障層，活性區以及 n-摻雜的位障層。半導體晶片操作時該活性區適合用來產生電磁輻射，其中該活性區以一種六角形化合物半導體為主而製成。晶圓可以是一種生長基板，晶圓上可沈積該半導體晶片之其它區域，例如，p-摻雜的區域或 n-摻雜的區域。

依據上述製造方法之至少一實施形式，以下各區域依時間上的順序沈積在晶圓上：光電半導體晶片之活性區用之 p-摻雜的位障層，活性區以及活性區用之 n-摻雜的位障層。半導體晶片操作時該活性區適合用來產生電磁輻射，其中該活性區以一種 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主而製成。晶圓可以是一種生長基板，晶圓上可沈積該半導體晶片之其它區域，例如，p-導電區或 n-導電區。

此外，亦可在上述各區域之前，之中或之後在晶圓上沈積該光電半導體晶片之其它區域。光電半導體晶片之這些區域較佳是藉由以下的磊晶方法而沈積在晶圓上：金屬有機氣相磊晶法(MOVPE)，分子束磊晶法(MBE)，氫化物氣相

磊晶法(HVPE)。該區域之沈積較佳是在 Ga-面之生長模式中進行。

生長基板上沈積著該光電半導體晶片之區域，此生長基板可以是一種 p-導電-或 n-導電之基板。此外，此生長基板具有如上所述的誤差定向。

依據上述製造方法的至少一實施形式，首先沈積一種 p-摻雜的位障層。然後，即，在活性區沈積之前，使該生長過程中斷且將該具有已生長完成的 p-摻雜的位障層之半導體晶圓由生長反應器中移除。然後，例如使該生長反應器之反應器壁之佔用區中性化。即，將仍存在於生長反應器中的 p-摻雜物質去除。於此，此具有已生長完成的 p-摻雜的位障層之半導體晶圓又可導入至該反應器中且使該生長可如上所述繼續進行。以上述方式，則可特別有效地使具有 p-摻雜物質之活性區之污染程度下降。

然而，亦可在一種與沈積著 p-摻雜的位障層之生長反應器不同的生長反應器中進行後續的生長。

另有一種可能方式以用來製造光電半導體晶片，其中該壓電場在活性區中對電荷載體的注入而言不具備位障功能，此方式以分子束磊晶法或以金屬有機氣相磊晶法在 N-過剩之情況下來製成上述結構。因此，在磊晶時可對 N-表面終止區進行調整。即，該結構以 N-面生長模式生長而成。因此，壓電場的極化可反向且該結構可以 n-位障層，活性區，p-位障層之順序生長而成，此時不會產生上述各種不利的位障。

此處所述的半導體晶片及其成份之其它優點、較佳的實施形式及其它構成將參考以下各圖式中的實施例來說明。

【實施方式】

各圖式和各實施例中相同-或作用相同的成份設有相同的參考符號。各圖式所示的元件未必按比例繪製。反之，各別的成份爲了更易了解之故有一部份是以放大的方式來顯示。

第1A圖顯示光電半導體晶片20之第一實施例之切面圖。

本實施例中較佳是以一種 n-導電之基板作爲生長基板7。可能的 n-導電之基板是：n-GaN, n-SiC, n-Si(111)。然而，亦可使用一種非導電性的基板，例如，藍寶石基板。

此基板7可具有一種輕微的誤差定向性，其就各生長層之晶體品質而言已顯示是有利的。此基板7之誤差定向性較佳是介於0.2度和0.5度之間，例如，0.3度。此種誤差定向性可造成多個平滑很多的層，其具有已減少的島生長區和已下降的粗糙度。各生長層的粗糙度因此可下降。

在生長方向c觀看時 n-導電區6跟隨在此基板7之後。該生長方向因此選擇成與結晶學上的c-軸平行。此半導體晶片20是在G-面之生長模式中生長。n-導電區6較佳是一種 n-摻雜的氮化鎵。n-導電區之層厚度較佳是大約1至5微米，較佳是3至4微米。n-導電區較佳是以矽來摻雜。

在生長方向c觀看時，n-導電區6之後是一種穿隧接觸區5。此穿隧接觸區5較佳是一種高摻雜的 n-p-穿隧接面。因此，n-摻雜側是面對 n-導電區6。p-摻雜側是與 n-導電區

成：金屬有機氣相磊晶，分子束磊晶，氫化物氣相磊晶。
半導體晶片較佳是在 Ga-面之生長模式中在與結晶學之 c-
軸平行的方向中生長而成。

此外，如第 1B 圖所示，半導體晶片 20 具有 p-導電的生
長基板 70。在此種情況下，第 1A 圖之實施例之 n-導電區 6
可由一種 p-導電區 60 來取代。此時不需該穿隧接觸區 5。
可能的 p-導電基板例如包括：p-GaN, p-SiC, p-Si(111)。

與第 1A 圖之實施例不同的是，第 1C 圖顯示一種半導體
晶片 20，其中在該穿隧接觸區 5 之高的 n-摻雜層 5a 和穿隧
接觸區 5 之高的 p-摻雜層 5b 之間配置一種擴散位障 14。此
擴散位障 14 較佳是適合用來使 p-摻雜物質不會由高的 p-
摻雜層擴散至高的 n-摻雜層中。此擴散位障 14 較佳是一種
 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層，其鋁濃度至少是 50%，較佳是至少 60%，特
別有利的是至少 80%。此擴散位障 14 之層厚度較佳是介於
1 和 2 奈米之間。

第 3 圖是第 1A 圖之實施例中導電帶 10 和價帶 11 之外形
相對於半導體晶片 20 之生長高度 h 的關係圖。

第 5 圖顯示該導電帶 10 和價帶 11 相對於一種半導體晶
片之生長高度 h 的關係圖，此半導體晶片在生長方向中
觀看時依序排列著一種 n-導電之位障層 3，一活性區 2 和一
種 p-位障層 1。如第 5 圖所示，一般的說明書中所述的壓電
場的極性會對來自 n-摻雜區 3 之電子 e 的注入過程造成一
種位障 10a。電子 e 必須克服能量位障 10a，以便在單一量
子井 8 中被接收。電子 e 中已克服此位障 10a 的此部份電子

第 95127729 號「光電半導體晶片」專利案

(2009 年 12 月 17 日修正)

十、申請專利範圍：

1.一種光電半導體晶片，其在半導體晶片(20)之生長方向(c)中具有以下順序的區域：

- 活性區(2)用之 p-摻雜的位障層(1)
- 活性區(2)，其用來產生電磁輻射，其中該活性區以六角形化合物半導體為主而製成，以及
- 該活性區(2)用之 n-摻雜的位障層(3)，

其中在生長方向(c)中觀看時，穿隧接觸區(5)配置在該 p-摻雜的位障層(1)之前，

其中該穿隧接觸區(5)具有：高的 n-摻雜區(5a)、高的 p-摻雜區(5b)、及在穿隧接觸區(5)之該二個區域(5a, 5b)之間的擴散位障(14)。

2.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中該活性區以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項之光電半導體晶片，其中在 p-摻雜的位障層(1)和活性區(2)之間配置擴散位障(4)，該擴散位障(4)適合用來防止摻雜物質擴散至該活性區(2)。

4.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中在生長方向(c)中觀看時，穿隧接觸區(5)之前配置 n-導電區(6)。

5.如申請專利範圍第 1 或 2 項之光電半導體晶片，其中該半導體晶片之區域沈積在 p-導電之生長基板上。

- 6.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中該活性區 (2)包含量子井結構 (8，9)。
- 7.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中該活性區 (2)包含正好一個用來產生輻射之單一量子井結構 (8)。
- 8.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中在生長方向 (c)中觀看時，該產生輻射用的量子井結構 (2)之前配置至少一個不是用來產生輻射之量子井結構 (9)。
- 9.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中該不是用來產生輻射之量子井結構 (9)具有比該用來產生輻射之量子井結構 (8)更小的銦濃度。
- 10.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中在該 p-摻雜的位障層 (1)和該活性區 (2)之間配置擴散位障 (4)，該擴散位障 (4)含有由 III-V-半導體材料系統 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 所構成的材料，其中 $x \geq 0.2$ 。
- 11.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中該活性區 (2)是以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 為主，其中 $0 < y \leq 1$ 。
- 12.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中具有生長基板 (7)，該生長基板 (7)具有誤差定向 (misorientation)。
- 13.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中生長基板 (7)之誤差定向介於 0.1 度和 1.0 度之間。
- 14.如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中生長基板 (7)被薄化或完全地移除。
- 15.如申請專利範圍第 2 項之光電半導體晶片，其中半導體晶

片以 Ga-面生長模式生長。

16.一種光電組件，其具有如申請專利範圍第 1 至 15 項中至少一項之光電半導體晶片，具有多個終端(183, 184)，光電半導體晶片(20)能經由這些終端而被電性接觸。

17.一種如申請專利範圍第 1 至 15 項中至少一項之光電半導體晶片之製造方法，以下的各區域以下述的順序沉積在晶圓上：

- a) 該半導體晶片之活性區(2)用之 p-摻雜的位障層(1)；
- b) 活性區(2)，其適合用來產生電磁輻射，該活性區以六角形化合物半導體為主；及
- c) 該活性區(2)用之 n-摻雜的位障層(3)，

其中在生長方向(c)中觀看時一穿隧接觸區(5)配置在該 p-摻雜的位障層(1)之前，

其中該穿隧接觸區(5)具有高的 n-摻雜區(5a)、高的 p-摻雜區(5b)、及在穿隧接觸區(5)之該二個區域(5a, 5b)之間的擴散位障(14)。

18.如申請專利範圍第 17 項之製造方法，其中該活性區(2)適合用來產生電磁輻射，該活性區以 III-V-半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 為主而製成。

19.如申請專利範圍第 17 或 18 項之製造方法，其中使用以下磊晶方法中之一者：金屬有機氣相磊晶法、分子束磊晶法、氫化物氣相磊晶法。

20.如申請專利範圍第 18 項之製造方法，其中半導體晶片以 Ga-面生長模式生長。