

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-142473

(P2012-142473A)

(43) 公開日 平成24年7月26日(2012.7.26)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
 H O 1 L 33/10 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 3 0 5 F 0 4 1  
 5 F 1 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-291 (P2011-291)  
 (22) 出願日 平成23年1月5日(2011.1.5)

(71) 出願人 598061302  
 晶元光電股▲ふん▼有限公司  
 台湾新竹科学工業園區新竹市力行五路5號  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (74) 代理人 100091214  
 弁理士 大貫 進介  
 (74) 代理人 100107766  
 弁理士 伊東 忠重  
 (72) 発明者 デーシャン クオ  
 台湾 シンチュ・300 サイエンスーペ  
 ーロード・インダストリアル・パーク リー  
 シン・5ス・ロード 5

最終頁に続く

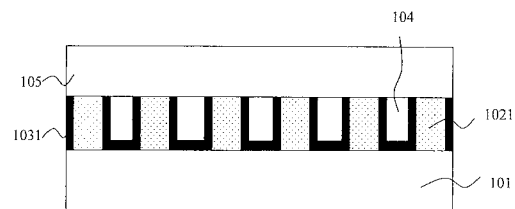
(54) 【発明の名称】 光電素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は光電素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】本発明による光電素子であって、表面を有し、表面と垂直する法線方向を含む基板と；基板の表面に位置して表面と接触し、基板の表面の一部を露出する複数の第一種結晶柱と；第一種結晶柱の側壁及び基板の露出表面に位置する第一保護層と；複数の第一種結晶柱の上に位置し、第一表面及び第一表面と相対する第二表面を有し、第一表面は複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層と；複数の第一種結晶柱、基板の表面及び第一緩衝層の第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造と、を含み、少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、幅は第一空洞構造における表面に平行する方向の最大寸法であり、高さは第一空洞構造における法線方向に平行する方向の最大寸法であり、高さとの比率は 1 / 5 ~ 3 の範囲にある。

【選択図】 図 1 D



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光電素子であって、  
 表面を有し、前記表面と垂直する法線方向を含む基板と、  
 前記基板の前記表面に位置して前記表面と接触し、前記基板の前記表面の一部を露出する複数の第一種結晶柱と、  
 前記第一種結晶柱の側壁及び前記基板の前記露出された表面に位置する第一保護層と、  
 前記複数の第一種結晶柱の上に位置し、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層と、  
 前記複数の第一種結晶柱、前記基板の前記表面及び前記第一緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造と、を含み、  
 前記少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、前記幅は前記第一空洞構造における前記表面に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは前記第一空洞構造における前記法線方向に平行する方向の最大寸法であり、前記高さと同前記幅の比率は  $1 / 5 \sim 3$  の範囲にあることを特徴とする光電素子。

10

## 【請求項 2】

光電素子であって、  
 表面を有し、前記表面と垂直する法線方向を含む基板と、  
 前記基板の前記表面に位置して前記表面と接触し、前記基板の前記表面の一部を露出する複数の第一種結晶柱と、  
 前記第一種結晶柱の側壁及び前記基板の前記露出された表面に位置する第一保護層と、  
 前記複数の第一種結晶柱の上に位置し、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層と、  
 前記複数の第一種結晶柱、前記基板の前記表面及び前記第一緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造と、を含み、  
 前記少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、前記幅は前記第一空洞構造における前記表面に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは前記第一空洞構造における前記法線方向に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは  $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$  の範囲にあり、及び / 又は前記幅は  $50 \text{nm} \sim 600 \text{nm}$  の範囲にあることを特徴とする光電素子。

20

## 【請求項 3】

前記光電素子は複数の前記第一空洞構造を有し、前記複数の第一空洞構造は互いに独立し、或いは相互連結され、或いは一つ又は複数のメッシュ状の第一空洞群を形成し、或いは規則的なアレイを形成し、かつ前記複数の第一空洞構造の平均間隔は  $100 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の範囲にあり、空洞隙率は  $5\% \sim 90\%$  の範囲にあることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光電素子。

30

## 【請求項 4】

更に、前記第一緩衝層の前記第二表面に形成された第一半導体層、能動層及び第二半導体層を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光電素子。

## 【請求項 5】

更に、  
 前記第一緩衝層の前記第二表面に位置し、前記第二表面の一部を露出する複数の第二種結晶柱と、  
 前記第二種結晶柱の側壁及び前記第一緩衝層の前記露出された第二表面に位置する第二保護層と、  
 前記複数の第二種結晶柱の上に位置し、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第二緩衝層と、  
 前記複数の第二種結晶柱、前記第一緩衝層の前記第二表面及び前記第二緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第二空洞構造と、を含み、  
 前記第二空洞構造は高さと同幅の比率は  $1 / 5 \sim 3$  の範囲にあり、前記高さは  $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$  の範囲にあり、及び / 又は前記幅は  $50 \text{nm} \sim 600 \text{nm}$  の範囲にあり、かつ前

40

50

記第一緩衝層又は前記第二緩衝層は不純物を添加していない層又は未混合層又は - n 型混合層であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光電素子。

【請求項 6】

前記光電素子は複数の前記第二空洞構造を有し、前記複数の第二空洞構造は互いに独立し、或いは相互連結され、或いは一つ又は複数のメッシュ状の第二空洞群を形成し、或いは規則的なアレイを形成し、かつ前記複数の第二空洞構造の平均間隔は  $100 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の範囲にあり、空洞隙率は  $5\% \sim 90\%$  の範囲にあり、前記第一空洞の体積は前記第二空洞の体積以上であることを特徴とする請求項 5 記載の光電素子。

【請求項 7】

前記第一保護層又は前記第二保護層の材料は、 $\text{SiO}_2$ 、HSQ(Hydrogen Silsesquioxane)又はMSQ(Methylsilsesquioxane)等のようなシルセスキオキサン(Silsesquioxane)を基材とする重合体であることを特徴とする請求項 5 記載の光電素子。

10

【請求項 8】

光電素子の製造方法であって、  
 表面を有し、前記表面と垂直する法線方向を含む基板を提供するステップと、  
 前記基板の前記表面に第一種結晶層を形成するステップと、  
 前記第一種結晶層をパターン化して、複数の第一種結晶柱を形成し、かつ前記基板の前記表面の一部を露出するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱の側壁及び前記基板の前記露出された表面に保護層を被覆するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱の上に、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層を形成するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱、前記基板の前記表面及び前記第一緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造を形成するステップと、を含み、  
 前記少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、前記幅は前記第一空洞構造における前記表面に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは前記第一空洞構造における前記法線方向に平行する方向の最大寸法であり、前記高さとは前記幅の比率は  $1/5 \sim 3$  の範囲にあることを特徴とする光電素子の製造方法。

20

【請求項 9】

光電素子の製造方法であって、  
 表面を有し、前記表面と垂直する法線方向を含む基板を提供するステップと、  
 前記基板の前記表面に第一種結晶層を形成するステップと、  
 前記第一種結晶層をパターン化して、複数の第一種結晶柱を形成し、かつ前記基板の前記表面の一部を露出するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱の側壁及び前記基板の前記露出された表面に保護層を被覆するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱の上に、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層を形成するステップと、  
 前記複数の第一種結晶柱、前記基板の前記表面及び前記第一緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造を形成するステップと、を含み、  
 前記少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、前記幅は前記第一空洞構造における前記表面に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは前記第一空洞構造における前記法線方向に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは  $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$  の範囲にあり、及び / 又は前記幅は  $50 \text{nm} \sim 600 \text{nm}$  の範囲にあることを特徴とする光電素子の製造方法。

30

40

【請求項 10】

前記第一種結晶層をパターン化するステップは、  
 前記第一種結晶層にエッチングレジスト層を形成するステップと、

50

前記エッチングレジスト層に金属薄膜層を形成するステップと、  
 前記金属薄膜層を複数の金属粒になるように加熱するステップと、  
 前記複数の金属粒をマスクとして、前記エッチングレジスト層に対し、パターンを形成するように異方性エッチングを行うステップと、  
 前記複数の金属粒を除去するステップと、  
 前記パターン化したエッチングレジスト層をマスクとして、前記第一種結晶層に対しドライエッチングを行うステップと、を含む  
 ことを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の光電素子の製造方法。

【請求項 1 1】

前記光電素子は複数の前記第一空洞構造を有し、前記複数の第一空洞構造は互いに独立し、或いは相互連結され、或いは一つ又は複数のメッシュ状の第一空洞群を形成し、或いは規則的なアレイを形成し、かつ前記複数の第一空洞構造の平均間隔は  $100 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の範囲にあり、空洞隙率は  $5\% \sim 90\%$  の範囲にあることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の光電素子の製造方法。

10

【請求項 1 2】

更に、前記第一緩衝層の前記第二表面に第一半導体層、能動層及び第二半導体層を形成するステップを含むことを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の光電素子の製造方法。

【請求項 1 3】

更に、  
 前記第一緩衝層の前記第二表面に前記第二表面の一部が露出されるよう複数の第二種結晶柱を形成するステップと、

20

前記第二種結晶柱の側壁及び前記第一緩衝層の前記露出された第二表面に第二保護層を被覆するステップと、

前記複数の第二種結晶柱の上に、第一表面及び前記第一表面と相対する第二表面を有し、前記第一表面は前記複数の第一種結晶柱と直接接触する第二緩衝層を形成するステップと、

前記複数の第二種結晶柱、前記第一緩衝層の前記第二表面及び前記第二緩衝層の前記第一表面の間に位置する少なくとも一つの第二空洞構造を形成するステップと、を含み、

前記少なくとも一つの第二空洞構造は幅と高さを有し、前記幅は前記第二空洞構造における前記表面に平行する方向の最大寸法であり、前記高さは前記第二空洞構造における前記法線方向に平行する方向の最大寸法であり、前記高さとの比率は  $1/5 \sim 3$  の範囲にあり、又は前記高さは  $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$  の範囲にあり、及び / 又は前記幅は  $50 \text{nm} \sim 600 \text{nm}$  の範囲にあり、かつ前記第一緩衝層又は前記第二緩衝層は不純物を添加していない層又は未混合層又は - n 型混合層であることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の光電素子の製造方法。

30

【請求項 1 4】

前記複数の第二空洞構造は互いに独立し、或いは相互連結され、或いは一つ又は複数のメッシュ状の第二空洞群を形成し、或いは規則的なアレイを形成し、かつ前記複数の第二空洞構造の平均間隔は  $100 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の範囲にあり、空洞隙率は  $5\% \sim 90\%$  の範囲にあり、前記第一空洞の体積は前記第二空洞の体積以上であることを特徴とする請求項 1 3 記載の光電素子の製造方法。

40

【請求項 1 5】

前記第一保護層又は前記第二保護層は、スピノンガラス塗布 (SOG, spin on glass coating) 方法によって形成されることを特徴とする請求項 1 3 記載の光電素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体層の中に形成された空洞構造を有する光電素子に関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

半導体素子の中、発光ダイオードは広い範囲で使用される光源である。従来の白熱電球又は蛍光灯管に比べ、発光ダイオードは節電及び耐用年数が高い特性を有するため、徐々に従来の光源に取って代わり、例えば交通信号灯、バックライトモジュール、街灯照明及び医療設備などの産業のような様々な分野に適用される。

## 【 0 0 0 3 】

発光ダイオード光源の適用と発展に伴い、輝度に対する要求も高まってきた。現在、この分野において、発光効率を増加して輝度を高めることが共に努める重要な課題になった。

## 【 発明の概要 】

10

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

本発明は光電素子及びその製造方法を提供する。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 5 】

本発明の光電素子であって、表面及び表面と垂直する法線方向を有する基板と；基板の表面に位置して表面と接触し、基板の表面の一部を露出する複数の第一種結晶柱と；第一種結晶柱の側壁及び基板の露出表面に位置する第一保護層と；複数の第一種結晶柱の上に位置し、第一表面及び第一表面と相対する第二表面を有し、第一表面は複数の第一種結晶柱と直接接触する第一緩衝層と；複数の第一種結晶柱、基板の表面及び第一緩衝層の第一表面の間に位置する少なくとも一つの第一空洞構造と、を含み、少なくとも一つの第一空洞構造は幅と高さを有し、幅は第一空洞構造における表面に平行する方向の最大寸法であり、高さは第一空洞構造における法線方向に平行する方向の最大寸法であり、高さとの比率は  $1 / 5 \sim 3$  の範囲にある。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 6 】

【 図 1 A 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 1 B 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 1 C 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 1 D 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

30

【 図 1 E 】 本発明の実施例により形成された第一孔洞の走査型電子顕微鏡 ( Scanning Electron Microscopy, SEM ) の図である。

【 図 1 F 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 2 】 本発明の光電半導体素子の断面図である。

【 図 3 A 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 3 B 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 3 C 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 3 D 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 3 E 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

【 図 3 F 】 本発明の実施例による光電素子の製造工程を示す図である。

40

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 0 7 】

本発明を更に詳しく、完全に説明するため、図 1 A 乃至図 3 を参照しながら下記のように説明する。

## 【 0 0 0 8 】

図 1 A ~ 図 1 F をもって、本発明による第一実施例の光電素子の製造方法を簡単に説明する。

図 1 A に示されているように、基板 1 0 1 の第一表面 1 0 1 1 に第一種結晶層 1 0 2 を成長させる。その内、基板は法線方向 N を有する。

## 【 0 0 0 9 】

50

続いて、図1Bに示されているように、第一種結晶層102をエッチングし、基板101の第一表面1011上に複数の第一種結晶柱1021を形成する。本実施例において、上述の第一種結晶柱1021は、電気化学エッチング、異方性エッチングを用い、例えば誘導結合プラズマ(inductive coupling plasma, ICP)によるドライエッチング或いは稀酸、水酸化カリウム又はリン酸、硫酸溶液などの単一溶液又は混合溶液によるウェットエッチングを用いて、少なくとも一つの空洞構造、例えば空洞(pore, void, bore)、ピンホール(pinhole)或いは少なくとも二つの空洞構造が相互連結されてメッシュ空洞構造(多孔質構造、porous structure)を含むように形成される。その形成方法の一つとして、本願の出願人の台湾特許出願099132135号を参考し、該出願の一部内容を引用した。

10

続いて、図1Cに示されているように、上記の第一種結晶柱1021の表面及び露出された基板の第一表面上に保護層103を被覆する。保護層103は、第一種結晶柱1021の側壁を被覆する第一保護層1031、第一種結晶柱1021の間にある露出された基板の第一表面1011上を被覆する第二保護層1032、第一種結晶柱1021の上面を被覆する第三保護層1033を含む。実施例において、保護層103はスピノングラス塗布(SOG, spin on glass coating)方法によって形成され、保護層103の材料はSiO<sub>2</sub>、HSQ(Hydrogen Silsesquioxane)及びMSQ(Methylsilsesquioxane)などのようなシルセスキオキサン(Silsesquioxane)を基材とする重合体である。

20

#### 【0010】

その後、上述の第三保護層1033を除去し、続いて第一緩衝層105を成長する。該第一緩衝層105は、図1Dに示されているように、上述の複数の第一種結晶柱1021の上面を沿ってエピタキシャル横方向成長(Epitaxial Lateral Overgrowth; ELOG)の方式で、同時に横方向と上方向へ成長する。上述の第一緩衝層105を成長させると共に、隣接する二つの第一種結晶柱1021と基板101及び第一緩衝層105の間に少なくとも一つの第一空洞104を形成する。本実施例において、第一種結晶柱1021の側壁が第一保護層1031によって被覆されているため、第一緩衝層105の生長方向性及び空間成長優先性を効率的に制御することができる。本実施例において、第一種結晶層102又は第一緩衝層105は不純物を添加していない(Unintentionally Doped, UID)層又は未混合層であり、又は-n型混合層である。

30

#### 【0011】

本実施例において、第一空洞104の幅は、50nm~600nm、50nm~500nm、50nm~400nm、50nm~300nm、50nm~200nm又は50nm~100nmの範囲にある。第一空洞104の高さは、0.5μm~2μm、0.5μm~1.8μm、0.5μm~1.6μm、0.5μm~1.4μm、0.5μm~1.2μm、0.5μm~1μm又は0.5μm~0.8μmの範囲にある。本実施例において、第一空洞は、1/5~3、1/5~2、1/5~1、1/5~1/2、1/5~1/3又は1/5~1/4の高幅比率(高さとの比率)を有し得る。本実施例において、隣接する二つの第一種結晶柱1021と基板101の間に複数の第一空洞104を形成することができる。他の実施例において、複数の第一種結晶柱1021が規則的なアレイ構造であり得るため、上述の複数の第一空洞104も規則的なアレイ構造であり得る。

40

#### 【0012】

図1Eは本発明の実施例により形成された第一空洞104の走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscopy, SEM)の図である。図1Eを参照するに、この複数の第一空洞104は、互いに独立した単一の第一空洞1041又は該単一第一空洞1041が相互連結されて一つ又は複数のメッシュ状第一空洞群1042を形成することができる。

#### 【0013】

上述の複数の第一空洞104の平均幅W<sub>x</sub>は、50nm~600nm、50nm~500nm、50nm~400nm、50nm~300nm、50nm~200nm又は50nm~100nmの範囲にある。上述の複数の第一空洞104の平均高さH<sub>x</sub>は、0.5

50

$\mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \mu\text{m} \sim 1.8 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \mu\text{m} \sim 1.4 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$ 又は $0.5 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ の範囲にある。本実施例において、上述の複数の第一空洞104の平均間隔は、 $10 \text{nm} \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、 $30 \text{nm} \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、 $50 \text{nm} \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、 $80 \text{nm} \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、 $1 \mu\text{m} \sim 1.5 \mu\text{m}$ 又は $1.2 \mu\text{m} \sim 1.5 \mu\text{m}$ である。本実施例において、上述の複数の第一空洞104は、 $1/5 \sim 3$ 、 $1/5 \sim 2$ 、 $1/5 \sim 1$ 、 $1/5 \sim 1/2$ 、 $1/5 \sim 1/3$ 又は $1/5 \sim 1/4$ の平均高幅比率（高さとの比率）を有し得る。上述の複数の第一空洞104によって形成される空洞隙率（porosity）は、第一空洞104の総体積 $V_v$ を全体体積 $V_T$ で割る値

【0014】

【数1】

$$\left(\phi = \frac{V_v}{V_T}\right)$$

10

で定義され、全体体積 $V_T$ は第一空洞104の総体積に第一結晶層102の体積を加えた値である。本実施例において、空洞隙率は、 $5\% \sim 90\%$ 、 $10\% \sim 90\%$ 、 $20\% \sim 90\%$ 、 $30\% \sim 90\%$ 、 $40\% \sim 90\%$ 、 $50\% \sim 90\%$ 、 $60\% \sim 90\%$ 、 $70\% \sim 90\%$ 又は $80\% \sim 90\%$ の範囲にある。

20

【0015】

続いて、図1Fに示されたように、上記の第一緩衝層105の上面に第一半導体層106、能動層107及び第二半導体層108を成長させ、一部の能動層107と第二半導体層108をエッチングして一部の第一半導体層106を露出し、第一半導体層106と第二半導体層108の上に二つの電極109、110を形成して光電素子100を形成する。上述の電極109、110の材料は、クロム(Cr)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)、アルミニウム(Al)又は銀(Ag)等の金属材質の単一構成又は合金又は重層の組合せから選択し得る。

【0016】

本実施例において、上述の第一空洞104は中空構造であり、該第一空洞104は屈折率を有し、空気レンズとして適用される。光線が光電素子100の中で第一空洞104まで進入した場合、第一空洞104の内部と外部材料の屈折率の差異（例えば、緩衝層の屈折率は約2～3の間にあり、空気の屈折率は約1である）によって、光線は第一空洞104で出射方向が変更され、これにより光線の引出率を高める。一方、第一空洞104は散乱中心(scattering center)として、光子の出射方向を変更し、且つ全反射を減少することもできる。第一空洞104の密度を増加することで、上述の効果を更に増加することができる。

30

【0017】

図2は本発明の第二実施例の光電素子を説明するための断面図である。本実施例の製造工程は第一実施例と大体同様であり、具体的なフローについては第一実施例を参照し、ここで省略する。本実施例において、基板201と、基板201に形成された複数の第一種結晶柱2021と、第一種結晶柱2021の側壁を被覆する第一保護層2031と、第一種結晶柱2021の間の露出された基板の第一表面2011を被覆する第二保護層2032を含む。実施例において、第一保護層2031と第二保護層2032はスピノンガラス塗布(SOG, spin on glass coating)方法で形成される。第一保護層2031と第二保護層2032の材料は $\text{SiO}_2$ 、HSQ(Hydrogen Silsesquioxane)及びMSQ(Methylsilsesquioxane)などのようなシルセスキオキサン(Silsesquioxane)を基材とする重合体である。

40

【0018】

その後、上述の複数の第一種結晶柱2021の上面を沿ってエピタキシャル横方向成長

50

(Epitaxial Lateral Overgrowth; ELOG) の方式で、同時に横方向と上方向へ第一緩衝層 205 を成長し、隣接する二つの第一種結晶柱 2021 と基板 201 及び第一緩衝層 205 の間に少なくとも一つの第一空洞 204 を形成する。本実施例において、第一種結晶柱 2021 の側壁が第一保護層 2031 によって被覆されているため、第一緩衝層 205 の生長方向性及び空間成長優先性を効率的に制御することができる。本実施例において、第一緩衝層 205 は不純物を添加していない (Unintentionally Doped, UID) 層又は未混合層であり、又は -n 型混合層である。

【0019】

その後、第一緩衝層 205 の上に複数の第二種結晶柱 2061 を形成し、第二種結晶柱 2061 の側壁に第三保護層 2071 を被覆し、第二種結晶柱 2061 の間にある第一緩衝層の露出された第一表面 2051 に第四保護層 2072 を被覆する。本実施例において、第一保護層 2031、第二保護層 2032、第三保護層 2071 及び第四保護層 2072 はスピニングガラス塗布 (SOG, spin on glass coating) 方法で形成され、材料は  $\text{SiO}_2$ 、HSQ (Hydrogen Silsesquioxane) 及び MSQ (Methylsilsesquioxane) などのようなシルセスキオキサン (Silsesquioxane) を基材とする重合体である。

10

【0020】

その後、上述の複数の第二種結晶柱 2061 の上面を沿ってエピタキシャル横方向成長 (Epitaxial Lateral Overgrowth; ELOG) の方式で、同時に横方向と上方向へ第二緩衝層 209 を成長し、隣接する二つの第二種結晶柱 2061、第一緩衝層 205 及び第二緩衝層 209 の間に少なくとも一つの第二空洞 208 を形成する。本実施例において、第二種結晶柱 2061 の側壁が第三保護層 2071 によって被覆されているため、第二緩衝層 209 の生長方向性及び空間成長優先性を効率的に制御することができる。本実施例において、第二緩衝層 209 は不純物を添加していない (Unintentionally Doped, UID) 層又は未混合層であり、又は -n 型混合層である。

20

【0021】

本実施例において、第一空洞 204、第二空洞 208 の幅は、50 nm ~ 600 nm、50 nm ~ 500 nm、50 nm ~ 400 nm、50 nm ~ 300 nm、50 nm ~ 200 nm 又は 50 nm ~ 100 nm の範囲にある。第一空洞 204、第二空洞 208 の高さは、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 2  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.8  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.6  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.4  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.2  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1  $\mu\text{m}$  又は 0.5  $\mu\text{m}$  ~ 0.8  $\mu\text{m}$  の範囲にある。また、本実施例において、第一空洞 204、第二空洞 208 はそれぞれ 1/5 ~ 3、1/5 ~ 2、1/5 ~ 1、1/5 ~ 1/2、1/5 ~ 1/3 又は 1/5 ~ 1/4 の高幅比率 (高さとの比率) を有し得る。

30

【0022】

本実施例において、上述の第一空洞 204 の体積はほぼ上述の第二空洞 208 の体積と同様である。他の実施例において、上述の第一空洞 204 の体積は上述の第二空洞 208 の体積より大きい。

【0023】

本実施例において、隣接する二つの第一種結晶柱 2021 と基板 201 の間に複数の第一空洞 204 を形成することができる。他の実施例において、複数の第一種結晶柱 2021 が規則的なアレイ構造であり得るため、上述の複数の第一空洞 204 も規則的なアレイ構造であり得る。他の実施例において、この複数の第一空洞 204 は単一の第一空洞、又は該単一の第一空洞が相互連結されて一つ又は複数のメッシュ状の第一空洞群を形成する。

40

【0024】

上述の複数の第一空洞 204 の平均幅  $W_x$  は、50 nm ~ 600 nm、50 nm ~ 500 nm、50 nm ~ 400 nm、50 nm ~ 300 nm、50 nm ~ 200 nm 又は 50 nm ~ 100 nm の範囲にある。上述の複数の第一空洞 204 の平均高さ  $H_x$  は、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 2  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.8  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.6  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.4  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1.2  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  ~ 1  $\mu\text{m}$  又は 0.5  $\mu\text{m}$  ~ 0.8  $\mu\text{m}$  の範囲

50

にある。本実施例において、上述の複数の第一空洞 204 の平均間隔は、10 nm ~ 1.5 μm、30 nm ~ 1.5 μm、50 nm ~ 1.5 μm、80 nm ~ 1.5 μm、1 μm ~ 1.5 μm 又は 1.2 μm ~ 1.5 μm である。本実施例において、上述の複数の第一空洞 204 は、1/5 ~ 3、1/5 ~ 2、1/5 ~ 1、1/5 ~ 1/2、1/5 ~ 1/3 又は 1/5 ~ 1/4 の平均高幅比率（高さとの比率）を有し得る。上述の複数の第一空洞 204 によって形成される空洞隙率（porosity）は、第一空洞 204 の総体積  $V_v$  を全体体積  $V_T$  で割る値

【0025】

【数2】

$$\left(\phi = \frac{V_v}{V_T}\right)$$

10

で定義され、全体体積  $V_T$  は第一空洞 204 の総体積に第一種結晶柱 2021 の体積を加えた値である。本実施例において、空洞隙率は、5% ~ 90%、10% ~ 90%、20% ~ 90%、30% ~ 90%、40% ~ 90%、50% ~ 90%、60% ~ 90%、70% ~ 90% 又は 80% ~ 90% の範囲にある。

20

【0026】

本実施例において、隣接する二つの第二種結晶柱 2061 と第二緩衝層 205 の間に複数の第二空洞 208 を形成することができる。他の実施例において、複数の第二種結晶柱 2061 が規則的なアレイ構造であり得るため、上述の複数の第二空洞 208 も規則的なアレイ構造であり得る。他の実施例において、この複数の第二空洞 208 は単一の第二空洞、又は該単一の第二空洞が相互連結されて一つ又は複数のメッシュ状の第二空洞群を形成する。

【0027】

上述の複数の第二空洞 208 の平均幅  $W_x$  は、50 nm ~ 600 nm、50 nm ~ 500 nm、50 nm ~ 400 nm、50 nm ~ 300 nm、50 nm ~ 200 nm 又は 50 nm ~ 100 nm の範囲にある。上述の複数の第二空洞 208 の平均高さ  $H_x$  は、0.5 μm ~ 2 μm、0.5 μm ~ 1.8 μm、0.5 μm ~ 1.6 μm、0.5 μm ~ 1.4 μm、0.5 μm ~ 1.2 μm、0.5 μm ~ 1 μm 又は 0.5 μm ~ 0.8 μm の範囲にある。本実施例において、上述の複数の第二空洞 208 の平均間隔は、10 nm ~ 1.5 μm、30 nm ~ 1.5 μm、50 nm ~ 1.5 μm、80 nm ~ 1.5 μm、1 μm ~ 1.5 μm 又は 1.2 μm ~ 1.5 μm である。本実施例において、上述の複数の第二空洞 208 は、1/5 ~ 3、1/5 ~ 2、1/5 ~ 1、1/5 ~ 1/2、1/5 ~ 1/3 又は 1/5 ~ 1/4 の平均高幅比率（高さとの比率）を有し得る。上述の複数の第二空洞 208 によって形成される空洞隙率（porosity）は、第二空洞 208 の総体積  $V_v$  を全体体積  $V_T$  で割る値

30

40

【0028】

【数3】

$$\left(\phi = \frac{V_v}{V_T}\right)$$

50

で定義され、全体体積  $V_T$  は第二空洞 208 の総体積に第二種結晶柱 2061 の体積を加えた値である。本実施例において、空洞隙率は、5%~90%、10%~90%、20%~90%、30%~90%、40%~90%、50%~90%、60%~90%、70%~90%又は80%~90%の範囲にある。

#### 【0029】

上記の第二緩衝層 209 の上面に第一半導体層 210、能動層 211 及び第二半導体層 212 を成長させ、一部の能動層 211 と第二半導体層 212 をエッチングして一部の第一半導体層 210 を露出し、第一半導体層 210 と第二半導体層 212 の上に二つの電極 213、214 を形成して光電素子 200 を形成する。上述の電極 213、214 の材料は、クロム (Cr)、チタン (Ti)、ニッケル (Ni)、白金 (Pt)、銅 (Cu)、金 (Au)、アルミニウム (Al) 又は銀 (Ag) 等の金属材質の単一構成又は合金又は重層の組合せから選択し得る。

10

#### 【0030】

本実施例において、上述の第一空洞 204 及び第二空洞 208 は中空構造であり、該第一空洞 204 及び第二空洞 208 は屈折率を有し、空気レンズとして適用される。光線が光電素子 200 の中で第一空洞 204 及び第二空洞 208 まで進入した場合、第一空洞 204 及び第二空洞 208 の内部と外部材料の屈折率の差異 (例えば、緩衝層の屈折率は約 2~3 の間にあり、空気の屈折率は約 1 である) によって、光線は第一空洞 204 及び第二空洞 208 で出射方向が変更され、これにより光線の引出率を高める。一方、第一空洞 204 及び第二空洞 208 は散乱中心 (scattering center) として、光子の出射方向を変更し、且つ全反射を減少することもできる。第一空洞 204 及び第二空洞 208 の密度を増加することで、上述の効果を更に増加することができる。

20

#### 【0031】

他の実施例において、更に、上述の第二緩衝層 209 と第一半導体層 210 に上述の実施例と同様な製造工程に従って選択的に第三種結晶柱 (図示せず) 及び第三緩衝層 (図示せず) を形成することができ、第二緩衝層 209 と第三種結晶柱 (図示せず) の間に少なくとも一つの第三空洞 (図示せず) を形成して、上記の光線の引出率を高める効果を更に増加することができる。実施例において、上述の第一空洞 204、第二空洞 208 及び第三空洞 (図示せず) の体積はほぼ同様である。他の実施例において、上述の第一空洞 204 の体積は上述の第二空洞 208 より大きく、上述の第二空洞 208 の体積は上述の第三空洞 (図示せず) より大きい。

30

#### 【0032】

他の実施例において、上述の実施例と同様な製造工程によって、第四空洞 (図示せず)、第五空洞 (図示せず) 等を順に形成することができ、第一空洞から第五空洞の体積は徐々に小さくなる。

#### 【0033】

図 3A~図 3F を参照しながら、上述の第一実施例において第一半導体層 102 を複数の第一半導体柱 1021 にエッチングする方法を更に詳細に説明する。図 3A を参照するに、基板 301 の第一表面 3011 に第一種結晶層 302 を成長させる。

#### 【0034】

続いて、図 3B を参照するに、第一半導体層 302 の上に二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) からなるエッチングレジスト層 303 を成長させる。続いて、エッチングレジスト層 303 の上にニッケルからなる金属薄膜層 304 を形成し、かつ金属薄膜層 304 の厚さは 500 乃至 2000 nm の間にある。

40

#### 【0035】

続いて、図 3C を参照するに、この金属薄膜層 304 に対し熱処理を行い、熱処理の温度は 750 - 900 の範囲であり、金属薄膜層 304 が規則的又は不規則的に配列された複数のナノメートルレベルの金属粒 3041 を形成するようにする。

#### 【0036】

図 3D を参照するに、上述の複数のナノメートルレベルの金属粒 3041 をマスクとし

50

て、エッチングレジスト層 303 に対し異方性エッチングを行う。例えば、誘導結合型プラズマ (inductive coupling plasma, ICP) によってエッチングレジスト層 303 において複数のナノメートルレベルのエッチングレジスト柱 3031 を形成する。

【0037】

図 3E ~ 図 3F を参照するに、上記のものを 100 の硝酸エッチング液に入れ、酸エッチングを行って、残留した金属粒 3041 を除去する。続いて、上述の複数のエッチングレジスト柱 3031 をマスクとして、第一種結晶層 302 に対しドライエッチングを行って、複数の第一種結晶柱 3021 を形成する。最後に、複数のエッチングレジスト柱 3031 を除去する。

【0038】

具体的に、光電素子 100、200 は、発光ダイオード (LED)、フォトダイオード (photodiode)、フォトレジスター (photoresistor)、レーザー (laser)、赤外線エミッター (infrared emitter)、有機発光ダイオード (organic light-emitting diode) 及び太陽電池 (solar cell) の中の少なくとも一つである。

【0039】

基板 101、201 は成長、搭載の基礎である。その材質は、ゲルマニウム (Ge)、ヒ化ガリウム (GaAs)、リン化インジウム (InP)、サファイア (Sapphire)、炭化ケイ素 (SiC)、ケイ素 (Si)、アルミ酸リチウム ( $\text{LiAlO}_2$ )、酸化亜鉛 (ZnO)、窒化ガリウム (GaN)、窒化アルミニウム (AlN)、金属、ガラス、複合材料 (Composite)、ダイヤモンド、CVD ダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボン (Diamond-Like Carbon; DLC)、スピネル (spinel,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_x$ ) 及びガリウム酸リチウム ( $\text{LiGaO}_2$ ) の内の一つであるが、これに限られたものではない。

【0040】

上述の第一半導体層 106、210 及び第二半導体層 108、212 は、互いに少なくとも二つの部分の電気的特性、極性又は不純物が異なり、或いはそれぞれ電子と空孔を提供する半導体材料の単層又は多層 (「多層」は二層又は二層以上を示し、下記も同様である。) であり、電気的特性は p 型、n 型及び i 型の中の少なくともいずれか二つの組合せから選択できる。能動層 107、211 は、第一半導体層 106、210 及び第二半導体層 108、212 の間に位置し、電気エネルギーと光エネルギーが変換又は変換するように誘発されるエリアである。電気エネルギーを光エネルギーに変換又は誘発するものとして、発光ダイオード、液晶ディスプレイ、有機発光ダイオードがあり、光エネルギーを電気エネルギーに変換又は誘発するものとして、太陽電池、フォトダイオードがある。上述の第一種結晶層 102、202、第一緩衝層 105、205、第二種結晶層 206、第二緩衝層 209、第一半導体層 106、210、能動層 107、211 及び第二半導体層 108、212 の材質は、ガリウム (Ga)、アルミニウム (Al)、インジウム (In)、砒素 (As)、リン (P)、窒素 (N) 及びケイ素 (Si) から構成された群から選択した一種又は一種以上の物質を含む。

【0041】

本発明の他の実施例による光電素子 100、200 は発光ダイオードであり、その発光の周波数スペクトルは半導体単層又は多層の物理又は化学要素を変更することで調整できる。通常、アルミニウムガリウムインジウムリン (AlGaInP) 系、窒化アルミニウムガリウムインジウム (AlGaInN) 系及び酸化亜鉛 (ZnO) 系等の材料が用いられる。変換部の構造は、例えばシングルヘテロ構造 (single heterostructure; SH)、ダブルヘテロ構造 (double heterostructure; DH)、ダブルサイドダブルヘテロ構造 (double-side double heterostructure; DDH) 又は多重量子井戸 (multi-quantum well; MQW) である。さらに、量子井戸の対数を調整することで、発光の波長を変更することもできる。

【0042】

本発明の実施例において、第一種結晶層 102、202 と基板 101、201 の間に選択的に移行層 (図示せず) を含むことができる。この移行層は二種類の材料システムの間

10

20

30

40

50

に位置して、基板の材料システムが半導体システムの材料システムに「移行」するようにする。発光ダイオードの構造において、移行層は例えば緩衝層 (buffer layer) 等のような二種の材料間の格子不整合度を減少する材料層である。また、移行層は二種の材料又は二つの分離構造を結合する単層又は多層の構造でもあり、材料は有機材料、無機材料、金属及び半導体等から選択され、構造は反射層、熱伝導層、導電層、オーミック接触 (ohmic contact) 層、歪抵抗層、応力解放 (stress release) 層、応力調整 (stress adjustment) 層、結合層 (bonding)、波長変換 (stress adjustment) 層及び機械固定構造等から選択できる。

#### 【0043】

第二半導体層 108、212 の上に更に選択的に接触層 (図示せず) を形成することができる。接触層は、第二半導体層 108、212 における能動層 107、211 から離れた側に設けられる。具体的に、接触層は光学層、電気層又はその二つの組み合わせである。光学層は能動層 107、211 から射出する電磁放射又は光線、或いは能動層 107、211 に進入する電磁放射又は光線を変更する。ここでいう「変更」とは、電磁放射又は光線の少なくとも一種の光学特性を変更することであり、上記の特性は、周波数、波長、強度、フラックス、効率、色温度、演色性 (rendering index)、ライトフィールド (light field) 及び画角 (angle of view) を含むが、これらに限定されていない。電気層は、接触層のいずれか一組の相對側間の電圧、抵抗、電流、コンデンサーのうちの少なくとも一つの数値、密度、分布に変化又は変化の傾向があるようにする。接触層を構成する材料として、酸化物、電気伝導性酸化物、透明酸化物、50% 又はそれ以上の透過率を有する酸化物、金属、相對透光金属、50% 又はそれ以上の透過率を有する金属、有機物、無機物、螢光物質、燐光物質、セラミックス、半導体、不純物を含む半導体及び不純物を含まない半導体の中の少なくとも一つを含む。適用に応じて、接触層の材料は酸化インジウムスズ、酸化カドミウム-酸化スズ、アンチモン酸化スズ (antimony tin oxide)、インジウム-亜鉛酸化物、亜鉛-アルミニウム酸化物及び酸化亜鉛スズの中の少なくとも一つである。相對する透光金属である場合、厚さは約 0.005  $\mu\text{m}$  ~ 0.6  $\mu\text{m}$  である。

#### 【0044】

上記の図面及び説明はそれぞれ特定の実施例に対応するが、当業者は、各実施例で説明又は開示した素子、実施方式、設計基準及び技術原理は、明らかに相互衝突、矛盾又は共に実施できない場合を除いて、必要に応じて自由に参照、交換、組合せ、調和又は合併できることを理解しなければならない。

#### 【0045】

上記のように、本発明を説明したが、本発明の範囲、実施順序又は使用される材料と工程の方法は、上記の説明によって限定されない。本発明に対して行った各種変更と修飾は、依然として本発明の範囲に属する。

#### 【符号の説明】

#### 【0046】

101、201、301	基板
102、202、302	第一種結晶層
103、203	保護層
104、204	第一空洞
105、205	第一緩衝層
106、210	第一半導体層
107、211	能動層
108、212	第二半導体層
109、110、213、214	電極
206	第二種結晶層
208	第二空洞
209	第二緩衝層
303	エッチングレジスト層

10

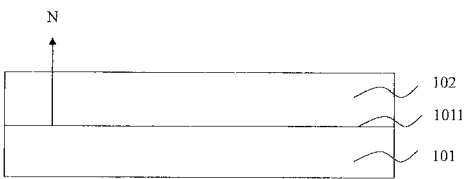
20

30

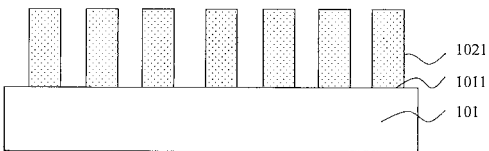
40

50

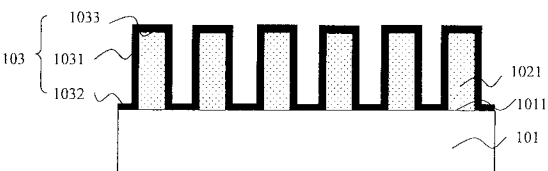
【図 1 A】



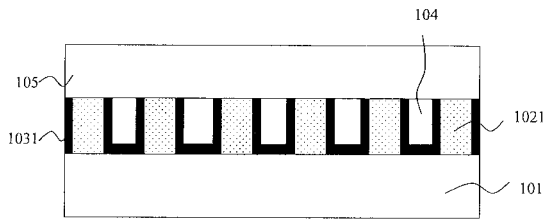
【図 1 B】



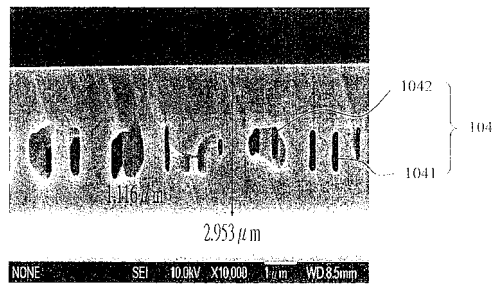
【図 1 C】



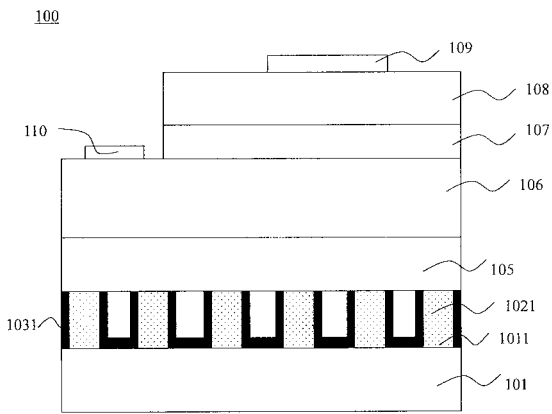
【図 1 D】



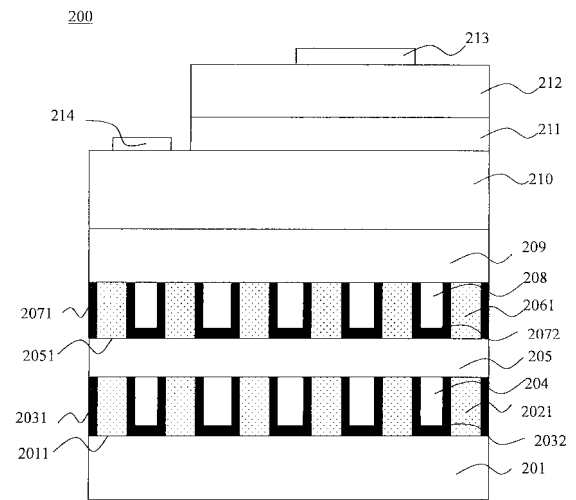
【図 1 E】



【 図 1 F 】



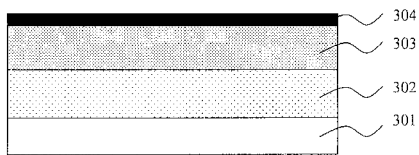
【 図 2 】



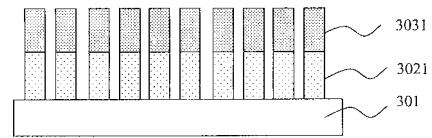
【 図 3 A 】



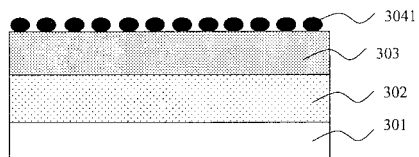
【 図 3 B 】



【 図 3 E 】



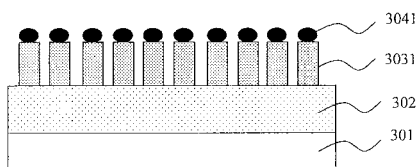
【 図 3 C 】



【 図 3 F 】



【 図 3 D 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ツン - カイ コー

台湾 シンチュ・300 サイエンス - ベースド・インダストリアル・パーク リ - シン・5ス・  
ロード 5

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA74 CB15

5F141 AA03 CA04 CA05 CA74 CB15