



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201027806 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：098137382

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 11 月 04 日

(51)Int. Cl. : *H01L33/26 (2010.01)* *H01S5/34 (2006.01)*

(30)優先權：2008/11/07 德國 10 2008 056 371.4

(71)申請人：歐斯朗奧托半導體股份有限公司(德國) OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH
(DE)

德國

(72)發明人：葛洛利爾 文森 GROLIER, VINCENT (FR)；何佩 魯茲 HOEPEL, LUTZ (DE)；
畢貝斯朵夫 安德里亞斯 BIEBERSDORF, ANDREAS (DE)；盧加爾 漢斯 侏
根 LUGAUER, HANS-JUERGEN (DE)；史翠斯保 馬丁 STRASSBURG, MARTIN
(DE)

(74)代理人：何金塗；丁國隆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 44 頁

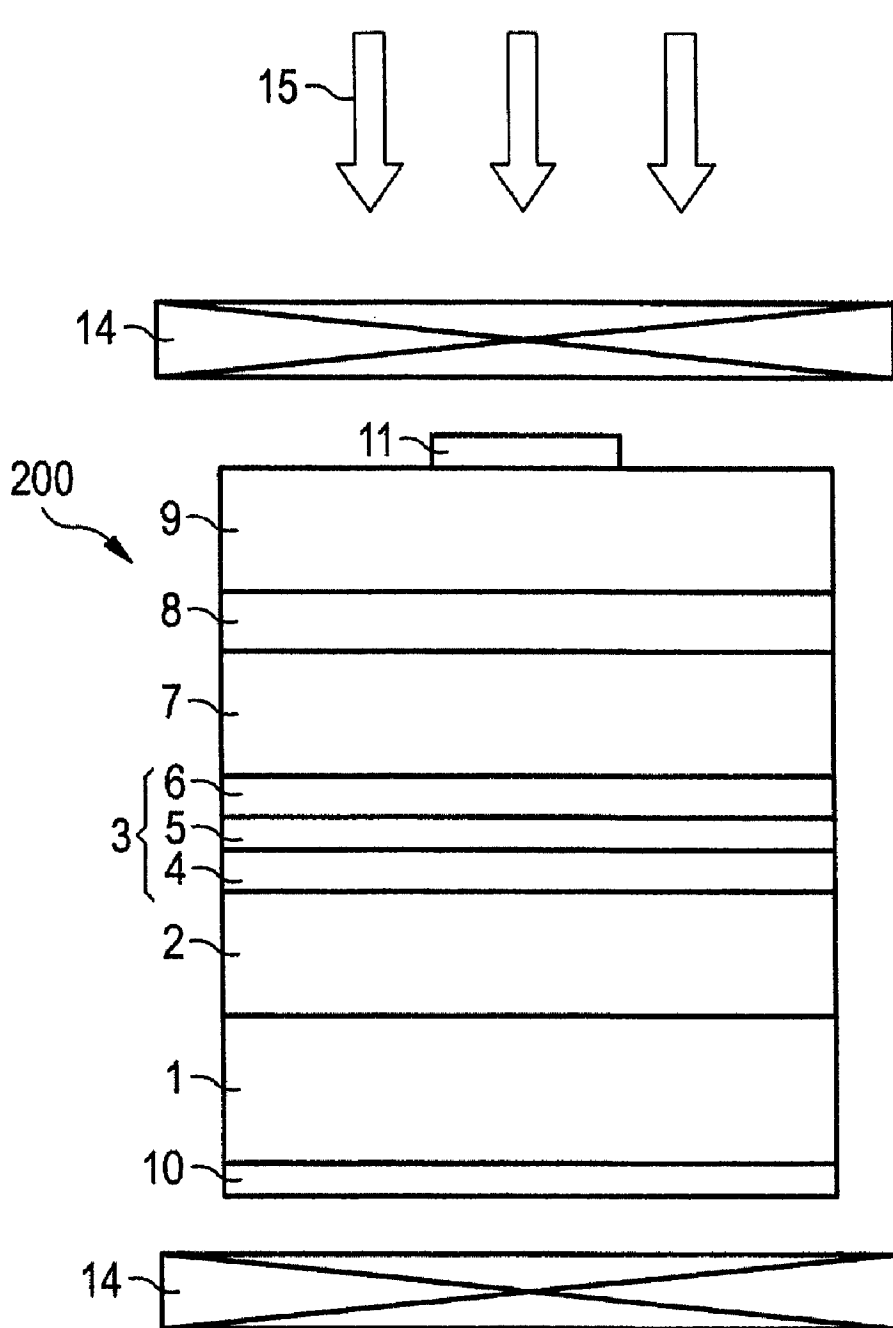
(54)名稱

光電半導體晶片之製造方法及光電半導體晶片

METHOD FOR THE PRODUCING OF AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP AND
OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

(57)摘要

一種光電半導體晶片之製造方法，包括以下各步驟：A)形成一具有至少一摻雜的功能層(7)之半導體層序列(200)，其鍵結複合物具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，B)藉由能量之施加使鍵結複合物中斷來驅動該摻雜物質，此時該共摻雜物質之至少一部份保留在該半導體層序列(200)中且至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。此外，本發明提供一種光電半導體晶片。



- 1：基板
- 2：功能層
- 3：穿隧界面
- 4：穿隧界面層
- 5：擴散位障層
- 6：穿隧界面層
- 7：摻雜的功能層
- 8：活性層
- 9：功能層
- 10：電極層
- 11：電極層
- 14：感應裝置
- 15：電磁輻射
- 200：半導體層序列



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201027806 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：098137382

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 11 月 04 日

(51)Int. Cl. : *H01L33/26 (2010.01)* *H01S5/34 (2006.01)*

(30)優先權：2008/11/07 德國 10 2008 056 371.4

(71)申請人：歐斯朗奧托半導體股份有限公司(德國) OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH
(DE)

德國

(72)發明人：葛洛利爾 文森 GROLIER, VINCENT (FR)；何佩 魯茲 HOEPEL, LUTZ (DE)；
畢貝斯朵夫 安德里亞斯 BIEBERSDORF, ANDREAS (DE)；盧加爾 漢斯 侏
根 LUGAUER, HANS-JUERGEN (DE)；史翠斯保 馬丁 STRASSBURG, MARTIN
(DE)

(74)代理人：何金塗；丁國隆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 44 頁

(54)名稱

光電半導體晶片之製造方法及光電半導體晶片

METHOD FOR THE PRODUCING OF AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP AND
OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

(57)摘要

一種光電半導體晶片之製造方法，包括以下各步驟：A)形成一具有至少一摻雜的功能層(7)之半導體層序列(200)，其鍵結複合物具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，B)藉由能量之施加使鍵結複合物中斷來驅動該摻雜物質，此時該共摻雜物質之至少一部份保留在該半導體層序列(200)中且至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。此外，本發明提供一種光電半導體晶片。

六、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之製造方法及光電半導體晶片。

【先前技術】

在半導體晶片中製造高摻雜 - 且同時是高晶體值之半導體層時，在多種材料(特別是寬頻半導體)中除了原來的摻雜以外亦需與第二種材料來進行共摻雜(co-doped)。例如，在力求一種高的 p-摻雜以產生高的電荷載體濃度(即，高的電洞濃度)時，須加入一種電子受體材料。爲了同時對抗晶體品質的劣化，須另外加入一種電子施體材料以作爲共摻雜劑，但這樣會使晶體之至少一部份又形成電性上的中性。共摻雜因此不是所期望者但由於此製造方法而成爲必要。然而，依據此種例子所形成的 p-摻雜且同時又 n-摻雜之層中，藉由共摻雜可形成一種只是很少的 p-摻雜或甚至形成本質之電荷載體濃度或一種 n-摻雜。對上述例子中所力求之高的 p-導電性所需之高的電洞濃度而言，共摻雜之補償作用須再提高，這稱爲導電性(上述例子中是 p-導電性)之驅動或摻雜物質之驅動。

此種共摻雜之半導體材料之電性驅動通常藉由純熱療形式之驅動來達成。因此，共摻雜物質需要較摻雜物質更容易揮發，且共摻雜物質可藉由熱療步驟而由摻雜之半導體層中排出至某種程度或完全排出，即，例如，排出 0.001%

至 100%。此種方法例如對以 GaN-為主之發光二極體(LEDs)之 p-側的驅動是需要的。就此種驅動而言，存在多種開創性的方法，例如，特別是在特殊大氣下以所謂快速熱處理(RTP, rapid thermal processing)爲主的方法。RTP-處理的形式中，傳統的驅動處理在 700 至 1000℃ 之高溫中在晶圓複合物中進行，或亦可在較低的 500 至 600℃ 之溫度下在晶圓複合物中於管爐中在另一種氣體混合物下進行一段長很多的時間。

然而，習知的方法在該共摻雜物質由摻雜的半導體材料向外之擴散受到抑制時不能充份地發生作用，例如，在由所謂埋入之 p-摻雜層向外擴散時即屬此種情況。因此，敞開之共摻雜的多個 p-層(其位於晶體之表面附近且上述傳統方法對其會發生作用)以及埋置於一層或多層(特別是 n-摻雜層)下方之 p-摻雜層之可達成的驅動程度將有很大的差異。後者之 p-摻雜層以習知的驅動方法只能稍微被驅動或甚至不能被驅動。組件(例如，LEDs)之可測得的操作電壓因此大大地提高。

【發明內容】

本發明至少一實施形式的目的是提供光電半導體晶片之製造方法，其具有至少一摻雜之功能層。至少另一實施形式之目的是提供一種光電半導體晶片。

上述目的藉由申請專利範圍獨立項之方法和物件來達成。此方法和物件之有利的實施形式和其它形式描述在申

請專利範圍各附屬項中且可由以下的描述和圖式中得知。

依據至少一實施形式，光電半導體晶片之製造方法特別是包括以下各步驟：

- A) 形成一具有至少一摻雜之功能層之半導體層序列，其鍵結複合物具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體。
- B) 藉由能量之施加使鍵結複合物中斷來驅動該摻雜物質，此時該共摻雜物質之至少一部份保留在該半導體層序列中且至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。

依據至少另一實施形式，光電半導體晶片特別是包括一種半導體層序列，其至少一摻雜之功能層具有一摻雜物質和一共摻雜物質，其中該半導體層序列具有一種包括晶格結構之半導體材料，由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，該共摻雜物質鍵結至該半導體材料及/或配置在中間晶格位置上，且該共摻雜物質之至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。

只要未另外明顯地標示時，下述之實施形式、特徵及其組合同樣都與光電半導體晶片及其製造方法有關。

所謂一層或一元件配置在或施加在另一層或另一元件”上”或”之上”，此處及以下都是指：該一層或該一元件直接以機械及/或電性接觸方式而配置在該另一層或該另一元件

上。此外，亦指：該一層或該一元件間接地配置在該另一層或該另一元件”上”或”之上”。因此，其它層及/或元件配置在該一層和該另一層之間或配置在該一元件和該另一元件之間。

“一層或一元件配置在另二層或元件”之間”此處以及以下是指，一層或一元件配置成與該另二層或元件成直接機械地及/或電性地接觸或配置成與該另二層或元件成間接機械地及/或電性地接觸。因此，在間接接觸時其它的層及/或元件配置在該另二層之一層和至少一層之間或配置在該另二元件之一元件和至少一元件之間。

此概念”摻雜的功能層”此處是指一種具有摻雜物質和共摻雜物質之層。

藉由將適當的能量施加至步驟 B 中，則摻雜的功能層中各鍵結複合物可以”共摻雜物質相對於特定的摻雜物質之摻雜特性之補償作用可提高”來處理，其中該鍵結複合物是以摻雜物質和共摻雜物質之間的原子鍵結形式而存在著或以該摻雜的功能層之摻雜物質、共摻雜物質和半導體材料之間的鍵結複合物之形式而存在著。在與傳統方法相比較下，藉由適當的處理條件，則利用上述方法可避免直接地又形成中斷的鍵結物或鍵結複合物。特別是，共摻雜物質可鍵結至該摻雜的功能層-或半導體層序列之其它層之半導體材料之晶格中之其它位置(即，不是摻雜物質的位置)處或沈積在中間晶格中，其中該共摻雜物質對該摻雜物質

不造成補償作用。於是，由摻雜物質所帶入的自由的(即，未被補償的)電荷載體之數量將增加，此時不必將該共摻雜物質由該摻雜的功能層或該半導體層序列中排出。由於這樣所達成之高的導電性，則可使受驅動的光電半導體晶片之操作電壓下降。

該共摻雜物質至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物，這在此處及下文中特別是表示：至少一部份之共摻雜物質存在於該摻雜的功能層中，該些共摻雜物質未與該摻雜物質之一部份形成鍵結複合物，使該一部份之摻雜物質可用來提高該摻雜之功能層中自由電荷載體之密度。於是，此概念“自由電荷載體”特別是包括 p-摻雜層中的電洞以及 n-摻雜層中的電子，其中電洞位於無電子之位置處且主要是由於電洞而使 p-導電之半導體具有導電性。

上述之光電半導體晶片特別是可製成發光二極體(LED)或雷射二極體且其至少一活性層具有一活性區，該活性區用來發出電磁輻射。此處以及下文中，“光”或“電磁輻射”同樣是表示至少一波長或一波長範圍之電磁輻射，該波長是指大於或等於 200 奈米且小於或等於 20000 奈米之紅外線至紫外線之波長。於此，光或電磁輻射包括可見的波長(即，靠近紅外線)至藍色波長的範圍，其具有一種或多種介於 350 奈米和 1000 奈米之間的波長。

半導體晶片可具有一種 pn-接面，一種雙異質結構，一種單一量子井結構(SQW-結構)或一種多量子井結構(MQW-結

構)以作為活性層中的活性區。此名稱量子井結構此處特別是包含一種結構，此結構中可藉由局限(confinement)而使電荷載體之能量狀態經歷一種量子化。此名稱量子井結構此處未指出量子化的維度。因此，量子井結構可另外包含量子槽，量子線和量子點以及這些結構的每一種組合。半導體層序列除了上述之活性層以外還具有其它的功能層和功能區，電極和上述各種層之組合，該功能層和功能區是由 p-和 n-摻雜之電荷載體輸送層(即，電子-和電洞輸送層)，p-，n-和未摻雜的局限層，外罩層和波導層，位障層，平坦化之層，緩衝層，保護層中選取。各電極可分別具有：一個或多個金屬層，其包括銀、金、錫、鈦、鉑、鈮、鉻、鋁及/或鎳；及/或一個或多個具有透明導電氧化物之層，透明導電氧化物包括氧化鋅、氧化錫、氧化鎘、氧化鈦、氧化銦或氧化銦錫(ITO)。此外，例如可在半導體層序列周圍(即，大致上是在半導體層序列之側面上)以垂直於半導體層序列之配置方向的方式而配置其它的層，例如，緩衝層、位障層及/或保護層。

半導體層序列或半導體晶片可形成為磊晶層序列，即，磊晶生長之半導體層序列。半導體晶片或半導體層序列特別是可形成為氮化物-半導體系統。此概念”氮化物-半導體系統”包括全部之氮化物-化合物半導體材料，其因此是一種由具有氮之 III-族元素之二元、三元及/或四元化合物所構成之半導體結構。例如，此種材料包括 BN, AlGaN,

GaN, InAlGaN 或其它之 III-V-化合物。在此種概念下，半導體層序列或半導體晶片是以 InAlGaN 為主而製成。所謂以 InAlGaN 為主之半導體層序列和半導體晶片特別是指，以磊晶方式製成之半導體層序列通常具有一種由不同之單一層所構成的層序列，其中至少一個單一層具有一種由 III-V-化合物半導體材料系統 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 所構成的材料。

具有至少一以 InAlGaN 為主之活性層之半導體層序列例如可發出紫外線至綠色或綠-黃色波長範圍之電磁輻射。

此外，例如可製成以 AlGaAs 為主之半導體層序列。所謂以 AlGaAs 為主之半導體層序列特別是指，以磊晶方式製成之半導體層序列通常具有一種由不同之單一層所構成的層序列，其中至少一個單一層具有一種由 III-V-化合物半導體材料系統 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ 所構成的材料。具有一以 AlGaAs 為主之材料的活性層可發出紅色至紅外線波長範圍中之一個或多個光譜成份之電磁輻射。此外，此種材料除了上述的元素以外另具有銦及/或磷。

又，半導體層序列可以 InGaAlP 為主，即，半導體層序列可具有不同之單一層，其中至少一個單一層具有一種由 III-V-化合物半導體材料系統 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 所構成的材料。具有至少一以 InGaAlP 為主之活性層的半導體層序列或半導體晶片例如可發出綠色至紅色波長範圍中之一個或多個光譜成份之電磁輻射。

此外，除了 III-V-化合物半導體材料系統以外，半導體層序列或半導體晶片亦可具有 II-VI-化合物半導體材料系統。II-VI-化合物半導體材料可具有至少一由第二族或第二副(sub)族(例如，鈹、鎂、鈣、銦、鎘、鋅、錫)而來的元素以及一由第六族(例如，氧、硫、硒、碲)而來的元素。II-VI-化合物半導體材料特別是包括一種二元、三元或四元之化合物，其具有至少一由第二族或第二副族而來之元素和至少一由第六族而來之元素。此種二元、三元或四元之化合物例如可另外具有一種或多種摻雜物質以及其它之成份。例如， ZnO ， ZnMgO ， CdS ， ZnCdS ， MgBeO 都屬於 II-VI-化合物半導體材料。

上述全部之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，該些材料可具有一種或多種摻雜物質以及其它成份，這些成份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。

半導體層序列可另外具有基板，其上沈積上述之 III-V-或 II-VI-化合物半導體材料系統。該基板可包括一種半導體材料，例如，上述之化合物半導體材料。例如，該基板可包括 GaP ， GaN ， SiC ， Si 及 / 或 Ge 或由此種材料所構成。該基板可形成爲生長基板，即，半導體層序列生長在該基板上且該半導體層序列之配置在離該基板最遠處之功能層在生長方向中是位於最上方之層。或是，該基板亦可形成

為載體基板，一種先前已生長在該生長基板上的半導體層序列例如藉由鍵結而轉印至該載體基板上，使該半導體層序列之在生長方向中位於該生長基板最上方之層在鍵結之後最靠近該載體基板。該生長基板可在該轉印過程之後完全被去除或去除一部份，使該半導體層序列之最先生長在該生長基板上的層露出。特別是具有載體基板之光電半導體晶片可形成為薄膜-半導體晶片。

薄膜-半導體晶片之特徵是至少以下各特徵的至少一種：

- 在輻射產生用的磊晶層序列之面向載體之第一主面上施加或形成一種反射層，其使磊晶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。

- 此磊晶層序列較佳是具有一種 20 微米或更小的厚度，特別好的情況是 10 微米。

- 此磊晶層序列包含至少一種半導體層，其至少一面有一種混合結構。在理想狀況下，此混合結構可使磊晶層序列中的輻射達成一種近似遍歷(ergodic)之分佈，即，該輻射具有一種儘可能遍歷之隨機雜散特性。

薄膜-發光二極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。

上述步驟 A 中，例如可製成單一層形式-或摻雜的功能層堆疊形式之摻雜的功能層以作為半導體層序列。此外，亦可製成半導體層序列以作為半導體晶片之已製成的一部份。這表示：該半導體層序列具有一基板(大致上是生長基

板)，其上生長多個功能層，包括一種具有摻雜物質和共摻雜物質之摻雜的功能層，以作為生長方向中位於最上方之層。或是，該基板是一種載體基板，其上轉印有一種具有摻雜的功能層之半導體層序列，且隨後將該生長基板去除，使該摻雜的功能層露出。

此外，步驟 A 中形成具有多個功能層之半導體層序列，其中具有摻雜物質和共摻雜物質之該摻雜的功能層配置在另二個功能層之間，使該摻雜的功能層不是形成為該半導體層序列之最上方之層。該生長方向中若在該摻雜的功能層上方和下方分別配置一個或多個其它的功能層，其中至少直接與該摻雜的功能層相鄰之層是與該摻雜的功能層不同（特別是不同地摻雜），則該摻雜的功能層在此處和下文中亦稱為“埋入”層。

步驟 A 中特別是已製成半導體晶片，即，步驟 A 之後的半導體層序列具有半導體晶片操作時所需之全部的功能層。半導體層序列因此可形成在晶圓複合物中。這樣所製成的半導體層序列在步驟 A 之後可形成於晶圓複合物中或另外劃分成各別的二半導體晶片。

半導體晶片或半導體層序列例如可在 p-摻雜層和生長方向中隨後的 n-摻雜層之間具有一活性區，使在生長方向中觀看時極性可與傳統半導體晶片（其中 p-摻雜區在生長方向中位於 n-摻雜區之後）中者相反。在形成一具有生長基板或載體基板之半導體晶片之後，n-摻雜層或 p-摻雜層可形

成爲埋入之摻雜的功能層。

此外，該埋入之摻雜的功能層在光電半導體晶片中能以至少一穿隧接面來形成，該穿隧接面包括至少一 n-摻雜(n-型)之穿隧接面層和至少一 p-摻雜(p-型)之穿隧接面層。具有摻雜物質和共摻雜物質之至少一摻雜的功能層可由至少一 n-摻雜之穿隧接面層或至少一 p-摻雜之穿隧接面層來形成。在一種由離開該基板之方向中觀看時，半導體層序列內部中一種具有活性區之活性層配置在該穿隧接面之後。於此，在該至少一 n-型之穿隧接面層和該至少一 p-型之穿隧接面層之間可配置一種由至少一未摻雜之中間層所構成的未摻雜區，使該 n-型之穿隧接面層和該 p-型之穿隧接面層不直接相鄰而是藉由至少一未摻雜之中間層來互相隔開。此概念”穿隧接面層”因此是用來與半導體晶片或半導體層序列之其餘的功能層相區別且表示：所提及的 n-型或 p-型穿隧接面層配置在穿隧接面中。

由於該 n-型之穿隧接面層和該 p-型之穿隧接面層是藉由未摻雜區而互相隔開，則可防止界面上不同的電荷載體之不良的補償，其是在該 n-型之穿隧接面層和該 p-型之穿隧接面層直接相鄰時由於電荷載體在該界面上之擴散而發生。又，亦可藉由在該 n-型之穿隧接面層和該 p-型之穿隧接面層之間施加一未摻雜區，藉此而在穿隧接面中產生一具有小的電荷載體密度之區域。然而，添加一個或多個未摻雜之中間層而形成的未摻雜區就該穿隧接面之電性(特

別是前向偏壓)所造成之不利影響小於該 n-型之穿隧接面層和直接相鄰之 p-型之穿隧接面層之間的界面上的區域(其中各電荷載體由於在界面上的擴散而互相補償)所造成的不利影響。

又，半導體晶片或半導體層序列可形成爲堆疊式 LED，其具有多個重疊地生長之活性層，其中每一活性層分別配置在至少一 n-摻雜層和一 p-摻雜層之間，亦可與穿隧接面層相組合。於是，一種形成爲堆疊式 LED 之半導體層序列具有至少一埋入之摻雜的功能層。

半導體晶片或半導體層序列之上述結構在形式上具有一般的極性或反向的極性、穿隧接面層和堆疊之活性區，這已爲此行的專家所知悉，此處因此不再說明。全部的上述結構表示了：其可具有埋入之摻雜的功能層，各功能層具有摻雜物質和共摻雜物質且與可作爲該共摻雜物質用之摻雜位障之層相鄰。在此種埋入之摻雜的功能層中，例如幾乎不能或完全不能藉由上述之傳統 RTP-方法來以傳統方式驅動該摻雜物質。

p-摻雜之功能層用的摻雜物質(即，至少一適當的電子受體)至少在可達成之高的摻雜度中通常不能以純的形式施加至摻雜的功能層之半導體材料中。反之，該摻雜物質存在於一種具有至少另一物質(共摻雜物質)之複合物中。該另一物質通常作爲半導體材料用之電子施體，其在電性作用上可對電子受體材料(即，摻雜物質)進行補償。特別是

該摻雜的功能層可以是 p-摻雜層，其中該摻雜物質是電子受體材料，但該共摻雜物質是電子施體材料。上述步驟 B 中所述之驅動步驟適合用來持續地在半導體材料中對該摻雜物質之至少一部份造成電性上的影響，即，該驅動步驟可使 p-導電性提高。

寬頻半導體系統中該摻雜物質特別佳時就像 p-摻雜的功能層用之氮化物化合物半導體系統中一樣具有鎂。鎂通常加入至一種具有氫之複合物中以作為半導體材料中之共摻雜物質。藉由步驟 B 中的驅動步驟，則可形成該鎂(作為 p-摻雜物質)之至少一部份之電性功能，其可藉由氫來補償。在例如 ZnSe 之類的 II-VI-化合物半導體系統中，該摻雜物質例如具有氮或本身是氮。該共摻雜物質亦可以是氫。

或是，該摻雜的功能層亦可以是 n-摻雜層，即，該摻雜物質是電子施體材料，但該共摻雜物質是電子受體材料。這例如特別適用於能帶間隙較小之半導體材料，例如，以 CdTe 或 GaAs 為主的化合物半導體材料。

由於此處所述的方法中不需驅出該共摻雜物質，則特別適用於摻雜的功能層，該共摻雜物質由於不會由該摻雜的功能層擴散出來，此乃因該摻雜的功能層是一種埋入層。此處所述之方法因此可用來驅動該些層。就上述之以 GaN 或其它上述之化合物半導體材料為主之 "PILS" ("polarity inverted LED structures") 和堆疊式 LEDs 而言，上述形式的驅動是需要的，此乃因在此種情況

下 p-摻雜的功能層(例如，以鎂作為摻雜物質且以氫作為共摻雜物質)可由於以 RTP-為主之退火過程而不受驅動，該退火過程只用來驅出該共摻雜物質。

為了使共摻雜物質至摻雜物質(或晶體原子)之使摻雜物質鈍化之鍵結能適當地且儘可能永久地中斷，則需要輸送且施加能量。於此，在步驟 B 中藉由在摻雜的功能層中產生電流來施加能量。這在此處以及下文中稱為”電性驅動”。在電性驅動時，至少該摻雜的功能層在電性上可連接至外部的電流源。此外，一種在步驟 A 中半導體層序列已被製成之光電半導體晶片可於一特定的期間受到電性驅動，即，連接至外部的電流源或電壓源。光電半導體晶片因此可存在於晶圓複合物中，使多個光電半導體晶片或半導體層序列可同時被驅動。或是，在步驟 A 中對半導體晶片進行劃分且因此使半導體晶片由晶圓複合物中脫離，以使半導體晶片各別地且與晶圓複合物之其它半導體晶片獨立地被驅動。就以下所述之所需的電流密度而言，在已劃分之半導體層序列或光電半導體晶片進行電性驅動時是有利的，此乃因在較大的晶圓上標示(scaling)此方法在技術上只能有限地達成。

或是，藉由外部之適當的繞組配置以無接觸的感應方式來產生電流。於此，至少在摻雜的功能層中或另外在半導體層序列之其它層中在與該摻雜的功能層之延伸面平行的面中在垂直於半導體層序列之生長方向中且因此垂直於半

導體晶片之與驅動有關的電流方向中產生一種迴路電流或多個迴路電流。

步驟 A 中例如若在電性絕緣的藍寶石基板上形成半導體層序列以作為生長基板，則在將半導體層序列鍵結至導電的載體基板且將該生長基板去除之後藉由電性終端來進行電性驅動。或是，在可能不再需要的鍵結步驟之前可藉由感應來進行電性驅動。

在藉由電性終端和感應來作電性驅動時，可觀看到所需的操作電壓持續地下降至一最小值，其永久地保持著。於是，所產生的電流密度可大於或等於 50 A/cm^2 ，其中較大的電流密度可使驅動加速。

此外，特別有利的是除了產生電流以外亦可供應一種熱能，使半導體層序列或光電半導體晶片(至少是該摻雜的功能層)之溫度提高。該摻雜的功能層之溫度應大於或等於 80°C 且特別是應大於或等於 100°C 。此外，在此種溫度時所產生的電流密度大於或等於 10 A/cm^2 。在與習知之驅動方法比較下，此處所述之驅動方法中的溫度小於或等於 400°C 且較佳是小於或等於 300°C 。隨著溫度的升高，該驅動幾乎成指數地加速，這樣同時可達成所需之較小的電流密度。藉由測量來確定：在大約 300°C 時例如在 1 分鐘之後在操作電壓下降時可達成一種飽和。驅動時所需的時間必須很準確，即，特別是不可選擇成太長，否則會由於半導體層序列之老化而使發光量進一步下降。當然，會造成一種參數

空間，其中可很慢才設定該老化且該老化所持續的速率較該操作電壓之位準已下降時所發生的飽和還慢。特別是驅動時所需的時間在電性驅動時以及下述之其它方式的驅動過程中都是小於或等於 10 分鐘，且特別是小於或等於 5 分鐘。

熱能可藉由外部的熱源(大致上是加熱器)來提供。或是，熱能亦可藉由所產生的電流本身由於歐姆損耗來提供。由所施加的熱能所產生的高溫之影響以及所產生的電流的組合，則可使共摻雜物質(例如，上述之氫)分佈在周圍，以使原來的摻雜物質(例如，上述之鎂)活性化。

或是，除了產生電流及/或施加熱能以外，在步驟 B 中亦可藉由入射該電磁輻射來施加能量。這在此處以及下文中稱為”電磁驅動”。電磁驅動可表示：步驟 A 中所形成的半導體層序列可以電磁輻射來照射，此電磁輻射是與半導體層序列之摻雜的功能層及/或其它層之吸收波長或吸收頻帶共振或未共振。

藉由電磁輻射之照射，則可產生額外的電荷載體，其在與上述電性驅動相結合下可產生較大的感應電流，這在摻雜的功能層中本質上只存在很少的電荷載體或未存在自由的電荷載體時特別有利。此外，在共振式照射時電荷載體可在進行驅動的層(即，摻雜的功能層)中被激發。又，摻雜的功能層只有藉由電磁驅動才可被驅動。

入射的電磁輻射之頻率決定了電磁輻射之形式。在使用

一種波長大於或等於 1 毫米且小於或等於 1 米(或頻率大約是 300MHz 至 300GHz)之微波輻射時，此種驅動在典型的半導體材料中通常不會發生共振。於此，能量傳送至原子鍵結區可另外藉由微粒(Rotonen)及/或光子(Phononen)的激發來達成。光子在摻雜的功能層中可具有數個 10 meV 之激發能量。微粒可具有小於 1 meV 至數個毫電子伏特之激發能量。微粒可包括原子或複合物(例如，激子(Exzitonen))之固有轉動微粒。在使用所謂億萬(10^{12})赫之電磁輻射(即，波長大於或等於 100 微米且小於或等於 1 微米或頻率 300 GHz 至 3 THz 之電磁輻射)時，在一般的半導體材料中通常會發生共振式驅動，此時會直接產生晶格振動(Phononen)。

各種處理條件例如包括頻率、功率、大氣、時間、額外的受子(Susceprtor)，其中受子可吸收電磁輻射。這些處理條件定義了電磁驅動之程度和結果。電磁驅動特別是亦可藉由共振式和非共振式之驅動來達成。例如，對由 p-GaN 構成之埋入之摻雜的功能層而言，入射的電磁輻射之頻率在功率是 100 至 4000 瓦時介於 5 和 10 GHz 之間。入射時間較佳是在 10 秒至 1 小時之間。爲了防止所謂”熱點以及所謂”電弧(即，局部過熱和火花放電)”，則亦可使頻率改變。此外，半導體層序列亦可相對於電磁輻射入射用的裝置而旋轉及/或平移或反之亦可。

由電磁輻射來進行的驅動提供了其它優點：主要是可用在晶片製程中。在傳統的熱驅動方法中，驅動步驟在晶片

製程中通常是第一步驟，此乃因如上所述此處通常需要很高的溫度，例如，大於 700°C ；此種高溫通常會損壞很多“後續組件”或“後續的層”，其在步驟 A 中在晶片製程時連續地施加在半導體層序列上。反之，將電磁輻射適當地入射至所使用的材料（例如，由 p-GaN 構成的摻雜的功能層）上，這樣可允許將此一步驟在稍後的時間點整合至製程中，此乃因可對電磁輻射之波特特性進行調整，使驅動能量可準確地被選取且幾乎只有在其“被引入”之處入射，即，入射至待驅動之摻雜物質-共摻雜物質或摻雜物質-共摻雜物質-半導體晶體-鍵結複合物。因此，就單一過程之可能的順序而言可在設計上和所謂晶片-流中達成更多的自由度。又，可使驅動效率提高，這例如藉由“平台-蝕刻之後進行驅動”來達成。進行驅動時之時間點是指：藉由所產生的平台組而存在大的敞開之晶體-面且因此可使共摻雜物質較佳地向外輸送。

步驟 A 中已形成的半導體層序列或光電半導體晶片亦可具有多個（即，至少二個）直接相鄰而配置的摻雜的功能層或多個摻雜的功能層（其間配置著其它的功能層）。多個摻雜的功能層之驅動在步驟 B 中同時進行。或是，每一摻雜的功能層分別在一種針對上述驅動時之參數來調整的步驟 B 中被驅動。

共摻雜物質之局部鍵結狀態之變化的證明可以不同方式來達成或進行。一特別敏感的方法是旋轉共振，如文件

Zvanut et al., APL 95, 1884 (2004)中所描述者，其已揭示的內容藉由參考而收納於此處。共摻雜物質之已變化的鍵結可在鍵結環境中有效地使待觀看的電荷載體之 g -因數發生變化，其中 g -因數是所謂回轉磁因數或所謂藍地(Lande)因數。已發生變化之 g -因數表現在已改變的共振頻率中。

又，共摻雜物質之鍵結狀態亦可直接經由其在晶格中特有的振盪頻率來證明。因此，GaN 中例如 Mg-H 和 N-H 依據其在晶格中之位置和鍵結狀態而具有振動模式，其能量介於 2000 和 4000 波數之間，這可藉由拉慢(Raman)光譜儀和紅外線(傅立葉)光譜儀來證明，如 Neugebauer and van de Walle, PRL 75, 4452 (1995), Van de Walle, Phys. Rev. B 56, 10020 (1997), Kaschner et al., APL 74, 328 (1999), Harima et al., APL 75, 1383, (1999) AND Cusco et al., APL 84, 897 (2004)中所描述者，其已揭示的內容藉由參考而收納於此處。

本發明之其它優點和有利的實施形式描述在以下之第 1A 圖至第 5 圖所示的實施例中。

【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，爲了清楚及/或更容易理解之故，各圖式的一些元件，例如，層、構件、組件和區域已在厚度或尺寸上予以放大地顯示出。

第 1A 圖至第 1D 圖顯示製造光電半導體晶片用之方法的步驟 A 之不同的實施例。於此，依據第 1A 圖至第 1D 圖，分別形成一種半導體層序列 100，200，300 或 400，其具有至少一基板 1、一摻雜的功能層 7、一活性區 8 和另一功能層 9。爲了達成電性接觸，須在該基板 1 之遠離該摻雜的功能層 7 之一側上和各別的半導體層序列 100，200，300，400 之遠離該基板 1 之一表面上施加電極層 10，11，其可具有一種或多種金屬及 / 或一種或多種一般的透明之導電氧化物。各實施例之半導體層序列純粹以氮化物-化合物半導體-層序列來構成。或是，半導體層序列亦可具有上述其它之化合物半導體材料。

又，然後針對各別待製成的半導體晶片而形成應製成的半導體層序列 100，200，300，400，即，針對各別的層構造而對應於半導體晶片來製成半導體層序列。或是，亦可在步驟 A 中形成只有一部份已製成之半導體層序列，其至少具有該摻雜的功能層 7。又，步驟 A 中可在隨後將進行的切割步驟之前在晶圓複合物中形成半導體層序列。

以下的描述只限於 p-摻雜的該摻雜的功能層 7 以及其它的功能層，其以 n-或 p-導電方式來形成。或是，該摻雜的功能層 7 和其它功能層之極性可相反或其摻雜物質和可能存在的共摻雜物質之極性可相反。即，該摻雜的功能層 7 另外亦可以 n-摻雜來形成。

半導體層序列 100 之基板 1 在第 1A 圖中是生長基板，

其上在步驟 A 中以磊晶方式生長了多個層 7, 8, 9。生長方向在第 1A 圖中以及下述的第 1B 圖至第 1D 圖中都是以箭頭 99 來表示。

本實施例中，較佳是以一種 n-導電之基板作為生長基板。可能的 n-導電之基板例如可為 n-GaN, n-SiC, n-Si(111)。然而，亦可使用非導電之基板，例如，藍寶石，其中該電極層 10 配置在該基板 1 之面向各層 7, 8, 9 之此側上。

功能層 9 是 n-導電層，其由一種以矽來摻雜之氮化鎵層所形成。在該功能層 9 上生長一活性層 8，其具有用來產生輻射之單一-或多重式量子井結構以作為活性區。此活性層 8 較佳是以 III-V-化合物半導體材料系統 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ，其中 $0 \leq y \leq 1$ 為主且具有交替配置之光學活性層和位障層。該活性層 8 較佳是用來產生紫外線、藍色、藍-綠、黃色或紅色光譜區之電磁輻射，其中所發出的電磁輻射之波長可藉由活性層 8 之組合和構造來調整。活性層 8 中之銦濃度較佳是介於 10 和 60% 之間。

在該活性層 8 上生長該摻雜的功能層 7，其具有 GaN 或 AlGaN 以作為半導體材料且具有鎂以作為 p-摻雜物質以及具有氫以作為共摻雜物質，以便在晶體生長時不會由於加入摻雜物質而使半導體材料之晶體品質劣化(大致上是由於形成了本質缺陷所造成)。該摻雜物質和共摻雜物質形成了鍵結複合物，這樣可使該摻雜物質所產生之自由電荷載體受到補償且半導體晶體之電中性又可至少部份地形成。

就此配置而言，半導體層序列 100 之構造對應於基板 1 和活性層 8 之間的 n-導電之功能層 9 以及傳統之發光二極體(LED)之在生長方向 99 中形成在該活性層 8 上之 p-導電之摻雜的功能層 7，且此構造亦可具有其它的功能層，例如，緩衝層、位障層及/或擴散位障層，這些層爲了清楚之故未顯示在圖中。

第 1B 圖之另一實施例之半導體層序列 200 在與半導體層序列 100 比較下具有相反的極性，其中 p-導電之摻雜的功能層 7 形成在該生長基板 1 和活性層 8 之間，且另一 n-導電之功能層 9 在生長方向 99 中形成在活性層 8 上。層 7，8，9 之各別的層成份對應於先前的實施例。

此外，半導體層序列 200 在基板 1 和 p-導電之摻雜的功能層 7 之間具有一種由矽摻雜之 GaN 所構成的另一 n-導電之功能層 2，其中該基板 1 形成爲 n-導電之生長基板。爲了將該 p-導電之摻雜的功能層 7 有效地在電性上連接至該另一 n-導電之功能層 2，則在此二層之間須形成一種穿隧接面 3，其具有高摻雜之 n-導電之穿隧接面層 4、擴散位障層 5 和高摻雜之 p-導電之穿隧接面層 6。穿隧接面 3 因此就像上述方式一樣地構成，其中 p-導電之穿隧接面層 6 就像 p-導電之摻雜之功能層 7 一樣具有鎂(作爲摻雜物質)和氫(作爲共摻雜物質)。因此，高摻雜之 p-導電之穿隧接面層 6 就像摻雜的功能層 7 一樣形成爲待驅動之摻雜的功能層。

相對於第 1A 圖之實施例之半導體層序列 100 而言，半導體層序列中摻雜的功能層 6 和 7 形成爲所謂埋入之摻雜的功能層，其配置在其它的功能半導體層之間。層 6 和 7 藉由習知之驅動方法將共摻雜物質驅出所進行之驅動因此不能用於半導體層序列 200 中。

半導體層序列 200 可在基板 1 和功能層 2 之間具有像緩衝層之類的其它功能層(未顯示)及/或在摻雜的功能層 7 和活性層 8 之間具有一擴散位障層。

第 1C 圖中顯示一以薄膜-半導體晶片來構成的半導體層序列 300，其同樣具有一埋入的摻雜之功能層 7。層 7，8 和 9 對應於第 1A 圖之層 7，8 和 9，其中在一生長基板(例如，藍寶石)上進行生長之後各層藉由鍵結(Umbonden)而轉印至載體基板 1 上。生長方向 99 因此顯示在載體基板 1 之方向中。該生長基板在鍵結之後去除。半導體層序列 300 在載體基板 1 和 p-導電之摻雜的功能層 7 之間可具有其它的功能層(例如，反射層)及/或具有薄膜-半導體晶片之其它特徵。藉由鍵結，則該摻雜之功能層 7 同樣能以埋入層而存在著，其藉由習知之以共摻雜物質之驅出爲主之驅動方法在鍵結之後可未被驅動。在習知的驅動方法中，該驅動較佳是在該鍵結之前該摻雜的功能層 7 仍露出時進行。

除了在載體基板上製成薄膜-半導體晶片以外，在基板 1 和活性層 8 之間亦可藉由磊晶生長而在 p-導電之生長基板上形成各層 7，8 和 9 之層序列，其包括摻雜之功能層 7。

在此種情況下，p-導電之基板例如可由 p-GaN, p-SiC 或 p-Si(111)所構成，其中該生長方向 99 是離開該基板 1 之方向。

第 1D 圖中顯示半導體層序列 400，其具有一種和第 1B 圖成相反的構造且另外形成爲堆疊式構造，其具有另一活性層 8'。摻雜的功能層 7' 因此對應於摻雜的功能層 7。

其它的功能層 3' 和 9' 對應於層 3 和 9，其中穿隧接面 3' 就像穿隧接面 3 一樣具有第 1B 圖所示之穿隧接面層 4, 6 和擴散位障層 5(未顯示)。

在先前以及以下各實施例所述的驅動方法之下一步驟 B 中，在製程中依據步驟 B 來進行驅動時的時間點是與各別的半導體層序列之形成和製程無關。例如，依據第 1B 圖之半導體層序列 200 來顯示步驟 B 之實施例。

第 2 圖之實施例之步驟 B 中，摻雜的功能層 7 和高摻雜之 p-導電的穿隧接面層 6 藉由施加電能形式的能量而被驅動。於此，半導體層序列 200 連接至外部之電流-和電壓供應器 12。於是，本實施例中會在半導體層序列 200 中或特別是在摻雜的功能層 7 和高摻雜的 p-導電之穿隧接面層 6 中產生大約 50 A/cm^2 之電流密度。又，半導體層序列 200 藉由熱能 13 之供應而使其溫度大於一般的環境溫度和操作溫度。本實施例中，半導體層序列 200 藉由外部之加熱器(未顯示)而加熱到至少 80°C 之溫度。所提供的熱能之至少一部份亦可藉由所施加的電流之歐姆損耗來提供。

實驗上已顯示，所需的操作電壓連續地隨著時間而下降且達到一永久保持著的飽和值，該操作電壓是在上述條件下由操作該半導體層序列 200 的電流 - 和電壓供應器所提供。這表示：半導體層序列之電流 - 電壓 - 特性可藉由步驟 B 來改良且在步驟 B 之後可永久保持著。第 5 圖中顯示在特定的操作電流時所施加的操作電壓 U 之測量值 (任意單位) 相對於電性驅動之驅動時間 t (任意單位) 之關係。又，已確定的是：電流密度及 / 或溫度的提高可加速電壓的下降而達成飽和。

藉由半導體層序列 200 之上述驅動操作，則可在層 6，7 中使半導體層序列 200 製造時在步驟 A 中已形成的摻雜物質 - 共摻雜物質、和摻雜物質 - 共摻雜物質 - 半導體晶體 - 鍵結複合物中斷。相對於傳統之驅動方法而言，另外可達成的是：共摻雜物質的至少一部份在其它位置 (即，不是在摻雜物質上形成該鍵結複合物之位置) 上鍵結於該層 6 和 7 之半導體晶體中或沈積於中間柵格中。於是，在此處所示的電性驅動中不需將該共摻雜物質的至少一部份由半導體層序列中驅出，但在習知之熱驅動方法中這是必要的。

由於上述對步驟 B 中有利的電流密度，則所示之電性驅動可藉由來自外部之電流 - 和電壓供應器 12 所施加的電流而特別適用於已切割之半導體層序列，其具有至少一埋入之摻雜的功能層 7，其中傳統之驅動方法在技術上幾乎不可行或甚至不能進行。此外，使用此處所示的步驟 B 至晶

圓複合物中的半導體層序列是可能的。

然而，第 3 圖之實施例之步驟 B 特別適用於晶圓複合物中的半導體層序列或已切割的半導體層序列。於此，藉由裝置 14 而在半導體層序列 200 中或至少在摻雜的功能層 7 和同樣待驅動的高摻雜的 p-導電之穿隧接面層 6 中藉由感應而產生電流，且因此供應了能量而使具有摻雜物質和共摻雜物質之鍵結複合物中斷。感應裝置 14 在本實施例中例如藉由繞組來形成，其中每一種可在半導體層序列 200 中造成足夠的感應電流的裝置都很適合。

藉由裝置 14，則可利用各層 6 和 7 中的自由電荷載體來感應迴路電流，藉此來達成上述與第 2 圖有關之驅動作用。迴路電流是垂直於半導體層序列 200 之功能層之生長方向 99 且平行於延伸方向而產生。此外，外部加熱器(未顯示)及/或迴路電流之歐姆損耗形式之熱能都可供應至半導體層序列 200。

又，第 3 圖之實施形式中該半導體層序列 200 是以電磁輻射 15 來照射，此電磁輻射 15 是與功能層且特別是與待驅動之層 6 和 7 之吸收波長共振或未共振。藉由電磁輻射 15 之入射，則可產生額外的電荷載體，其可使感應的迴路電流達成更大的電流強度。這在本質上在步驟 A 之後在待驅動的層 6 和 7 中只存在很少的電荷載體或未具有自由電荷載體時特別有利。特別是在共振地照射時，可適當地在待驅動的層 6 和 7 中激發其它的自由電荷載體，這樣可使

驅動的效率提高。

如第 4 圖中步驟 B 之另一實施例所示，該驅動是使具有摻雜物質和共摻雜物質之複合物中斷，此種驅動亦只能藉由供應電磁輻射 15 形式的能量來進行。電磁輻射 15 之頻率因此決定了該驅動的形式。在使用微波輻射時，電磁驅動以非共振方式來進行，在使用億萬赫的輻射時，則屬一種共振式的電磁驅動。製程上的條件例如包括電磁輻射之頻率、功率、時間及/或其它的吸收中心，這些條件界定了該驅動的程度和結果。在非共振的情況下，能量另外藉由微粒和光子的激發而傳送至原子鍵結區。在共振的情況下，直接產生晶格振動(Phononen)，其可使具有摻雜物質和共摻雜物質之鍵結複合物中斷。

第 3 圖和第 4 圖之步驟 B 可有利地在半導體晶片之製程中用在晶圓平面上的晶片製造中或用在切割之後，此乃因其可以無接觸的方式來進行，且就像第 2 圖之實施例中的步驟 B 一樣不需要一敞開之待驅動的摻雜的功能層 7。因此，在設計時有更多的自由度且因此在單一過程之可能的順序中可達成上述之晶片-流。此外，例如可藉由平台蝕刻後才進行該驅動而使驅動效率提高，因此出現一種較大的敞開之半導體晶體表面，且該共摻雜物質之至少一部份亦可向外輸送。

步驟 B 之此處所述的實施例以及一般部份之其它實施形式可相組合或依序用於各別之待驅動之層中，亦可用於半

導體層序列內部中多個待驅動之層中。

若需要，則在步驟 B 之後亦可進行其它習知的步驟以製成具有受驅動之半導體層序列之半導體晶片。

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屬本發明。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖至第 1D 圖顯示不同實施例中製造光電半導體晶片用之方法的各步驟。

第 2 圖至第 4 圖顯示其它實施例中製造光電半導體晶片用之方法的各步驟。

第 5 圖顯示該操作電壓之測量值相對於驅動時間的關係。

【主要元件符號說明】

1	基板
2	功能層
3	穿隧接面
4	穿隧接面層
5	擴散位障層
6	穿隧接面層
7	摻雜的功能層

8	活 性 層
9	功 能 層
10	電 極 層
11	電 極 層
12	電 流 - 和 電 壓 供 應 器
13	熱 能
14	感 應 裝 置
15	電 磁 輻 射
100、200、300、400	半 導 體 層 序 列

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 98137382

(2010.01)

※申請日： 98.11.4

※IPC 分類： H01L 33/26
H01S 5/34 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光電半導體晶片之製造方法及光電半導體晶片

METHOD FOR THE PRODUCTION OF AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR
CHIP AND OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

二、中文發明摘要：

一種光電半導體晶片之製造方法，包括以下各步驟：

A) 形成一具有至少一摻雜的功能層(7)之半導體層序列(200)，其鍵結複合物具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，

B) 藉由能量之施加使鍵結複合物中斷來驅動該摻雜物質，此時該共摻雜物質之至少一部份保留在該半導體層序列(200)中且至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。

此外，本發明提供一種光電半導體晶片。

三、英文發明摘要：

A method for the production of an optoelectronic semiconductor chip with the following steps is given:

- A) Forming a semiconductor layer sequence (200) with at least one doped functional layer (7), which has a bonding complex with at least one dopant and at least one co-dopant, where one selected from the dopant and the co-dopant is electron acceptor and the other is electron donator,
- B) Activation of the dopant by breaking the bonding complex by means of applying an energy, where the co-dopant remains at least partially in the semiconductor layer sequence (200) and does not form at least partially a bonding complex with the dopant.

In addition, an optoelectronic semiconductor chip is given.

七、申請專利範圍：

1.一種光電半導體晶片之製造方法，包括以下各步驟：

A) 形成一具有至少一摻雜的功能層(7)之半導體層序列(200)，其鍵結複合物具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，

B) 藉由能量之施加使鍵結複合物中斷來驅動該摻雜物質，此時該共摻雜物質之至少一部份保留在該半導體層序列(200)中且至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。

2.如申請專利範圍第 1 項之製造方法，其中該半導體層序列(200)在步驟 A 中形成，使該摻雜的功能層(7)配置在另二個功能層(2，8)之間。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項之製造方法，其中該半導體層序列(200)在步驟 A 中形成於晶圓複合物中且隨後被切割。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之製造方法，其中該摻雜物質具有鎂且該共摻雜物質具有氫。

5.如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之製造方法，其中在該步驟 B 中藉由電流的產生而將能量施加至該摻雜的功能層(7)中。

6.如申請專利範圍第 5 項之製造方法，其中該電流以無接觸方式藉由感應而產生。

- 7.如申請專利範圍第 5 項之製造方法，其中該電流藉由至少該摻雜的功能層(7)在電性上連接至外部的電流源(12)來提供。
- 8.如申請專利範圍第 5 至 7 項中任一項之製造方法，其中除了產生該電流以外亦提供一種熱能(13)。
- 9.如申請專利範圍第 8 項之製造方法，其中該熱能(13)之至少一部份是由該電流來提供。
- 10.如申請專利範圍第 1 至 9 項中任一項之製造方法，其中該步驟 B 中藉由電磁輻射(15)之照射來施加能量。
- 11.如申請專利範圍第 10 項之製造方法，其中該電磁輻射(15)之至少一部份是與該摻雜的功能層(7)之吸收波長共振。
- 12.如申請專利範圍第 10 或 11 項之製造方法，其中該電磁輻射(15)之至少一部份未與該摻雜的功能層(7)之吸收波長共振。
- 13.一種光電半導體晶片，包括半導體層序列(200)，其至少一摻雜之功能層(7)具有至少一摻雜物質和至少一共摻雜物質，其中
 - 該半導體層序列(200)具有一種包括晶格結構之半導體材料，
 - 由該摻雜物質和該共摻雜物質所選取之一是電子授體且另一是電子施體，
 - 該共摻雜物質鍵結至該半導體材料及/或配置在中間晶

格位置上，以及

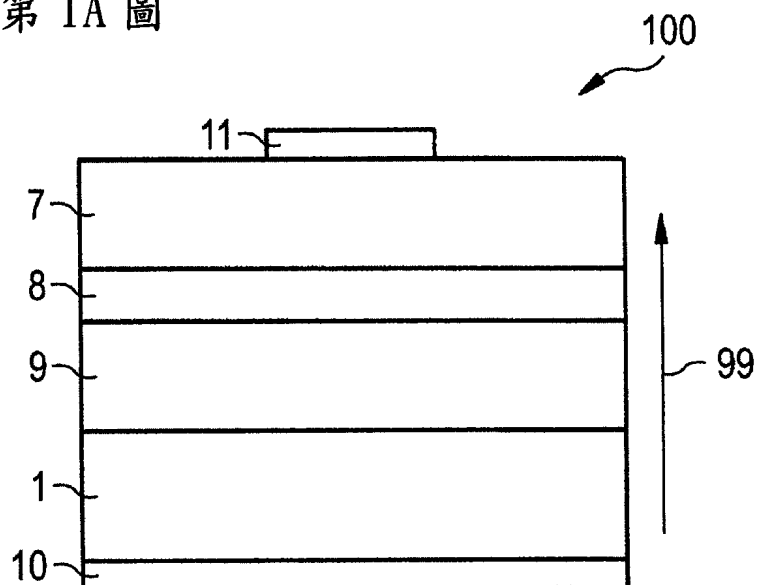
-該共摻雜物質之至少一部份未與該摻雜物質形成鍵結複合物。

14.如申請專利範圍第 13 項之光電半導體晶片，其中該摻雜的功能層(7)配置在另二個功能層(3，8)之間。

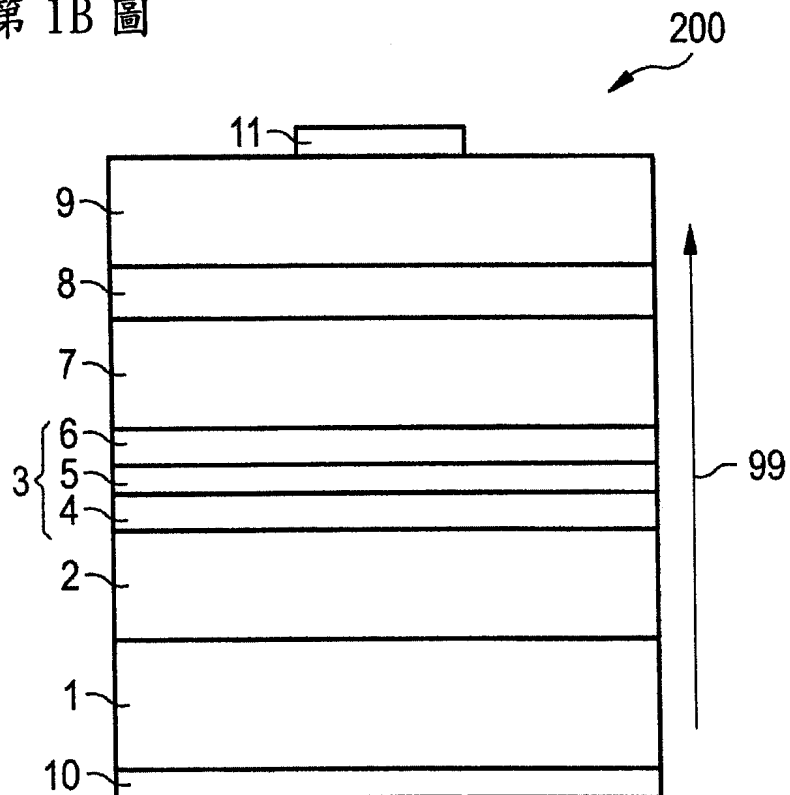
15.如申請專利範圍第 13 或 14 項之光電半導體晶片，其中該摻雜物質具有鎂且該共摻雜物質具有氫。

八、圖式：

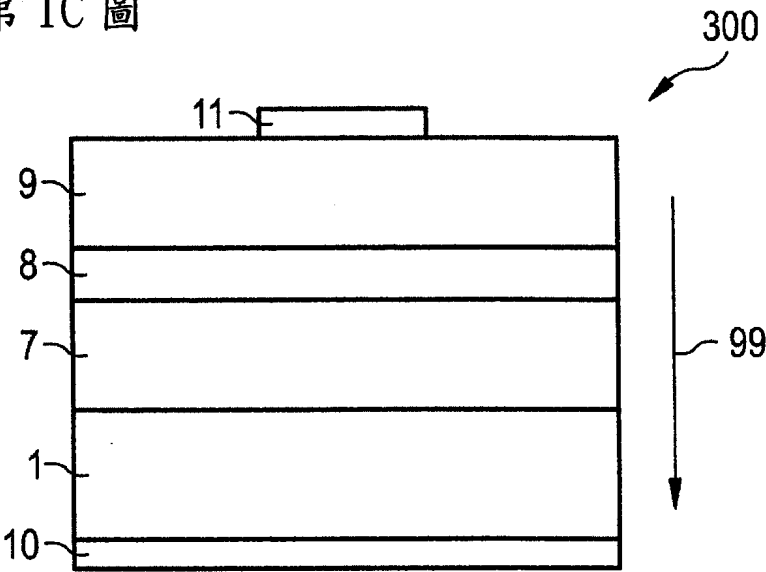
第 1A 圖



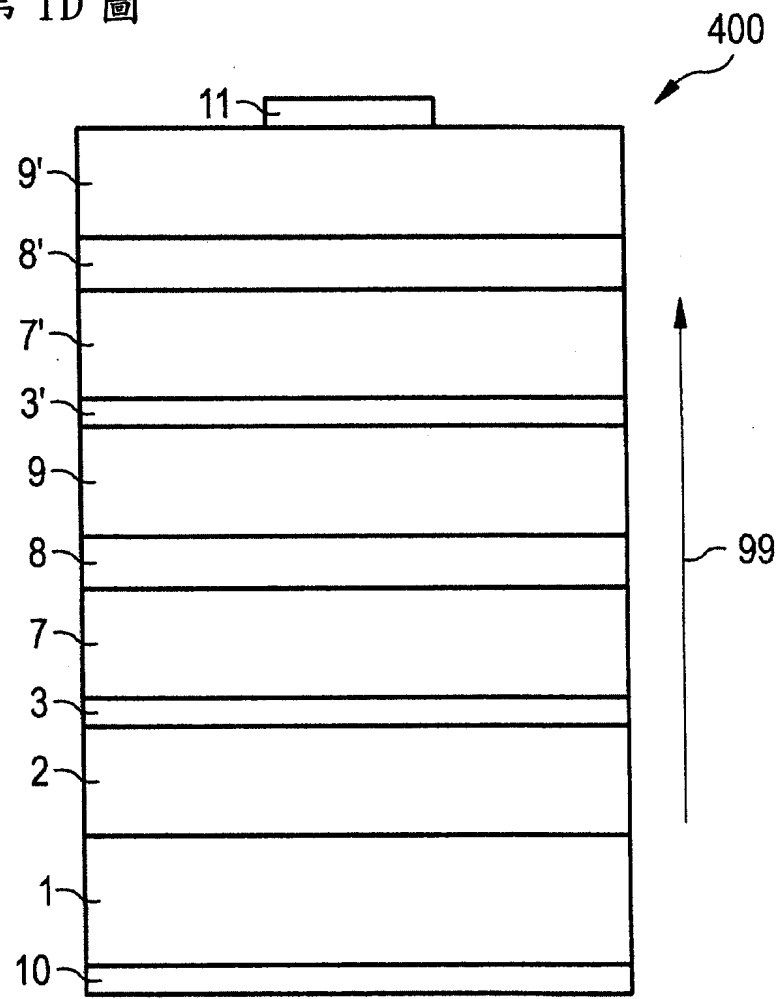
第 1B 圖



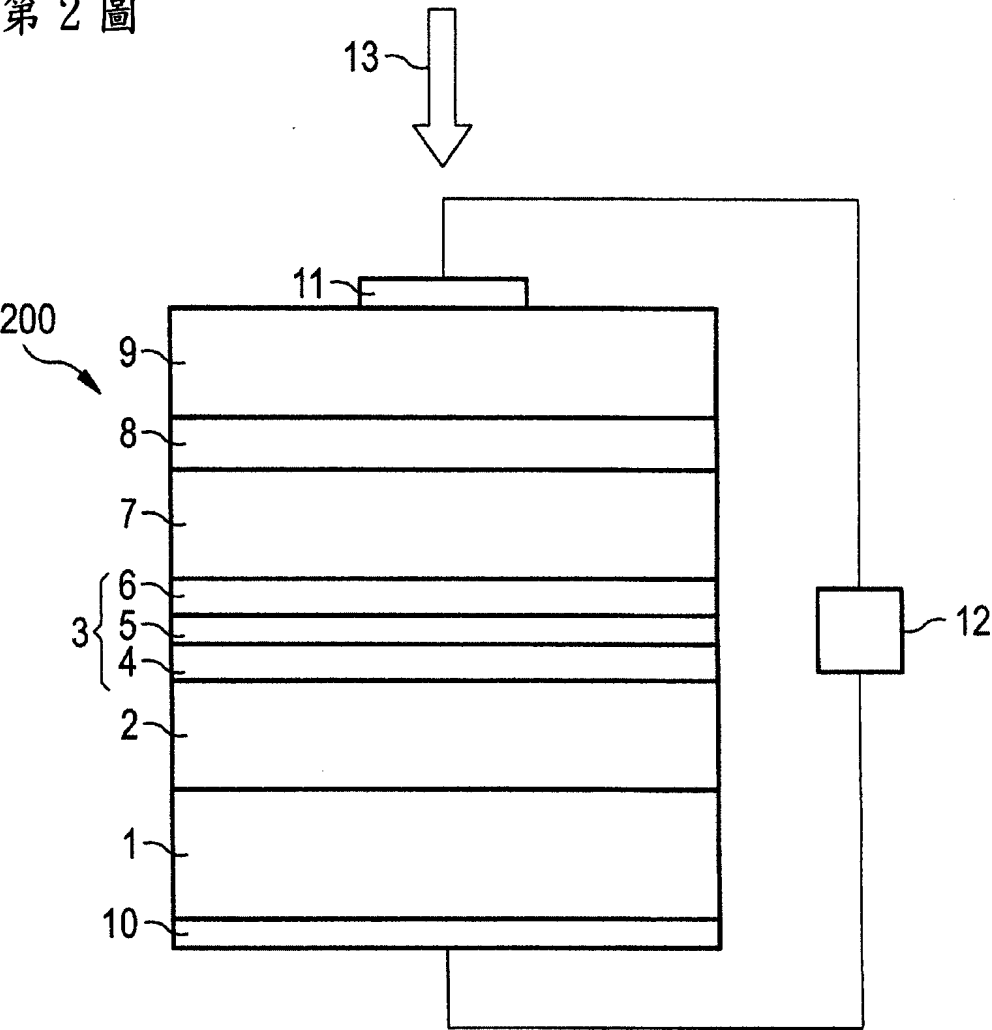
第 1C 圖



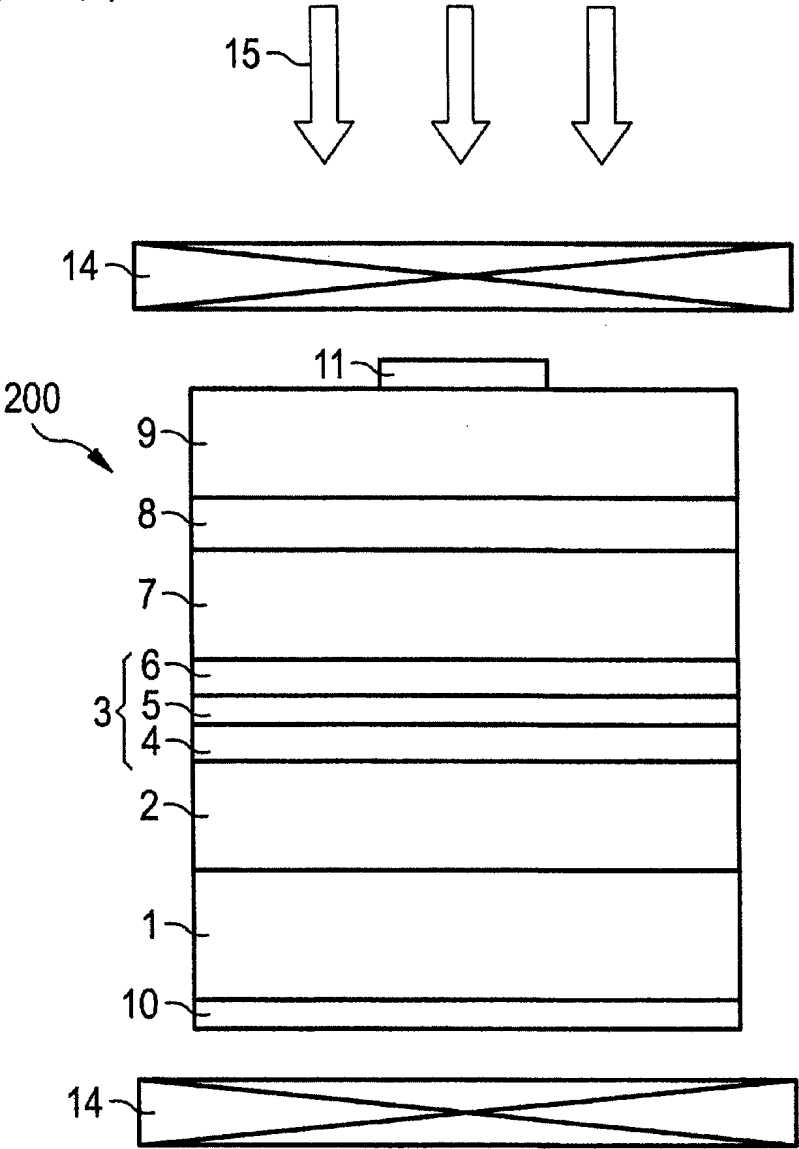
第 1D 圖



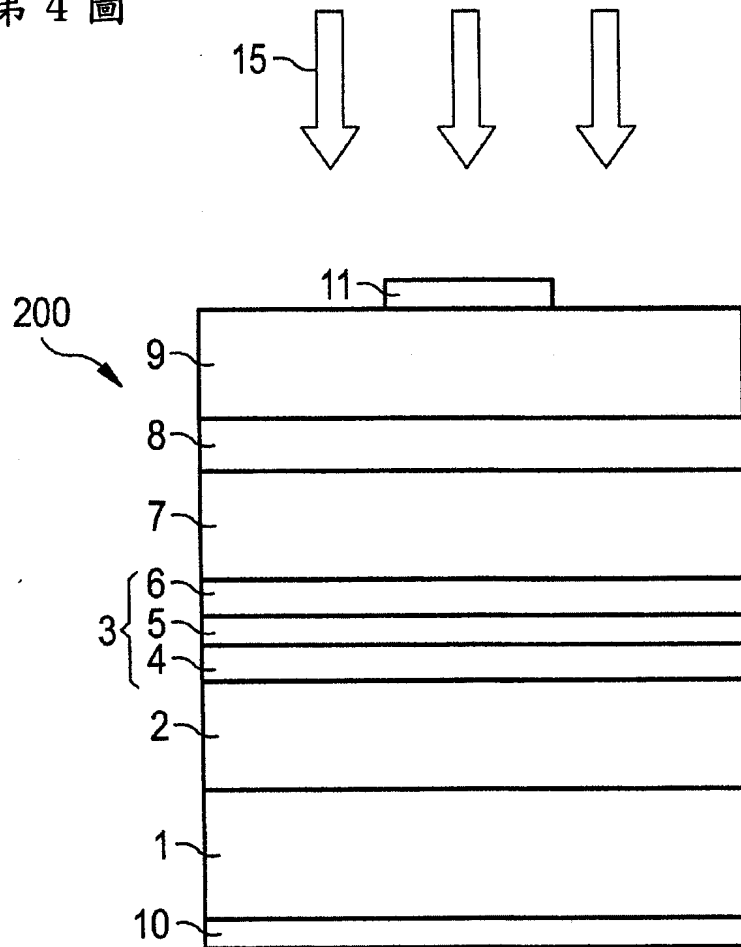
第 2 圖



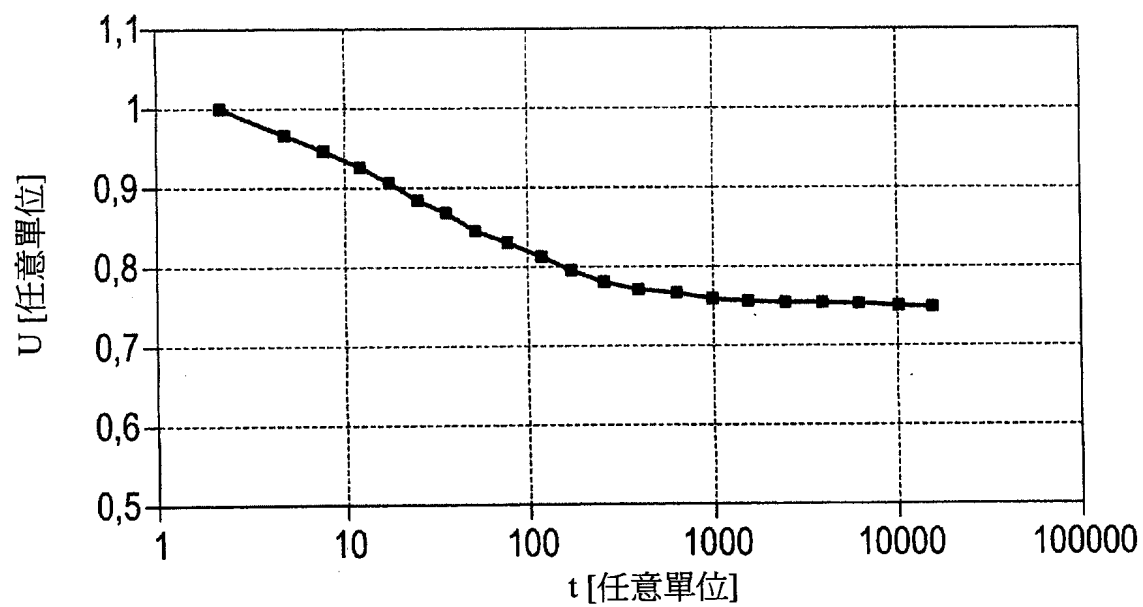
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



四、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：

- | | |
|-----|-------------|
| 1 | 基 板 |
| 2 | 功 能 層 |
| 3 | 穿 隧 接 面 |
| 4 | 穿 隧 接 面 層 |
| 5 | 擴 散 位 障 層 |
| 6 | 穿 隧 接 面 層 |
| 7 | 摻 雜 的 功 能 層 |
| 8 | 活 性 層 |
| 9 | 功 能 層 |
| 10 | 電 極 層 |
| 11 | 電 極 層 |
| 14 | 感 應 裝 置 |
| 15 | 電 磁 輻 射 |
| 200 | 半 導 體 層 序 列 |

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。