

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：97136253

※ 申請日期：97.9.22

※ IPC 分類：H01L 33/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

包含多重量子井結構的光電半導體晶片

OPTO-ELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP COMPRISING A MULTIPLE QUANTUM
WELL STRUCTURE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

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)

1. 魯迪格穆勒/Ruediger Mueller

2. 約瑟林斯關朵/Josef Ringsgwandl

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國理斯堡 93055 里比尼茲街 4 號

Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg, Germany

國籍：(中文/英文)

德國/Germany

三、發明人：(共 3 人)

姓名：(中文/英文)

1. 馬修斯彼得/PETER, MATTHIAS

2. 彼得史陶斯/STAUSS, PETER

3. 亞歷山大華特/WALTER, ALEXANDER

國 籍：(中文/英文)

1. ~ 3. 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：

德國 2007/9/26 102007046027.0

☐ 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。

五、中文發明摘要：

一種具有活性區(20)之光電半導體晶片，此活性區(20)包含一用來產生電磁輻射的多重量子井結構，其具有多個依序排列的量子井層(210，220，230)。該多重量子井結構具有：至少一第一量子井層(210)，其被摻雜而具有 n-導電性且配置在二個與第一量子井層相鄰的 n-導電之摻雜的位障層(250)之間；一第二量子井層(220)，其未摻雜且配置在二個與第二量子井層相鄰的位障層(250，260)之間，其中一位障層被摻雜而具有 n-導電性，另一位障層未摻雜；以及至少一第三量子井層(230)，其未摻雜且配置在二個與第三量子井層相鄰之未摻雜的位障層(260)之間。

六、英文發明摘要：

An optoelectronic semiconductor chip with an active area (20) is given, which contains a multiple quantum-well structure for generating electromagnetic radiation, said multiple quantum-well structure has several quantum-well layers (210, 220, 230) arranged in sequence. The multiple quantum-well structure includes at least one first quantum-well layer (210), which is n-conductively doped and arranged between two n-conductive doped barrier-layers (250) adjacent to the first quantum-well layer; a second quantum-well layer (220), which is un-doped and arranged between two barrier-layers (250, 260) adjacent to the second quantum-well layer, one of the barrier-layers is n-conductively doped and the other is un-doped; and at least one third quantum-well layer (230), which is un-doped and arranged between two un-doped barrier-layers (260) adjacent to the third quantum-well layer.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 3 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

3	方 向
4	濃 度
20	活 性 區
24	n-摻雜層
25	p-摻雜層
210	第 一 量 子 井 層
220	第 二 量 子 井 層
230	第 三 量 子 井 層
240	第 四 量 子 井 層
250	位 障 層
260	位 障 層
270	超 晶 格

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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及一種包含多重量子井結構的光電半導體晶片。

本專利申請案主張德國專利申請案 DE 10 2007 046 027.0 之優先權，其已揭示的整個內容在此一併作為參考。

【先前技術】

包含多重量子井結構之光電半導體晶片例如在文件 WO 01/39282 A2 和 US 5,831,277 中已為人所知。

【發明內容】

本發明的目的是提供一種包含多重量子井結構之光電半導體晶片，特別是其效率良好。

上述目的藉由一種具有申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片來達成。光電半導體晶片之有利的佈置及其它形式描述在申請專利範圍各附屬項中。申請專利範圍所揭示的內容藉由參考而收納於說明書中。

本發明提供一種光電半導體晶片，其具有活性區，此活性區包含一種用來產生電磁輻射之多重量子井結構。此活性區特別是磊晶半導體層序列之一部份區域。此光電半導體晶片例如是一種發光二極體晶片或雷射二極體晶片。

活性區含有多個依序排列的量子井層。每一量子井層可適當地配置在其所屬的二個位障層之間。換言之，在活性區中依序排列著一個位障層和一個量子井層。每一量子井層之前特別是有一所屬的位障層且該量子井層之後有另

一位障層。此處的”之前”和”之後”分別是針對光電半導體晶片之由 n-側至 p-側的方向而言，活性區則配置在 n-側和 p-側之間。

此概念”多重量子井結構”和”量子井結構”此處未指出量子化的維度。由一量子井層及其所屬的二個位障層所定義的量子井可以是一種量子膜、至少一量子線或至少一量子點或至少二種以上結構之組合。

多重量子井結構具有至少一第一量子井層，其被摻雜而具有 n-導電性且配置在二個與第一量子井層相鄰之 n-導電的摻雜之位障層之間。換言之，特別是第一量子井層及其所屬的二個位障層被摻雜而具有 n-導電性。

所謂”被摻雜而具有 n-導電性”此處是指一以至少一種 n-摻雜物質(例如，矽)來摻雜的層。亦可以是：二種不同的層，例如，量子井層和位障層，以不同的 n-摻雜物質來摻雜而成為具有 n-導電性。較佳是全部的 n-導電之摻雜的量子井層和位障層以相同的 n-摻雜物質來摻雜。

多重量子井結構另具有至少一個(較佳是正好一個)第二量子井層，其未摻雜且配置在二個與第二量子井層相鄰的位障層之間，此二個位障層中一個位障層被摻雜而具有 n-導電性，且另一個位障層未摻雜。例如，第二量子井層配置在第一量子井層之後。特別是位於第二量子井層之前的位障層被摻雜而具有 n-導電性，且位於第二量子井層之後的位障層未摻雜。

所謂”未摻雜”此處是指一種基本上未具備 n-摻雜物質

或 p-摻雜物質之層。然而，一種未摻雜層例如可由於 n-及 /或 p-摻雜物質之擴散而可具有小的 n-及 /或 p-摻雜物質濃度，特別是很微小的濃度。當一種 n-摻雜物質之濃度在一未摻雜層中較在第一量子井層中的濃度還要小至少 40%，較佳是還要小至少 70%時，則該 n-摻雜物質特別是以小的濃度而存在於未摻雜層中。

最後，多重量子井結構具有至少一第三量子井層，其未摻雜且配置在二個與第三量子井層相鄰的同樣是未摻雜的位障層之間。第三量子井層可適當地在活性區中配置在第二量子井層之後。

本發明人已確認的事實是，藉由上述順序的第一、第二和第三量子井層，則可使半導體晶片達成一種特別高的效率。特別是在高的操作電流時該效率較傳統的半導體晶片還高。光電半導體晶片例如以一種 80 mA 以上的操作電流來操作。

在一種佈置中，多重量子井結構具有至少一第四量子井層，其未摻雜且配置在二個與第四量子井層相鄰的 n-導電的位障層之間。例如，第四量子井層位於至少一第一量子井層之後且位於第二量子井層之前。

具有第四量子井層之半導體晶片可有利地具有一特別小的前向偏壓。換言之，能以一種特別小的操作電壓來達成一預設的操作電流。具有第四量子井層之半導體晶片例如以較小的操作電流(大約是 20 mA)來操作。

在一種佈置中，多重量子井結構包含至少像第三量子

井層一樣多的第一量子井層。在另一種形式中，多重量子井結構所包含的第一量子井層多於第三量子井層。本發明人在廣泛的比較研究中已確定：當第一量子井層之數目大於或等於第三量子井層的數目時，半導體晶片特別有效率。

在另一佈置中，活性區最多具有十個量子井層，其較佳是具有五個以上的量子井層。半導體晶片特別佳時具有七個(含)至九個(含)之間的量子井層。本發明人的研究已指出，此種半導體晶片在一預設的操作電流時產生一特別高的光電流。特別是光電流之飽和特性隨著操作電流的提高而變成特別小。

在一種佈置中，一種交替的層對(pair)所形成的超晶格在半導體晶片之由 n-側至 p-側的方向中位於該活性區之前。此超晶格所延伸的層厚度例如小於或等於 50nm，特別是小於或等於 30nm。例如，此超晶格的層厚度是大約 25nm。

超晶格之交替的層所具有的層厚度例如 5nm 以下，特別是大約 0.5nm(含)至 2nm(含)。每一個交替的層對之至少一層是 n-摻雜者。在一種佈置中，整個超晶格是 n-摻雜者。

由於超晶格之層厚度是 50nm 以下，則半導體晶片可達成一特別小的前向偏壓。藉由 n-導電之第一量子井層，則在超晶格之層厚度較小時亦可使電荷載體良好地載入到至少一第三量子井層中。

第一量子井層、二個與第一量子井層相鄰的位障層及/或一與第二量子井層相鄰的 n-導電之摻雜的位障層特別是以一種 1×10^{18} 原子/cm³ 以上之濃度的 n-摻雜物質來摻雜。

在一種佈置中，第一量子井層和該二個與第一量子井層相鄰的位障層具有相同濃度的 n-摻雜物質。另一方式是，該與第二量子井層相鄰的 n-導電之摻雜的位障層具有與第一量子井層 - 及 / 或與第一量子井層相鄰的位障層相同的濃度。因此，當二個層之間的 n-摻雜物質之濃度之差是 20% 以下，較佳是 10% 以下 (例如，5%) 時，則此二個層具有 "相同濃度" 之 n-摻雜物質。

位障層例如具有一種 5nm(含)至 12nm(含)之層厚度，較佳是 6nm(含)至 11nm(含)，特別佳時是 9nm(含)至 10.5nm(含)。在另一形式中，量子井層具有 1nm(含)至 5nm(含)之層厚度，較佳是 2nm(含)至 3nm(含)。例如，位障層之層厚度大約是 10nm 且量子層之層厚度大約是 2.5nm。本發明人在比較研究之後已得知：位障層及 / 或量子井層在上述之層厚度時半導體晶片具有一種隨著操作電流上升而特別小的光電流飽和值。

在另一種佈置中，半導體晶片未設有生長基板。半導體晶片特別是一種薄膜 - 半導體晶片。

薄膜 - 半導體晶片之特徵是以下特徵中的至少一種：

- 在輻射產生用的磊晶半導體層序列之面向一載體元件之第一主面上施加或形成一種反射層，其使磊晶半導體層序列中所產生的電磁輻射之至少一部份反射回到磊晶層序列中。

- 此薄膜 - 半導體晶片含有一載體元件，其不是一生長基板 (其上磊晶生長著半導體層序列) 而是一個別的載體元

件，其事後固定在一磊晶之半導體層序列上。

- 此磊晶之半導體層序列之生長基板由該磊晶之半導體層序列中去除或被薄化，使此生長基板與磊晶之半導體層序列仍具有承載作用，或

- 此磊晶半導體層序列具有一種 $20\ \mu\text{m}$ 以下的厚度，特別好的情況是 $10\ \mu\text{m}$ 。

此外，磊晶半導體層序列較佳是包含至少一種半導體層，其至少一面有一混合結構。在理想狀況下，此混合結構可使磊晶半導體層序列中的光達成一種近似遍壱(ergodic)之分佈，即，該光具有一種儘可能遍壱之隨機雜散特性。

薄膜-半導體晶片之基本原理例如已描述在文件 I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63(16), 18. October 1993, page 2174-2176 中，其已揭示的內容藉由參考而併入此處。例如，薄膜-半導體晶片已描述在文件 EP 0905797 A2 和 WO 02/13281 A1 中，其已揭示的內容藉由參考而併入此處。

薄膜-發光二極體晶片很類似於一種藍伯(Lambertian)表面輻射器，且因此特別適合用在探照燈中。

半導體晶片之活性區，特別是磊晶半導體層序列，在一種佈置中是以 III-V-化合物半導體材料為主，其大致上是一種氮化物-化合物半導體材料，例如，InAlGa₂N。在另一實施形式中，半導體層序列是以 II/VI-化合物半導體材料為主。

III-V-化合物半導體材料具有至少一種來自第三族的元素(例如，鋁，鎵，銦)以及一種來自第五族的元素(例如，硼，氮，磷，砷)。此概念"III-V-化合物半導體材料"特別是包括二元，三元或四元化合物之基(group)，其含有來自第三族之至少一元素和來自第五族之至少一元素，例如，氮化物-和磷化物-化合物半導體。此種二元，三元或四元化合物可另外具有一種或多種摻雜物質以及其它的成份。

相對應地，II/VI-化合物半導體材料具有至少一來自第二族的元素，例如，Be, Mg, Ca, Sr，以及一來自第六族的元素，例如，O, S, Se。II/VI-化合物半導體材料特別是含有一種二元，三元或四元化合物，其含有至少一來自第二族的元素和至少一來自第六族的元素。此種二元，三元或四元化合物可另外具有一種或多種摻雜物質以及其它的成份。例如，ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO 屬於 II/VI-化合物-半導體材料。

“以氮化物-化合物半導體材料為主”此處是指，此種名稱之半導體層序列或其至少一部份，特別是至少該活性區及/或該生長基板，包含氮化物-化合物半導體材料或由此種材料所構成，此種材料較佳是 $\text{In}_n\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{N}$ ，其中 $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ 且 $n+m \leq 1$ 。因此，此種材料未必含有上述形式之以數學所表示之準確的組成。反之，此種材料可具有一種或多種摻雜物質以及其它成份，這些成份基本上不會改變此材料之物理特性。然而，爲了簡單之故，上述形式只含有晶格(Al, Ga, In, N)之主要成份，這些主要成份

之一部份亦可由少量的其它物質來取代及/或補足。

在一種佈置中，半導體晶片用來發出一種在綠色光譜區中具有一強度最大值之電磁輻射。

半導體晶片之其它優點、有利的佈置和其它形式以下將依據第 1 至 3 圖的實施例來詳述。

【實施方式】

各圖式和實施例中相同-或作用相同的各組件分別設有相同的參考符號。所示的各元件和各元件之間的比例未必依比例繪出。反之，爲了清楚之故各圖式的一些細節已予放大地顯示出。

第 1 圖顯示光電半導體晶片之第一實施例之橫切面。此光電半導體晶片在生長基板 1 上具有一磊晶半導體層序列 2。在半導體晶片之另一種形式中，該生長基板可去除或至少已大幅地薄化。

半導體層序列 2 例如以一種 InAlGa_N-化合物半導體材料爲主，其例如製作在一具有藍寶石-或由藍寶石構成的生長基板 1 上。

半導體層序列 2 包含至少一 n-接觸層 21 和一 p-接觸層 27，此二個接觸層之間配置一活性區 20，其包含一種產生輻射用的多重量子井結構。

半導體層序列 2 在由 n-接觸層 21 至活性區 20 所形成的形式中具有一電流擴散層 22 以及另二個 n-摻雜層 23，24。在由活性區 20 至 p-接觸層 27 所形成的形式中，半導體層序列 2 具有另二個 p-摻雜層 25，26。這些 n-摻雜層及

/或 p-摻雜層或至少這些層中的一層或一些層例如是電荷載體局限 (confinement) 層。

該 n-接觸層 21 之層厚度是 $3\mu\text{m}$ 。例如，該 n-接觸層 21 具有 GaN，其較佳是以矽作為 n-摻雜物質來摻雜成具有 n-導電性，摻雜物質的濃度大約是 3×10^{18} 原子/ cm^3 。

電流擴散層 22 之層厚度例如是 $1\mu\text{m}$ ，其以適當方式被大量地 n-摻雜，例如，利用矽而以濃度 1×10^{19} 原子/ cm^3 來摻雜。因此，電流擴散層 22 具有高的橫向導電性。

上述另二個 n-摻雜層分別具有 $0.5\mu\text{m}$ 的層厚度，其例如具有二種以矽作為 n-摻雜物質而摻雜成 n-導電的氮化鎵。矽濃度例如在與該活性區 20 相對的另一 n-摻雜層中是 24.8×10^{17} 原子/ cm^3 。在遠離該活性區 120 之另一 n-摻雜層中，矽的摻雜濃度例如是 1×10^{18} 原子/ cm^3 。

該 p-摻雜層 27 例如包含 GaN。其它的 p-摻雜層 25，26 例如含有 AlGaN。面向該活性區 20 之另一 p-摻雜層 25 是一種 AlGaN (10%鋁)層，且遠離該活性區 20 之另一 p-摻雜層 26 是一種 AlGaN (6%鋁)層。該 p-摻雜層和其它的 p-摻雜層 25，26 例如以鎂作為 p-摻雜物質來摻雜。

在 p-摻雜層 27 中，p-摻雜物質的濃度小於其它的 p-摻雜層 25，26 中的濃度。例如，該 p-摻雜層 27 中的濃度大約是 5×10^{19} 原子/ cm^3 。其它的 p-摻雜層 25，26 中該 p-摻雜物質的濃度例如大於或等於 6×10^{19} 原子/ cm^3 ，例如，該濃度大約是 1×10^{20} 原子/ cm^3 。

第 2 圖中顯示半導體層序列 2 之活性區 20 的放大圖。

第 2 圖之右方區域中顯示該活性區 20 之橫切面。第 2 圖之左方區域中顯示右方區域中所形成的各層之 n-摻雜物質之濃度 4。箭頭 3 顯示半導體層序列 2 之由 n-側至 p-側之方向，特別是指由 n-接觸層 21 至 p-接觸層 27 之方向，該 n-側至 p-側之間配置著活性區 20。

第一實施例之半導體晶片之活性區 20 之量子井結構具有七個量子井層 210，220，230。在由 n-側至 p-側之方向 3 中，三個第一量子井層 210，一個第二量子井層 220 和三個第三量子井層 230 依序排列著。

每二個相鄰的量子井層 210，220，230 都由位障層 250，260 而互相隔開。位障層 250 位於第一量子井層 210 之前。另一位障層 260 在最後一個第三量子井層 230 之後。以此種方式，則恰巧在二個位障層 250，260 之間分別配置著個別的量子井層 210，220，230。

一種超晶格結構 270 位於量子井層 210，220，230 和位障層 250，260 之前。超晶格結構 270 由多對(pair)交替配置的 InGa_N-層和 Ga_N-層所構成，各層所具有的層厚度分別為 1nm 以下。各層例如在摻雜濃度為 1.5×10^{18} 原子/cm³ 時以矽作為 n-摻雜物質來摻雜。

位於該超晶格結構 270 之後的三個第一量子井層 210 及所屬的位障層 250 同樣以矽作為 n-摻雜物質來摻雜，其濃度例如介於 1×10^{18} 原子/cm³ 和 8×10^{18} 原子/cm³ 之間，特別是介於 2×10^{18} 原子/cm³ 和 4×10^{18} 原子/cm³ 之間。各位障層 250 之間配置第一量子井層 210。

第一量子井層 210 之後是第二量子井層 220，有一位障層 250 位於第二量子井層 220 之前，此位障層 250 亦屬於第一量子井層 210。位於第二量子井層 220 之前的位障層 250 是 n-摻雜層。位於第二量子井層 220 之後的位障層 260 就像第二量子井層 220 一樣未摻雜。

在第二量子井層 220 之後，在二個未摻雜的位障層 260 之間配置三個第三量子井層 230。

半導體晶片是以一種例如 80mA 的操作電流來操作。半導體晶片所發出的電磁輻射的大部份(特別是全部)都產生於至少一個第三量子井層 230 (較佳是多個，特別是全部)或第三量子井層 230 和第二量子井層 220 中。第一量子井層 210 未產生輻射或幾乎不產生輻射。

第 3 圖中顯示第二實施例之半導體晶片之活性區 20 之橫切面。左方的區域中顯示出右方區域中所示的多個層之 n-摻雜物質之濃度的外形。

第二實施例之半導體晶片不同於第一實施例之處在於，活性區 20 只包含唯一的第三量子井層 230。此外，第二實施例包含二個第四量子井層 240，其在第一量子井層 210 之後且在第二量子井層 220 之前。整體而言，活性區 20 包含總共七個量子井層 210，220，230，240。

第四量子井層 240 未摻雜。每一個第四量子井層 240 配置在二個相鄰的以 n-摻雜物質來摻雜的位障層 250 之間。此 n-摻雜物質在全部之以 n-摻雜物質來摻雜的位障層 250 中以及第一量子井層 210 中都具有相同的濃度。

第二實施例之半導體晶片特別是以一種大約 20mA 的操作電流來操作。

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-或不同實施例之個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屬本發明。

【圖式簡單說明】

第 1 圖 光電半導體晶片之第一實施例之橫切面。

第 2 圖 光電半導體晶片之第一實施例之活性區的橫切面及活性區中 n-摻雜物質之濃度外形圖。

第 3 圖 光電半導體晶片之第一實施例之活性區的橫切面及活性區中 n-摻雜物質之濃度外形圖。

【主要元件符號說明】

1	生長基板
2	半導體層序列
3	方向
4	濃度
20	活性區
21	n-接觸層
22	電流擴散層
23, 24	n-摻雜層
25, 26	p-摻雜層
27	p-接觸層

210	第一量子井層
220	第二量子井層
230	第三量子井層
240	第四量子井層
250	位障層
260	位障層
270	超晶格

第 97136253 號「包含多重量子井結構的光電半導體晶片」專利案

(2012 年 9 月 10 日修正)

十、申請專利範圍：

1. 一種光電半導體晶片，具有活性區(20)，該活性區(20)包含用來產生電磁輻射的多重量子井結構，該多重量子井結構具有多個依序排列的量子井層(210，220，230)，該多重量子井結構具有：
 - 至少一個第一量子井層(210)，其被摻雜而具有 n-導電性且配置在二個與第一量子井層(210)相鄰的、n-導電地摻雜的位障層(250)之間，
 - 第二量子井層(220)，其未摻雜且配置在二個與第二量子井層相鄰的位障層(250，260)之間，其中一個位障層被摻雜而具有 n-導電性，另一個位障層未摻雜，以及
 - 至少一個第三量子井層(230)，其未摻雜且配置在二個與第三量子井層相鄰的、未摻雜的位障層(260)之間。
2. 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中至少一個第一量子井層、第二量子井層和至少一個第三量子井層(210，220，230)在由半導體晶片之 n-側至 p-側之方向上以此順序排列。
3. 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體晶片，其中多重量子井結構具有至少一個第四量子井層(240)，第四量子井層未摻雜且配置在二個與第四量子井層相鄰的、n-導電地摻雜的位障層(250)之間。
4. 如申請專利範圍第 2 項之光電半導體晶片，其中多重量

子井結構具有至少一個第四量子井層(240)，第四量子井層未摻雜且配置在二個與第四量子井層相鄰的、n-導電地摻雜的位障層(250)之間。

5.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其具有的第一量子井層(210)之數目和第三量子井層(230)一樣多，或第一量子井層(210)之數目多於第三量子井層(230)。

6.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中活性區(20)最多具有10個量子井層(210, 220, 230, 240)。

7.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中在由半導體晶片之n-側至p-側之方向上在該活性區(20)之前具有由多對(pairs)交替的層所構成的超晶格(270)，該超晶格的厚度為小於或等於50nm。

8.如申請專利範圍第7項之光電半導體晶片，其中每對(pair)交替的層之至少一個層被摻雜而具有n-導電性。

9.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中至少一個第一量子井層(210)及/或該二個與第一量子井層(210)相鄰的位障層(250)包含濃度(4)大於或等於 1×10^{18} 原子/cm³之n-摻雜物質。

10.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中位障層(250, 260)之層厚度分別介於9.5nm(含)和10.5nm(含)之間。

11.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片

，其中量子井層(210，220，230，240)之層厚度分別介於2nm(含)和3nm(含)之間。

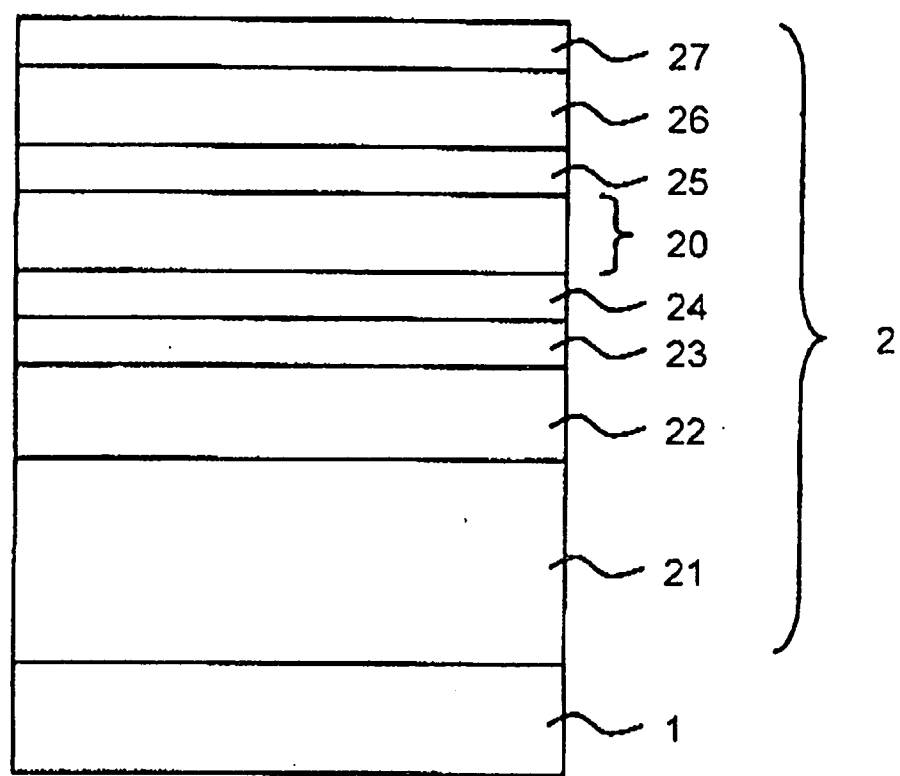
12.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其未具備生長基板。

13.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中活性區(20)基於InGaN-化合物半導體材料。

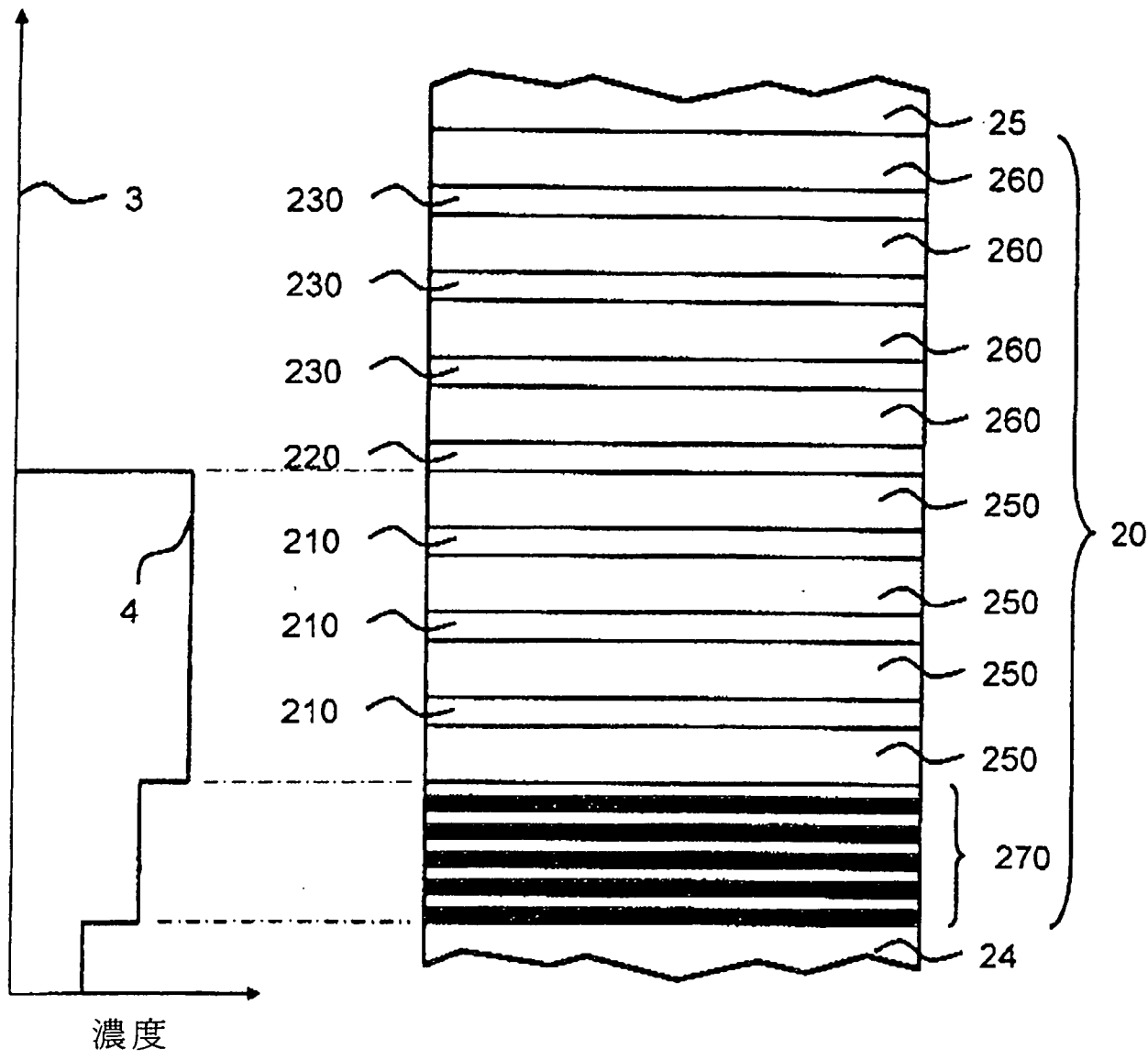
14.如申請專利範圍第1至4項中任一項之光電半導體晶片，其中該半導體晶片用來發出具有在綠色光譜範圍中強度最大值之電磁輻射。

十一、圖式：

第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

