



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I495152 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：101133919

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 17 日

(51)Int. Cl. : H01L33/10 (2010.01)

H01L33/36 (2010.01)

(30)優先權：2011/09/20 日本

2011-204618

(71)申請人：昭和電工股份有限公司 (日本) SHOWA DENKO K. K. (JP)

日本

(72)發明人：栗飯原範行 AIHARA, NORIYUKI (JP)；村木典孝 MURAKI, NORITAKA (JP)

(74)代理人：何金塗；丁國隆

(56)參考文獻：

TW 201034250A

TW 201126761A

審查人員：陳志遠

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：13 共 65 頁

(54)名稱

發光二極體及其製造方法

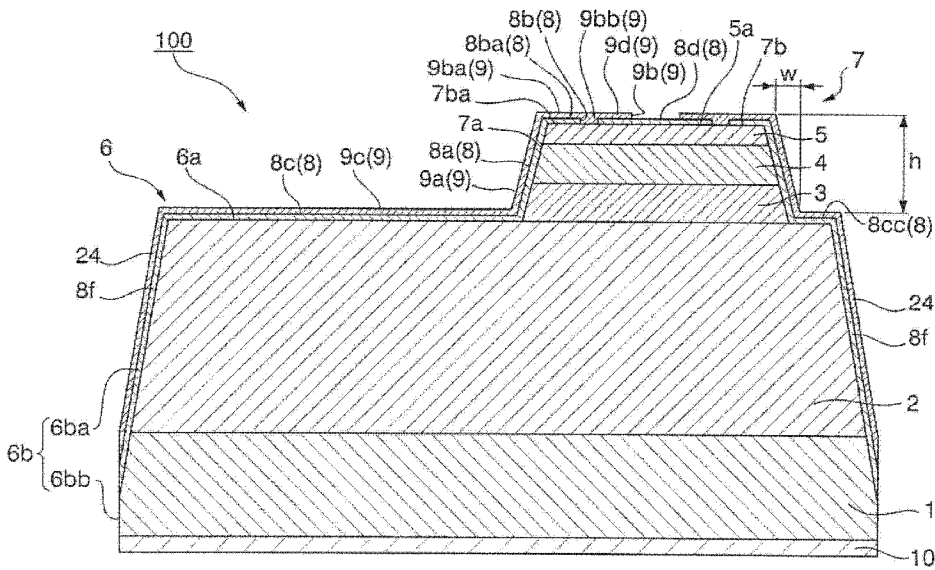
LIGHT EMITTING DIODE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(57)摘要

提供一種以均一膜厚形成保護膜及電極膜，可確保穩定且高亮度的發光，防止側面劣化，能達成高可靠性及延長壽命之發光二極體。本發明的發光二極體，為支持構造部 6 含有反射層 2 的一部分，其側面 6b 含有藉濕式蝕刻形成的傾斜部 6ba，含有傾斜部 6ba 的水平方向之剖面面積形成朝上面 6a 連續地變小，台地型構造部 7，為其傾斜側面 7a 是藉由濕式蝕刻形成，水平方向的剖面面積形成朝頂面 7b 連續地變小，保護膜 8 係覆蓋上面 6a、傾斜部 6ba、傾斜側面 7a、及頂面 7b 的周緣區域 7ba，在周緣區域 7ba 的內側具有露出半導體層 5 的表面的一部分之通電窗 8b，電極層 9 係與自通電窗 8b 露出的表面直接接觸且覆蓋形成於上面 6a 上的保護膜 8 之具有光射出孔 9b 的連續膜。

The object of the present invention is to provide a light emitting diode which includes a protective film and an electrode film which have a uniform thickness, can emit light with a stable high brightness, of which the deterioration of the side surfaces is prevented, and has high reliability and long lifetime, and the present invention provides a light emitting diode in which a support structure 6 includes a part of a reflective layer 2, the side surfaces 6b thereof are formed by wet-etching, further includes an inclining portion 6ba, the cross-sectional area including the inclining portions 6ba decreases continuously toward the upper surface 6a; a mesa-type structure 7 has an inclining side surfaces 7a formed by wet-etching, and has the cross-sectional area in the horizontal direction decreases continuously toward the top surface 7b; a protective film 8 covers the upper surface 6a, the inclining portions 6ba, the inclining side surfaces 7a, and a peripheral portion 7b of the top surface 7b, while having an opening 8b for electrification which is formed at an inner portion to the peripheral portion 7ba and exposes the surface of the semiconductor layer 5; and an electrode layer 9 is a continuous film having a light emitting hole 9b, and covers the protective film 8 formed on the upper surface 6a while being directly in touch with the surface of the semiconductor layer 5 exposed from the opening 8b.

圖 1



- 1 . . . 基板
- 2 . . . 反射層
- 3 . . . 活性層
- 4 . . . 上部 DBR 層
- 5 . . . 接觸層
- 5a . . . 部分
- 6 . . . 支持構造部
- 6a . . . 上面
- 6b . . . 側面
- 6ba . . . 傾斜部
- 6bb . . . 部分
- 7 . . . 台地型構造部
- 7a . . . 傾斜側面
- 7b . . . 頂面
- 7ba . . . 周緣區域
- 8a(8) . . . 部分
- 8b(8) . . . 通電窗
- 8ba(8) . . . 部分
- 8c(8) . . . 部分
- 8cc(8) . . . 部分
- 8d(8) . . . 部分(保護膜)
- 8f . . . 部分(保護膜)
- 9a(9) . . . 光射出孔
- 9b(9) . . . 光射出孔
- 9ba(9) . . . 部分
- 9bb(9) . . . 部分
- 9c(9) . . . 部分
- 9d(9) . . . 部分
- 10 . . . 背面電極
- 24 . . . 漏光防止膜
- 100 . . . 發光二極體

發明專利說明書

PD1129172(3)

(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： 101133919

※ 申請日： 100.9.17 ※IPC 分類： H01L 33/10 (2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 33/36 (2010.01)

發光二極體及其製造方法

LIGHT EMITTING DIODE AND METHOD FOR PRODUCING THE
SAME

二、中文發明摘要：

[課題]

提供一種以均一膜厚形成保護膜及電極膜，可確保穩定且高亮度的發光，防止側面劣化，能達成高可靠性及延長壽命之發光二極體。

[解決手段]

本發明的發光二極體，為支持構造部 6 含有反射層 2 的一部分，其側面 6b 含有藉濕式蝕刻形成的傾斜部 6ba，含有傾斜部 6ba 的水平方向之剖面積形成朝上面 6a 連續地變小，台地型構造部 7，為其傾斜側面 7a 是藉由濕式蝕刻形成，水平方向的剖面積形成朝頂面 7b 連續地變小，保護膜 8 係覆蓋上面 6a、傾斜部 6ba、傾斜側面 7a、及頂面 7b 的周緣區域 7ba，在周緣區域 7ba 的內側具有露出半導體層 5 的表面的一部分之通電窗 8b，電極層 9 係與自通電窗 8b 露出的表面直接接觸且覆蓋形成於上面 6a 上的保護膜 8 之具有光射出孔 9b 的連續膜。

三、英文發明摘要：

The object of the present invention is to provide a light emitting diode which includes a protective film and an electrode film which have a uniform thickness, can emit light with a stable high brightness, of which the deterioration of the side surfaces is prevented, and has high reliability and long lifetime, and the present invention provides a light emitting diode in which

a support structure 6 includes a part of a reflective layer 2, the side surfaces 6b thereof are formed by wet-etching, further includes an inclining portion 6ba, the cross-sectional area including the inclining portions 6ba decreases continuously toward the upper surface 6a;

a mesa-type structure 7 has an inclining side surfaces 7a formed by wet-etching, and has the cross-sectional area in the horizontal direction decreases continuously toward the top surface 7b;

a protective film 8 covers the upper surface 6a, the inclining portions 6ba, the inclining side surfaces 7a, and a peripheral portion 7b of the top surface 7b, while having an opening 8b for electrification which is formed at an inner portion to the peripheral portion 7ba and exposes the surface of the semiconductor layer 5; and

a electrode layer 9 is a continuous film having a light emitting hole 9b, and covers the protective film 8 formed on the upper surface 6a while being directly in touch with the surface of the semiconductor layer 5 exposed from the opening 8b.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1	基板	8b(8)	通電窗
2	反射層	8ba(8)	部分
3	活性層	8c(8)	部分
4	上部 DBR 層	8cc(8)	部分
5	接觸層	8d(8)	部分(保護膜)
5a	部分	8f	部分(保護膜)
6	支持構造部	9a(9)	光射出孔
6a	上面	9b(9)	光射出孔
6b	側面	9ba(9)	部分
6ba	傾斜部	9bb(9)	部分
6bb	部分	9c(9)	部分
7	台地型構造部	9d(9)	部分
7a	傾斜側面	10	背面電極
7b	頂面	24	漏光防止膜
7ba	周緣區域	100	發光二極體
8a(8)	部分		

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】

本發明係有關一種發光二極體及其製造方法。

【先前技術】

已知一種將發光層產生的光自元件上面的一部分取出之點光源型的發光二極體。又已知此型的發光二極體中具有用以將發光層中的通電區域限制在其面內的一部分之電流狹窄構造(例如，專利文獻1)。在具有電流狹窄構造的發光二極體中，發光區域受限定，且使光從設於其區域正上的光射出孔射出，因而能獲得高的光輸出且能使射出的光有效率地取入光學零件等。

點光源型的發光二極體中，特別是共振器型發光二極體(RCLED: Resonant-Cavity Light Emitting Diode)，係一種建構成在包含2個反射鏡的共振器內產生的駐波的腹部會位在配置於共振器內的發光層，且將光射出側的反射鏡之反射率設成比基板側的反射鏡之反射率還低，藉以在未使雷射振盪之下以LED模式作動之高效率的發光元件(專利文獻2，3)。共振器型發光二極體與通常的發光二極體相較下，依據共振器構造的效果，具有可見光譜線寬狹窄，射出光之指向性高，且因自然放出導致載子壽命變短而可高速響應等之特徵，故適合於感測器等。

已知一種共振器型發光二極體中，具備有在和基板平行的方向為縮窄發光區域而將上部反射鏡層及活性層等形成支柱構造，且於其支柱構造的頂面的光取出面具有光射出用的開口之層的構成(例如，專利文獻4)。

圖 13 係顯示一種共振器型發光二極體，在基板 31 上依序具備下部反射鏡層 32、活性層 33、上部反射鏡層 34、及接觸層 35 而成的共振器型發光二極體，其將活性層 33、上部反射鏡層 34、及接觸層 35 作成支柱構造 37，以保護膜 38 被覆支柱構造 37 及其周圍，於其保護膜 38 上形成電極膜 39，在支柱構造 37 的頂面 37a(光取出面)中的電極膜 39 形成光射出用的開口 39a。標號 40 為背面電極。

圖 13 所示的那種支柱構造之電流狹窄構造係亦可應用於非共振器型之點光源型的發光二極體。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻 1 特開 2005-31842 號公報

專利文獻 2 特開 2002-76433 號公報

專利文獻 3 特開 2007-299949 號公報

專利文獻 4 特開平 9-283862 號公報

【發明內容】

發明所欲解決之課題

於形成上述支柱構造之際，由於在成膜了活性層等之後會藉由各向異性的乾式蝕刻來實施除去支柱構造以外的部分，故如圖 13 所示，支柱構造 37 的側面 37b 係相對於基板 31 形成垂直或急傾斜。此支柱構造的側面，通常是藉由蒸鍍法或濺鍍法形成保護膜之後，利用蒸鍍法形成電極用金屬(例如，Au)膜，但要在此垂直或急傾斜的側面上將保護膜或電極用金屬膜形成一樣的膜厚並

非容易，有所謂容易形成不連續的膜之問題。於保護膜成為不連續的膜之情況(圖 13 中的標號 A)，在其不連續部分，電極用金屬膜進入且接觸活性層等而成為漏電的原因。又，在電極用金屬膜成為不連續的膜之情況(圖 13 中的標號 B)係成為通電不良的原因。

又，在圖 13 所示的發光二極體中，由於支持支柱構造的構造 32 之側面 32a 露出，故有側面和大氣或大氣中的水分接觸而劣化的問題。特別在下部反射鏡層 32 是 Al 的組成高之半導體層的情況，側面會氧化導致特性降低。

又，當以乾式蝕刻進行除去支柱構造以外的部分時，需要高價的裝置，亦有所謂蝕刻時間變長之問題。

本發明係有鑒於上述事情而完成者，目的在於：提供一種保護膜及形成於其上的電極膜以均一的膜厚形成且確保穩定且高亮度的發光，同時防止側面的劣化，達成高可靠性及壽命長的發光二極體，及降低漏電或通電不良使良率提升、且能以較以往更低成本進行製造之發光二極體之製造方法。

解決課題之手段

為達成上述目的，本發明係提供以下的手段。

(1)一種發光二極體，係於基板上具備反射層和含有活性層的化合物半導體層而成的發光二極體，其特徵為：包含具有上面及側面之支持構造部和配置於該支持構造部上且具有傾斜側面及頂面之台地型構造部，前述支持構造部係含有至少前述反射層的一部分者，其側面含

有藉濕式蝕刻形成且從前述上面向前述基板側延伸到至少超過前述反射層的位置為止的傾斜部，而含有該傾斜部的水平方向的剖面面積形成為朝前述上面連續地變小，前述台地型構造部係含有至少前述活性層的一部分，且其傾斜側面是藉濕式蝕刻形成，且水平方向的剖面面積是形成朝向前述頂面連續地變小，前述支持構造部及前述台地型構造部各自至少一部分被保護膜、電極層依序覆蓋，前述保護膜，係至少覆蓋：前述上面的至少一部分、前述側面的至少傾斜部、前述傾斜側面、及前述頂面之周緣區域，且俯視可見於前述周緣區域的內側具有露出前述化合物半導體層之表面的一部分之通電窗，前述電極層，係以與自前述通電窗露出的化合物半導體層之表面直接接觸，且至少覆蓋被形成在前述上面的保護膜之一部分，使前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式所形成的連續膜。

(2)如(1)所記載之發光二極體，其中前述反射層係 DBR 反射層。

(3)如(2)所記載之發光二極體，其中在前述活性層之與基板對向的對向側具備上部 DBR 反射層。

(4)如(1)至(3)中任一項所記載之發光二極體，其中前述傾斜部是包含二個以上的傾斜部分，含有各傾斜部分的水平方向之剖面面積分別朝前述上面連續地變小，而含有接近前述上面的傾斜部分之水平方向的剖面面積係較含有遠離前述上面的傾斜部份之水平方向的剖面面積小。

(5)如(1)至(4)中任一項所記載之發光二極體，其中於前述電極層及/或前述保護膜上具備漏光防止膜。

(6)如(1)至(5)中任一項所記載之發光二極體，其中前述化合物半導體層係具有和前述電極層接觸的接觸層。

(7)如(1)至(6)中任一項所記載之發光二極體，其中前述台地型構造部係含有前述活性層的全部和前述反射層的一部分或全部。

(8)如(1)至(7)中任一項所記載之發光二極體，其中前述台地型構造部係俯視呈矩形。

(9)如(8)所記載之發光二極體，其中前述台地型構造部之各傾斜側面係對前述基板的定向面偏置地形成。

(10)如(1)至(9)中任一項所記載之發光二極體，其中前述台地型構造部的高度為 $3\sim 7\mu\text{m}$ ，且俯視中之前述傾斜側面的寬度為 $0.5\sim 7\mu\text{m}$ 。

(11)如(1)至(10)中任一項所記載之發光二極體，其中前述光射出孔係俯視呈圓形或橢圓。

(12)如(11)所記載之發光二極體，其中前述光射出孔孔徑為 $50\sim 150\mu\text{m}$ 。

(13)如(1)至(12)中任一項所記載之發光二極體，其中在前述電極層之前述上面的部分具有接合線。

(14)如(1)至(13)中任一項所記載之發光二極體，其中前述活性層所含有的發光層係包含多重量子阱。

(15)如(1)至(14)中任一項所記載之發光二極體，其中前述活性層所含有的發光層係包含 $((\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}$

$\text{In}_{1-Y_1}\text{P}$ ($0 \leq X_1 \leq 1$, $0 < Y_1 \leq 1$)、 $(\text{Al}_{X_2}\text{Ga}_{1-X_2})\text{As}$ ($0 \leq X_2 \leq 1$)、 $(\text{In}_{X_3}\text{Ga}_{1-X_3})\text{As}$ ($0 \leq X_3 \leq 1$)) 中任一。

(16) 一種發光二極體的製造方法，係由具有上面及側面的支持構造部和配置在該支持構造部上且具有傾斜側面及頂面的台地型構造部所構成之發光二極體的製造方法，該發光二極體的製造方法具有：於基板上形成反射層和含有活性層的化合物半導體層之步驟；對前述化合物半導體層進行第1濕式蝕刻，以形成水平方向的剖面積形成朝向頂面連續地變小的台地型構造部和配置在該台地型構造部周圍的支持構造部的上面之步驟；沿著個片化用切斷線進行第2濕式蝕刻以形成支持構造部的側面之傾斜部的步驟；以至少覆蓋前述傾斜部、前述上面的至少一部分、前述傾斜側面、及前述頂面的周緣區域，且俯視中在前述周緣區域的內側具有露出前述化合物半導體層之表面的一部分之通電窗的方式，於支持構造部及前述台地型構造部上形成保護膜之步驟；及以與自前述通電窗露出的化合物半導體層之表面直接接觸，且至少覆蓋被形成在前述上面的保護膜之一部分，使前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式形成連續膜的電極層之步驟。

(17) 如(16)所記載之發光二極體的製造方法，其中前述第1及第2濕式蝕刻，係使用選自磷酸/過氧化氫水混合液、氨/過氧化氫水混合液、溴甲醇混合液、碘化鉀/氨的群中之至少1種以上來進行。

發明效果

依據本發明的發光二極體，由於採用由具有上面及側面的支持構造部和配置於該支持構造部上且具有傾斜側面及頂面的台地型構造部所成之構成，故能獲得高的光輸出且能使射出的光有效率地取入光學零件等。

又，在台地型構造部的傾斜側面是藉濕式蝕刻形成且台地型構造部的水平方向剖面朝向頂面連續地變小的構成中，支持構造部及台地型構造部各自的至少一部分被保護膜，電極膜依序覆蓋，保護膜至少覆蓋上面的至少一部分、側面當中的至少傾斜部、傾斜側面、及頂面的周緣區域，且在俯視中於周緣區域的內側具有露出化合物半導體層的表面的一部分之通電窗，電極層係以與自通電窗露出的化合物半導體層的表面直接接觸，且至少覆蓋被形成於前述上面的保護膜之一部分，而在前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式所形成的連續膜，由於採用這樣的構成，所以與垂直側面的情況相較下，容易在側面上形成保護膜及其上的電極膜而得以形成均一膜厚的連續膜，故無起因於不連續的膜所造成漏電或通電不良的情形，可確保穩定且高亮度之發光。如此的效果係具備有藉濕式蝕刻所形成的傾斜側面之台地型構造部所達成之效果，且不憑藉發光二極體之內部的積層構造或基板的構成而能獲得之效果。

又，支持構造部係建構成含有至少反射層的一部分，其側面含有藉濕式蝕刻形成且上面向基板側延伸到至少超過反射層的位置為止的傾斜部，含有該傾斜部的

水平方向之剖面面積朝向上面連續地變小，保護膜至少覆蓋上面的至少一部分、側面中的至少傾斜部、傾斜側面、及頂面的周緣區域，由於採用這樣的構成，故支持構造部的反射層之側面被保護膜所被覆，可防止反射層的側面和大氣或水分接觸而劣化，能達成高可靠性及延長壽命。如此的效果係具有藉濕式蝕刻所形成的傾斜側面之台地型構造部所達成之效果，且為不憑藉發光二極體之內部的積層構造或基板的構成而能獲得之效果。

依據本發明的發光二極體，透過採用反射層是 DBR 反射層的構成，能進行可見光譜線寬狹窄的發光。又透過採用在活性層之與基板對向之對向側更具備上部 DBR 反射層之構成，從而可見光譜線寬變狹窄，射出光之指向性高而可高速響應。

依據本發明的發光二極體，透過採用反射層為包含金屬的構成，從而能將在發光層發光的光以高反射率反射而獲得高的光輸出。

依據本發明的發光二極體，傾斜部是由二個以上的傾斜部分所構成，含有各傾斜部分的水平方向之剖面面積係分別朝上面連續地變小，而含有接近於上面的傾斜部分之水平方向的剖面面積越小。由於採用上述構成，因而與垂直側面的情況相較下，由於容易在側面上形成保護膜及其上的電極膜而得以形成均一膜厚的連續膜，故無起因於不連續的膜所造成漏電或通電不良的情形，可確保穩定且高亮度的發光。

依據本發明的發光二極體，透過採用在電極層及/或保護膜上具備漏光防止膜的構成，從而防止在活性層所發的光透過電極層或保護膜朝元件外漏洩。

依據本發明的發光二極體，係採用化合物半導體層為具有和電極層接觸的接觸層之構成，藉此降低歐姆電極的接觸電阻而得以低電壓驅動。

依據本發明的發光二極體，係透過採用台地型構造部為含有活性層的全部及反射層的一部分或全部的構成，從而使得發光全產生在台地型構造部內，光取出效率得以提升。

依據本發明的發光二極體，係透過採用台地型構造部在俯視中呈矩形的構成，因製造時之濕式蝕刻的各向異性之影響使台地形狀依蝕刻深度而變化的情況受抑制，由於容易控制台地部面積，故可獲得高精度的尺寸形狀。

依據本發明的發光二極體，透過採用台地型構造部之各傾斜側面是相對於基板的定向面偏置而形成之構成，由於因基板方位所引起之各向異性對於構成矩形台地型構造部的4邊之影響被緩和，故可獲得均等的台地形狀・梯度。

依據本發明的發光二極體，透過採用台地型構造部的高度為 $3\sim 7\mu\text{m}$ ，且在俯視中傾斜側面的寬度為 $0.5\sim 7\mu\text{m}$ 之構成，與垂直側面的情況相較下，因為容易於側面形成保護膜及其上的電極膜，且形成均一膜厚的連續膜，故無起因於不連續的膜所造成漏電或通電不良的情形，可確保穩定且高亮度的發光。

依據本發明的發光二極體，透過採用光射出孔在俯視中是呈圓形或橢圓的構成，從而能比具有矩形等角部的構造還容易形成均一的接觸區域，可抑制在角部發生電流集中等情形。又，適合於和在受光側的光纖等耦合。

依據本發明的發光二極體，透過採用光射出孔孔徑是 $50\sim 150\mu\text{m}$ 的構成，以回避所謂小於 $50\mu\text{m}$ ，在台地型構造部之電流密度變高，導致低電流輸出飽和，而一超過 $150\mu\text{m}$ 時，由於電流難以朝台地型構造部整體擴散，回避因應於注入電流的發光效率降低的問題。

依據本發明的發光二極體，藉由採用在電極層之平面上的部分具有接合線之構成，因為於位在可施加充分荷重(及超音波)之上面進行打線接合，因而可實現接合強度強的打線接合。

依據本發明的發光二極體，透過採用活性層所含有之發光層為包含多重量子阱的構成，從而可進行單色性優異的發光。

依據本發明之發光二極體的製造方法，係具有：對化合物半導體層進行第 1 濕式蝕刻，以形成水平方向的剖面朝向頂面連續地變小的台地型構造部和配置在該台地型構造部周圍的支持構造部的上面之步驟；沿著個片化用切斷線進行第 2 濕式蝕刻以形成支持構造部的側面之傾斜部的步驟；以覆蓋傾斜部、上面的至少一部分，且在台地型構造部的頂面具有露出化合物半導體層之表面的一部分之通電窗的方式，於支持構造部及台地型構造部上形成保護膜之步驟；及以與自通電窗露出的化合

物半導體層之表面直接接觸，且至少覆蓋被形成在前述上面上的保護膜之一部分，使前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式形成連續膜的電極層之步驟。由於採用這樣的構成，故可將具有高的光輸出且一起射出的光有效率地取入光學零件等，且與垂直側面的情況相較下易於在傾斜斜面形成保護膜及其上的電極膜，故能以均一的膜厚形成連續的膜，從而在沒有因不連續的膜所引起的漏電或通電不良的情形下，可製造能確保穩定且高亮度的發光之發光二極體。依據以往的各向異性的乾式蝕刻形成支柱構造時側面被垂直地形成，但藉由(第1)濕式蝕刻形成台地型構造部可將側面形成和緩的傾斜側面。又，藉由(第1)濕式蝕刻形成台地型構造部，與以往藉乾式蝕刻形成支柱構造的情況相較下可縮短形成時間。

又，由於採用具有沿著個片化用切斷線進行第2濕式蝕刻以形成支持構造部側面的傾斜部之步驟及形成覆蓋傾斜部的保護膜之步驟的構成，故可製造出能防止側面和大氣或水分接觸而導致劣化之發光二極體。

【實施方式】

用以實施發明之形態

以下，針對應用本發明的發光二極體及其製造方法，使用附上之圖面作詳細說明。此外，以下說明所使用的圖面會有為了讓人容易瞭解特徵而權宜地放大顯示特徵的部分之情況，各構成要素的尺寸比率等不一定會和實際相同。又，在以下說明所例示的材料、尺寸等僅為

一例，本發明未受其等所限定，可在不變更其要旨之範圍適當變更並實施。

此外，在未損及本發明的效果之範圍，亦可具備以下所未記載的層。

[發光二極體(第一實施形態)]

圖1係應用本發明的一發光二極體例之共振器型發光二極體的剖面示意圖。圖2係形成於含有圖1所示之發光二極體的晶圓上之發光二極體的立體圖。

以下，茲參照圖1及圖2，針對應用本發明的一實施形態之發光二極體作詳細說明。

圖1所示的發光二極體100，係於基板1上具備反射層2和含有活性層3的化合物半導體層之發光二極體，包含具有上面6a及側面6b的支持構造部6和配置於該支持構造部6上且具有傾斜側面7a及頂面7b的台地型構造部7，支持構造部6係含有至少反射層2的一部分，其側面6b含有藉濕式蝕刻形成且從上面6a向基板1側延伸到至少超過反射層2的位置為止的傾斜部6ba，含有該傾斜部6ba的水平方向的剖面積朝上面6a連續地變小，台地型構造部7係含有至少活性層3的一部分，且其傾斜側面7a藉濕式蝕刻形成，並且水平方向的剖面積朝頂面7b連續地變小，支持構造部6及台地型構造部7各自的至少一部分被保護膜8，電極膜9依序覆蓋，保護膜8至少覆蓋上面6a的至少一部分、側面6b當中的至少傾斜部6ba、傾斜側面7a、及頂面7b的周緣區域7ba，且在俯視中於周緣區域7ba的內側具有露出化合物半導體層(接觸層5)的表面的一部分

之通電窗8b，電極層9係以與自通電窗8b露出的化合物半導體層的表面直接接觸，且至少覆蓋被形成於上面6a上的保護膜8之一部分，而在台地型構造部7的頂面7b上具有光射出孔的方式所形成的連續膜，反射層2是DBR反射層(下部DBR反射層)，在活性層3之和基板1對向側的相反側具備上部DBR反射層4，化合物半導體層係具有和電極層9接觸的接觸層5。

支持構造部6的側面6b係由傾斜部6ba(本實施形態中是由反射層2的側面和基板1的側面構成)和基板側面的一部分6bb構成。

支持構造部6的側面6b之傾斜部6ba上隔著保護膜具備漏光防止膜24。

本實施形態的台地型構造部7係俯視呈矩形，電極層9的光射出孔9b係俯視呈圓形。台地型構造部7未受限於在俯視中呈矩形，又，光射出孔9b亦未受限於在俯視圖中呈圓形。

又，基板1的下面側形成有背面電極10(參照圖5)。

本發明的發光二極體，為如圖2所示，於晶圓狀的基板上製作多個發光二極體100後，按各發光二極體沿著切割道21(虛線22係切割道21之長邊方向的中心線)切斷而製造。亦即，沿著虛線22將雷射或刀片等碰觸切割道21的部分，可切斷成各發光二極體。

台地型構造部7係相對於上面6a朝上方突出的構造，且具有作為外表面的傾斜側面7a和頂面7b。在圖1所示之例子的情況，傾斜側面7a係包含活性層3的整層、及在

上部 DBR 層 4 及接觸層 5 的傾斜剖面上隔著保護膜形成的電極層(外表面電極層)9 之表面，頂面 7b 係包含用以覆蓋保護膜 8 中央部分的部分 8d 之表面、電極層 9(標號 9ba、9bb 及 9d 的部分)的表面。

本發明之台地型構造部 7 的内部係含有至少活性層 3 的一部分。

圖 1 所示之例子的情況，台地型構造部 7 的内部係含有：接觸層 5 和上部 DBR 層 4 及活性層 3 的整層。台地型構造部 7 的内部亦可僅含有活性層 3 的一部分，但以活性層 3 的整層是被台地型構造部 7 的内部所包含者較佳。原因在於：於活性層 3 發光的光全產生在台地型構造部內，得以提升光取出效率。又，亦可在台地型構造部 7 的内部含有下部 DBR 層 2 的一部分。

又，台地型構造部 7 其傾斜側面 7a 係藉濕式蝕刻形成，且水平方向的剖面積是形成從基板 1 側朝向頂面 7b(上方)連續地變小。傾斜側面 7a 係藉濕式蝕刻所形成者，故朝下形成凸狀。台地型構造部 7 的高度 h 為 $3 \sim 7 \mu\text{m}$ ，且俯視中之傾斜側面 7a 的寬度 w 為 $0.5 \sim 7 \mu\text{m}$ 較佳。原因在於，在此情況，台地型構造部 7 的側面非呈垂直或急傾斜而是和緩的傾斜，所以保護膜或電極用金屬膜容易形成一樣的膜厚，無需擔憂成為不連續的膜，因此，沒有起因於不連續的膜所造成之漏電或通電不良的情形，可確保穩定且高亮度之發光。又，進行高度超過 $7 \mu\text{m}$ 的濕式蝕刻時，傾斜側面容易成為懸垂(overhang)形狀(倒錐形)故不理想。以懸垂形狀(倒錐形)要將保護膜、電極膜以均

一的膜厚且無不連續部位地形成係變得比垂直側面的情況更為困難。

此外，本說明書中，高度 h 係指從隔著上面6a上的保護膜所形成之電極膜9(標號9c的部分)的表面迄至覆蓋保護膜8之標號8ba的部分之電極膜9(標號9ba的部分)的表面為止的垂直方向之距離(參照圖1)。又，寬度 w 係指從覆蓋保護膜8之標號8ba的部分之電極膜9(標號9ba的部分)的邊緣到緊接其邊緣的傾斜側面的電極膜9(標號9a的部分)之最下面的邊緣之水平方向的距離(參照圖1)。

圖3係台地型構造部7附近之剖面的電子顯微鏡照片。

圖3所示之例子的層構成，除了接觸層是包含 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 、且層厚是 $3\mu m$ 這點以外，其餘構成與後述之實施例相同。

本發明的台地型構造部由於是藉濕式蝕刻所形成，所以形成從其頂面側越朝向基板側走(圖中越朝向下方向走)，則台地型構造部之水平剖面積(或寬度或直徑)的增大率變越大。依此形狀可判別台地型構造部非藉由乾式蝕刻，而是藉由濕式蝕刻形成者。

圖3所示之例子中，高度 h 為 $7\mu m$ ，且寬度 w 為 $3.5\sim 4.5\mu m$ 。

台地型構造部7係以俯視呈矩形較佳。原因在於，因製造時之濕式蝕刻的各向異性之影響使台地形狀依蝕刻深度而變化的情況受抑制，由於可容易控制台地型構造部之各面的面積，故可獲得高精度的尺寸形狀。

發光二極體中的台地型構造部 7 之位置，如圖 1 及圖 2 所示，為了元件的小型化，以偏於發光二極體之長軸方向的一側較佳。原因在於，由於上面 6a 需要用以安裝接合線(未圖示)的寬度，因而要作成狹窄有其限度，藉由使台地型構造部 7 偏向另一側，可使支持構造部 6 的上面 6a 的範圍最小化，能圖謀元件的小型化。

支持構造部 6 係配置在台地型構造部 7 下部的構造且具有將上面 6a 及側面 6b 作為外面。其側面 6b 係含有藉濕式蝕刻所形成且自上面 6a 延伸到基板 1 側至少越過反射層 2 的位置之傾斜部 6ba。支持構造部 6 係形成為含有此傾斜部 6ba 的水平方向之剖面積朝上面 6a(上方)連續地變小。含有除了傾斜部 6ba 以外的側面之水平方向的剖面積不變。

由於傾斜部 6ba 進行濕式蝕刻的高度超過 $7\mu\text{m}$ 時，容易成為懸垂(overhang)形狀(倒錐形)，故宜為 $7\mu\text{m}$ 以下。

傾斜部 6ba 可由複數個傾斜部分所構成。在此情況，以含有各傾斜部分的水平方向之剖面積分別朝上面(上方)連續地變小，含有接近於上面的(上方側的)傾斜部分之水平方向的剖面積變越小的方式形成各傾斜部分。特別是和形成台地型構造部之際同樣，在傾斜部 6ba 的高度超過 $7\mu\text{m}$ 的情況藉濕式蝕刻形成一個傾斜部分時，容易成為懸垂(overhang)形狀(倒錐形)，故以在 $7\mu\text{m}$ 以下的複數個傾斜部分形成傾斜部 6ba 者較佳。

又，當藉由濕式蝕刻將傾斜部形成深(高)時，因橫方向亦蝕刻增快而有台地型構造部變小發光面積變小的

問題、傾斜部傾斜的角度接近垂直的範圍變長的問題、由於亦有因蝕刻的各向異性之影響而因縱與橫的蝕刻速度不同在俯視中僅一方向形成深的問題，故在將傾斜部形成深(高)的情況以由複數段的傾斜部分構成較佳。

上面6a是配置在台地型構造部7周圍的部分。由於本發明中不是在台地型構造部7而是在位於可施以充分荷重(及超音波)的電極層上面的位置的部分進行打線接合，故能實現高接合強度的打線接合。

在上面6a之上依序形成保護膜8、電極層(外表面電極層)9，在上面6a之上的電極層9之上安裝接合線(未圖示)。配置在上面6a的保護膜8正下之材料，係依台地型構造部7之內部構成而決定。圖1所示之例子的情況，台地型構造部7的內部係含有：接觸層5、上部DBR層4、活性層3的整層，且活性層3的正下層、即下部DBR層的最上面配置在上面6a的保護膜8正下，所以配置在上面6a的保護膜8正下之材料係下部DBR層之最上面的材料。

保護膜8具有：覆蓋上面6a的至少一部分的部分8c(亦含有隔著台地型構造部7覆蓋對向側的上面之部分8cc)；覆蓋側面6b中的至少傾斜部6ba的部分8f；覆蓋傾斜側面7a的部分8a；覆蓋頂面7b的周緣區域7ba的部分8ba；且具有俯視中在周緣區域7ba的內側露出化合物半導體層的表面的一部分之通電窗8b。

本實施形態的通電窗8b係將在台地型構造部7的頂面7b的接觸層5的表面中之、位在周緣區域7ba之下的部分8ba與位在覆蓋中央部分的部分8d之下的部分之間的直徑不同之2個同心圓間的區域露出。

由於保護膜8具備覆蓋側面6b的至少傾斜部6ba的部分8f，且被覆支持構造部的反射層之側面，故可防止反射層的側面和大氣或水分接觸而劣化，能達成高可靠性及延長壽命。

保護膜8的第1機能，為縮窄產生發光的區域及用以取出光的範圍而配備於外表面電極層9之下層用以限制在外表面電極層9和背面電極10之間的流通電流之區域。亦即，形成保護膜8後，於含有保護膜8的全面上形成外表面電極層，之後，將外表面電極層圖案化，既形成保護膜8的部分即使未除去外表面電極層，外表面電極層和背面電極10之間亦不會流通電流。在欲和背面電極10之間流通電流處形成保護膜8的通電窗8b。

因此，只要是以能具有第1機能的方式於台地型構造部7的頂面7b之一部分形成通電窗8b的構成即可，通電窗8b的形狀或位置未限定為圖1那樣的形狀或位置。

保護膜8的第2機能，其不同於第1機能，倒不是必要的機能，在圖1所示之保護膜8的情況，關於第2機能方面，在俯視中是配備在外表面電極層9的光射出孔9a內之接觸層5的表面，能將光經由保護膜8取出，且保護取出光的接觸層5之表面。

此外，在後述的第2實施形態中，係光射出孔之下沒有保護膜而在未經由保護膜之下從光射出孔9b直接取出光的構成，未具有第2機能。

關於保護膜8的材料方面可使用習知的絕緣層，但因為容易形成穩定的絕緣膜，故以氧化矽膜較佳。

此外，本實施形態中，因為是將光經由此保護膜8(8d)取出，故保護膜8有需要具有透光性。

又，保護膜8的膜厚以 $0.3 \sim 1 \mu\text{m}$ 較佳。原因在於，小於 $0.3 \mu\text{m}$ 則絕緣性不足，而當超過 $1 \mu\text{m}$ 時，則膜之形成會耗費過多的時間。

電極層(外表面電極層)9係包含：部分9bb(以下適當地稱為「接觸部分」)，其掩埋從通電窗8b露出的化合物半導體層之表面的至少一部分(掩埋通電窗8b的部分)；部分9c，其覆蓋保護膜8中的用以覆蓋上面6a的至少一部分的部分8c；部分9a，其覆蓋保護膜8中的用以覆蓋傾斜側面7a的部分8a；部分9ba，其覆蓋保護膜8中的用以覆蓋台地型構造部7的頂面7b之周緣區域7ba的部分8ba的部分；保護膜8的通電窗8b；以及部分9d，其覆蓋在台地型構造部7的頂面7b之保護膜8中的用以覆蓋頂面7b中央部分的部分8d之外周緣部。

電極層(外表面電極層)9的第1機能為和背面電極10之間流通電流，第2機能為限制射出所發光的光之範圍。圖1所示之例子的情況，第1機能是由接觸部分9bb擔任，第2機能是由覆蓋中央部分的部分8d之外周緣部的部分9d所擔任。

針對第2機能，亦可為建構成採用非透光性的保護膜，由該保護膜來擔任。

電極層9可以覆蓋上面6a的保護膜8整體，亦可覆蓋其一部分，為了適當安裝接合線，以儘可能覆蓋廣範圍較佳。從成本降低的觀點考量，如圖2所示，以在切斷成各發光二極體之際的切割道21不覆蓋電極層者較佳。

此電極層9在台地型構造部7的頂面7b中僅利用接觸部分9bb與接觸層5接觸，故電極層9和背面電極10僅能在接觸部9bb和背面電極10之間流通電流。為此，於發光層13中電流集中在俯視是和光射出孔9b重疊的範圍，由於發光集中在其範圍，故可有效率地取出光。

關於電極層9的材料，可使用習知的電極材料，但從為了獲得良好的歐姆接觸來考量，以AuBe/Au最佳。

又，電極層9的膜厚以 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 較佳。原因在於，小於 $0.5 \mu\text{m}$ 不但難以獲得均一且良好的歐姆接觸，且接合時的強度、厚度不足，而當超過 $2.0 \mu\text{m}$ 時，則成本耗費過高。

漏光防止膜24，係防止在活性層所發的光透過支持構造部6的側面6b之傾斜部6ba上的保護膜8f朝元件外漏洩。

圖1所示的漏光防止膜24僅為傾斜部6ba上(隔著保護膜8f)及上面6a的電極膜9c上的一部分上所具備，再者，亦可形成於支持構造部6的上面6a的其他部分或台地型構造部7上。

關於漏光防止膜24的材料，可使用習知的反射材料，由於可和電極層9同時形成，故以AuBe/Au較佳。

本實施形態中，在光射出孔9b之下形成有保護膜8d(8)，且於台地型構造部7的頂面經由保護膜8d(8)而從光射出孔9b取出光的構成。

光射出孔9b的形狀係以在俯視中呈圓形或橢圓者較佳。原因在於，能比具有矩形等角部的構造還容易形成

均一的接觸區域，可抑制在角部發生電流集中等情形。又，適合於和在受光側的光纖等耦合。

光射出孔9b的直徑以 $50\sim 150\mu\text{m}$ 較佳。原因在於，小於 $50\mu\text{m}$ 時在射出部之電流密度變高，導致低電流且輸出飽和，反之若超過 $150\mu\text{m}$ 則因電流難以朝射出部整體擴散，使得相對於注入電流之發光效率降低。

關於基板1，例如可使用GaAs基板。

在使用GaAs基板的情況，可使用以習知的製法製作之市售品的單結晶基板。GaAs基板之供磊晶成長的表面最好是平滑。關於GaAs基板的表面之面方位，從磊晶成長容易、量產的(100)面及從(100)偏 $\pm 20^\circ$ 以內的基板，從品質穩定性方面來說是最好的。再者，GaAs基板的面方位，以從(100)方向朝(0-1-1)方向偏 $15^\circ\pm 5^\circ$ 的範圍更佳。

為了下部DBR層2、活性層3及上部DBR層4良好的結晶性，GaAs基板的差排密度以低者最好。具體而言，例如，以 $10,000\text{個 cm}^{-2}$ 以下為宜，最好為 $1,000\text{個 cm}^{-2}$ 以下。

GaAs基板可為n型或p型。GaAs基板的載子濃度可從所期望的電氣傳導度和元件構造作適當選擇。例如，在GaAs基板是摻雜Si的n型之情況，以載子濃度為 $1\times 10^{17}\sim 5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的範圍較佳。相對地，在GaAs基板是摻雜Zn的p型之情況，以載子濃度為 $2\times 10^{18}\sim 5\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 的範圍較佳。

GaAs基板的厚度係有因應於基板的尺寸之適切範圍。GaAs基板的厚度比適切的範圍薄時，則會有在化合

物半導體層之製造處理中破裂之虞。另一方面，GaAs基板的厚度比適切的範圍還厚時，材料成本會增加。為此，GaAs基板之基板尺寸大的情況，例如，在直徑75mm的情況，為防止運送時的破裂，最好厚度為250～500 μ m。同樣地，在直徑50mm的情況，200～400 μ m的厚度最好，直徑100mm的情況，350～600 μ m的厚度最好。

如此，透過因應於GaAs基板的基板尺寸而加大基板的厚度，可降低起因於活性層3所導致的化合物半導體層翹曲。藉此，由於在磊晶成長中之溫度分布變得均一，故可縮小活性層3之面內的波長分布。此外，GaAs基板的形狀未特別受限於圓形，即使是矩形等亦無問題。

關於反射層(下部DBR層2)及化合物半導體層(活性層3、上部DBR層4、接觸層5)的構造，可適時添加習知的機能層。例如，可設置用以使元件驅動電流於發光部的全體以平面方式擴散之電流擴散層、及相反地是用以限制元件驅動電流之流通區域的電流阻止層或電流狹窄層等之習知的層構造。

形成於基板1上的反射層(下部DBR層)及化合物半導體層，係依序積層下部DBR層2、活性層3及上部DBR層4而構成。

DBR(Distributed Bragg Reflector)層，係包含交互積層 $\lambda/(4n)$ 的膜厚(λ ：應反射的光在真空中的波長， n ：層材料的折射率)且折射率不同之兩種類的層而成的多層膜。就反射率而言，兩種類的折射率之差大時，能以較少層數的多層膜獲得高反射率。特徵在於：並非如通常

的反射膜被某面反射，而是多層膜的整體會基於光的干涉現象引起反射。

DBR層的材料係以相對於發光波長呈透明較佳，且以選擇構成DBR層之兩種類的材料之折射率差變大的組合較佳。

下部DBR層2係以折射率不同之兩種類的層交互地積層10~50對而成較佳。原因在於，在10對以下之情況，因反射率過低而無助於增大輸出，而即便是50對以上，反射率再進一步增大的值小。

構成下部DBR層2之折射率不同之兩種類的層，係選自組成不同之兩種類的 $(Al_{x_h}Ga_{1-x_h})_{Y_3}In_{1-Y_3}P$ ($0 < x_h \leq 1$, $Y_3=0.5$)、 $(Al_{x_l}Ga_{1-x_l})_{Y_3}In_{1-Y_3}P$ ； $0 \leq x_l < 1$, $Y_3=0.5$)之對，且兩者之Al的組成差 $\Delta X = x_h - x_l$ 為大於或等於0.5的組合、或GaInP和AlInP之組合，或是組成不同之兩種類的 $Al_{x_l}Ga_{1-x_l}As$ ($0.1 \leq x_l \leq 1$)、 $Al_{x_h}Ga_{1-x_h}As$ ($0.1 \leq x_h \leq 1$)之對，且兩者的組成差 $\Delta X = x_h - x_l$ 為大於或等於0.5的組合任一，因效率佳可獲得高反射率故最好。

由於組成不同之AlGaInP的組合係不含容易產生結晶缺陷的As，故較佳，GaInP和AlInP是其中能取得最大折射率差者，故可減少反射層的數量，組成的轉換亦單純，故較佳。又，AlGaAs具有所謂容易取得大的折射率差之優點。

上部DBR層4亦可使用和下部DBR層2同樣的層構造，但因有使光穿透上部DBR層4並射出之必要，遂形成低反射率會比下部DBR層2還低的構成。具體而言，在包含

和下部 DBR 層 2 相同材料的情況，以層數少於下部 DBR 層 2 的方式交互積層 3~10 對折射率不同之兩種類的層者較佳。原因在於，在 2 對以下之情況，因反射率過低而無助於增大輸出，而為 11 對以上時，穿透上部 DBR 層 4 的光量會大幅降低。

本發明的發光二極體，為採用將活性層 3 以低反射率的上部 DBR 層 4 和高反射率的下部 DBR 層 2 包挾，使得在活性層 3 發光的光在上部 DBR 層 4 和下部 DBR 層 2 之間共振而使駐波的腹部位在發光層之構成，藉以在未使雷射振盪之下形成比以往的發光二極體指向性高、高效率的發光二極體。

如圖 4 所示，活性層 3 係依序積層下部包覆層 11、下部引導層 12、發光層 13、上部引導層 14、及上部包覆層 15 而構成。亦即，活性層 3 係為了將會造成放射再結合的載子(載體；carrier)及將發光「關入」發光層 13，而作成含有：與發光層 13 的下側及上側對峙地配置的下部包覆層 11、下部引導層 12、及上部引導層 14、以及上部包覆層 15 的所謂雙異質(英文簡稱：DH)構造，在獲得高強度的發光方面是較佳的。

如圖 4 所示，發光層 13 為控制發光二極體(LED)之發光波長，可建構量子阱構造。亦即，發光層 13 可作成在兩端具有阻障層(亦稱為障壁層)18 之阱層 17 和阻障層 18 的多層構造(積層構造)。

發光層 13 的層厚係以 $0.02 \sim 2\mu\text{m}$ 的範圍較佳。發光層 13 的傳導型未特別限定，未摻雜、p 型及 n 型都可選擇。

為提高發光效率，以結晶性良好之未摻雜或小於 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 的載子濃度最好。

關於阱層 17 的材料，可使用習知的阱層材料。例如，可使用 AlGaAs、InGaAs、AlGaInP。

阱層 17 的層厚宜在 3~30nm 的範圍，更佳為 3~10nm 的範圍。

關於阻障層 18 的材料，以選擇適合於阱層 17 的材料之材料較佳。為防止在阻障層 18 之吸收以提高發光效率，以設成帶隙是比阱層 17 還大的組成較佳。

例如，在使用 AlGaAs 或 InGaAs 作為阱層 17 的材料之情況，關於阻障層 18 的材料，以 AlGaAs 或 AlGaInP 較佳。在使用 AlGaInP 作為阻障層 18 的材料之情況，由於不含容易造成缺陷的 As，故結晶性高而有助於高輸出。

在使用 $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) 作為阱層 17 的材料之情況，關於阻障層 18 的材料，可使用 Al 組成高的 $(\text{Al}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_4 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$, $x_1 < x_4$) 或帶隙能比阱層 $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) 大的 AlGaAs。

阻障層 18 的層厚係以等於或大於阱層 17 的層厚較佳。藉由在產生通道效應之層厚範圍加大足夠厚度，抑制因通道效應所致朝向阱層間之擴展，使得載子關入的效果增大，電子和電洞之發光再結合機率變大，可謀求發光輸出之提升。

在阱層 17 和阻障層 18 之多層構造中，交互地積層阱層 17 和阻障層 18 之成對數量倒未特別限定，但以 2 對以上 40 對以下較佳。亦即，活性層 11 以含有 2~40 層的阱層 17 較佳。在此，關於活性層 11 的發光效率是適宜的範圍，以阱層 17 是 5 層以上較佳。另一方面，阱層 17 及阻障層 18 由於載子濃度低，故設置多對會導致順向電壓 (V_F) 增大。為此，以 40 對以下較佳，20 對以下更佳。

下部引導層 12 及上部引導層 14 係如圖 4 所示，分別設在發光層 13 的下面及上面。具體而言，在發光層 13 的下面設有以下部引導層 12，發光層 13 的上面設有上部引導層 14。

關於下部引導層 12 及上部引導層 14 的材料，可使用習知的化合物半導體材料，以選擇適合於發光層 13 的材料之材料較佳。例如，可使用 AlGaAs、AlGaInP。

例如，在阱層 17 的材料是使用 AlGaAs 或 InGaAs、而阻障層 18 的材料是使用 AlGaAs 或 AlGaInP 的情況，關於下部引導層 12 及上部引導層 14 的材料是以 AlGaAs 或 AlGaInP 較佳。關於下部引導層 12 及上部引導層 14 的材料是使用 AlGaInP 的情況，由於不含容易造成缺陷的 As，故結晶性高而有助於高輸出。

在使用 $(Al_{X1}Ga_{1-X1})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X1 \leq 1$, $0 < Y1 \leq 1$) 作為阱層 17 的材料之情況，關於引導層 14 的材料，可使用更高 Al 組成的 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$, $0 < Y1 \leq 1$, $X1 < X4$) 或帶隙能比阱層 $(Al_{X1}Ga_{1-X1})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X1 \leq 1$, $0 < Y1 \leq 1$) 還大的 AlGaAs。

下部引導層 12 及上部引導層 14 係分別為降低下部包覆層 11 及上部包覆層 15 和活性層 11 和缺陷之傳遞而設置。為此，下部引導層 12 及上部引導層 14 的層厚以 10nm 以上較佳，20nm～100nm 更佳。

下部引導層 12 及上部引導層 14 的傳導型倒未特別限定，未摻雜、p 型及 n 型都可選擇。為提高發光效率，以結晶性良好之未摻雜或未滿 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 的載子濃度最好。

如圖 4 所示，下部包覆層 11 及上部包覆層 15 係分別設置在下部引導層 12 的下面及上部引導層 14 上面。

關於下部包覆層 11 及上部包覆層 15 的材料，可使用習知的化合物半導體材料，以選擇適合於發光層 13 的材料之材料較佳。例如，可使用 AlGaAs、AlGaInP。

例如，在阱層 17 的材料是使用 AlGaAs 或 InGaAs、而阻障層 18 的材料是使用 AlGaAs 或 AlGaInP 的情況，關於下部包覆層 11 及上部包覆層 15 的材料是以 AlGaAs 或 AlGaInP 較佳。關於下部包覆層 11 及上部包覆層 15 的材料是使用 AlGaInP 的情況，由於不含容易造成缺陷的 As，故結晶性高而有助於高輸出。

在使用 $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) 作為阱層 17 的材料之情況，關於包覆層 15 的材料，可使用 Al 組成更高的 $(\text{Al}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_4 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$, $x_1 < x_4$) 或帶隙能比阱層 $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) 還大的 AlGaAs。

下部包覆層 11 和上部包覆層 15 係極性不同之構成。

又，下部包覆層11及上部包覆層15的載子濃度及厚度可採用習知的適宜範圍，以活性層11的發光效率可提高的方式將條件最佳化較佳。此外，亦可不設置下部及上部包覆層。

又，藉由控制下部包覆層11及上部包覆層15的組成，可使化合物半導體層20之翹曲降低。

接觸層5係為降低與電極之接觸電阻而設置。接觸層5的材料係以帶隙是比發光層13還大的材料較佳。又，為使與電極之接觸電阻降低，接觸層5的載子濃度之下限值以 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上較佳， $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上更佳。載子濃度之上限值最好是容易引起結晶性降低的 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下。接觸層5的厚度以 $0.05 \mu\text{m}$ 以上較佳。接觸層5的厚度的上限值倒未特別限定，但為將有關磊晶成長的成本設在適當範圍，以 $10 \mu\text{m}$ 以下者最好。

本發明的發光二極體可組入於燈、背光模組、行動電話、顯示器、各種面板類、電腦、遊戲機、照明等之電子設備、或組裝有其等電子設備之汽車等的機械裝置等。

[發光二極體(第2實施形態)]

圖5係顯示應用本發明的一發光二極體例的共振器型發光二極體的其他例之剖面示意圖。

第1實施形態中，係於光射出孔之下形成有保護膜，且於台地型構造部的頂面經由保護膜而從光射出孔取出光的構成，而第2實施形態，為在光射出孔之下沒有保護膜，且在未經由保護膜之下從光射出孔9b直接取出光的構成。

亦即，在第2實施形態之共振器型發光二極體200中，保護膜28係覆蓋上面6a的至少一部分28c、側面6b的至少傾斜部6ba、傾斜側面7a、頂面7b的周緣區域7ba，且俯視可見在周緣區域7ba的內側具有露出前述化合物半導體層(接觸層5)的表面一部分之通電窗28b，電極層29係以至少覆蓋自通電窗28b露出的化合物半導體層之表面的至少一部分和前述上面6a的一部分，且於台地型構造部7的頂面僅覆蓋自通電窗28b露出的化合物半導體層(接觸層5)之表面的一部分而具有露出化合物半導體層(接觸層5)之表面的其他部分5a之光射出孔29b般而形成於保護膜28上的連續膜。

如圖5所示，第2實施形態的保護膜28係具有：部分28c(亦含有隔著台地型構造部7覆蓋對向側的上面的部分28cc)，其覆蓋上面6a的至少一部分；部分28f，其覆蓋側面6b的至少傾斜部6ba；部分28a，其覆蓋傾斜側面7a；28ba，其覆蓋頂面7b的周緣區域7ba；且俯視可見在周緣區域7ba的內側具有露出化合物半導體層(接觸層5)的表面一部分之通電窗28b。亦即，通電窗28b係於台地型構造部7的頂面7b將化合物半導體層(接觸層5)的表面中之位在周緣區域7ba之下的部分以外露出。雖在保護膜28之上形成電極層(外表面電極層)29，但在此電極層29和背面電極10之間的不流通電流的部分形成保護膜28。

保護膜28具備用以覆蓋側面6b中的至少傾斜部6ba的部分28f，因被覆支持構造部的反射層之側面，故防止反射層的側面和大氣或水分接觸而劣化，可達成高可靠性及延長壽命。

又，如圖5所示，第2實施形態的電極層(外表面電極層)29係包含：部分29a，其覆蓋保護膜28中的用以覆蓋傾斜側面7a的部分28a；部分29c，其覆蓋保護膜28中的用以覆蓋上面6a的至少一部分的部分28c；部分29ba，其覆蓋保護膜28中的用以覆蓋台地型構造部7的頂面7b之周緣區域7ba的部分28ba之部分；及部分29bb，其以越過台地型構造部7的頂面7b之保護膜28中的標號28ba的部分而形成光射出孔29b開口的方式覆蓋化合物半導體層(接觸層5)。

以第2實施形態的電極層(外表面電極層)29而言，部分29bb係擔任上述的第1機能及第2機能兩種機能。

[發光二極體(第3實施形態)]

應用本發明的第3實施形態之發光二極體與第1實施形態之發光二極體相較下，在有關無上部DBR反射層、改以具備電流擴散層來取代這點是不同的。

圖6係顯示有關第3實施形態之發光二極體300的一例之剖面示意圖。

如圖6所示，發光二極體300係在活性層3上具備電流擴散層40之構成。

本實施形態中，關於電流擴散層40的材料，例如，可使用AlGaAs等。

關於電流擴散層40的厚度以 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下較佳。原因在於，以小於 $0.1\mu\text{m}$ 而言，電流擴散效果不充分，一超過 $10\mu\text{m}$ 時則在效應方面，磊晶成長相關花費成本過大。

如圖 6 所示，亦可具備漏光防止膜 16，用以防止在活性層所發的光從台地型構造部 7 的側面朝元件外漏洩。此漏光防止膜 16 亦可為本發明其他實施形態中所具備。

關於漏光防止膜 16 的材料，可使用習知的反射材料。亦可為與電極層 9 相同的 AuBe/Au。

[發光二極體之製造方法(第 1 實施形態)]

其次，關於本發明的發光二極體之製造方法的一實施形態，係說明第 1 實施形態之發光二極體(共振器型發光二極體)之製造方法。

圖 7 表示發光二極體之製造方法的一步驟的剖面示意圖。又，圖 8 表示圖 7 之後的一步驟之剖面示意圖。

(化合物半導體層的形成步驟)

首先，製作圖 7 所示的化合物半導體層 20。

化合物半導體層 20 係於基板 1 上依序積層下部 DBR 層 2、活性層 3、上部 DBR 層 4、及接觸層 5 而製作。

亦可在基板 1 和下部 DBR 層 2 之間設置緩衝層(buffer)。緩衝層係為降低基板 1 和活性層 3 的構成層之缺陷的傳遞而設置。為此，若選擇基板的品質或磊晶成長條件，就不一定需要緩衝層。又，緩衝層的材質係以和供磊晶成長的基板相同材質較佳。

為降低缺陷之傳遞，緩衝層亦可使用由基板不同的材質構成之多層膜。緩衝層的厚度以 0.1 μm 以上較佳，0.2 μm 以上更佳。

以本實施形態而言，可應用分子束磊晶法(MBE)或減壓有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD 法)等之習知的成

長方法。其中，以應用量產性優異的MOCVD法最理想。具體而言，使用於化合物半導體層的磊晶成長之基板1，最好在成長前實施洗淨步驟或熱處理等之前處理，以除去表面的污染或自然氧化膜。構成上述化合物半導體層之各層，係可將直徑50～150mm的基板1安裝於MOCVD裝置內，同時使之磊晶成長而積層。又，關於MOCVD裝置，可應用自公轉型、高速旋轉型等之市售的大型裝置。

在對上述化合物半導體層20之各層進行磊晶成長時，關於III族構成元素的原料，例如，可使用三甲基鋁 $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ 、三甲基鎵 $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ 及三甲基銦 $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ 。又，關於Mg的摻雜原料，例如，可使用雙環戊二烯鎂 $(\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg})$ 等。又，關於Si的摻雜原料，例如，可使用二矽烷 (Si_2H_6) 等。又，關於V族構成元素的原料，可使用磷 (PH_3) 、砷化氫 (AsH_3) 等。

再者，各層之載子濃度及層厚、溫度條件係可適當選擇。

如此製作的化合物半導體層儘管具有活性層3仍可獲得結晶缺陷少之良好的表面狀態。又，化合物半導體層20亦可對應於元件構造而施以研磨等之表面加工。
(背面電極的形成步驟)

其次，如圖6所示，在基板1的背面形成背面電極10。

具體而言，例如，在基板是n型基板的情況，利用蒸鍍法，例如，依序積層Au、AuGe而形成n型歐姆電極的背面電極10。

(台地型構造部的形成步驟)

其次，於化合物半導體層進行第1濕式蝕刻以形成水平方向的剖面積朝頂面連續地變小所形成之台地型構造部(保護膜及電極膜除外)與和配置於該台地型構造部周圍之支持構造部的上面。

具體而言，首先，如圖8所示，在化合物半導體層的最上層、即接觸層上堆積光阻，藉由光微影術於台地型構造部以外形成具有開口23a的光阻圖案23。

光阻圖案中的台地型構造部形成預定部位之大小，係以形成與「台地型構造部」的頂面相距各邊上下左右稍大上10 μ m程度者較佳。

其次，例如使用選自磷酸/過氧化氫水混合液，氦/過氧化氫水混合液，溴甲醇混合液，碘化鉀/氦的群之至少1種以上的蝕刻液進行第1濕式蝕刻。

例如，可使用 $H_3PO_4 : H_2O_2 : H_2O = 1 \sim 3 : 4 \sim 6 : 8 \sim 10$ 的磷酸/過氧化氫水混合液，以30~60秒的濕式蝕刻時間進行蝕刻以除去台地型構造部以外的部分之接觸層和上部DBR層及活性層的至少一部分、或接觸層和上部DBR層和活性層及下部DBR層的至少一部分。

之後，除去光阻。

台地型構造部在俯視中的形狀係由光阻圖案23之開口23a的形狀所決定。於光阻圖案23形成和所期望的俯視形狀對應之形狀的開口23a。

又，蝕刻的深度、也就是蝕刻到進行到化合物半導體層中的哪層為止以將其除去，係由蝕刻液的種類及蝕刻時間所決定。

圖 9 顯示使用 $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 5 : 9 (100 : 250 : 450)$ ，56% (H_2O)，液溫 $30^\circ\text{C} \sim 34^\circ\text{C}$ 的蝕刻液，針對後述的實施例 1 所示之化合物半導體層進行濕式蝕刻的情況下之深度及寬度相對於蝕刻時間的關係。表 1 以數值顯示其條件及結果。

表 1

時間(sec)	深度(μm)	寬度(μm)
5	0.45	0.25
10	0.91	0.55
30	2.7	1.6
45	4.2	2.6
60	5.45	3.8
90	8.5	7.2

由圖 9 及表 1 可知，蝕刻深度(相當於圖 1 的「h」)係大致與蝕刻時間(sec)成正比，蝕刻時間越長蝕刻寬度增大率變越大。亦即，如圖 3 所示，形成越深(圖中越朝向下方走)則台地型構造部之水平剖面積(或寬度或直徑)的增大率變越大。此蝕刻形狀與藉乾式蝕刻形成的蝕刻形狀不同。因此，從台地型構造部之傾斜斜面的形狀，可判別台地型構造部是藉由乾式蝕刻所形成，或者藉由濕式蝕刻所形成者。

藉由第 1 濕式蝕刻，除了晶圓基板的台地型構造部以外的部分(切割道及支持構造部)係成為同程度的高度。

(支持構造部的傾斜部之形成步驟)

接著，沿著個片化用切斷線(圖 2 的虛線 22)進行第 2 濕式蝕刻以形成支持構造部 6 的側面 6a 之傾斜部 6ba。

具體而言，首先，於晶圓基板整面上堆積光阻，藉由光微影術在切割道 21 和離支持構造部 6 的上面 6a 的

外周規定距離 d (參照圖 2) 的範圍形成具有開口的光阻圖案。

其次，使用選自磷酸/過氧化氫水混合液，氨/過氧化氫水混合液，溴甲醇混合液的群之至少 1 種以上的蝕刻液進行第 2 濕式蝕刻。

例如，使用 $H_3PO_4 : H_2O_2 : H_2O = 1 \sim 3 : 4 \sim 6 : 8 \sim 10$ 的磷酸/過氧化氫水混合液，以 30~60 秒的濕式蝕刻時間進行蝕刻以形成支持構造部 6 的側面 6a 之傾斜部 6ba。

之後，除去光阻。

傾斜部 6ba 的傾斜角度、長度、深度係取決於蝕刻液的種類及蝕刻時間。

(保護膜的形成步驟)

其次，形成至少覆蓋上面 6a 的至少一部分、側面 6b 的至少傾斜部 6ba、傾斜側面 7a 及頂面 7b 的周緣區域 7ba，且在俯視中於周緣區域 7ba 的內側具有露出化合物半導體層 (接觸層 5) 的表面的一部分之通電窗 8b 的保護膜 8。

具體而言，首先，全面地成膜保護膜 8 的材料。具體而言，例如，藉由濺鍍法全面地成膜 SiO_2 。

其次，全面堆積光阻，藉由光微影術形成將和上面 6a、傾斜部 6ba、傾斜側面 7a、頂面 7b 的周緣區域 7ba 以外的部分及露出化合物半導體層的表面之一部分的通電窗 8b 相對應的部分設為開口的光阻圖案。

接著，例如，使用緩衝氟酸且藉濕式蝕刻方式除去和開口相對應的部分之保護膜的材料而形成保護膜 8。

圖 10 顯示保護膜 8 之通電窗 8b 附近的俯視圖。在 d_{in} 和 d_{out} 之間形成沒有保護膜 8 的通電窗 8b。

之後，除去光阻。

(外表面電極層及漏光防止層的形成步驟)

其次，以至少覆蓋自通電窗 8b 露出的化合物半導體層(接觸層 5)的表面至少一部分和上面的一部分且在台地型構造部 7 的頂面上具有光射出孔 9b 的方式，形成被形成於保護膜 8 上的連續膜的外表面電極層(電極層)9 及漏光防止層 24。

具體而言，係全面堆積光阻，藉由光微影術形成以含有和光射出孔 9b 對應的部分及晶圓基板上之多個發光二極體間的切斷部分(切割道)之無需電極膜的部分以外的部分作為開口的光阻圖案。接著，蒸鍍電極層材料(漏光防止膜亦以電極層材料形成)。在利用此蒸鍍無法充分蒸鍍電極層材料於台地型構造部的傾斜側面及支持構造部的傾斜部之情況，為了再將電極層材料蒸鍍於台地型構造部的傾斜側面及支持構造部的傾斜部而使用蒸鍍金屬容易繞進的行星型之蒸鍍裝置進行蒸鍍。

之後，除去光阻。

光射出孔 9b 的形狀係由光阻圖案(未圖示)之開口形狀所決定。形成此開口形狀對應所期望的光射出孔 9b 的形狀之光阻圖案。

(個片化步驟)

其次，將晶圓基板上的發光二極體個片化以製作發光二極體(晶片)。

具體而言，例如，藉由切割鋸或雷射切斷切割道部分並按晶圓基板上的發光二極體切斷而個片化。

[發光二極體(第 2 實施形態)的製造方法]

本發明的發光二極體(第 2 實施形態)和發光二極體(第 1 實施形態)僅在保護膜及電極之配置構成不同，其製造方法能和發光二極體(第 1 實施形態)之製造方法同樣地進行。

[發光二極體(第 3 實施形態)的製造方法]

本發明的發光二極體(第 3 實施形態)之製造方法中，和發光二極體(第 1 實施形態)之製造方法不同點在於：在化合物半導體層的形成步驟中於基板 1 上積層下部 DBR 層 2、活性層 3 之後，於活性層 3 上積層電流擴散層 40 這點，其餘能以和發光二極體(第 1 實施形態)相同的製造方法進行。

關於本發明的第 1 濕式蝕刻及第 2 濕式蝕刻所使用的蝕刻液倒沒有限定，對 AlGaAs 等之 As 系的化合物半導體材料來說適合用氮系蝕刻液(例如，氮/過氧化氫水混合液)，對 AlGaInP 等之 P 系的化合物半導體材料來說適合用碘系蝕刻液(例如，碘化鉀/氮)，磷酸/過氧化氫水混合液適合於 AlGaAs 系，溴甲醇混合液適合於 P 系。

為此，於各濕式蝕刻可使用複數種蝕刻進行。

例如，在化合物半導體層是從最上層依序為包含 AlGaAs 的電流擴散層、包含 AlGaInP 的包覆層、包含 AlGaAs 的發光層、及包含 AlGaInP 的包覆層所構成之情況，As 系的電流擴散層及發光層可使用氮系蝕刻液，P

系的包覆層可使用碘系蝕刻液。在此情況，在進行蝕刻中的層之下層是作為蝕刻停止層發揮機能，因而無需嚴格地管理蝕刻時間。

又，例如以僅由 As 系形成的構造而言可使用磷酸混合液，As/P 系混合存在的構造而言，As 系構造部可使用氮混合液，P 系構造部可使用碘混合液。

在使用以碘(I)500cc，碘化鉀(KI)100g，純水(H₂O)2000cc，氨水(NH₄OH)90cc 之比率混合成的蝕刻液之情況，包含 AlGaInP 的層之蝕刻速度為 0.72μm/min。

實施例

以下，針對本發明的發光二極體及其製造方法，利用實施例更進一步說明，但本發明未受限於此實施例。本實施例中，製作圖 1 所示的共振器型之發光二極體晶片，為了進行特性評價而製作將發光二極體晶片封裝於基板上而成的發光二極體燈。

(實施例)

實施例的發光二極體，為首先，在包含摻雜 Si 的 n 型 GaAs 單結晶的 GaAs 基板上依序積層化合物半導體層而製作磊晶晶圓。GaAs 基板係以(100)面作為成長面，載子濃度設成 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

又，GaAs 基板的層厚設成約 250μm。化合物半導體層，係指包含 Si 摻雜的 GaAs 的 n 型緩衝層、摻雜 Si 的 Al_{0.9}Ga_{0.1}As 和 Al_{0.1}Ga_{0.9}As 的 40 對反覆構造的 n 型下部 DBR 反射層、包含摻雜 Si 的 Al_{0.4}Ga_{0.6}As 的 n 型下部包覆層、包含 Al_{0.25}Ga_{0.75}As 的下部引導層、包含

GaAs/ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 的 3 對的阱層 / 阻障層、包含 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 的上部引導層、包含摻雜 C 的 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 的 p 型上部包覆層、摻雜 C 的 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 的 5 對的反覆構造的 p 型上部 DBR 反射層、包含摻雜 C 的 p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 的接觸層。

本實施例中，使用減壓有機金屬化學氣相沉積裝置法 (MOCVD 裝置)，在直徑 50mm，厚度 250 μm 的 GaAs 基板使化合物半導體層磊晶成長，形成磊晶晶圓。在使磊晶成長層成長時，作為 III 族構成元素的原料，是使用三甲基鋁 $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ 、三甲基鎵 $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ 及三甲基銦 $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ 。又，作為 C 的摻雜原料，是使用四溴甲烷 (CBr_4) 。又，作為 Si 的摻雜原料，是使用二矽烷 (Si_2H_6) 。又，作為 V 族構成元素的原料，是使用磷 (PH_3) 、砷化氫 (AsH_3) 。又，關於各層之成長溫度，係在 700 $^\circ\text{C}$ 下使之成長。

包含 GaAs 的緩衝層，為載子濃度設成約 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 0.5 μm 。下部 DBR 反射層，為將載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 54nm 而成的 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 、和載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 51nm 而成的 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 交互地積層 40 對。下部包覆層，為載子濃度約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 54nm。下部引導層係作成未摻雜且層厚形成約 50nm。阱層係作成未摻雜且層厚形成約 7nm 的 GaAs，阻障層為作成未摻雜且層厚形成約 7nm 的 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 。又，將阱層和阻障層交互積層 3 對。上部引導層係作成未摻雜且層厚形成

約 50nm。上部包覆層，為載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成 54nm。又，上部 DBR 反射層係將載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 54nm 而成的 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 、和載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 51nm 而成的 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 交互地積層 5 對。

包含 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 的接觸層，為載子濃度設成約 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，層厚形成約 250nm。

其次，於作為背面電極的基板背面，以 AuGe、Ni 合金的厚度為 $0.5 \mu\text{m}$ 、Pt 為 $0.2 \mu\text{m}$ 、Au 為 $1 \mu\text{m}$ 的方式藉由真空蒸鍍法成膜，形成 n 型歐姆電極。

其次，為形成台地型構造部，係使用既圖案化的光阻 (AZ5200NJ(Clariant 公司製))，使用 $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 5 : 9$ 的磷酸/過氧化氫水混合液進行 45 秒的第 1 濕式蝕刻以形成台地型構造部及上面。藉此濕式蝕刻以除去接觸層、上部 DBR 反射層及活性層的整層，形成頂面大小為 $190 \mu\text{m} \times 190 \mu\text{m}$ ，高度 h 為 $4 \mu\text{m}$ ，且寬度 w 為 $3 \mu\text{m}$ 之俯視呈矩形的台地型構造部(保護膜及電極膜除外)。

其次，為形成支持構造部的傾斜部，以在切割道 21 和離支持構造部 6 的上面 6a 的外周規定距離 d 為 $20 \mu\text{m}$ 的範圍具有開口的方式使用既圖案化的光阻 (AZ5200NJ(Clariant 公司製))，使用 $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 5 : 9$ 的磷酸/過氧化氫水混合液進行 45 秒的第 2 濕式蝕刻。藉此形成寬度 $4 \mu\text{m}$ ，深度 $3 \mu\text{m}$ 的傾斜部。

其次，因為要形成保護膜，故形成 $0.5 \mu\text{m}$ 左右的包含 SiO_2 的保護膜。

之後，在藉由光阻(AZ5200NJ(Clariant 公司製))形成圖案化後，使用緩衝氟酸，形成俯視呈同心圓形(外徑 d_{out} : $166\mu\text{m}$ ，內徑 d_{in} : $154\mu\text{m}$)的開口(參照圖 10)和切割道部及和支持構造部 6 的上面 6a 之外周相隔規定距離 d 之範圍的開口。

其次，為形成外表面電極(膜)及支持構造部之傾斜部的漏光防止膜 24，係在利用光阻(AZ5200NJ(Clariant 公司製))進行圖案化後，依序蒸鍍 $1.2\mu\text{m}$ 的 Au、 $0.15\mu\text{m}$ 的 AuBe，再利用掀離製程形成在俯視中是具有圓形(直徑: $150\mu\text{m}$)的光射出孔 9b 之長邊 $350\mu\text{m}$ 、短邊 $250\mu\text{m}$ 的外表面電極(p 型歐姆電極)及支持構造部之傾斜部的漏光防止膜 24。

之後，在 450°C 下進行 10 分鐘熱處理使之合金化，形成低電阻的 p 型及 n 型歐姆電極。

其次，為了在台地型構造部的側面形成漏光防止膜 16，係在藉由光阻(AZ5200NJ(Clariant 公司製))形成圖案化後，依序蒸鍍 $0.5\mu\text{m}$ 的 Ti， $0.17\mu\text{m}$ 的 Au，再利用掀離製程形成漏光防止膜 16。

其次，從化合物半導體層側使用切割鋸在切割道部作切斷而予以晶片化。因切割所造成的破碎層及髒污以硫酸・過氧化氫混合液蝕刻除去，製作實施例的發光二極體。

組合 100 個將上述那樣製作之實施例的發光二極體晶片封裝於承載基板上而成的發光二極體燈。此發光二極體燈係以黏晶機支撐(固定)，且以金線打線接合 p 型

歐姆電極和 p 電極端子之後，再以一般的環氧樹脂密封而製作。

關於此發光二極體(發光二極體燈)，在 n 型及 p 型歐姆電極間流通電流時，射出峰值波長 850nm 的紅外光。順向流通 20 毫安培(mA)的電流時之順向電壓(V_F)為 1.6V。順向電流設為 20mA 時的發光輸出為 1.5mW。又，響應速度(上升時間： T_r)為 12.1nsec。

圖 11 係顯示除了沒進行第 2 濕式蝕刻而無傾斜部 6ba(因此，亦無傾斜部 6ba 上的保護膜 8f 及漏光防止膜 24)這點除外其餘和實施例相同構成之發光二極體正上的光譜(參照圖表右邊的示意圖)之測定結果的圖表。縱軸表示光的強度，橫軸表示波長。

如圖 11 所示，該發光二極體中，可見光譜的線寬狹窄(單色性高)，半值寬(HWHM)為 6.3nm。

此發光二極體並非與本發明有關的發光二極體，但由於可認為圖 11 所示發光光的高單色性係無關乎傾斜部 6ba 之有無而可達成之效果，故可認為本發明的發光二極體亦具有同樣的高單色性。

圖 12 係顯示圖 11 中其特性之發光的光之指向性(參照圖表右邊的示意圖)的測定結果之圖表。圖表中之橫軸從「-1」連接到「1」的圓周係表示光強度(Int.)為 13000。因此，例如，在某方向的光強度為 6500 的情況，成為在其方向，於橫軸的「-0.5」連接到「0.5」的圓周上具有圖像。又，例如，以實施例的發光二極體而言，在從正上(90°) $\pm 10^\circ$ 的方向，從約「-0.9」連接到「0.9」的圓周(未

圖示)上具有圖像，故瞭解在其範圍之光強度為 13000 的 90%左右。

如圖 12 所示，以該發光二極體而言，在從光射出孔正上偏 $\pm 15^\circ$ 左右的範圍具有高的強度(13000 的 70%左右以上)，呈現高的指向性。

此發光二極體並非與本發明有關的發光二極體，但由於可認為圖 12 所示發光光的高單色性係無關乎傾斜部 6ba 之有無而可達成之效果，故可認為本發明的發光二極體亦具有同樣的高單色性。

所製作的 100 個發光二極體燈任一都可獲得同程度的特性，並沒有被認為是保護膜成為不連續的膜之情況的漏電(短路)或電極用金屬膜成為不連續的膜之情況的通電不良之原因所導致不良的情形。且發光二極體的側面被保護膜所覆蓋，從發光二極體燈的特性確認了可防止因與大氣或大氣中的水分之接觸所導致的側面之劣化。

(比較例)

顯示以液相磊晶法成長厚膜並除去基板除後之構造的波長 850nm 之發光二極體的例子。

使用滑動晶舟型成長裝置使 AlGaAs 層成長於 GaAs 基板。

於滑動晶舟型成長裝置的基板收納溝設置 p 型 GaAs 基板，將 Ga 金屬，GaAs 多結晶，金屬 Al，及摻雜物放入於準備供各層成長用的坩堝內。

要成長的層係作成透明厚膜層(第 1p 型層)，下部包覆層(p 型包覆層)，活性層，上部包覆層(n 型包覆層)的 4 層構造，且以此順序積層。

將裝配有此等的原料的滑動晶舟型成長裝置安裝於石英反應管內，在氫氣流中加溫到 950°C ，在原料熔融後，將環境溫度降溫到 910°C ，將滑塊朝右側推壓使之與熔融原料(熔化物)接觸後以 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 的速度降溫，在到達規定溫度後，反覆推壓滑塊而依序和各熔融原料接觸後使成為高溫的動作，最後在與熔化物接觸後，將環境溫度降溫到 703°C 使之成長 n 包覆層後，推壓滑塊將熔融原料和晶圓切離並使磊晶成長終了。

所獲得之磊晶層的構造，為第 1p 型層是 Al 組成 $X1=0.3\sim 0.4$ ，層厚 $64\mu\text{m}$ ，載子濃度 $3\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，p 型包覆層是 Al 組成 $X2=0.4\sim 0.5$ ，層厚 $79\mu\text{m}$ ，載子濃度 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，p 型活性層是發光波長 760nm 的組成，層厚 $1\mu\text{m}$ ，載子濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ，n 型包覆層是 Al 組成 $X4=0.4\sim 0.5$ ，層厚 $25\mu\text{m}$ ，載子濃度 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 。

磊晶成長終了後，取出磊晶基板，保護 n 型 GaAlAs 包覆層表面並利用氯-過氧化氫系蝕刻液將 p 型 GaAs 基板選擇性地除去。之後，於磊晶晶圓兩面形成金電極，使用長邊為 $350\mu\text{m}$ 的電極遮罩，形成直徑 $100\mu\text{m}$ 的打線接合用墊配置在中央而成的表面電極。於背面電極上以 $80\mu\text{m}$ 間隔形成直徑 $20\mu\text{m}$ 的歐姆電極。之後，透過切割作分離，蝕刻，製作 n 型 AlGaAs 層會成為表面側而形成之 $350\mu\text{m}$ 的四方形發光二極體。

在比較例的發光二極體的 n 型及 p 型歐姆電極間流通電流時，射出峰值波長 850nm 的紅外光。順向流通 20 毫安培 (mA) 的電流時之順向電壓 (V_F) 為 1.9V。順向電流設為 20mA 時的發光輸出為 5.0mW。又，響應速度 (Tr) 為 15.6nsec，比本發明的實施例還慢。

如圖 10 所示，比較例的發光二極體中，可見光譜的線寬度寬，半值寬 (HWHM) 為 42nm。

如圖 11 所示，以比較例的發光二極體而言，係以發光二極體為中心發出呈半球狀之 13000 的 20% 左右以下之強度光，在指向性方面比實施例的低很多。

【圖式簡單說明】

圖 1 係本發明一實施形態之發光二極體的剖面示意圖。

圖 2 係本發明一實施形態之發光二極體的立體圖。

圖 3 係本發明一實施形態之發光二極體的傾斜斜面之剖面的電子顯微鏡照片。

圖 4 係本發明一實施形態之發光二極體的活性層之剖面示意圖。

圖 5 係本發明其他實施形態之發光二極體的剖面示意圖。

圖 6 係本發明又一實施形態之發光二極體的剖面示意圖。

圖 7 係用以說明本發明一實施形態之發光二極體的製造方法之剖面示意圖。

圖 8 係用以說明本發明一實施形態之發光二極體的製造方法之剖面示意圖。

圖 9 係顯示深度及寬度相對於濕式蝕刻的蝕刻時間之關係的圖表。

圖 10 係用以說明本發明一實施形態之發光二極體的製造方法之剖面示意圖。

圖 11 係顯示在發光二極體正上的光譜之測定結果的圖表。

圖 12 係顯示發光的光之指向性的測定結果之圖表。

圖 13 係以往的發光二極體之剖面圖。

【主要元件符號說明】

1	基板
2	下部 DBR 層(反射層)
3	活性層
4	上部 DBR 層
5	接觸層
6	支持構造部
6a	上面
6b	側面
6ba	傾斜部
7	台地型構造部
7a	傾斜側面
7b	頂面
7ba	周緣區域
8、28	保護膜

8b、28b	通電窗
9、29	電極膜
9b	光射出孔
11	下部包覆層
12	下部引導層
13	發光層
14	上部引導層
15	上部包覆層
16	漏光防止膜
20	化合物半導體層
21	切割道
23	光阻圖案
24	漏光防止膜
40	電流擴散層
100、200	發光二極體

七、申請專利範圍：

1. 一種發光二極體，係於基板上具備反射層和含有活性層的化合物半導體層而成的發光二極體，其特徵為：

包含具有上面及側面之支持構造部和配置於該支持構造部上且具有傾斜側面及頂面之台地型構造部，

前述支持構造部係含有至少前述反射層的一部分者，其側面含有藉濕式蝕刻形成且從前述上面向前述基板側延伸到至少超過前述反射層的位置為止的傾斜部，而含有該傾斜部的水平方向的剖面積形成為朝前述上面連續地變小，

前述台地型構造部係含有至少前述活性層的一部分，且其傾斜側面是藉濕式蝕刻形成，且水平方向的剖面積是形成朝向前述頂面連續地變小，

前述支持構造部及前述台地型構造部各自至少一部分被保護膜、電極層依序覆蓋，

前述保護膜，係至少覆蓋：前述上面的至少一部分、前述側面的至少傾斜部、前述傾斜側面、及前述頂面之周緣區域，且俯視可見於前述周緣區域的內側具有露出前述化合物半導體層之表面的一部分之通電窗，

前述電極層，係以與自前述通電窗露出的化合物半導體層之表面直接接觸，且至少覆蓋被形成在前述上面的保護膜之一部分，使前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式所形成的連續膜。

- 2.如申請專利範圍第 1 項之發光二極體，其中前述反射層為 DBR 反射層。
- 3.如申請專利範圍第 2 項之發光二極體，其中在前述活性層之與基板對向的對向側具備上部 DBR 反射層。
- 4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中

前述傾斜部係包含二個以上的傾斜部分，含有各傾斜部分的水平方向之剖面積係分別朝前述上面連續地變小，而含有接近於前述上面的傾斜部分之水平方向的剖面積係較含有遠離前述上面的傾斜部分之水平方面的剖面積小。

- 5.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中於前述電極層及/或前述保護膜上具備漏光防止膜。
- 6.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述化合物半導體層係具有和前述電極層接觸的接觸層。
- 7.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述台地型構造部係含有前述活性層的全部和前述反射層的一部分或全部。
- 8.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述台地型構造部係俯視呈矩形。
- 9.如申請專利範圍第 8 項之發光二極體，其中前述台地型構造部之各傾斜側面係對前述基板的定向面偏置地形成。

- 10.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述台地型構造部的高度為 $3 \sim 7\mu\text{m}$ ，且俯視中之前述傾斜側面的寬度為 $0.5 \sim 7\mu\text{m}$ 。
- 11.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述光射出孔係俯視呈圓形或橢圓。
- 12.如申請專利範圍第 11 項之發光二極體，其中前述光射出孔孔徑為 $50 \sim 150\mu\text{m}$ 。
- 13.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中在前述電極層之前述上面的部分具有接合線。
- 14.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述活性層所含有的發光層係包含多重量子阱。
- 15.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光二極體，其中前述活性層所含有的發光層係包含 $((\text{Al}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})_{Y1}\text{In}_{1-Y1}\text{P}(0 \leq X1 \leq 1, 0 < Y1 \leq 1))$ 、 $(\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2})\text{As}(0 \leq X2 \leq 1)$ 、 $(\text{In}_{X3}\text{Ga}_{1-X3})\text{As}(0 \leq X3 \leq 1))$ 中任一。
- 16.一種發光二極體的製造方法，係由具有上面及側面的支持構造部和配置在該支持構造部上且具有傾斜側面及頂面的台地型構造部所構成之發光二極體的製造方法，該發光二極體的製造方法具有：
- 於基板上形成反射層和含有活性層的化合物半導體層之步驟；
- 對前述化合物半導體層進行第 1 濕式蝕刻，以形成水平方向的剖面積朝向頂面連續地變小的台地型構

造部和配置在該台地型構造部周圍的支持構造部的上面之步驟；

沿著個片化用切斷線進行第 2 濕式蝕刻以形成支持構造部的側面之傾斜部的步驟；

以至少覆蓋前述傾斜部、前述上面的至少一部分、前述傾斜側面、及前述頂面的周緣區域，且俯视中在前述周緣區域的內側具有露出前述化合物半導體層之表面的一部分之通電窗的方式，於支持構造部及前述台地型構造部上形成保護膜之步驟；及

以與自前述通電窗露出的化合物半導體層之表面直接接觸，且至少覆蓋被形成在前述上面的保護膜之一部分，使前述台地型構造部的頂面上具有光射出孔的方式形成連續膜的電極層之步驟。

17.如申請專利範圍第 16 項之發光二極體的製造方法，其中前述第 1 及第 2 濕式蝕刻，係使用選自磷酸/過氧化氫水混合液、氦/過氧化氫水混合液、溴甲醇混合液、碘化鉀/氦的群中之至少 1 種以上來進行。

圖 2

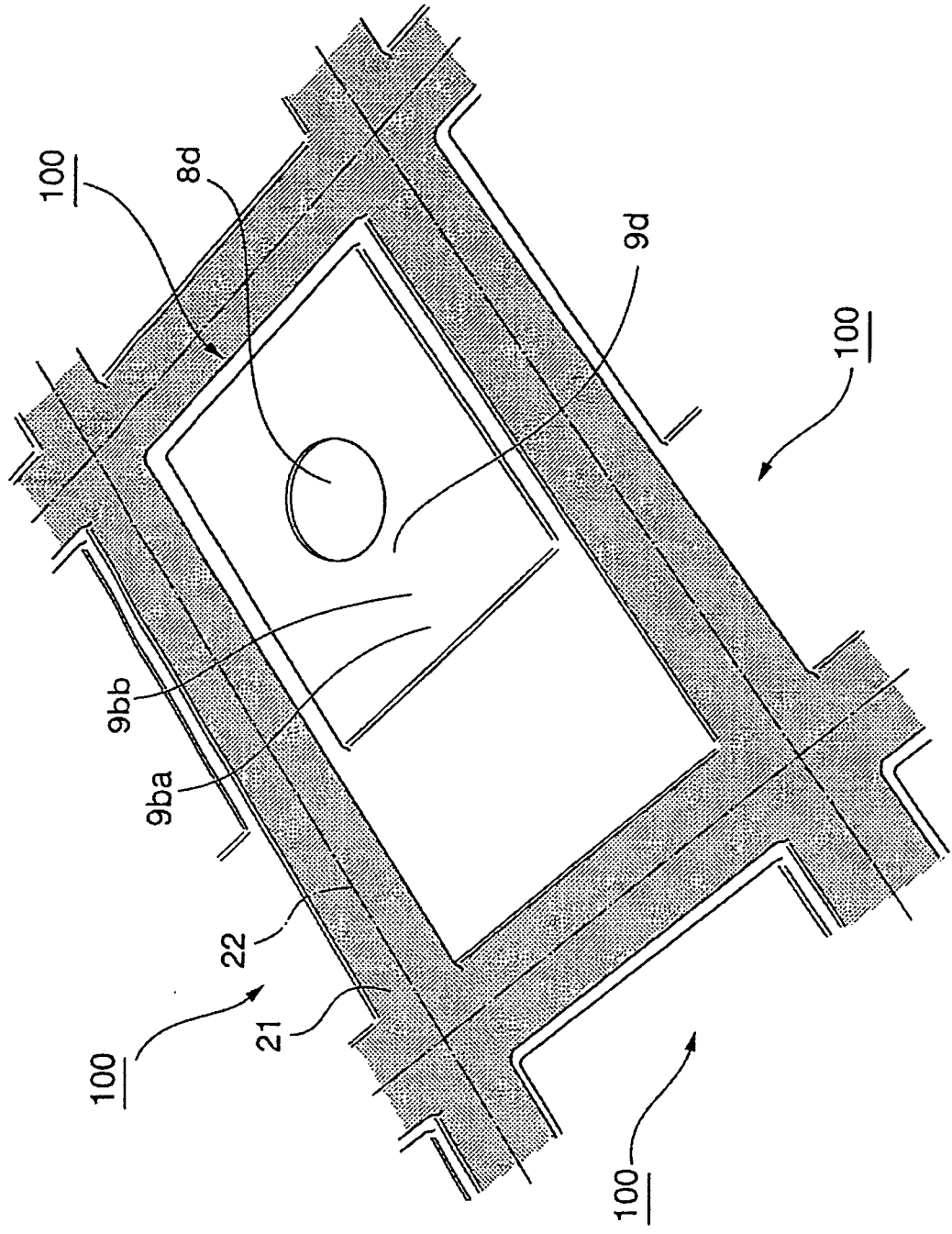


圖 3

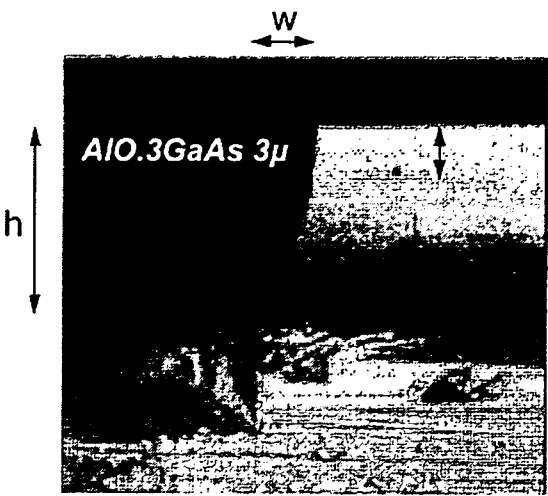


圖 4

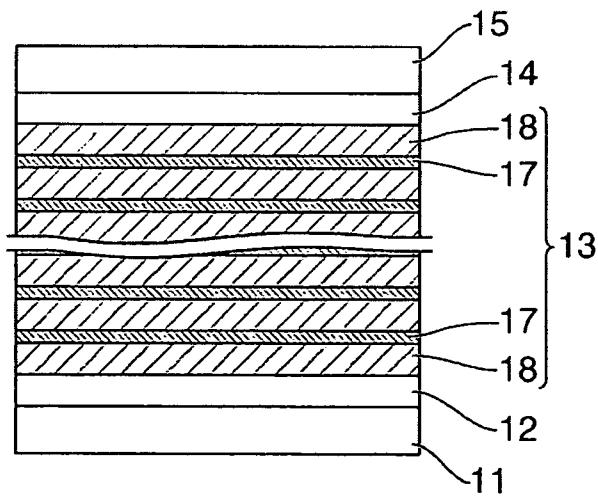
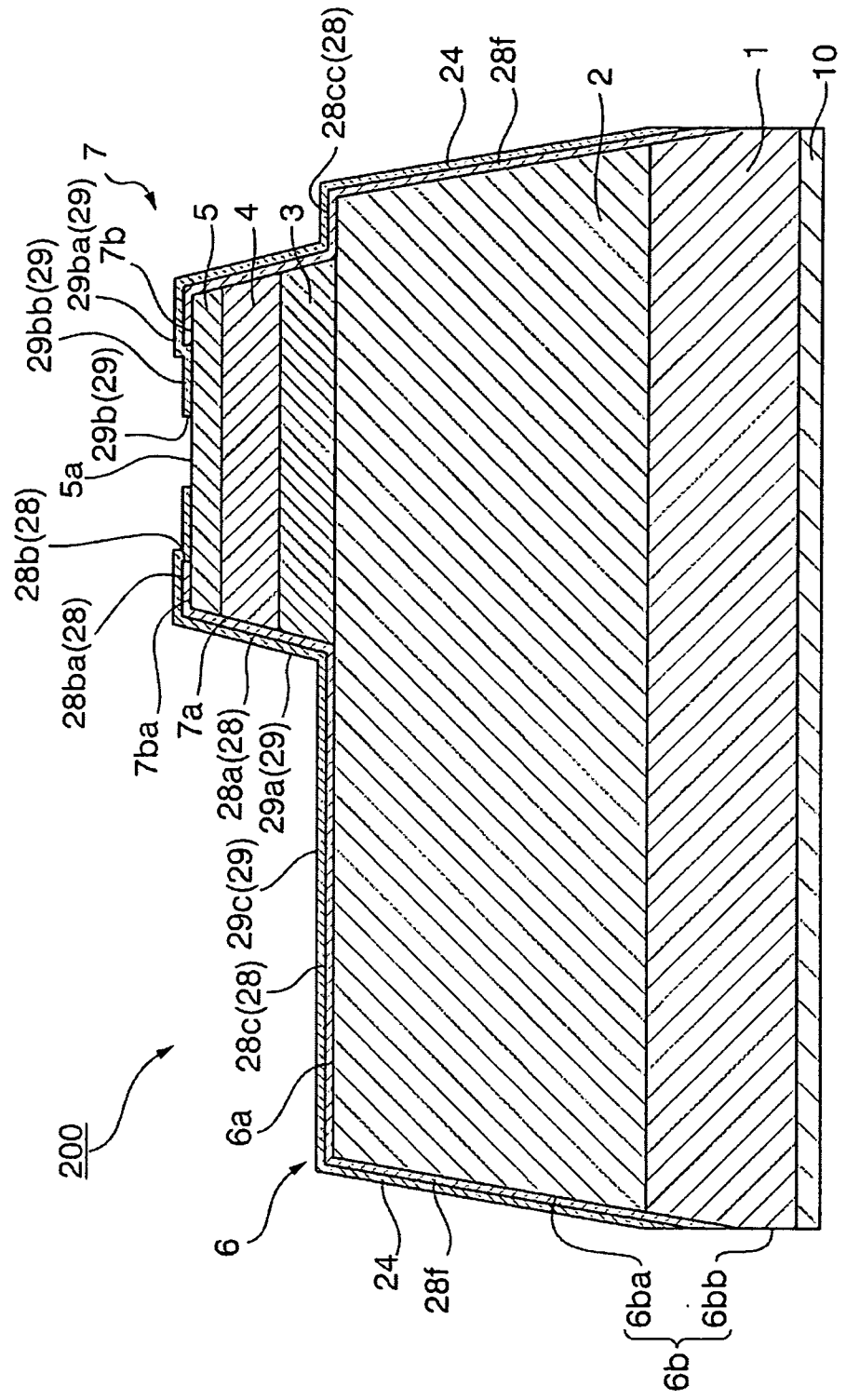


圖 5



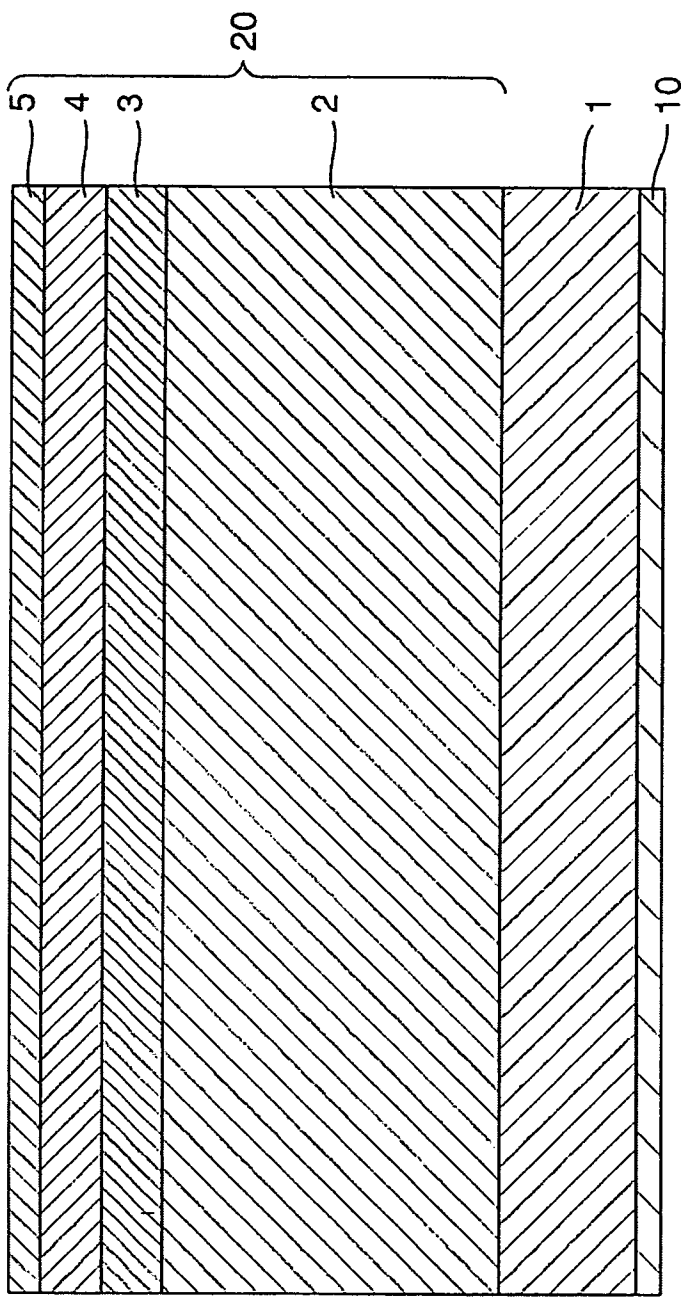


圖 7

圖 8

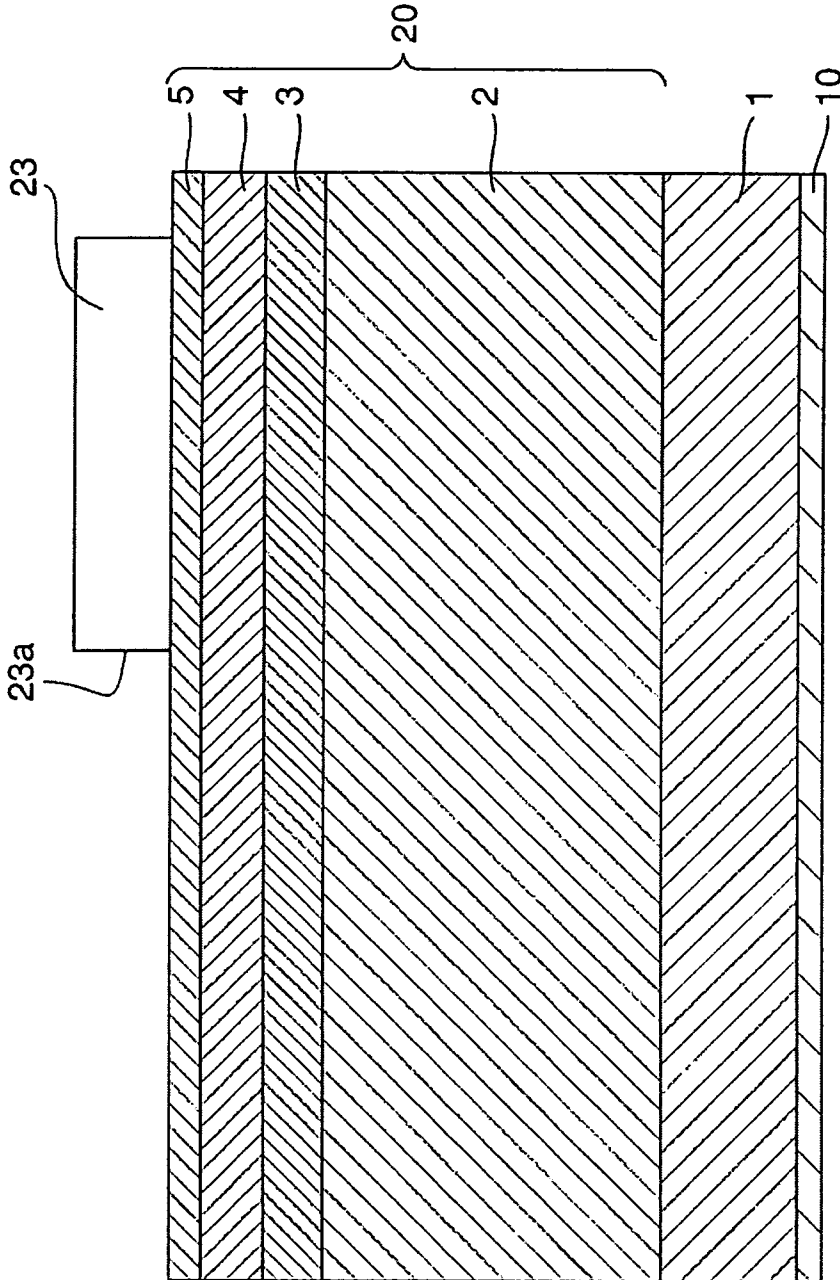


圖 9

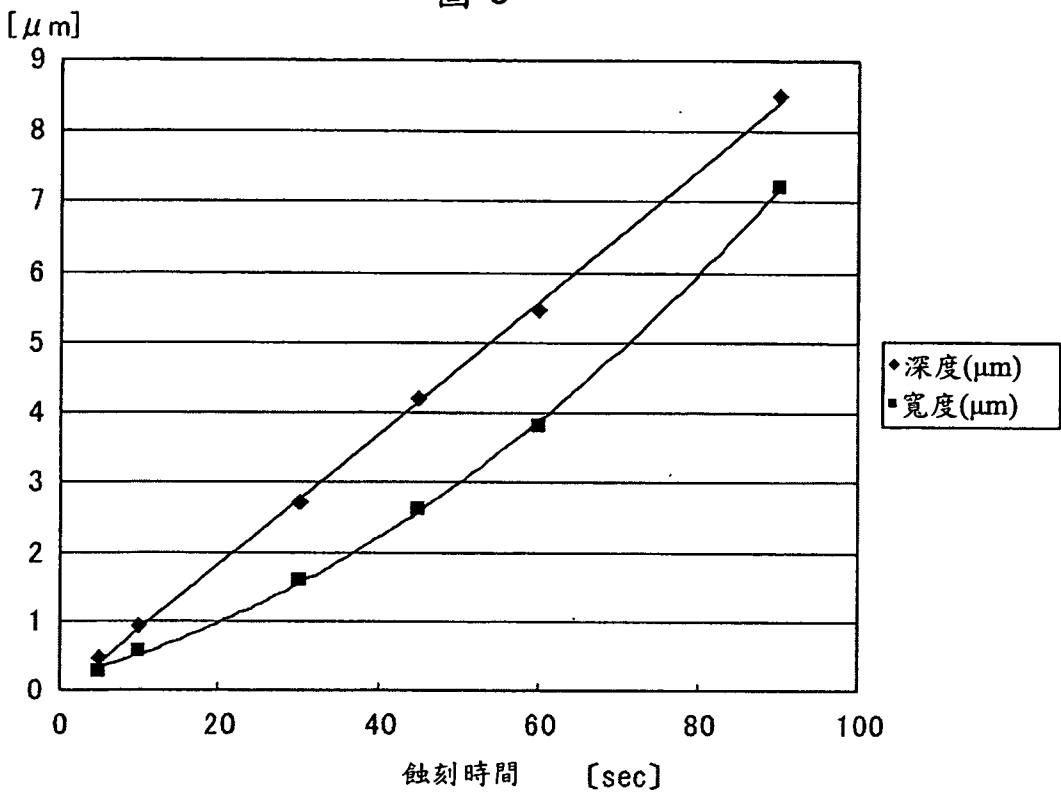


圖 10

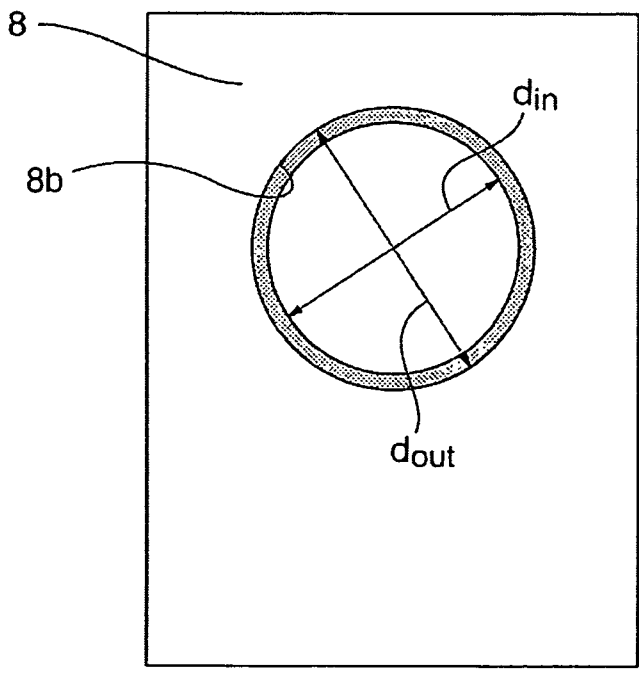


圖 11

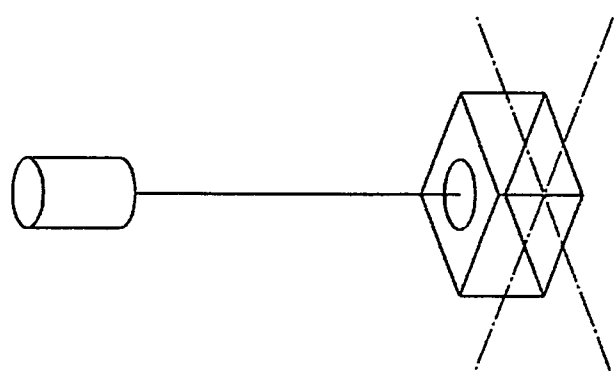
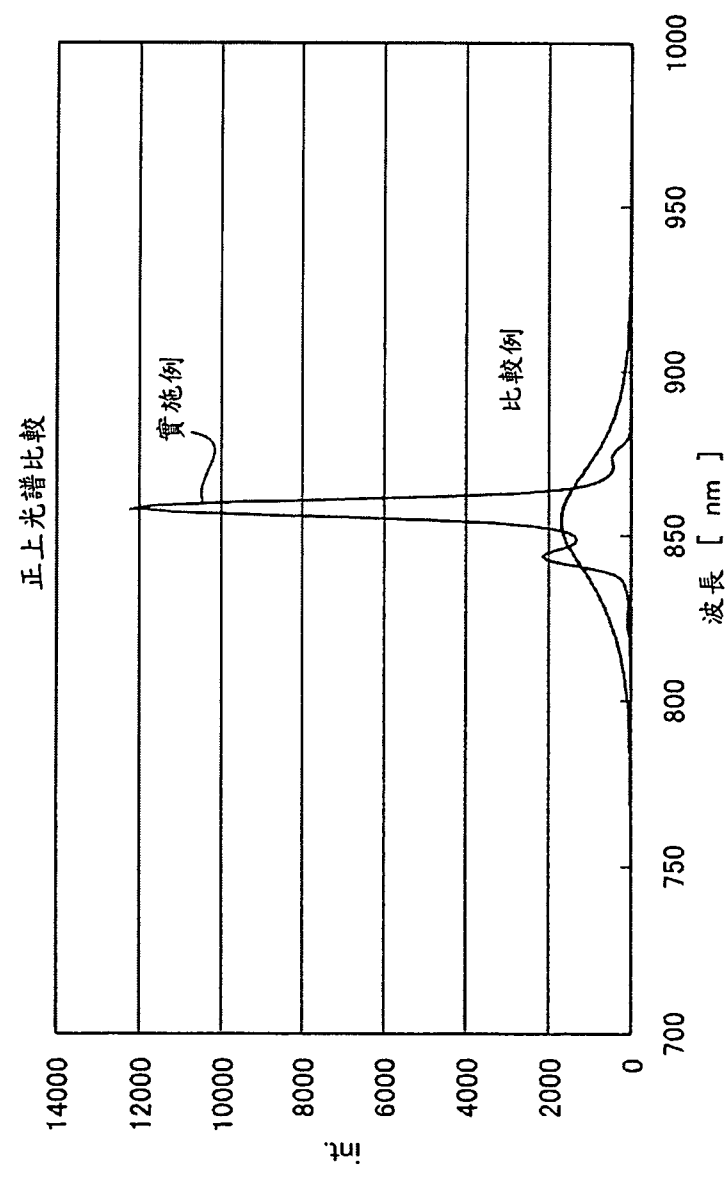
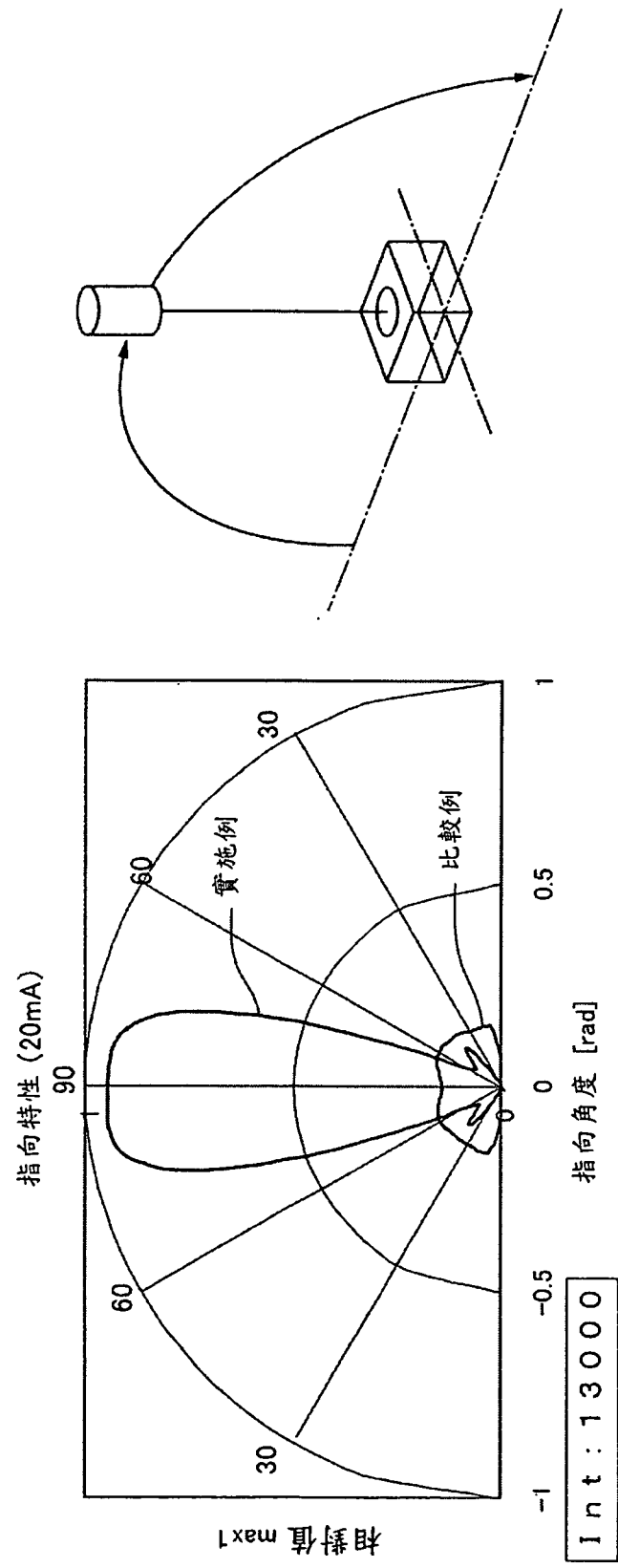


圖 12



13

