



(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 201324838 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100145456

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 09 日

(51)Int. Cl.：

*H01L33/00 (2010.01)*

*H01L33/10 (2010.01)*

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：盧廷昌 LU, TIEN CHANG (TW)；黃輝閔 HUANG, HUEI MIN (TW)；郭浩中 KU, HAO CHUNG (TW)；王興宗 WANG, SHING CHUNG (TW)

(74)代理人：黃孝惇

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：6 共 17 頁

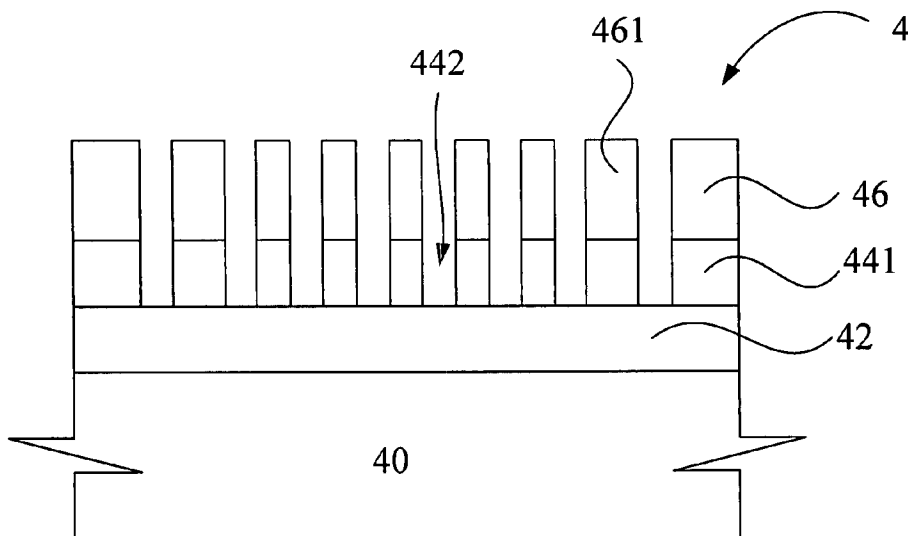
(54)名稱

具有空氣介質層之半導體光電元件及空氣介質層之製作方法

A SEMICONDUCTOR OPTICAL DEVICE HAVING AIR MEDIA LAYER AND THE METHOD FOR FORMING THE AIR MEDIA LAYER

(57)摘要

一種在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其步驟包含：提供一基板；在基板上形成氮化鎵薄膜；在氮化鎵薄膜上形成犧牲層；犧牲層上形成含氮化合物半導體層；將具有犧牲層之半導體光電元件之半成品浸泡在酸性溶液中以移除部份之犧牲層而在氮化鎵薄膜及含氮化合物半導體層之間殘留之犧牲層與四周之空間形成一空氣介質層。



4：半導體光學元件

40：基板

42：氮化鎵薄膜

46：含氮化合物半導體層

441：殘留之犧牲層

442：空氣介質層

461：微結構

# 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：

100145456

(2010.01)

※申請日：

100.12.09

※IPC分類：

H01L 33/00

(2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有空氣介質層之半導體光電元件及空氣介質層之製作方法/A semiconductor optical device having air media layer and the method for forming the air media layer

二、中文發明摘要：

一種在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其步驟包含：提供一基板；在基板上形成氮化鎵薄膜；在氮化鎵薄膜上形成犧牲層；犧牲層上形成含氮化合物半導體層；將具有犧牲層之半導體光電元件之半成品浸泡在酸性溶液中以移除部份之犧牲層而在氮化鎵薄膜及含氮化合物半導體層之間殘留之犧牲層與四周之空間形成一空氣介質層。

三、英文發明摘要：

A method for fabricating air media layer within the semiconductor optical device is provided. The step of method includes a substrate is provided, a GaN thin film is formed on the substrate, a sacrificial layer is formed on the GaN thin film, and a nitride-containing semiconductor layer is formed on the sacrificial layer. The semiconductor optical device is immersed with an acidic solution to remove the

portion of sacrificial layer to form an air media layer around the residual sacrificial layer.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 5 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

4 半導體光學元件

40 基板

42 氮化鎵薄膜

441 殘留之犧牲層

442 空氣介質層

46 含氮化合物半導體層

461 微結構

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

portion of sacrificial layer to form an air media layer around the residual sacrificial layer.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 5 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

4 半導體光學元件

40 基板

42 氮化鎵薄膜

441 殘留之犧牲層

442 空氣介質層

46 含氮化合物半導體層

461 微結構

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

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種氮化物半導體光電元件之製作方法，特別是有關於一種將空氣介質層形成於氮化物半導體光電元件中之製作方法。

### 【先前技術】

針對氮化物半導體嵌入空氣層介質之結構，藉由空氣介質低折射率的特性可將光場侷限於高折射率之半導體氮化物材料中。更進一步，於半導體氮化物材料介質中利用電子束微影在氮化物介質表面上定義出微結構，進而形成氮化物材料之微共振腔，預期藉由不同結構設計的氮化物結構來探討其光電特性。其中由於氮化物半導體的化學特性穩定，不易藉由濕式蝕刻的方式去除底部半導體材以形成懸空的氮化物半導體薄膜。於習知技術之製作方式中係利用不同的氮化物材料作為犧牲層材料，利用光電化學氧化蝕刻反應移除犧牲層的氮化物，但是光電化學氧化蝕刻反應之蝕刻速率以及均勻性不佳，容易造成試片表面以及接觸面的不平整，進而造成結構的缺陷或者是元件特性下降。

雖然氮化物與氮化物半導體材料兩者間的搭配係為眾所皆知，兩者之間的晶格常數接近，基本上是相當完美的搭配，但是異質磊晶的晶體品質仍是需要注意的，故在本發明中係針對如何成長出高品質的氮化物與氧化物異質結構以進行改良。

**【發明內容】**

根據習知技術之缺點，本發明係提出一種在半導體光電元件中形成空氣介質層的方法。

本發明主要目的是藉由空氣介質層與氮化物層所構成之三明治結構以提高半導體光電元件之效能。

本發明之另一目的係將半成品之半導體光電元件浸泡在酸性溶液中，以移除在氮化物結構上之犧牲層而形成一中空的空氣介質層在半導體光電元件中。

根據上述之目的，本發明提供一種在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其步驟包含：提供一基板；在基板上金屬有機氣相沉積法形成氮化鎵薄膜；在氮化鎵薄膜上以分子束磊晶法形成犧牲層；將具有犧牲層之半導體光電元件之半成品浸泡在酸性溶液中以移除部份之犧牲層而在氮化鎵薄膜及含氮化合物半導體層之間殘留之犧牲層與四周之空間形成一空氣介質層。

在本發明之一實施例中，上述之氮化鎵薄膜的形成方法係為金屬有機氣相沉積法。

在本發明之一實施例中，上述之犧牲層的形成方法係為分子束磊晶法。

在本發明之一實施例中，上述之形成犧牲層之溫度範圍為 500°C 至 700°C。

在本發明之一實施例中，上述之酸性溶液包括：硝酸或硝基鹽酸。

在本發明之一實施例中，上述之蝕刻以移除部份犧牲

層之步驟包括：在含氮化合物半導體層定義一微結構圖案；蝕刻以移除部份氮化合物半導體層以形成複數個微結構在含氮化合物半導體內；以及濕式蝕刻以移除部份犧牲層以形成空氣介質層在氮化鎵薄膜與含氮化合物半導體層之間。

在本發明之一實施例中，上述之定義該微結構圖案係包括電子束微影(E-beam lithography)。

在本發明之一實施例中，上述之蝕刻以移除部份氮化合物半導體層係包括感應耦合式蝕刻法(ICP-RIE, inductively coupled plasma reactive ion etching)。

在本發明之一實施例中，上述之在含氮化合物半導體層更形成一鍵結金屬層。

在本發明之一實施例中，上述之在鍵結金屬層上更形成另一基板。

另外，根據上述之製作方法，本發明還揭露一種具有空氣介質層之半導體光學元件，其包含：第一基板；氮化鎵薄膜設置在第一基板上；空氣介質層設置在氮化鎵薄膜上；以及含氮化合物半導體層設置在空氣介質層上，其中空氣介質層包含一犧牲層。

在本發明之一實施例中，上述之第一基板之材料為碳化矽(SiC)或藍寶石(Sapphire)。

在本發明之一實施例中，上述之在空氣介質層中之犧牲層之結構為單一柱狀結構。

在本發明之一實施例中，上述之在含氮化合物半導體層內具有複數個微結構。

在本發明之一實施例中，上述之在含氮化合物半導體層內之複數個微結構係為不規則方式排列之柱狀結構。

在本發明之一實施例中，上述之在含氮化合物半導體層內之複數個微結構係為陣列方式排列之柱狀結構。

在本發明之一實施例中，上述之在含氮化合物半導體層之上更包含鍵結金屬層及第二基板。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

### 【實施方式】

本發明的一些實施例會詳細描述如下。然而，除了詳細描述外，本發明還可以廣泛地在其他的實施例施行，且本發明的範圍不受限定，其以之後的專利範圍為準。

請參考第 1 圖。第 1 圖係表示半導體光學元件之截面示意圖。

在第 1 圖中，其結構包括：一基板 10，一氮化鎵薄膜 12 在基板 10 上，一犧牲層 14 在氮化鎵薄膜 12 上以及一含氮化合物半導體層 16 在犧牲層 14 上。其中，基板 10 的材料可以是藍寶石(sapphire)或是碳化矽(SiC, silicon carbide)。氮化鎵薄膜 12 係以金屬有機氣相沉積法(MOCVD)形成在基板 10 上。犧牲層 14 的材料係為氧化鋅(ZnO)，且以分子束磊晶成長的方式形成在氮化鎵薄膜 12 上，其形成溫度範圍為 500°C 至 700°C。含氮化合物半導體層 16 係以磊晶成長的方式形成在犧牲層 14 之上。



於第 1 圖所示，由於做為犧牲層 14 之氧化鋅是作為製作空氣介質層之前驅物，且由於氧化物半導體材料對於低酸鹼值(pH)之酸性溶液呈現蝕刻速率快速的特點，因此利用濕式蝕刻(wet etching)的方式，將上述之半導體光學元件之半成品浸泡在酸鹼值約為 1 之酸性溶液(未在圖中表示)中，藉由酸性溶液將部份的犧牲層 14 移除，使得殘留的犧牲層 141 形成在氮化鎵薄膜 12 與含氮化合物半導體層 16 之間，且所移除的犧牲層 14 的部份即在氮化鎵薄膜 12 與含氮化合物半導體層 16 之間形成一空氣介質層 142，如第 2 圖所示。由於空氣介質的低折射率之特性，可以將光侷限在氮化物結構，藉由濕式蝕刻可以改善習知技術中以光電化學蝕刻所造成的氮化鎵薄膜 14 表面以及接觸面的不平整現象，以提高半導體光學元件的發光效率。於本發明所揭露之實施例中，其酸性溶液包括硝酸或硝基鹽酸。

於第 3 圖所示本發明的另一實施例中，可以藉由控制半導體光學元件 2 之半成品浸泡於酸性溶液之時間，而可以形成如第 3 圖所示之殘留部份柱狀結構之犧牲層 241，而在氮化鎵薄膜 22 與含氮化合物半導體層 26 之間的空間則形成空氣介質層 242。

於第 4 圖中，本發明更揭露了一種在半導體光學元件 3 中形成空氣介質層的方式。在第 4 圖中，半導體光學元件 3 之結構與第 1 圖相同，在此不再加以陳述。要說明的是，在氮化鎵薄膜 32 與含氮化合物半導體層 361 之間的空氣介質層 342 之形成步驟包括：利用電子束微影(E-beam

lithography)在含氮化合物半導體層 36 上定義出微結構之圖案。接著利用感應耦合式蝕刻(ICP-RIE, inductively coupled plasma reactive ion etching)移除部份的含氮化合物半導體層 361，然後再將半導體光學元件 3 之半成品浸泡在酸性溶液中進行濕式蝕刻以移除犧牲層，使得殘留在氮化鎵薄膜 32 與含氮化合物半導體層 361 之間的犧牲層 341 形成一微結構，而被移除的犧牲層的空間則形成空氣介質層 342。

此外，如第 5 圖所示，本發明更揭露了一種在半導體光學元件 4 中將微共振腔結構形成氮化物與空氣介質層之間的方法。如第 5 圖所示，於本實施例中，其半導體光學元件 4 之半成品的結構包括基板 40、氮化鎵薄膜 42 設置在基板 40 上、犧牲層 441 設置在氮化鎵薄膜 42 上以及含氮化合物半導體層 46 設置在犧牲層 441 上。其形成方式與圖 1 所示之結構相同，於此不再加以陳述。要說明的是，利用電子束微影在含氮化合物半導體層上定義出微結構圖案，接著再利用感應耦合式蝕刻在含氮化合物半導體層內形成複數個微結構 461。然後，與前述相同，將此半導體光學元件之半成品浸泡在酸性溶液中，以移除部份的犧牲層 441，使得有部份的犧牲層 441 殘留在氮化鎵薄膜 42 與具有微結構 461 之含氮化合物半導體層 46 之間，而在犧牲層被移除的空間即為空氣介質層 442。於此實施例中，微結構 461 可稱為光晶體結構，其目的是做為共振腔，係提高光線在此半導體光學元件 4 中的共振次數，以增加半導體光學元件 4 之發光效率。於此實施例中，其微結構 461

的排列形狀可以是以陣列方式排列之柱狀形結構或是不規則排列之柱狀結構。

而以前述之第 1 圖所示之具有空氣介質層之半導體光學元件 1 為例，於含氮化合物半導體層 16 之上還可以形成鍵結金屬層(bonding metal layer)17 以及第二基板 18，如第 6 圖所示。其中鍵結金屬層 17 之材料可為鈦合金或鈹合金以及第二基板 18 之材料為矽基板、可撓性基板(flexible substrate)或是介電層基板(dielectric substrate)第二基板之使用有助於元件產生之熱導散進而有效提升光電元件特性，亦可提供光電元件與半導體相關應用之系統整合。

接著與第 1 圖所述之步驟相同，將此半導體光電元件 1 之半成品浸泡於酸性溶液中，以得到具有空氣介質層 142 之半導體光電元件 1。因此，根據以上所述，藉由空氣介質層與氮化物層所構成之三明治結構可以提高半導體光電元件之發光效能。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖係根據本發明所揭露之技術，表示半導體光學元件之截面示意圖；

第 2 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有空氣介

質層之半導體光學元件之截面示意圖；

第 3 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有空氣介質層之半導體光學元件之另一實施例之截面示意圖；

第 4 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有空氣介質層之半導體光學元件之又一實施例之截面示意圖；

第 5 圖係根據本發明所揭露之技術，表示具有共振腔結構之半導體光學元件之截面示意圖；以及

第 6 圖係根據本發明所揭露之技術，表示鍵結金屬層及另一基板之具有空氣介質層之半導體光學元件之截面示意圖。

**【主要元件符號說明】**

1、2、3、4 半導體光學元件

10、20、30、40 基板

12、22、32、42 氮化鎵薄膜

14 犧牲層

141、241、341、441 殘留之犧牲層

142、242、342、442 空氣介質層

16、26、46 含氮化合物半導體層

17 鍵結金屬層

18 第二基板

361 殘留之含氮化合物半導體層

461 微結構

## 七、申請專利範圍：

1. 一種在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，包含：
  - 提供一基板；
  - 形成一氮化鎵薄膜在該基板上；
  - 形成一犧牲層在該氮化鎵薄膜上；
  - 形成一含氮化合物半導體層在該犧牲層上；以及蝕刻以移除部份該犧牲層使得殘留之犧牲層與四周之空間構成之一空氣介質層在該氮化鎵薄膜及該含氮化合物半導體層之間。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中該氮化鎵薄膜的形成方法係為金屬有機氣相沉積法。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中該犧牲層的形成方法係為分子束磊晶法。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中形成該犧牲層之溫度範圍為 500°C 至 700 °C。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中蝕刻以移除該犧牲層之步驟包括：將該犧牲層浸泡於一酸鹼值約為 1 的酸性溶液中。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中該酸性溶液係由硝酸以及硝

基鹽酸等群組中所選出。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中蝕刻以移除部份該犧牲層之步驟包括：

於該含氮化合物半導體層上定義一微結構圖案；

蝕刻以移除部份該氮化合物半導體層以形成複數個微結構在該氮化合物半導體層內；以及

濕式蝕刻以移除部份該犧牲層以形成該空氣介質層在該氮化鎵薄膜與該含氮化合物半導體層之間。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中定義該微結構圖案係包括電子束微影(E-beam lithography)。

9. 如申請專利範圍第 7 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，其中蝕刻以移除部份該氮化合物半導體層係包括感應耦合式蝕刻法(ICP-RIE, inductively coupled plasma reactive ion etching)。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，更包含一鍵結金屬層形成在該含氮化合物半導體層上。

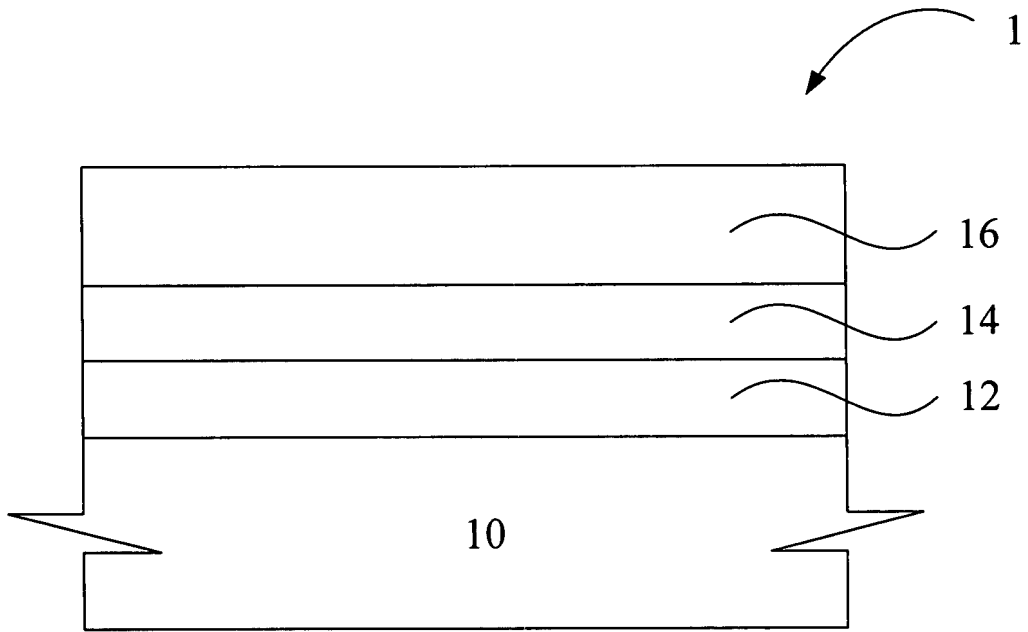
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之在半導體光電元件中製作空氣介質層的方法，更包含形成另一基板在該鍵結金屬層上。

12. 一種具有空氣介質層之半導體光學元件，包含：

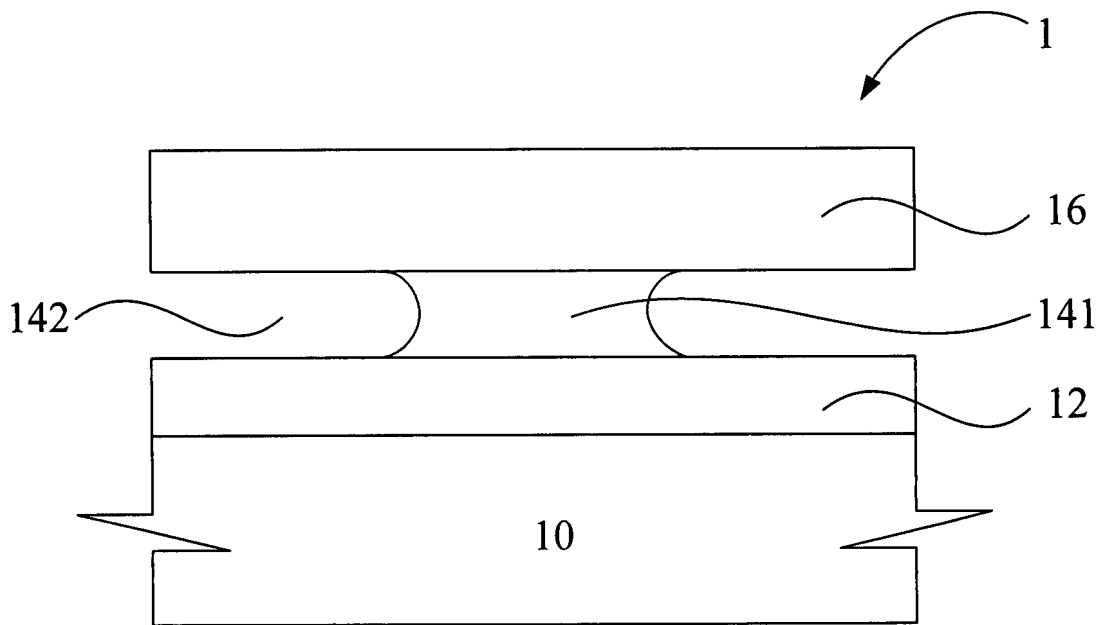
一第一基板；

- 一氮化鎵薄膜，設置在該第一基板上；
  - 一空氣介質層，設置在該氮化鎵薄膜上；
  - 一含氮化合物半導體層，設置在該空氣介質層上。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中該第一基板之材料為碳化矽(SiC)或藍寶石(Sapphire)。
  14. 如申請專利範圍第 12 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中該空氣介質層包含一犧牲層。
  15. 如申請專利範圍第 12 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中在該空氣介質層中之該犧牲層之結構為單一柱狀結構。
  16. 如申請專利範圍第 12 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中在該含氮化合物半導體層內具有複數個微結構。
  17. 如申請專利範圍第 16 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中該些微結構係為不規則方式排列之柱狀結構。
  18. 如申請專利範圍第 17 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中該些微結構係以陣列方式排列之柱狀結構。
  19. 如申請專利範圍第 12 項所述之具有空氣介質層之半導體光學元件，其中在該含氮化合物半導體層之上更包含一鍵結金屬層及一第二基板。

八、圖式：

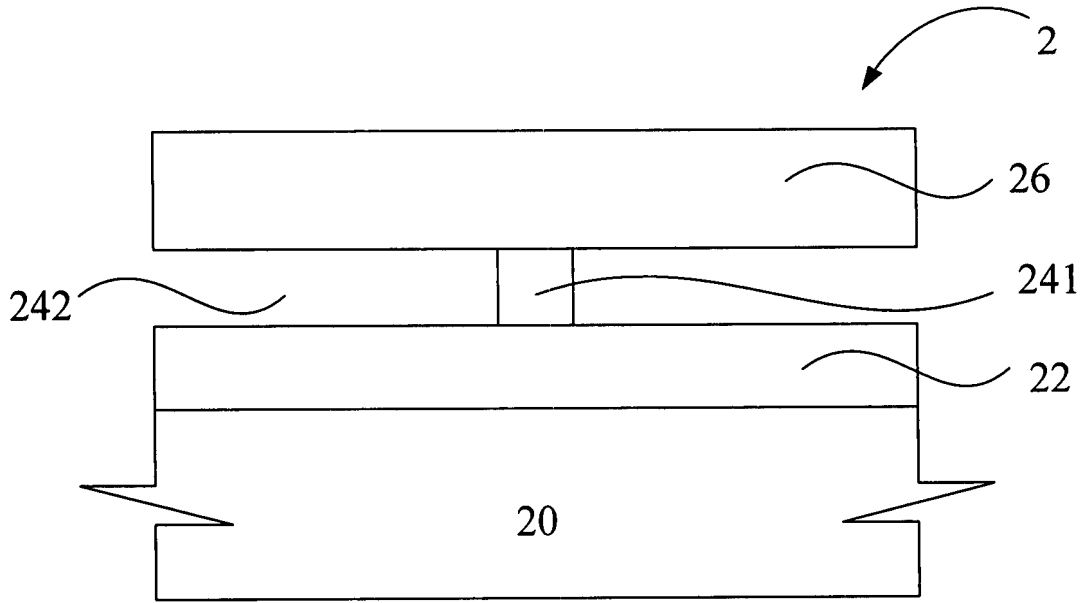


第 1 圖

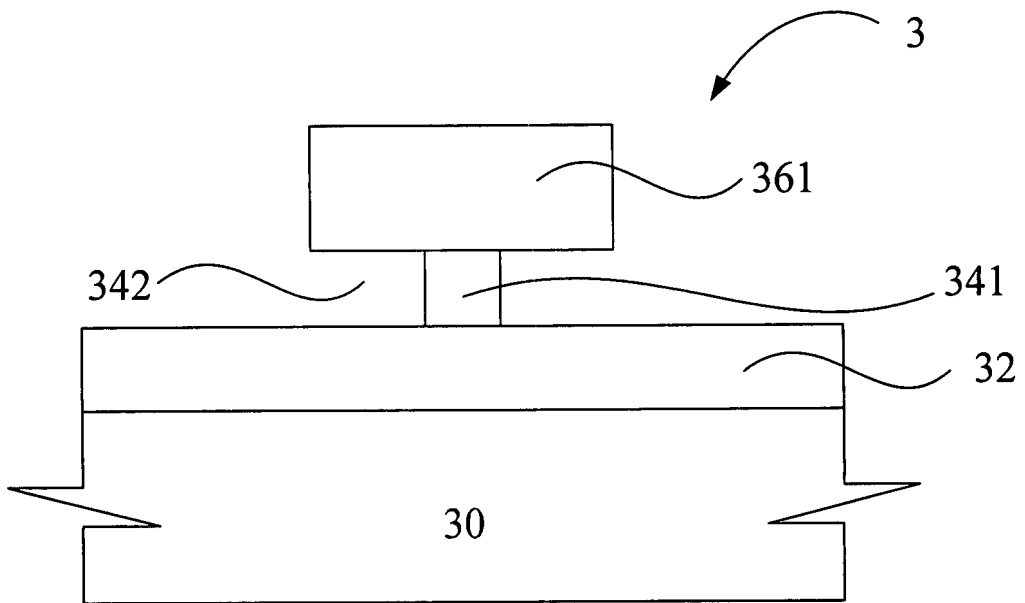


第 2 圖

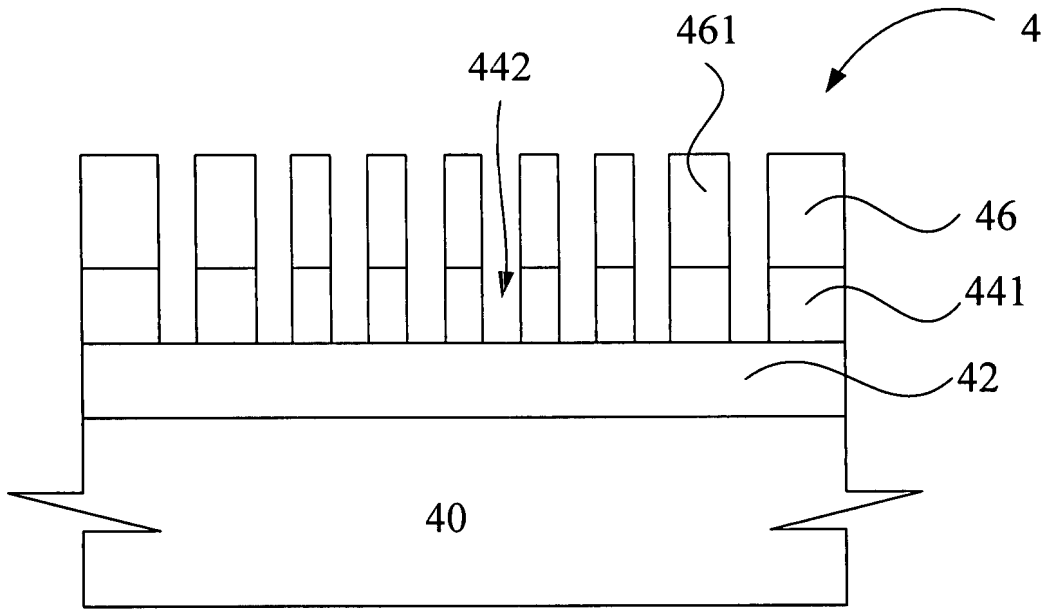




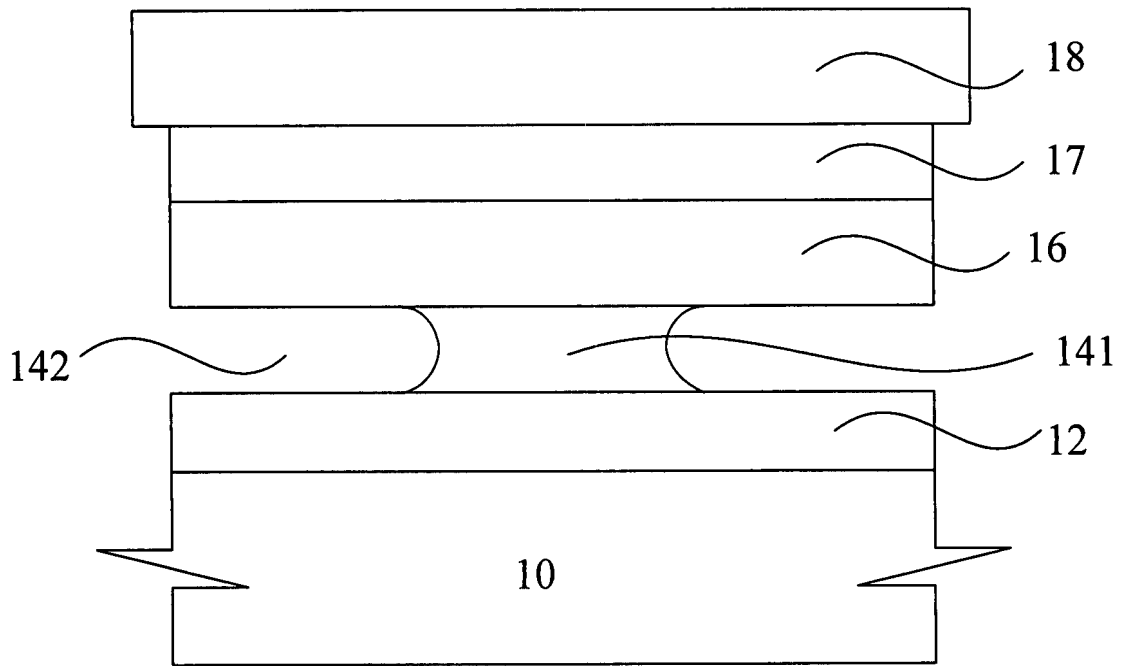
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖