

(21)申請案號：100143853

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/04 (2010.01)**

(30)優先權：2010/12/02 日本

2010-269709

(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)

(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：24 項 圖式數：16 共 90 頁

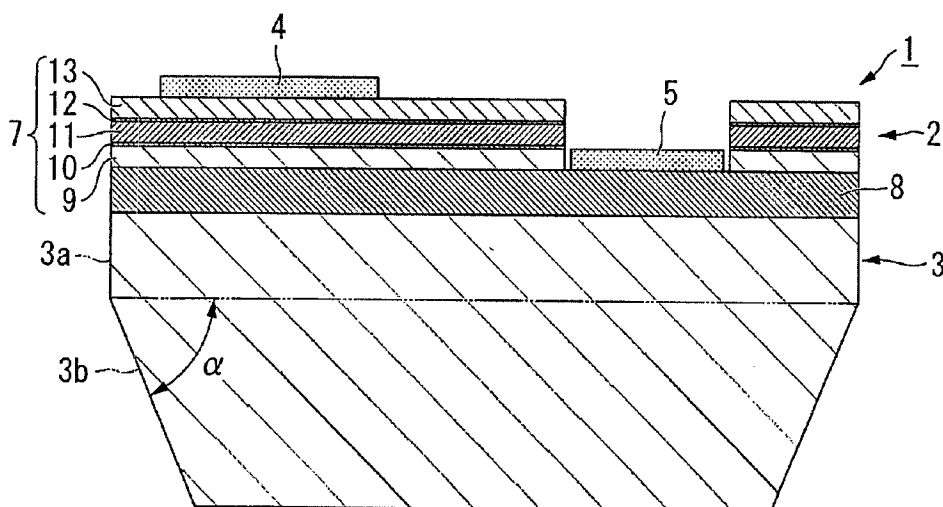
(54)名稱

發光二極體、發光二極體燈及照明裝置

LIGHT-EMITTING DIODE, LIGHT-EMITTING DIODE LAMP AND ILLUMINATING DEVICE

(57)摘要

根據本發明，可提供一種發出兼具高速反應性與高輸出性之紅外光的發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。本發明係關於發光二極體、發光二極體燈及照明裝置，該發光二極體具備：發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第 1 包覆層及第 2 包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2})\text{As}$ ($0 \leq X2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；電流擴散層，其係形成於發光部上；以及功能性基板，其係接合於電流擴散層；第 1 包覆層及第 2 包覆層係包含組成式 $(\text{Al}_{X3}\text{Ga}_{1-X3})\text{Y}_1\text{In}_{1-Y1}\text{P}$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的化合物半導體；將一層井層及一層阻障層設為 1 對成對層時，成對層數為 5 以下。



1：發光二極體

2：化合物半導體層

3：功能性基板

3a：垂直面

3b：傾斜面

4：n 型歐姆電極(第 1 電極)

5：p 型歐姆電極(第 2 電極)

7：發光部

8：電流擴散層

9：下部包覆層(第 1 包覆層)

10：下部引導層

11：活性層

12：上部引導層

13：上部包覆層(第 2
包覆層)

(21)申請案號：100143853

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/04 (2010.01)**

(30)優先權：2010/12/02 日本

2010-269709

(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)

(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：24 項 圖式數：16 共 90 頁

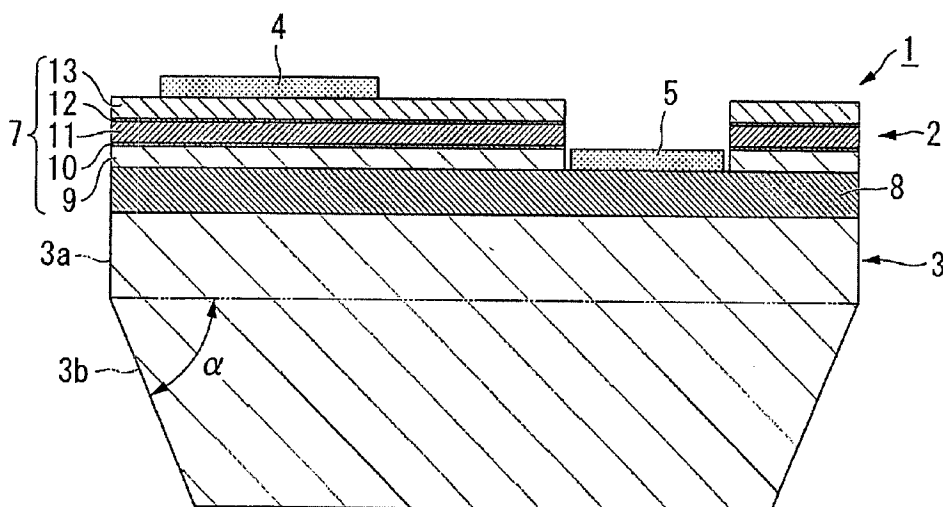
(54)名稱

發光二極體、發光二極體燈及照明裝置

LIGHT-EMITTING DIODE, LIGHT-EMITTING DIODE LAMP AND ILLUMINATING DEVICE

(57)摘要

根據本發明，可提供一種發出兼具高速反應性與高輸出性之紅外光的發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。本發明係關於發光二極體、發光二極體燈及照明裝置，該發光二極體具備：發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第 1 包覆層及第 2 包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2})\text{As}$ ($0 \leq X2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；電流擴散層，其係形成於發光部上；以及功能性基板，其係接合於電流擴散層；第 1 包覆層及第 2 包覆層係包含組成式 $(\text{Al}_{X3}\text{Ga}_{1-X3})\text{Y}_1\text{In}_{1-Y1}\text{P}$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的化合物半導體；將一層井層及一層阻障層設為 1 對成對層時，成對層數為 5 以下。



1：發光二極體

2：化合物半導體層

3：功能性基板

3a：垂直面

3b：傾斜面

4：n 型歐姆電極(第 1 電極)

5：p 型歐姆電極(第 2 電極)

7：發光部

8：電流擴散層

9：下部包覆層(第 1 包覆層)

10：下部引導層

11：活性層

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於發光二極體、發光二極體燈及照明裝置，特別是關於發出具備高速反應性與高輸出性的紅外光之發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。

本申請案係於2010年12月2日依據在日本申請的特願2010-269709號主張優先權，並將其內容引用於此。

【先前技術】

發出紅色光或紅外光的發光二極體廣泛使用於通訊、各種感測器、夜間照明、植物工廠用光源等用途。

因應於此，對於發出紅外光之發光二極體的要求，主要重視高輸出性、或由主要重視高速反應性變成重視高輸出性及高速反應性兩者。尤其在通訊用發光二極體中，為了進行大容量的光空間傳送，必須兼具高速反應性與高輸出性。

以發出紅色光及紅外光的發光二極體而言，已知有以液相磊晶法使含AlGaAs活性層的化合物半導體層成長於GaAs基板而成的發光二極體(例如，專利文獻1~4)。

專利文獻4中，揭示所謂的基板去除型發光二極體，其係利用液相磊晶法使含AlGaAs活性層的化合物半導體層成長於GaAs基板後，再將作為成長基板使用的GaAs基板加以去除。專利文獻4所揭示的發光二極體，其反應速度(上升時間)為40~55nsec左右時，輸出為4mW以下。又，反應速度為20nsec左右時，輸出稍微超過5mW左右

，作為利用液相磊晶法所製得的發光二極體，此被認為是目前在最高反應速度下的高輸出者。

又，作為可獲得900nm以上之高發光峰值波長的紅外發光二極體，已知有使用InGaAs活性層者(專利文獻5~7)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本特開平6-21507號公報

[專利文獻2]日本特開2001-274454號公報

[專利文獻3]日本特開平7-38148號公報

[專利文獻4]日本特開2006-190792號公報

[專利文獻5]日本特開2002-26377號公報

[專利文獻6]日本特開2002-111048號公報

[專利文獻7]日本特開2002-344013號公報

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

然而，上述習知技術的輸出對通訊用發光二極體是不夠的。

發光二極體與半導體雷射不同，由於是利用自然放出光，所以高速反應性與高輸出性具有消長(trade-off)的關係。因此，例如即便僅將發光層的層厚變薄來增大載子(carrier)的封閉效果以提高電子與電洞的發光再結合機率，而達成高速反應化，仍會有發光輸出降低的問題。

作為可獲得具有900nm以上之高發光峰值波長的紅

外發光二極體，使用具備包含InGaAs的井層之活性層的發光二極體正實用化中。

具備此種InGaAs井層的發光二極體中，也期望就更進一步之性能提升、節能、成本面等方面，能開發出發光效率更高的構成。

本發明係有鑑於上述課題而開發者，目的在於提供一種發出兼具高速反應性與高輸出性之紅外光的發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。

[用以解決課題之手段]

本案發明人為了解決上述課題而反覆致力研究的結果發現，將交互積層有5成對層以下之包含InGaAs的三元混晶的井層和包含AlGaAs的三元混晶的阻障層而成的量子井構造設為活性層，將夾持此活性層的包覆層設為包含四元混晶的AlGaInP，使包含活性層及包覆層的化合物半導體層磊晶成長於成長基板之後，去除該成長基板，而將化合物半導體層重新貼附(接合)於透明基板之構成，藉此完成可一面維持高速反應性，一面以高輸出發出紅外光的發光二極體。

此外，本案發明人，將交互積層有5成對層以下之包含InGaAs的三元混晶的井層和包含AlGaInP的四元混晶的阻障層而成的量子井構造設為活性層，將夾持此活性層的包覆層設為包含四元混晶的AlGaInP，使包含活性層及包覆層的化合物半導體層磊晶成長於成長基板之後，去除該成長基板，而將化合物半導體層重新貼附(接合)於透明基板之構成，藉此完成可一面維持高速反應性，

一面以高輸出發出紅外光的發光二極體。

此時，本案發明人，首先將具有高載子之封閉效果且適用於高速反應的量子井構造採用於活性層，並且為了確保高植入載子密度而將井層及阻障層的成對層數設成5以下。藉此構成，能實現與使用液相磊晶法所製得之發光二極體之上述最高速的反應速度為相同程度、或比上述最高速的反應速度更快的反應速度。

又，採用一種四元混晶的AlGaInP，其係由於在夾持三元混晶的量子井構造、或包含三元混晶的井層與四元混晶的阻障層之量子井構造而成的包覆層中，帶隙大且對發光波長呈透明，且不含容易產生缺陷的As，故結晶性佳。

另外，以往使用InGaAs系活性層的紅外發光二極體，係在直接使用使化合物半導體層成長的GaAs基板，而不是使用將含此活性層的化合物半導體層貼附(接合)於透明基板的類型。然而，GaAs基板為了提高傳導性而進行高摻雜，無法避免因載子所致之光的吸收。於是，採用在化合物半導體層成長後，去除屬於成長基板的GaAs基板，可避免因載子所致之光的吸收，而貼附(接合)於能期待高輸出、高效率的透明基板之類型。

如上所述，本案發明人採用將5成對層以下的量子井構造設為活性層的構成來確保高速反應性，又，在此構成中採用在夾持三元混晶或三元-四元之量子井構造的包覆層使用四元混晶之劃時代的組合，並藉由採用去除使用於化合物半導體層之成長的成長基板，而在沒有光

吸收的基板重新貼附化合物半導體層之構成，藉此成功地達成高輸出化。

本發明提供以下手段。

(1)一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2})\text{As}$ ($0 \leq X2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於前述發光部上；以及

功能性基板，其係接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(\text{Al}_{X3}\text{Ga}_{1-X3})_{Y1}\text{In}_{1-Y1}\text{P}$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

(2)一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{X4}\text{Ga}_{1-X4})_{Y2}\text{In}_{1-Y2}\text{P}$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於前述發光部上；以及

功能性基板，其係接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(Al_{X5}Ga_{1-X5})_{Y3}In_{1-Y3}P$ ($0 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 < Y3 \leq 1$) 的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

(3)如前項(1)或(2)項之發光二極體，其中前述活性層與前述包覆層的接合面積為 $20000 \sim 90000 \mu m^2$ 。

「前述活性層與前述包覆層的接合面積」係指，當活性層與包覆層隔著引導層等的層接合時，包含此等層與活性層或與包覆層之間的接合面積。

(4)如前項(1)至(3)中任一項之發光二極體，其中將前述井層的In組成X1設為 $0 \leq X1 \leq 0.3$ ，前述井層的厚度為 $3 \sim 10 nm$ 。

(5)如前項(1)至(3)中任一項之發光二極體，其中前述井層的In組成X1為 $0.1 \leq X1 \leq 0.3$ 。

(6)如前項(1)至(5)中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係對發光波長呈透明。

(7)如前項(1)至(6)中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包含GaP、藍寶石或SiC。

(8)一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(In_{X1}Ga_{1-X1})As$ ($0 \leq X1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(Al_{X2}Ga_{1-X2})As$ ($0 \leq X2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於發光部上；以及

功能性基板，其係包含與前述發光部對向地配置且對於發光波長具有90%以上之反射率的反射層，並接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(Al_{X3}Ga_{1-X3})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

(9)一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(In_{X1}Ga_{1-X1})As$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於前述發光部上；以及

功能性基板，其係包含與前述發光部對向地配置且對於發光波長具有90%以上之反射率的反射層，並接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(Al_{X5}Ga_{1-X5})_{Y3}In_{1-Y3}P$ ($0 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 < Y3 \leq 1$)的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

(10)如前項(8)或(9)之發光二極體，其中前述活性層與前述包覆層的接合面積為 $20000 \sim 90000 \mu m^2$ 。

(11)如前項(8)至(10)中任一項之發光二極體，其中將前述井層的In組成X1設為 $0 \leq X1 \leq 0.3$ ，前述井層的厚度為3~10nm。

(12)如前項(8)至(10)中任一項之發光二極體，其中前述井層的In組成X1為 $0.1 \leq X1 \leq 0.3$ 。

(13)如前項(8)至(12)中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包括含有矽或鍺的層。

(14)如前項(8)至(12)中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包含金屬基板。

(15)如前項(14)之發光二極體，其中前述金屬基板係包含2層以上的金屬層。

(16)如前項(1)至(15)中任一項之發光二極體，其中前述井層及前述阻障層的成對層數為3以下。

(17)如前項(1)至(16)中任一項之發光二極體，其中前述電流擴散層係包含GaP。

(18)如前項(1)至(17)中任一項之發光二極體，其中前述電流擴散層的厚度係在0.5~20 μ m的範圍。

(19)如前項(1)至(18)中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板的側面係在接近前述發光部之側具有相對於主要的光取出面呈垂直的垂直面，在遠離前述發光部之側具有相對於前述主要的光取出面朝內側傾斜的傾斜面。

(20)如前項(19)之發光二極體，其中前述傾斜面係包含粗面。

(21)如前項(19)或(20)之發光二極體，其中第1電極

及第2電極係設置於發光二極體之前述主要的光取出面側。

(22)如前項(21)之發光二極體，其中前述第1電極及前述第2電極為歐姆電極。

(23)一種發光二極體燈，其特徵為：

具有如前項(1)至(22)中任一項之發光二極體。

(24)一種照明裝置，其特徵為：

搭載2個以上如前項(1)至(22)中任一項之發光二極體、以及前項(23)之發光二極體燈中之至少一種以上的發光二極體或發光二極體燈。

本發明中，所謂「功能性基板」係指，使化合物半導體層成長於成長基板後，去除該成長基板，經由電流擴散層接合於化合物半導體層以支撐化合物半導體層之基板，而於電流擴散層形成既定層之後，於該既定層上接合既定基板的構成時，將包含該既定層在內稱為「功能性基板」。

[發明效果]

根據本發明的發光二極體，係採用交互積層有包含AlGaAs之三元混晶的井層和包含AlGaAs之三元混晶的阻障層而成之量子井構造之活性層，且使用植入載子的封閉效果大的量子井構造之構成，藉此，充分的植入載子被封閉於井層內，使得井層內的載子密度變高，其結果，發光再結合機率增大，反應速度提升。

又，被植入量子井構造內的載子，因其波動性而藉穿隧效應擴散至量子井構造內的井層間整體。然而，由

於採用量子井構造之井層及阻障層的成對數設為5以下之構成，故可極力避免其擴散所致之植入載子的封閉效果的降低，可確保高速反應性。

再者，由於是由量子井構造的活性層發光之構成，故單色性高。

又，根據本發明的發光二極體，可採用交互積層有包含InGaAs之三元混晶的井層及包含AlGaInP之四元混晶的阻障層而成的三元-四元量子井構造的活性層，且作成使用植入載子的封閉效果大的量子井構造之構成。

以夾持活性層的第1包覆層及第2包覆層而言，係採用對於發光波長呈透明且為了不含容易產生缺陷的As而包含結晶性高的AlGaInP之構成。因此，經由缺陷之電子與電洞的非發光再結合機率會降低，發光輸出會提升。

再者，作為夾持活性層的第1包覆層及第2包覆層，由於是採用包含四元混晶之AlGaInP的構成，故比起阻障層及包覆層包含三元混晶所形成的發光二極體，Al濃度較低且耐濕性更提升。

又，由於是採用去除化合物半導體層的成長基板，而在電流擴散層接合有功能性基板的構成，故可避免因成長基板所致之光的吸收，發光輸出得以提升。亦即，一般作為化合物半導體層的成長基板使用的GaAs基板，由於其帶隙比活性層的帶隙還窄，故來自活性層的光會被GaAs基板吸收，光取出效率會降低，但藉由去除該GaAs基板，發光輸出得以提升。

根據本發明之發光二極體，藉由採用將活性層及包

覆層的接合面積設成 $20000\sim 90000\mu\text{m}^2$ 的構成，將其接合面積設成 $90000\mu\text{m}^2$ 以下，電流密度會變高，能一面確保高輸出，一面使發光再結合機率增大而使反應速度提升。另一方面，藉由將接合面積設成 $20000\mu\text{m}^2$ 以上，來抑制發光輸出相對於通電電流的飽和，發光輸出不會大幅降低，能確保高輸出。

根據本發明之發光二極體，藉由採用將井層的In組成X1設成 $0\leq X1\leq 0.3$ ，將井層的厚度設成 $3\sim 10\text{nm}$ 而成之構成，相較於習知的紅外發光二極體，反應速度較高且能實現高輸出。。

根據本發明之發光二極體，藉由功能性基板採用對發光波長呈透明的構成，相較於使用有吸收之基板的發光二極體，能實現高輸出。

根據本發明之發光二極體，藉由功能性基板採用包含GaP、藍寶石或SiC、矽或鍺的構成，由於發光部與熱膨脹係數接近，所以可降低應力。又，由於是難以腐蝕的材質，故耐濕性得以提升。

根據本發明之發光二極體，藉由採用功能性基板與電流擴散層均包含GaP的構成，可增大其等間的接合強度。

【實施方式】

[實施發明之形態]

以下，以圖面詳細說明適用本發明之一實施形態之發光二極體及使用此發光二極體的發光二極體燈。此外，以下說明所使用的圖面中，相同的構件係標註相同符

號或省略符號。又，以下說明所使用的圖面為示意圖，長度、寬度及厚度的比例等會有與實際構成不同的情況。

<發光二極體燈>

圖1及圖2係用以說明使用適用本發明的一實施形態的發光二極體的發光二極體燈的圖，圖1為俯視圖，圖2為沿著圖1所示的A-A'線的剖面圖。

如圖1及圖2所示，使用本實施形態的發光二極體1的發光二極體燈41係在安裝基板42的表面安裝有1個以上的發光二極體1。

更具體而言，在安裝基板42的表面設有n電極端子43與p電極端子44。此外，使用金線45連接(引線接合)屬於發光二極體1之第1電極的n型歐姆電極4與安裝基板42的n電極端子43。另一方面，使用金線46連接屬於發光二極體1之第2電極的p型歐姆電極5與安裝基板42的p電極端子44。安裝基板42之安裝有發光二極體1的表面係藉由矽樹脂或環氧樹脂等一般的密封樹脂47所密封。

<發光二極體(第1實施形態)>

圖3及圖4係用以說明關於適用本發明之第1實施形態之發光二極體的圖，圖3係俯視圖、圖4係沿著圖3所示之B-B'線的剖面圖。另外，圖5係井層與阻障層之積層構造的剖面圖。

第1實施形態的發光二極體的特徵為，具備：發光部7，其係具有量子井構造的活性層11以及夾持前述活性層11的第1包覆層9和第2包覆層13，該量子井構造的活性層

11係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})\text{As}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$)之化合物半導體的井層17及包含組成式 $(\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2})\text{As}$ ($0 \leq x_2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層18；電流擴散層8，其係形成於發光部7上；及功能性基板3，其係接合於電流擴散層8；該第1及第2包覆層9、13係包含組成式 $(\text{Al}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_3 \leq 1, 0 < y_1 \leq 1$)的化合物半導體；該井層17及阻障層18的成對層數為5以下。

另外，本實施形態中主要的光取出面係在化合物半導體層2上與貼附有功能性基板3之面相反側的面。

化合物半導體層(亦稱為磊晶成長層)2係如圖4所示，具有依序積層pn接合型之發光部7與電流擴散層8的構造。此化合物半導體層2之構造中，可適時增加習知的功能層。例如可設置如下之習知的層構造：用以降低歐姆(Ohmic)電極之接觸電阻的接觸層、用以使元件驅動電流平面地擴散至整個發光部之電流擴散層、相反地用以限制元件驅動電流所流通的區域之電流阻止層或電流狹窄層等。化合物半導體層2係以磊晶成長於GaAs基板上而形成為佳。

如圖4所示，發光部7係在電流擴散層8上至少依序積層p型下部包覆層(第1包覆層)9、下部引導層10、活性層11、上部引導層12、n型上部包覆層(第2包覆層)13而構成。亦即，發光部7為了將促使放射再結合的載子(carrier)及發光「封閉」於活性層11中，而作成所謂的雙異質(英語簡稱為：DH)構造對於獲得高強度的發光方面是較佳的，其中該雙異質構造係包含對峙於活性層11之下側

及上側而配置的下部包覆層9、下部引導(guide)層10及上部引導層12、上部包覆層13。

如圖5所示，活性層11係為了控制發光二極體(LED)的發光波長而構成量子井構造。亦即，活性層11係在兩端具有阻障層18(亦稱為障壁層)之井層17與阻障層18(亦稱為障壁層)的多層構造(積層構造)。因此，例如，將一層井層17與一層阻障層18設為1對成對層時，5對之成對層數的量子井構造係包含5層井層17與6層阻障層18。

活性層11的層厚以在 $0.02\sim 2\mu\text{m}$ 的範圍為佳。另外，活性層11的傳導型並無特別限定，可選擇未摻雜、p型及n型的任一者。為了提高發光效率，期望設成結晶性良好之未摻雜或未滿 $3\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 之載子濃度。若使結晶性提升而減少缺陷，光的吸收便能受到抑制，而能達成發光輸出的提升。

井層17係包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0\leq x1\leq 1$)的化合物半導體。

In組成 $x1$ 係以 $0\leq x1\leq 0.3$ 為佳。藉由將In組成 $x1$ 設在此範圍，可作成在 $830\sim 1000\text{nm}$ 的範圍具有所期望的發光波長之構成。

在下述表1顯示將井層17的層厚固定於 5nm 之In組成($x1$)與發光峰值波長的關係。如下述表1所示，得知井層17的In組成($x1$)愈低，發光峰值波長愈長。又，由其變化的傾向可推斷與未記載於下述表1之發光峰值波長對應的In組成($x1$)。

[表 1]

峰值波長(nm)	In組成(X)
820	0.00
840	0.05
860	0.10
890	0.15
920	0.20
960	0.25
1000	0.30

井層 17 的層厚較佳是在 3~30nm 的範圍。更佳是在 3~10nm 的範圍。

下述表 2 係顯示將井層 17 的 In 組成 (X1) 設成 0.20 時，井層 17 的層厚與發光峰值波長的關係。又，下述表 3 係顯示將井層 17 的 In 組成 (X1) 設成 0.05 時，井層 17 的層厚與發光峰值波長的關係。

[表 2]

峰值波長(nm)	層厚(nm)
890	3
920	5
940	7

[表 3]

峰值波長(nm)	層厚(nm)
820	3
840	5
870	7

如表 2、3 所示，井層 17 的層厚變薄時，藉由量子效應會使發光峰值波長變短，另一方面，在層厚較厚的情況下，發光峰值波長係取決於組成。又，由其等的變化的傾向，可推斷與未記載於上述表 2、3 之發光峰值波長對應的層厚。

根據以上的發光峰值波長與井層 17 的 In 組成 (X1) 及層厚的關係，以在 830nm~1000nm 的範圍內能獲得所期望的發光波長的方式，決定井層 17 的 In 組成 (X1) 與層厚。

例如，藉由將井層的 In 組成 X1 設成 $0 \leq X1 \leq 0.3$ ，且將井層的厚度設在 3~10nm 的範圍，可製作發光波長被設定在 830~1000nm 的發光二極體。

阻障層 18 係包含組成式 $(Al_{X2}Ga_{1-X2})As$ ($0 \leq X2 \leq 1$) 的化合物半導體。為了防止阻障層 18 的吸收以提高發光效率，X 係以設成帶隙比井層 17 的帶隙更大的組成為佳。又，阻障層 18 就其結晶性的觀點而言，以 Al 濃度較低者為佳。因此，阻障層 18 的 Al 組成 X2 以在 0.1~0.3 的範圍更佳。

又，最佳之 X2 的組成係取決於其與井層的組成的關係。若使結晶性提升而減少缺陷，光的吸收便能受到抑制，其結果，能達成發光輸出的提升。

阻障層 18 的層厚較佳為與井層 17 的層厚相等或比井層 17 的層厚更厚。藉由使阻障層 18 的層厚在產生穿隧效應的層厚範圍內充分地變厚，可兼顧因穿隧效應所致之井層的結合、和擴散的限制，藉此能使載子的封閉效果增大，電子與電洞的發光再結合機率變大，可達成發光輸出的提升。

本發明的發光二極體中，於井層 17 與阻障層 18 的多層構造中，交互積層井層 17 與阻障層 18 的成對數為 5 成對層以下，亦可為 1 成對層。亦即，較佳為活性層 11 中含有 1~5 層的井層 17。藉此構成，增大載子的封閉效果，使電子與電洞的發光再結合機率變大，確保 25nsec 以下之高

速的反應速度(上升時間)。如後述的實施例所示，井層17及阻障層18的成對層數由5對變少至1對，成對層數變越少，則反應速度越高。實施例所示的條件中，成對數為1對時，實現最高速的15nsec。在多重量子井構造的活性層的情況，量子井層的數量越少，電子與電洞被封閉的區域變愈窄，所以發光再結合機率變高，其結果，反應速度會高速化。

圖6及圖7係分別表示將活性層11與下部包覆層9或上部包覆層13的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$ ：圖6)時、以及設成比 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$)更窄的 $53000\mu\text{m}^2$ ($230\mu\text{m}\times 230\mu\text{m}$ ：圖7)時，發光二極體的井層及阻障層的成對層數、與發光輸出及反應速度的關係之圖表。

根據圖6及圖7所示的圖表，作為活性層11的發光效率較佳的範圍，井層17即便是1層亦足夠。另一方面，由於在井層17及阻障層18之間存有晶格不匹配，所以當成對層數過多時，發光效率會因結晶缺陷的產生而降低。

因此，本發明中，井層17與阻障層18的成對層數為5成對層以下。

例如，圖6的圖表所示的資料中，當井層17與阻障層18的成對層數為1成對層時，發光輸出為6.8mW且反應速度 T_r 為15nsec，為3成對層時發光輸出為7mW且反應速度 T_r 為18nsec，為5成對層時發光輸出為6.9mW且反應速度 T_r 為23nsec，任一者均可獲得高發光效率與高速反應性。另一方面，當井層與阻障層的成對層數為10成對層時

，發光輸出為 6.5mW 且反應速度 T_r 為 32nsec，其輸出與反應速度均比成對層數為 1~5 成對層的情況還要差。此外，當井層與阻障層的成對層數為 20 成對層時，發光輸出為較低之 5.0mW，且反應速度 T_r 為 43nsec，發光效率及高速性均較差。

又，圖 7 的圖表所示的資料中，當井層 17 與阻障層 18 的成對層數為 1 成對層時，發光輸出為 7.0mW 且反應速度 T_r 為 12nsec，為 3 成對層時發光輸出為 7.1mW 且反應速度 T_r 為 15nsec，為 5 成對層時發光輸出為 7.0mW 且反應速度 T_r 為 18nsec，任一者均可獲得高發光效率與高速反應性。另一方面，當井層與阻障層的成對層數為 10 成對層時，發光輸出為 6.2mW 且反應速度 T_r 為 23nsec，其輸出與反應速度均比成對層數為 1~5 成對層的情況還要差。此外，當井層與阻障層的成對層數為 20 成對層時，發光輸出為較低之 5.2mW，且反應速度 T_r 為 36nsec，發光效率及高速性均較差。

圖 6 及圖 7 兩者的情況皆為，在成對層數為 1~5 成對層之中當井層 17 與阻障層 18 的成對層數為 3 成對層時，兩者的反應速度 T_r 分別為 18nsec、15nsec 之優異的高速性，不僅如此，兩者分別為 7.0mV、7.1mV 之最高輸出，所以在極重視發光輸出的情況下以 3 成對層為最佳。

由高速化的觀點來看，以 1 成對層最佳，但因電子及電洞的封閉在非常窄的範圍會受到限制，所以易發生對於注入電流的增加之輸出的飽和。另一方面，由於本發明的井層存有變形，所以在 3 成對層以上的區域，隨著成

對層數的增加，使得變形所致的結晶缺陷會擴大且輸出會降低。由以上得知，在反應速度上3成對層雖不如2成對層以下的構造，但有鑑於與輸出的平衡，3成對層是最佳的。

若減少井層17與阻障層18的數量，則PN接合的接合容量(電容)會變大。此乃因井層17與阻障層18為未摻雜或設為低載子濃度，所以在PN接合中具有作為空乏層的功能，空乏層愈薄，電容就愈大之故。

一般，為了增快反應速度，期望電容較小，惟本發明的構造中，發現藉由減少井層17與阻障層18的數量，儘管電容變大，仍可獲致反應速度變快的效果。此可推斷為藉由減少井層17與阻障層18的數量會使植入載子的再結合速度變快之效果更大的緣故。

活性層11與下部包覆層9或上部包覆層13的接合面積宜為 $20000\sim90000\mu\text{m}^2$ 。

藉由將活性層11與下部包覆層9或上部包覆層13的接合面積設成 $90000\mu\text{m}^2$ 以下，電流密度會變高，發光再結合機率增大，反應速度得以提升。如後述的實施例所示，本案發明人致力進行實驗，結果得知，例如於將活性層11與下部包覆層9或上部包覆層13的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2(350\mu\text{m}\times350\mu\text{m})$ 的情況、以及將接合面積設成比 $123000\mu\text{m}^2(350\mu\text{m}\times350\mu\text{m})$ 更窄的 $53000\mu\text{m}^2(230\mu\text{m}\times230\mu\text{m})$ 的情況，後者的情況在井層17及阻障層18的成對層數為5成對層時，反應速度提升20%以上，又，成對數為1對時，反應速度亦提升20%。

另一方面，藉由將活性層 11 與下部包覆層 9 或上部包覆層 13 的接合面積設成 $20000\mu\text{m}^2$ 以上，發光輸出不會大幅降低，可確保高輸出。如後述的實施例所示，本案發明人致力進行實驗，結果得知，例如於將活性層 11 與下部包覆層 9 或上部包覆層 13 的接合面積設成 $53000\mu\text{m}^2$ 的情況，當井層 17 及阻障層 18 的成對層數為 5 成對層時，可維持發光輸出 7.0mW (反應速度 18nsec) 的高發光輸出，即便在 1 成對層時仍可維持發光輸出 7.0mW (反應速度 12nsec) 的高發光輸出。

本實施形態中，如圖 4 所例示，下部引導層 10 及上部引導層 12 係分別設置於活性層 11 的下面及上面。具體而言，在活性層 11 之下面設置有下部引導層 10，在活性層 11 之上面設置有上部引導層 12。

下部引導層 10 及上部引導層 12 具有 $(\text{Al}_{x6}\text{Ga}_{1-x6})\text{As}$ ($0 < x6 \leq 1$) 的組成。Al 組成 $x6$ 係以設成帶隙等於或大於阻障層 15 的帶隙的組成為佳，以在 $0.2 \sim 0.5$ 的範圍更佳。

由結晶性的觀點考量，最適合的 $x6$ 的組成係取決於與井層 17 之組成的關係。若使結晶性提升而減少缺陷，光的吸收便可受到抑制，其結果，可達成發光輸出的提升。

下表 4 係顯示井層 17 的層厚為 5nm 時各發光峰值波長的發光輸出成為最大之阻障層 18、下部引導層 10 及上部引導層 12 的 Al 組成 ($x2$ 、 $x6$)。在此，阻障層 18、下部引導層 10 及上部引導層 12 係以設成帶隙比井層 17 的帶隙更大的組成為佳，而為了提高結晶性以提升發光輸出，

以與井層 17 之組成的關係來制定最適當的組成。如此般，若使阻障層 18、下部引導層 10 及上部引導層 12 的結晶性提升而減少缺陷，光的吸收便可受到抑制，其結果，可達成發光輸出的提升。

[表 4]

峰值波長(nm)	井層(X)	阻障層(X)	引導層(X)
820	0.00	0.2	0.4
840	0.05	0.2	0.4
860	0.10	0.2	0.4
890	0.15	0.1	0.3
920	0.20	0.1	0.3
960	0.25	0.0	0.2
1000	0.30	0.0	0.2

下部引導層 10 及上部引導層 12 係分別用以減低在下部包覆層 9 及上部包覆層 13 與活性層 11 之間之缺陷的傳遞而設置者。

亦即，相對於下部引導層 10、上部引導層 12 及活性層 11 之 V 族構造元素為砷 (As)，由於本發明中下部包覆層 9 及上部包覆層 13 之 V 族構造元素為磷 (P)，所以在界面容易產生缺陷。如此之缺陷對活性層 11 的傳遞是導致發光二極體之性能降低的原因。因此，下部引導層 10 及上部引導層 12 的層厚較佳為 10 nm 以上，更佳為 20 nm 至 100 nm。

下部引導層 10 及上部引導層 12 的傳導型並無特別限定，可選擇未摻雜、p 型及 n 型中的任一者。為了提高發光效率，期望作成結晶性良好的未摻雜或未滿 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 之載子濃度。

如圖4所示，下部包覆層9與上部包覆層13係分別設置於下部引導層10之下面及上部引導層12之上面。

下部包覆層9及上部包覆層13係包含 $(Al_{X3}Ga_{1-X3})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的化合物半導體，以帶隙比阻障層18的帶隙大的材質為佳，以帶隙比下部引導層10及上部引導層12的帶隙大的材質更佳。就上述材質而言，較佳為 $(Al_{X3}Ga_{1-X3})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$)的Al組成X3具有0.2~0.4的組成。又，Y1宜設成0.4~0.6。X3係具有作為包覆層的功能，且係在對發光波長呈透明的範圍作選擇；由於包覆層為厚膜，所以就與基板之晶格匹配的觀點考量，Y1係在可進行良質的結晶成長的範圍作選擇。

下部包覆層9及上部包覆層13係以極性相異的方式構成。又，下部包覆層9及上部包覆層13之載子濃度及厚度可使用習知之合適的範圍，較佳為以使活性層11的發光效率提高的方式將條件最適當化。又，藉由控制下部包覆層9及上部包覆層13之組成，可使化合物半導體層2的翹曲減低。

具體而言，以下部包覆層9而言，較佳為使用例如包含摻雜有Mg之p型 $(Al_{X3a}Ga_{1-X3a})_{Y1a}In_{1-Y1a}P$ ($0.3 \leq X3a \leq 0.7$ 、 $0.4 \leq Y1a \leq 0.6$)的半導體材料。又，載子濃度較佳為在 $2 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 的範圍，層厚較佳為在0.1~1 μm 的範圍。

另一方面，作為上部包覆層13，較佳為使用例如包含摻雜有Si之n型 $(Al_{X3b}Ga_{1-X3b})_{Y1b}In_{1-Y1b}P$ ($0.3 \leq X3b \leq$

0.7、 $0.4 \leq Y1b \leq 0.6$)的半導體材料。又，載子濃度較佳為在 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的範圍，層厚較佳為在 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 的範圍。

下部包覆層9及上部包覆層13的極性係可考量化合物半導體層2的元件構造來作選擇。

另外，在發光部7之構造層的上方，可設置用以降低歐姆(Ohmic)電極之接觸電阻的接觸層、用以使元件驅動電流平面地擴散至整個發光部的電流擴散層、相反地用以限制元件驅動電流所流通的區域之電流阻止層或電流狹窄層等習知之層構造。

如圖4所示，電流擴散層8係設置於發光部7的下方。此電流擴散層8係在化合物半導體層2磊晶成長於GaAs基板上時，用以緩和因活性層12所產生的變形。

電流擴散層8可適用對於來自發光部7(活性層11)之發光波長呈透明的材料例如GaP。將GaP適用於電流擴散層8時，藉由將功能性基板3設為GaP基板，可使接合容易進行且可獲得高接合強度。

另外，電流擴散層8的厚度係以在 0.5 至 $20 \mu\text{m}$ 的範圍為佳。此乃因若為 $0.5 \mu\text{m}$ 以下，電流擴散不足，若為 $20 \mu\text{m}$ 以上，則用以結晶成長至該厚度的成本會增加之故。

功能性基板3係接合於化合物半導體層2之主要的光取出面之相反側的面。亦即，如圖4所示，功能性基板3係接合於構成化合物半導體層2的電流擴散層8側。此功能性基板3係由對機械性支撐發光部7具有充分強度且可透射從發光部7射出的發光且對來自活性層11的發光波

長為光學透明的材料所構成。又，期望是耐濕性優良之化學性穩定的材質，例如期望採用不含容易腐蝕之Al等的材質。

功能性基板3係為熱膨脹係數與發光部接近且耐濕性優異的基板，又，較佳為包含熱傳導良好的GaP、SiC、或機械強度強的藍寶石。另外，功能性基板3為了以機械性充分的強度支撐發光部7，較佳為作成例如約50 μm 以上之厚度。另外，為了在接合至化合物半導體層2後，容易對功能性基板3實施機械性加工，較佳為設成不超過約300 μm 的厚度。亦即，若從具有約50 μm 以上約300 μm 以下之厚度的透明度、成本面考量，功能性基板3係以包含n型GaP基板最佳。

另外，如圖4所示，功能性基板3的側面為，在接近化合物半導體層2之側設成相對於主要的光取出面呈大致垂直的垂直面3a，在遠離化合物半導體層2之側設成相對於主要的光取出面朝內側傾斜的傾斜面3b。此外，大致垂直係指容許由垂直方向偏移 $-5^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 左右的表現，該偏移以 $-3^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 為佳，以 $-1^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 更佳。藉此，可將從活性層11朝功能性基板3側放射的光以良好效率取出至外部。又，從活性層11朝功能性基板3側放射的光之中，一部分的光可在垂直面3a反射且在傾斜面3b取出。另一方面，在傾斜面3b反射的光可在垂直面3a取出。依此方式，藉由垂直面3a與傾斜面3b之加乘效應，可提高光之取出效率。

另外，如圖4所示，於本實施形態中，較佳為將傾斜面3b與平行於發光面的面所成之角度 α 設在55度 $\sim$ 80度之

範圍內。藉由設成如此之範圍，可將在功能性基板3之底部所反射的光以良好效率取出至外部。

另外，較佳為將垂直面3a的寬度(厚度方向)設在30 μm 至100 μm 的範圍內。藉由將垂直面3a之寬度設在上述範圍內，可將在功能性基板3之底部所反射的光於垂直面3a以良好效率返回發光面，進而可從主要的光取出面放射。因此，可提高發光二極體1的發光效率。

另外，功能性基板3的傾斜面3b較佳為施以粗面化。藉由使傾斜面3b粗面化，可獲得提高在此傾斜面3b之光取出效率的效果。

亦即，藉由將傾斜面3b粗面化，可抑制在傾斜面3b的全反射，而可提高光取出效率。

有化合物半導體層2與功能性基板3的接合界面成為高電阻層的情形。

亦即，有在化合物半導體層2與功能性基板3之間，形成省略圖示之高電阻層的情形。此高電阻層係呈現比功能性基板3更高的電阻值，當形成有高電阻層時，具有減少從化合物半導體層2的電流擴散層8側流向功能性基板3側之逆向電流的功能。另外，構成有對於從功能性基板3側朝向電流擴散層8側不經意地施加的逆向電壓能夠發揮耐電壓性的接合構造，惟其崩潰電壓係以構成比pn接合型發光部7的逆向電壓更低值為佳

n型歐姆電極(第1電極)4及p型歐姆電極(第2電極)5係設置在發光二極體1之主要的光取出面之低電阻的歐姆接觸電極。

在此，n型歐姆電極4係設置於上部引導層11的上方，例如，可使用包含AuGe、Ni合金/Au的合金。另一方面，如圖4所示，p型歐姆電極5係可在所露出之電流擴散層8的表面使用包含AuBe/Au、或AuZn/Au的合金。

在此，本實施形態之發光二極體1中，就第2電極而言，係以將p型歐姆電極5形成於電流擴散層8上者為佳。藉由設成此種構造，可獲得降低作動電壓的效果。又，藉由將p型歐姆電極5形成於包含p型GaP的電流擴散層8上，可獲得良好的歐姆接觸，故可降低作動電壓。

此外，本實施形態中，較佳為將第1電極的極性設成n型且將第2電極的極性設成p型。藉由作成此種構造，可達成發光二極體1的高亮度化。另一方面，若將第1電極設成p型，則電流擴散會變差，而導致亮度降低。相對地，藉由將第1電極設成n型，電流擴散變佳，可達成發光二極體1的高亮度化。

如圖3所示，本實施形態的發光二極體1中，較佳為n型歐姆電極4與p型歐姆電極5配置成為對角位置。又，最佳為設成以化合物半導體層2包圍p型歐姆電極5之周圍的構造。藉由設成此種構造，可獲得降低作動電壓的效果。又，藉由以n型歐姆電極4包圍p型歐姆電極5的四周，電流變得容易流向四周，其結果，作動電壓會降低。

又，於本實施形態之發光二極體1中，如圖3所示，較佳為將n型歐姆電極4作成蜂窩狀、格子狀等網孔。藉由作成此種構造，可獲得可靠性提高的效果。另外，藉由作成格子狀，可將電流均勻地注入活性層11中，其結

果，可獲得可靠性提高之效果。

另外，於本實施形態的發光二極體1中，較佳為以墊狀電極(墊電極)與寬度10 μm 以下的線狀電極(線狀電極)構成n型歐姆電極4。藉由作成此種構造，可謀求高亮度化。再者，藉由將線狀電極的寬度變窄，可提高光取出面的開口面積，而可達成高亮度化。

本實施形態中，雖省略圖示，惟可進一步採用在功能性基板3的背側形成有第3電極的構成。藉由作成具備此種第3電極的構成，設成在透明基板(功能性基板)中光朝基板側反射的構造，可達成進一步的高輸出化。作為反射金屬材料，可使用Au、Ag、Al等的材料。

又，藉由將電極表面側設成例如AuSn等的共熔金屬、焊劑材料，在晶粒黏合步驟中不需使用糊料，步驟可簡易化。進而，藉由以金屬所構成的第3電極連接功能性基板3與n電極端子43之間，熱傳導得以提升且發光二極體的放熱特性變佳。

<發光二極體的製造方法>

接著，針對本實施形態之發光二極體1的製造方法進行說明。圖8係使用於本實施形態之發光二極體1之磊晶晶圓的剖面圖。另外，圖9係使用於本實施形態之發光二極體1之接合晶圓的剖面圖。

(化合物半導體層的形成步驟)

首先，如圖8所示，製作化合物半導體層2。化合物半導體層2係在GaAs基板14上依序積層：包含GaAs的緩衝層15、利用於選擇性蝕刻而設置的蝕刻阻止層(省略圖

示)、包含摻雜有Si之n型AlGaAs的接觸層16、n型的上部包覆層13、上部引導層12、活性層11、下部引導層10、p型的下部包覆層9、包含摻雜有Mg之p型GaP的電流擴散層8而製得。

GaAs基板14可使用以習知的製法製得之市售品的單晶基板。GaAs基板14之供磊晶成長的表面係以平滑為佳。從品質穩定性的觀點考量，較佳為GaAs基板14之表面的面方位易於進行磊晶成長，且為量產的(100)面及從(100)偏移 $\pm 20^\circ$ 以內之基板。再者，GaAs基板14之面方位的範圍，更佳為從(100)方向朝(0-1-1)方向偏移 $15^\circ \pm 5^\circ$ 。本說明書中，米勒指數的表記中，“-”係指附加於其後方之指數的線條(bar)。

為了使化合物半導體層2的結晶性變佳，GaAs基板14的位錯密度係以較低者為佳。具體而言，例如為 $10,000 \text{ cm}^{-2}$ 以下，期望更佳為 1000 cm^{-2} 以下。

GaAs基板14可為n型，也可為p型。GaAs基板14的載子濃度可從所期望的電導性與元件構造作適當選擇。例如，在GaAs基板14為摻雜矽之n型的情形，載子濃度以在 1×10^{17} 至 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 之範圍為佳。相對於此，在GaAs基板14為摻雜鋅之p型的情形，載子濃度以在 2×10^{18} 至 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 之範圍為佳。

GaAs基板14的厚度係依基板的尺寸而具有適當的範圍。若GaAs基板14的厚度比適當的範圍還薄時，會有在化合物半導體層2的製程中破裂之慮。另一方面，若GaAs基板14的厚度比適當的範圍還厚，材料成本便會增

加。因此，當GaAs基板14的基板尺寸為大尺寸時，例如為直徑75 mm時，為了防止處理(handling)時的破裂，宜為250~500 μm 的厚度。同樣地，當直徑為50 mm時，宜為200至400 μm 的厚度，當直徑為100 mm時，宜為350至600 μm 之厚度。

如此般，藉由因應GaAs基板14的基板尺寸而將基板的厚度增厚，可降低因活性層7所致之化合物半導體層2的翹曲。藉此，由於磊晶成長中的溫度分布均勻，故可使活性層11之面內的波長分布變小。此外，GaAs基板14的形狀並未特別限定為圓形，亦可為矩形等。

緩衝層(buffer)15係用以減低GaAs基板14與發光部7的構造層之缺陷的傳遞而設置。因此，只要選擇基板的品質或磊晶成長條件，則不一定需要緩衝層15。又，緩衝層15的材質較佳為設成與供磊晶成長的基板相同的材質。因此，本實施形態中，緩衝層15係以與GaAs基板14同樣地使用GaAs為佳。另外，為了減低缺陷的傳遞，緩衝層15亦可使用由與GaAs基板14為不同材質所構成的多層膜。緩衝層15的厚度以設成0.1 μm 以上為佳，以設成0.2 μm 以上為更佳。

接觸層16係用以降低與電極的接觸電阻而設置者。接觸層16的材質較佳為帶隙大於活性層11的帶隙的材質，較佳可使用 $\text{Al}_{x7}\text{Ga}_{1-x7}\text{As}$ 、 $(\text{Al}_{x7}\text{Ga}_{1-x7})_{y4}\text{In}_{1-y4}\text{P}$ ($0 \leq x7 \leq 1$ 、 $0 < y4 \leq 1$)。又，為了降低與電極的接觸電阻，接觸層16之載子濃度的下限值較佳為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上，更佳為 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上。載子濃度的上限值以容易引起結

晶性降低之 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下為佳。接觸層 16 之厚度以 $0.5 \mu\text{m}$ 以上為佳，以 $1 \mu\text{m}$ 以上為最佳。雖然接觸層 16 之厚度的上限值並無特別限定，但為了將磊晶成長的成本設在適當範圍，較佳為作成 $5 \mu\text{m}$ 以下。

本實施形態中，可適用分子線磊晶法 (MBE 法) 或減壓有機金屬化學氣相沉積法 (MOCVD 法) 等週知的成長方法。其中，最佳為採用量產性優異的 MOCVD 法。具體而言，較佳為使用於化合物半導體層 2 之磊晶成長的 GaAs 基板 14 於成長前先實施洗淨步驟或熱處理等的前處理以去除表面的污染或自然氧化膜。構成上述化合物半導體層 2 的各層可以下述方式構成：直徑 50 至 150 mm 的 GaAs 基板 14 設置於 MOCVD 裝置內，同時使各層磊晶成長而積層。另外，MOCVD 裝置可採用自公轉型、高速旋轉型等市售的大型裝置。

於磊晶成長上述化合物半導體層 2 的各層之際，III 族構成元素之原料可使用例如三甲基鋁 $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ 、三甲基鎵 $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ 及三甲基銦 $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ 。另外，Mg 的摻雜原料可使用例如雙(環戊二烯)鎂 $(\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg})$ 等。再者，Si 之摻雜原料可使用例如二矽烷 (Si_2H_6) 等。

V 族構造元素之原料可使用磷 (PH_3) 、砷 (AsH_3) 等。

又，以各層的成長溫度而言，使用 p 型 GaP 作為電流擴散層 8 時，可適用 720 至 770℃，關於其他各層可適用 600 至 700℃。

再者，各層的載子濃度及層厚、溫度條件可適當地選擇。

以此方式製得的化合物半導體層 2，儘管具有發光部 7，仍可獲得結晶缺陷少之良好的表面狀態。另外，化合物半導體層 2 亦可對應於元件構造來實施研磨等的表面加工。

(功能性基板的接合步驟)

接著，接合化合物半導體層 2 與功能性基板 3。

以化合物半導體層 2 與功能性基板 3 的接合而言，首先研磨構成化合物半導體層 2 之電流擴散層 8 的表面以進行鏡面加工。其次，準備將要貼附於此電流擴散層 8 之經鏡面研磨的表面之功能性基板 3。此功能性基板 3 的表面在接合於電流擴散層 8 之前，會先進行鏡面研磨。接著，將化合物半導體層 2 與功能性基板 3 搬入一般的半導體材料貼附裝置內，於真空中使電子撞擊已進行鏡面研磨之兩者的表面而照射中性化的 Ar 束。然後，在維持著真空之貼附裝置內重疊兩者的表面以施加負載，藉此可在室溫下進行接合(參照圖 7)。關於接合，就接合條件穩定性的觀點考量，以接合面為相同材質者更佳。

接合(貼附)最佳為在如此之真空下的常溫接合，而亦可使用共熔金屬、接著劑來接合。

(第 1 及第 2 電極的形成步驟)

接著，形成第 1 電極之 n 型歐姆電極 4 及第 2 電極之 p 型歐姆電極 5。

在 n 型歐姆電極 4 及 p 型歐姆電極 5 的形成之際，首先從與功能性基板 3 接合的化合物半導體層 2，藉由氮系蝕刻劑選擇性地去除 GaAs 基板 14 及緩衝層 15。然後，在所

露出之接觸層 16 的表面形成 n 型歐姆電極 4。具體而言，利用真空蒸鍍法將 AuGe、Ni 合金/Pt/Au 積層成任意厚度之後，利用一般的光微影手段進行圖案化而形成 n 型歐姆電極 4 的形狀。

接著，針對接觸層 16、上部包覆層 13、上部引導層 12、活性層 11、下部引導層 10、p 型的下部包覆層 9 的既定範圍選擇性地予以去除，以使電流擴散層 8 露出，在此露出之電流擴散層 8 的表面形成 p 型歐姆電極 5。具體而言，例如，利用真空蒸鍍法將 AuBe/Au 積層成任意厚度之後，利用一般的光微影手段進行圖案化而形成 p 型歐姆電極 5 的形狀。然後，以例如 400 至 500℃、5 至 20 分鐘的條件進行熱處理而予以合金化，藉此可形成低電阻的 n 型歐姆電極 4 及 p 型歐姆電極 5。

(第 3 電極的形成步驟)

採用上述之設置省略圖示的第 3 電極的構成時，在功能性基板 3 的背面形成第 3 電極。第 3 電極係可藉由元件的構造，組合附加歐姆電極、肖特基電極 (Schottky electrode)、反射功能、共熔晶粒黏合構造等的功能。又，作成在透明基板(功能性基板)上形成 Au、Ag、Al 等的材料，且可反射光的構造。此時，在功能性基板與前述材料之間，可插入例如氧化矽、ITO 等的透明膜。又，作為此時的形成方法，可利用濺鍍法、蒸鍍法等週知的技術。

又，藉由將電極表面側設成例如 AuSn 等的共熔金屬、無鉛焊劑材料等，便不需在晶粒黏合步驟中使用糊料

，步驟能簡單化。

此外，此時的形成方法，可利用濺鍍法、蒸鍍法、電鍍、印刷等習知的技術。如此般，藉由以金屬所構成的第3電極連接功能性基板3與n電極端子43之間，熱傳導性得以提升且發光二極體的放熱特性變佳。此外，在組合上述功能之兩個以上的情況，在各層之間插入阻障金屬、氧化物以使金屬不會擴散亦為適宜的方法。作為此種阻障金屬、氧化物而言，也是只要依據元件構造或基板材料來選擇最合適者即可。

(功能性基板的加工步驟)

接著，對功能性基板3的形狀進行加工。

功能性基板3的加工係首先在未形成有省略圖示之第3電極的表面進行V字形的開槽(grooving)。此時，具有V字形槽之第3電極側之內側面成為具有與平行於發光面之面所成之角度 α 的傾斜面3b。接著，從化合物半導體層2側以既定間隔進行切割而予以晶片化。此外，藉由進行晶片化之際的切割，而形成功能性基板3的垂直面3a。

傾斜面3b的形成方法並無特別限定，可組合濕式蝕刻法、乾式蝕刻法、劃線(scribe)法、雷射加工等習知方法來使用，但最好是適用形狀之控制性及生產性高的切割法。藉由適用切割法，可提高製造良率。

另外，垂直面3a的形成方法並無特別限定，較佳為利用雷射加工、劃線(scribe)・破裂(brake)法或切割法來形成。藉由採用雷射加工、劃線・破裂法，可使製造成本降低。亦即，由於在晶片分離時，無須設置切份，可

製造數量多的發光二極體，故可降低製造成本。另一方面，切割法具有優異的切斷穩定性。

最後，可依需要利用硫酸・過氧化氫混合液等來蝕刻去除破碎層及污垢。以此方式來製造發光二極體1。

<發光二極體燈的製造方法>

其次，針對使用上述發光二極體1之發光二極體燈41的製造方法、即發光二極體1的安裝方法作說明。

如圖1及圖2所示，在安裝基板42的表面安裝既定數量的發光二極體1。發光二極體1的安裝，係首先進行安裝基板42與發光二極體1的對位，在安裝基板42表面的既定位置配置發光二極體1。接著，以Ag糊料進行晶粒黏合，使發光二極體1固定於安裝基板42的表面。然後，使用金線45連接(引線接合)發光二極體1的n型歐姆電極4與安裝基板42的n電極端子43。其次，使用金線46連接發光二極體1的p型歐姆電極5與安裝基板42的p電極端子44。最後，藉由矽樹脂或環氧樹脂等一般的密封樹脂47，將安裝基板42之已安裝有發光二極體1的表面予以密封。以此方式，製造使用發光二極體1的發光二極體燈41。

又，以發光二極體燈41的發光光譜而言，因為有調整活性層11的組成，所以峰值發光波長係在830~1000nm的範圍。此外，由於藉由電流擴散層8可抑制井層17及阻障層18之活性層11內的偏差不均，故發光光譜的半值寬係在10~40nm的範圍。

如以上說明，根據本實施形態的發光二極體1，具備有發光部7，該發光部7係具有量子井構造的活性層11，

該量子井構造的活性層 11 係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})\text{As}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$) 之三元混晶的井層 17 及包含組成式 $(\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2})\text{As}$ ($0 \leq x_2 \leq 1$) 之三元混晶的阻障層 18。如上所述，藉由作成植入載子之封閉效果大的量子井構造之構成，使足夠的植入載子被封閉於井層 17 內，藉此，井層 17 內的載子密度會變高，其結果，發光再結合機率增大，反應速度會提升。

又，由於是將量子井構造之井層 17 及阻障層 18 的成對層數設成 5 以下，故可極力避免被植入量子井構造內的載子因其波動性所產生的穿隧效應而擴散於井層間整體而造成植入載子的封閉效果降低，所以能確保高速反應性。

又，由於夾持活性層 11 的上部包覆層 13 及下部包覆層 9 係由對發光波長呈透明且不含容易產生缺陷的 As 之結晶性高的 AlGaInP 所構成，所以經由缺陷之電子與電洞的非發光再結合機率降低，發光輸出會提升。再者，藉由採用四元混晶的 AlGaInP 作為上部包覆層 13 及下部包覆層 9，相較於阻障層及包覆層兩者包含三元混晶的發光二極體，Al 濃度較低且耐濕性提升。

另外，於本實施形態之發光二極體 1 中，在發光部 7 上設置有電流擴散層 8。由於此電流擴散層 8 係對發光波長呈透明，故可在不吸收來自發光部 7 之發光的情況下，作成高輸出・高效率的發光二極體 1。功能性基板係材質穩定，不用擔心腐蝕且具有優異的耐濕性。

因此，根據本實施形態之發光二極體 1，可提供一種

藉由調整活性層的條件，而具有830~1000nm的發光波長，單色性優異，並且為高輸出・高效率且具耐濕性的發光二極體1。又，根據本實施形態之發光二極體1，與利用習知之液相磊晶法所製得之去除GaAs基板的透明基板型AlGaAs系發光二極體相比較，可提供具有至少1.5倍以上之發光輸出的高輸出發光二極體1。

又，根據本實施形態的發光二極體燈41，具有單色性優異，且為高輸出・高效率且具耐濕性的上述發光二極體1。因此，可提供適用於紅外線照明、感測器的發光二極體燈41。

<發光二極體(第2實施形態)>

適用本發明之第2實施形態的發光二極體，其與第1實施形態的相異點在於，將第1實施形態之發光二極體的AlGaAs阻障層18置換成包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層。

如上所述，本實施形態所使用的阻障層18係包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之四元混晶的化合物半導體。

Al組成X4係以設成帶隙比井層17的帶隙還大的組成為佳，具體而言以設成0~0.2的範圍為佳。

又，為了防止因與基板的晶格不匹配(lattice mismatch)所致之變形的產生，Y2係以在0.4~0.6的範圍為佳，以在0.45~0.55的範圍更佳。

阻障層18的層厚較佳為與井層17的層厚相等或比井層17的層厚還厚。如此般，藉由將阻障層18的層厚在產

生穿隧效應之層厚的範圍內設成足夠的厚度，而兼備穿隧效應所致之井層間的結合與擴散的限制，藉此能使載子的封閉效果增大，電子的電洞的發光再結合機率變大，可達成發光輸出的提升。

<發光二極體(第3實施形態)>

圖 13(a)及圖 13(b)係用以說明有關適用本發明之第3實施形態之發光二極體的圖，圖 13(a)係俯視圖、圖 13(b)係沿著圖 13(a)所示之 C-C' 線的剖面圖(省略引導層 10 及 12 的圖示)。

第3實施形態之發光二極體 20，其特徵為具備：發光部 7，其係具有量子井構造的活性層 11 以及夾持前述活性層 11 的下部包覆層(第1包覆層)9 和上部包覆層(第2包覆層)13，該量子井構造的活性層 11 係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq x1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層 17 及包含組成式 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{As}$ ($0 \leq x2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層 18；電流擴散層 8，其係形成於發光部 7 上；及功能性基板 31，其係包含與發光部 7 對向地配置且對於發光波長具有 90% 以上之反射率的反射層 23，並接合於電流擴散層 8；其中下部包覆層 9 和上部包覆層 13 係包含組成式 $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x3 \leq 1, 0 < y1 \leq 1$) 的化合物半導體；該井層 17 及阻障層 18 的成對層數為 5 以下。

第3實施形態的發光二極體 20 中，由於具有具備反射層 23 的功能性基板 31，故可有效率地從主要的光取出面取出光，其中該反射層 23 對於發光波長具有 90% 以上的反射率且與發光部對向而配置。

圖 13(a)、(b)所示的例子中，功能性基板 31 係在電流擴散層 8 之下側的面 8b 具備第 2 電極 21，又具備以覆蓋該第 2 電極 21 的方式積層透明導電膜 22 與反射層 23 而成的反射構造體、以及包含矽或鍺的層(基板)30。

第 3 實施形的發光二極體中，功能性基板 31 較佳為含有包含矽或鍺的層。因為矽或鍺是難以腐蝕的材質，所以耐濕性會提升。

反射層 23 係由銀 (Ag)、鋁 (Al)、金 (Au) 或此等的合金等所構成。此等材料的光反射率高，可將來自反射層 23 的光反射率設成 90% 以上。

功能性基板 31 係可使用在上述反射層 23 上利用 AuIn、AuGe、AuSn 等的共熔金屬接合於矽、鍺等廉價基板(層)的組合。尤其，AuIn 的接合溫度低，其熱膨脹係數與發光部雖有差異，但在接合最廉價的矽基板(矽層)方面是最合適的組合。

從品質穩定性的觀點考量，亦期望功能性基板 31 係以電流擴散層、反射金屬及共熔金屬不會相互擴散的方式作成例如插入有包含鈦 (Ti)、鎢 (W)、鉑 (Pt) 等高熔點金屬的層而成的構成，。

<發光二極體(第 4 實施形態)>

圖 14 係用以說明適用本發明之第 4 實施形態之發光二極體的圖。

適用本發明之第 4 實施形態的發光二極體，其特徵為具備：發光部，其係具有量子井構造的活性層 11 (參照圖 5 所示之井層 17、阻障層 18、活性層 11) 以及夾持前述活

性層 11 的下部包覆層 (第 1 包覆層) 9 和上部包覆層 (第 2 包覆層) 13，該量子井構造的活性層 11 係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq x1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{As}$ ($0 \leq x2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；電流擴散層 8，其係形成於該發光部上；及功能性基板 51，其係包含與發光部對向而配置且對於發光波長具有 90% 以上的反射率之反射層 53 和金屬基板 50，並接合於電流擴散層 8；其中下部包覆層 9 及上部包覆層 13 係包含組成式 $(\text{Al}_{x5}\text{Ga}_{1-x5})_{y3}\text{In}_{1-y3}\text{P}$ ($0 \leq x5 \leq 1, 0 < y3 \leq 1$) 的化合物半導體；該井層及阻障層的成對層數為 5 以下。

第 4 實施形態的發光二極體 60 中，功能性基板 51 含有金屬基板之點，是相對於第 2 實施形態的發光二極體具有特徵的構成。

金屬基板 50 的放熱性高，有助於使發光二極體以高亮度發光，並可延長發光二極體的壽命。

就放熱性的觀點而言，金屬基板 50 係以包含導熱係數為 $130 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上的金屬為特佳。就導熱係數為 $130 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上的金屬而言，例如有鉬 ($138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 或鎢 ($174 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)

如圖 14 所示，化合物半導體層 2 係具有：活性層 11；經由引導層 (未圖示) 夾持該活性層 11 的第 1 包覆層 (下部包覆層) 9 及第 2 包覆層 (上部包覆層) 13；在第 1 包覆層 (下部包覆層) 9 的下側之電流擴散層 8；以及在第 2 包覆層 (上部包覆層) 13 的上側與第 1 電極 55 俯視看起來大致為相同尺寸的接觸層 56。

功能性基板 51 係在電流擴散層 8 之下側的面 8b 具備第 2 電極 57 且還包含反射構造體及金屬基板 50，該反射構造體係以覆蓋該第 2 電極 57 的方式積層透明導電膜 52 與反射層 53 而成；且金屬基板 50 的接合面 50a 係接合於面 53b，該面 53b 係構成反射構造體的反射層 53 之與化合物半導體層 2 相反側的面。

反射層 53 係由例如銅、銀、金、鋁等的金屬或此等的合金等所構成。此等材料的光反射率高，可將來自反射構造體的光反射率設成 90% 以上。藉由形成反射層 53，可使來自活性層 11 的光藉反射層 53 朝正面方向 f 反射，可使在正面方向 f 之光取出效率提高。藉此，可使發光二極體更高亮度化。

反射層 53 較佳為從透明導電膜 52 側起包含 Ag、Ni/Ti 阻障層、Au 系之共熔金屬(連接用金屬)的積層構造。

上述連接用金屬係電阻低且在低溫下熔融的金屬。藉由使用上述連接用金屬，可在不會將熱應力賦予化合物半導體層 2 的情況下連接金屬基板 50。

就連接用金屬而言，可使用化學上穩定且熔點低的 Au 系共熔金屬等。就上述 Au 系的共熔金屬而言，可列舉：AuSn、AuGe、AuSi 等合金的共熔組成(Au 系之共熔金屬)。

另外，較佳為將鈦、鉻、鎢等的金屬添加於連接用金屬中。藉此，鈦、鉻、鎢等的金屬可發揮作為阻障金屬之功能，金屬基板 50 中所含的雜質等會擴散至反射層 53 側，可抑制反應。

透明導電膜52係由ITO膜、IZO膜等所構成。此外，反射構造體亦可僅以反射層53構成。

另外，也可使用利用透明材料之折射率差之所謂的冷光鏡例如氧化鈦膜、氧化矽膜的多層膜或白色的氧化鋁、AlN來取代透明導電膜52，或是連同透明導電膜52一起與反射層53組合。

金屬基板50可使用包含兩層以上的金屬層者。

作為兩層以上的金屬層的構造，係如圖14所示的例子，較佳為由二種金屬層、即交互積層第1金屬層50A和第2金屬層50B而成的構造。尤其，第1金屬層50A和第2金屬層50B的層數以合計為奇數更佳。

於此情況，就金屬基板的翹曲或破裂的觀點而言，當使用熱膨脹係數比化合物半導體層2的熱膨脹係數小的材料作為第2金屬層50B時，第1金屬層50A較佳為使用包含熱膨脹係數比化合物半導體層3的熱膨脹係數大的材料者。此乃因作為金屬基板整體的熱膨脹係數係接近化合物半導體層的熱膨脹係數，故可抑制接合化合物半導體層與金屬基板時之金屬基板的翹曲或破裂，而可使發光二極體的製造良率提升。

同樣地，當使用熱膨脹係數比化合物半導體層2的熱膨脹係數大的材料作為第2金屬層50B時，第1金屬層50A較佳為使用包含熱膨脹係數比化合物半導體層2的熱膨脹係數小的材料者。與上述同樣地，此乃因作為金屬基板整體的熱膨脹係數係成為接近化合物半導體層的熱膨脹係數，故可抑制接合化合物半導體層與金屬基板時之

金屬基板的翹曲或破裂，而可使發光二極體的製造良率提升。

基於以上觀點，兩種金屬層的任一者，可為第1金屬層亦可為第2金屬層。

就兩種金屬層而言，可使用例如：包含銀(熱膨脹係數=18.9ppm/K)、銅(熱膨脹係數=16.5ppm/K)、金(熱膨脹係數=14.2ppm/K)、鋁(熱膨脹係數=23.1ppm/K)、鎳(熱膨脹係數=13.4ppm/K)與此等的合金中之任一者的金屬層，以及包含鉬(熱膨脹係數=5.1ppm/K)、鎢(熱膨脹係數=4.3ppm/K)、鉻(熱膨脹係數=4.9ppm/K)與此等的合金中之任一者的金屬層之組合。

金屬基板50之較佳的例子，可列舉包含Cu/Mo/Cu之3層的金屬基板。又，上述觀點中，包含Mo/Cu/Mo之3層的金屬基板亦可獲得同樣的效果，然而，由於包含Cu/Mo/Cu之3層的金屬基板是以容易加工的Cu夾持機械強度高的Mo而成的構成，所以具有比包含Mo/Cu/Mo之3層的金屬基板，更容易進行切斷等的加工之優點。

以金屬基板整體的熱膨脹係數而言，例如在包含Cu(30 μ m)/Mo(25 μ m)/Cu(30 μ m)之3層的金屬基板中，為6.1ppm/K，而在包含Mo(25 μ m)/Cu(70 μ m)/Mo(25 μ m)之3層的金屬基板中，則為5.7ppm/K。

又，就放熱的觀點而言，構成金屬基板的金屬層係以包含導熱係數高的材料為佳。藉此，可提升金屬基板的放熱性，使發光二極體以高亮度發光，並可使發光二極體的壽命延長。

例如，作為金屬基板，較佳為使用銀（導熱係數 $=420\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、銅（導熱係數 $=398\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、金（導熱係數 $=320\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、鋁（導熱係數 $=236\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、鉬（導熱係數 $=138\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、鎢（導熱係數 $=174\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）及此等的合金等。又，金屬基板更佳為包含各金屬層之熱膨脹係數與化合物半導體層之熱膨脹係數大致相等的材料。尤其，金屬層的材料較佳為具有化合物半導體層的熱膨脹係數在 $\pm 1.5\text{ ppm/K}$ 以內的熱膨脹係數之材料。藉此，可縮小金屬基板與化合物半導體層接合時對發光部的熱所產生的應力，可抑制將金屬基板與化合物半導體層連接時的熱所導致之金屬基板的破裂，而可使發光二極體的製造良率提升。以金屬基板整體的導熱係數而言，例如：在包含 $\text{Cu}(30\mu\text{m})/\text{Mo}(25\mu\text{m})/\text{Cu}(30\mu\text{m})$ 之3層的金屬基板中，成為 $250\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ，而在包含 $\text{Mo}(25\mu\text{m})/\text{Cu}(70\mu\text{m})/\text{Mo}(25\mu\text{m})$ 之3層的金屬基板中，則成為 $220\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。

<發光二極體(第5實施形態)>

適用本發明之第5實施形態的發光二極體，其特徵為具備：發光部7，其係具有量子井構造的活性層11以及夾持前述活性層11的下部包覆層(第1包覆層)9和上部包覆層(第2包覆層)13，該量子井構造的活性層11係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0\leq x1\leq 1$)之化合物半導體的井層17及包含組成式 $(\text{Al}_{x4}\text{Ga}_{1-x4})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{P}$ ($0\leq x4\leq 1$ 、 $0< y2\leq 1$)之化合物半導體的阻障層18；電流擴散層8，其係形成於發光部7上；及功能性基板31，其係包含與發光部7對向而配置且對於發光波長具有90%以上的反

射率的反射層 23，並接合於電流擴散層 8；其中下部包覆層 9 和上部包覆層 13 係包含組成式 $(Al_{X3}Ga_{1-X3})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$) 的化合物半導體；井層 17 及阻障層 18 的成對層數為 5 以下。

第 5 實施形態的發光二極體係將第 3 實施形態之發光二極體的 AlGaAs 阻障層 18 置換成包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層而成之構成。

如上所述，本實施形態的阻障層 18 係包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$) 的化合物半導體。

上述組成式的 Al 組成 (X4) 係以設成帶隙比井層 17 的帶隙還大的組成為佳，具體而言，以在 0~0.2 的範圍為佳。

又，為了防止因與基板的晶格不匹配 (lattice mismatch) 所致之變形的產生，Y2 係以在 0.4~0.6 的範圍為佳，以在 0.45~0.55 的範圍更佳。

阻障層 18 的層厚較佳為與井層 17 的層厚相等或比井層 17 的層厚更厚。藉由使阻障層 18 的層厚在產生穿隧效應的層厚範圍內充分地變厚，可兼備因穿隧效應所致之井層的結合、和擴散的限制，藉此能使載子的封閉效果增大，電子與電洞的發光再結合機率變大，可達成發光輸出的提升。

本實施形態的發光二極體亦與第 3 實施形態同樣，由於具有具備反射層的功能性基板，故可有效率地從主要

的光取出面取出光，其中該反射層對於發光波長具有90%以上的反射率且與發光部對向而配置。

又，本實施形態中，可使用第3實施形態所例示的功能性基板來作為功能性基板。

<發光二極體(第6實施形態)>

適用本發明之第6實施形態的發光二極體，其特徵為具備：發光部7，其係具有量子井構造的活性層11以及夾持前述活性層11的下部包覆層(第1包覆層)9和上部包覆層(第2包覆層)13，該量子井構造的活性層11係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{X1}\text{Ga}_{1-X1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層17及包含組成式 $(\text{Al}_{X4}\text{Ga}_{1-X4})_{Y2}\text{In}_{1-Y2}\text{P}$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層18；電流擴散層8，其係形成於發光部7上；及功能性基板51，其係包含與發光部7對向而配置且對於發光波長具有90%以上的反射率的反射層53和金屬基板50，並接合於電流擴散層8；其中下部包覆層9和上部包覆層13係包含組成式 $(\text{Al}_{X5}\text{Ga}_{1-X5})_{Y3}\text{In}_{1-Y3}\text{P}$ ($0 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 < Y3 \leq 1$)的化合物半導體；井層17及阻障層18的成對層數為5以下。

第6實施形態的發光二極體係將第4實施形態之發光二極體的AlGaAs阻障層18置換成包含組成式 $(\text{Al}_{X4}\text{Ga}_{1-X4})_{Y2}\text{In}_{1-Y2}\text{P}$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層而構成。

本實施形態的發光二極體亦與第4實施形態同樣，由於具有具備反射層的功能性基板，故可有效率地從主要的光取出面取出光，其中該反射層對於發光波長具有

90%以上的反射率且與發光部對向而配置。

又，本實施形態中，可使用第4實施形態所例示的功能性基板來作為功能性基板。

[實施例]

以下，以實施例具體說明本發明的效果。本發明並未受限於此等實施例。

本實施例中，將具體說明製作本發明之發光二極體的例子。又，本實施例所製作的發光二極體係具有包含量子井構造之活性層的紅外發光二極體，該量子井構造具有包含InGaAs的井層和包含AlGaAs的阻障層。本實施例中，使成長於GaAs基板上的化合物半導體層與功能性基板結合來製作發光二極體。製得於基板上安裝有發光二極體晶片的發光二極體燈，以供特性評價用。

(實施例1)

實施例1的發光二極體係如圖3、4所示之第1實施形態的實施例，井層與阻障層的接合面積為 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$)。

實施例1的發光二極體為，首先在包含摻雜有Si之n型GaAs單晶的GaAs基板上，依序積層化合物半導體層來製作發光波長920nm的磊晶晶圓。GaAs基板為，將從(100)面朝(0-1-1)方向傾斜 15° 之面設為成長面，且載子濃度設成 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。另外，GaAs基板之層厚設成約 $0.5\mu\text{m}$ 。化合物半導體層係使用包含摻雜有Si之GaAs的n型緩衝層、包含摻雜有Si之 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的n型接觸層、包含摻雜有Si之 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的n型上部包覆層、包含

$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 的上部引導層、包含 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 之對的井層/阻障層、包含 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 的下部引導層、包含摻雜有 Mg 之 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的 p 型下部包覆層、包含 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的薄膜中間層，包含摻雜有 Mg 之 p 型 GaP 的電流擴散層。

本實施例中，使用減壓有機金屬化學氣相沉積裝置 (MOCVD 裝置)，使化合物半導體層磊晶成長於直徑 76 mm、厚度 350 μm 之 GaAs 基板上，而形成磊晶晶圓。於使磊晶成長層成長之際，III 族構成元素之原料係使用三甲基鋁 $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ 、三甲基鎵 $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ 及三甲基銦 $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ 。另外，Mg 之摻雜原料係使用例如雙(環戊二烯)鎂 $(\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg})$ 。Si 之摻雜原料係使用例如二矽烷 (Si_2H_6) 。V 族構造元素之原料係使用磷 (PH_3) 、胂 (AsH_3) 。又，就各層的成長溫度而言，包含 p 型 GaP 的電流擴散層係於 750 $^{\circ}\text{C}$ 下成長。其他各層則於 700 $^{\circ}\text{C}$ 下成長。

包含 GaAs 的緩衝層係將載子濃度設成約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 0.5 μm 。接觸層係將載子濃度設成約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 3.5 μm 。上部包覆層係將載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 0.5 μm 。上部引導層係設成未摻雜且層厚約 50 nm。井層係設成未摻雜且層厚約 5 nm 之 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ ，阻障層係設成未摻雜且層厚約 19 nm 之 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 。另外，將井層與阻障層的成對層數設成一對。下部引導層係設成未摻雜且層厚約 50 nm。下部包覆層係將載子濃度設成約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 0.5 μm 。中間層係將載子濃度設成約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

、將層厚設成約 $0.05\ \mu\text{m}$ 。包含 GaP 的電流擴散層係將載子濃度設成約 $3 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 $9\ \mu\text{m}$ 。

接著，將電流擴散層從表面研磨至約 $1\ \mu\text{m}$ 之深度的區域，而進行鏡面加工。

藉由此鏡面加工而將電流擴散層之表面粗糙度(均方根：rms)設成 $0.18\ \text{nm}$ 。

另一方面，準備包含 n 型 GaP 的功能性基板，其將要貼附於上述電流擴散層之經鏡面研磨的表面。此貼附用功能性基板，係使用以載子濃度成為約 $2 \times 10^{17}\ \text{cm}^{-3}$ 的方式添加 Si 且面方位設成 (111) 之單晶。又，功能性基板的直徑為 $76\ \text{mm}$ 且厚度為 $250\ \mu\text{m}$ 。此功能性基板的表面在接合於電流擴散層之前會先被研磨成鏡面，將表面粗糙度以均方根(rms)的方式精加工成 $0.12\ \text{nm}$ 。

其次，將上述之功能性基板及磊晶晶圓搬入一般的半導體材料貼附裝置，將裝置內真空排氣至 $3 \times 10^{-5}\ \text{Pa}$ 為止。

接著，在功能性基板及電流擴散層兩者的表面，以 3 分鐘的時間照射使電子撞擊而中性(neutral)化的 Ar 束。然後，於維持真空的貼附裝置內，使功能性基板及電流擴散層的表面重疊，以使在各表面的壓力成為 $50\ \text{g/cm}^2$ 的方式施加負載，在室溫下接合兩者。以此方式形成接合晶圓。

接著，藉由鹵系蝕刻劑從上述接合晶圓選擇性地去除 GaAs 基板及 GaAs 緩衝層。接著，在接觸層的表面，利用真空蒸鍍法以使 AuGe、Ni 合金成為厚度 $0.5\ \mu\text{m}$ 、Pt 成

為厚度 $0.2\ \mu\text{m}$ 、Au 成為厚度 $1\ \mu\text{m}$ 的方式進行成膜，以作為第 1 電極。之後，利用一般的光微影手段實施圖案化，形成 n 型歐姆電極作為第 1 電極。接著，對已去除 GaAs 基板的面之光取出面的表面，實施粗面化處理。

接著，就第 2 電極而言，選擇性地去除形成 p 型歐姆電極之區域的磊晶層，使電流擴散層露出。在此露出的電流擴散層之表面，以使 AuBe 成為 $0.2\ \mu\text{m}$ 、Au 成為 $1\ \mu\text{m}$ 的方式利用真空蒸鍍法形成 p 型歐姆電極。其後，在 450°C 下實施 10 分鐘熱處理以進行合金化，而形成低電阻的 p 型及 n 型歐姆電極。然後，在功能性基板的背面側形成厚度 $0.2\ \mu\text{m}$ 的 Au，將圖案形成為 $230\ \mu\text{m}$ 的正方形，藉此形成第 3 電極。

接著，使用切割鋸，從功能性基板的背面，將未形成有第 3 電極的區域以傾斜面的角度 α 成為 70° 並且垂直面的厚度成為 $130\ \mu\text{m}$ 的方式進行 V 字形開槽。然後，使用切割鋸，從化合物半導體層側以 $350\ \mu\text{m}$ 間隔切斷而予以晶片化。利用硫酸・過氧化氫混合液，蝕刻去除因切割所造成的破碎層及污垢，來製作實施例 1 之發光二極體。

組裝 100 個將以上述方式製得之實施例 1 的發光二極體晶片安裝於安裝基板上而成的發光二極體燈。此發光二極體燈的安裝係利用晶粒黏合劑支撐(安裝)，用金線將發光二極體的 n 型歐姆電極與設置於安裝基板表面的 n 電極端子進行引線接合，用金線將 p 型歐姆電極與 p 電極端子進行引線接合後，利用一般的環氧樹脂予以密封而製得。

將此發光二極體(發光二極體燈)之特性的評價結果顯示於下述表8、圖15及圖16。圖15係顯示阻障層包含組成式 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})As$ ($0 \leq x2 \leq 1$)的化合物半導體，且活性層與包覆層的接合面積為 $123000\mu m^2$ 時以及 $53000\mu m^2$ 時的成對層數與反應速度的關係之圖表，圖16係顯示與圖15為相同情況之成對層數與發光輸出的關係之圖表。

[表5]

	元件構造	基板	接合面積 (μm^2)	阻障層	成對層數	Tr (nsec)	Po (20mA)	VF (20mA)
實施例1	透明	GaP	123000	AlGaAs	1	15	6.8	1.20
實施例2	透明	GaP	123000	AlGaAs	3	18	7.0	1.20
實施例3	透明	GaP	123000	AlGaAs	5	23	6.9	1.22
實施例4	透明	GaP	53000	AlGaAs	1	12	7.0	1.25
實施例5	透明	GaP	53000	AlGaAs	3	15	7.1	1.26
實施例6	透明	GaP	53000	AlGaAs	5	18	7.0	1.30
實施例7	透明	GaP	20000	AlGaAs	5	14	7.0	1.36
實施例8	透明	GaP	20000	AlGaAs	3	12	7.0	1.35
實施例9	透明	GaP	90000	AlGaAs	5	21	6.9	1.23
實施例10	透明	GaP	90000	AlGaAs	3	16	7.0	1.22
實施例11	透明	GaP	123000	AlGaInP	5	24	6.7	1.26
實施例12	透明	GaP	123000	AlGaInP	3	18	6.8	1.24
實施例13	透明	GaP	53000	AlGaInP	3	14	6.8	1.29
實施例14	反射	Si	123000	AlGaAs	5	24	6.5	1.24
實施例15	反射	Si	123000	AlGaAs	3	20	6.7	1.24
實施例16	反射	Si	53000	AlGaAs	3	15	6.5	1.28
實施例17	反射	Si	123000	AlGaInP	5	24	6.4	1.26
實施例18	反射	Si	123000	AlGaInP	3	20	6.5	1.25
實施例19	反射	Si	53000	AlGaInP	3	15	6.5	1.29
實施例20	反射	金屬	123000	AlGaAs	5	25	6.6	1.27
實施例21	反射	金屬	123000	AlGaAs	3	20	6.7	1.27
實施例22	反射	金屬	123000	AlGaInP	5	25	6.4	1.31
實施例23	反射	金屬	123000	AlGaInP	3	21	6.5	1.30
比較例1	液相磊晶	AlGaAs		AlGaAs		1700	2.0	1.20
參考例1	透明	GaP	123000	AlGaAs	10	32	6.5	1.32
參考例2	透明	GaP	123000	AlGaAs	20	43	5.0	1.38
參考例3	透明	GaP	53000	AlGaAs	10	23	6.2	1.40
參考例4	透明	GaP	53000	AlGaAs	20	36	5.2	1.51

實施例 1 中，在 n 型及 p 型歐姆電極間流通電流時，會射出峰值發光波長為 920nm 的紅外光。又，如表 6 所示，實施例 1 中，於順向流通 20 毫安 (mA) 之電流時的順向電壓 (V_f)，係反映構成化合物半導體層之電流擴散層與功能性基板的接合界面之電阻的低度及各歐姆電極之良好的歐姆特性，成為 1.2 伏特。又，將順向電流設成 20mA 時之反應速度 (上升時間) t_r 及發光輸出 (P_0) 係分別為 15nsec、6.8mW。

(實施例 2)

實施例 2 的發光二極體為第 1 實施形態的實施例，除了將井層及阻障層的成對層數設成 3 對以外，其餘部分係利用與實施例 1 相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度 (t_r)、發光輸出 (P_0) 及順向電壓 (V_F) 係分別為 18nsec、7.0mW、1.2V。

(實施例 3)

實施例 3 的發光二極體為第 1 實施形態的實施例，除了將井層及阻障層的成對層數設成 5 對以外，其餘部分係利用與實施例 1 相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度 (t_r)、發光輸出 (P_0) 及順向電壓 (V_F) 係分別為 23nsec、6.9mW、1.22V。

以下所示之實施例 4~6 的發光二極體亦為第 1 實施形態的實施例，然而活性層與包覆層的接合面積設成 $53000\mu\text{m}^2$ ($230\mu\text{m} \times 230\mu\text{m}$) 之點與實施例 1 等不同的實施例。

(實施例4)

實施例4的發光二極體，除了活性層與包覆層的接合面積以外的條件，係利用與實施例1相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為12nsec、7.0mW、1.25V。

(實施例5)

實施例5的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外的條件，係利用與實施例4相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為15nsec、7.1mW、1.26V。

(實施例6)

實施例6的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成5對以外的條件，係利用與實施例4相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為18nsec、7.0mW、1.30V。

(實施例7)

實施例7的發光二極體亦為第1實施形態的實施例，然而將活性層與包覆層的接合面積設成 $20000\mu\text{m}^2$ ($200\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$)的實施例。

實施例7的發光二極體，除了活性層與包覆層的接合面積以外的條件，係利用與實施例1相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為14nsec、7.0mW、1.36V。

(實施例8)

實施例8的發光二極體亦為第1實施形態的實施例，其中除了井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例7相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為12nsec、7.0mW、1.35V。

(實施例9)

實施例9的發光二極體亦為第1實施形態的實施例，然而將活性層與包覆層的接合面積設成 $90000\mu\text{m}^2$ ($300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$)的實施例。

實施例9的發光二極體，除了活性層與包覆層的接合面積以外，其餘條件係利用與實施例1相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為21nsec、6.9mW、1.23V。

(實施例10)

實施例10的發光二極體亦為第1實施形態的實施例，其中除了井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例9相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為16nsec、7.0mW、1.22V。

以下所示之實施例 11~13 的發光二極體係第 2 實施形態的實施例。

(實施例 11)

實施例 11 的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m} \times 350\mu\text{m}$)，且發光波長為 960 nm 的實施例。

實施例 11 之發光二極體的層構成係如下所示。

實施例 11 中，在包含摻雜有 Si 之 n 型 GaAs 單晶的 GaAs 基板上，將從 (100) 面朝 (0-1-1) 方向傾斜 15° 之面設為成長面，且載子濃度設成 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。作為化合物半導體層，係包含摻雜有 Si 之 GaAs 的 n 型緩衝層，包含摻雜有 Si 之 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的 n 型接觸層，包含摻雜有 Si 之 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的 n 型上部包覆層，包含 $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的上部引導層，包含 $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}/(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 之對的井層/阻障層，包含 $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的下部引導層，包含摻雜有 Mg 之 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的 p 型下部包覆層，包含 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的薄膜中間層，包含摻雜有 Mg 之 p 型 GaP 的電流擴散層。

包含 GaAs 的緩衝層係將載子濃度設成約 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成 $0.5\mu\text{m}$ 。接觸層係將載子濃度設成約 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 $3.5\mu\text{m}$ 。上部包覆層係將載子濃度設成約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 $0.5\mu\text{m}$ 。上部引導層係設成未摻雜且層厚約 50 nm。井層係設成未摻雜且層厚約 5 nm 之 $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ ，阻障層係設成未摻雜且層厚約 19 nm 之 $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 。另外，將井層與阻障層的成

對層數設成5對。下部引導層係設成未摻雜且層厚約50nm。下部包覆層係將載子濃度設成約 $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ，將層厚設成約 $0.5 \mu\text{m}$ 。中間層係將載子濃度設成約 $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成 $0.05 \mu\text{m}$ 。包含GaP的電流擴散層係將載子濃度設成約 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、將層厚設成約 $9 \mu\text{m}$ 。

實施例11的發光二極體，其反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)分別為24nsec、6.7mW、1.26V。

(實施例12)

實施例12的發光二極體亦為第2實施形態的實施例，其中除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例11相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為18nsec、6.8mW、1.24V。

(實施例13)

實施例13的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $53000 \mu\text{m}^2$ ($230 \mu\text{m} \times 230 \mu\text{m}$)，除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例11相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為14nsec、6.8mW、1.29V。

以下所示的實施例14~19係利用與實施例1~13相同的方式製作化合物半導體層後，將包含反射層的功能性基板接合於電流擴散層而成的構成，是功能性基板包含由矽所構成的層的實施例。在此，實施例14~16的發光二

極體係第3實施形態的實施例，實施例17~19的發光二極體係第5實施形態的實施例。

(實施例14)

實施例14的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$)的實施例，係利用與實施例1等相同的順序製作化合物半導體層後，將具備反射層的功能性基板接合於電流擴散層而成的構成。此時，井層及阻障層的成對層數設為5對。

以下，參照圖13(a)、(b)，說明實施例14之發光二極體的製作方法。

首先，在電流擴散層8的表面，以從光取出面的端部起算成為 $50\mu\text{m}$ 的方式等間隔地配置8個電極(第2電極)21，該電極21係由將AuBe/Au合金設成厚度 $0.2\mu\text{m}$ 且 $20\mu\text{m}\phi$ 的點所構成。

其次，以 $0.4\mu\text{m}$ 的厚度利用濺鍍法形成屬透明導電膜的ITO膜22。進而，以 $0.2\mu\text{m}/0.1\mu\text{m}/1\mu\text{m}$ 的厚度形成由銀合金/Ti/Au所構成的層23，而作成反射層23。

另一方面，在矽基板30的表面，以 $0.1\mu\text{m}/0.5\mu\text{m}/0.3\mu\text{m}$ 的厚度形成由Ti/Au/In所構成的層32。又，在矽基板30的背面，以 $0.1\mu\text{m}/0.5\mu\text{m}$ 的厚度形成由Ti/Au所構成的層33。重疊前述發光二極體晶圓側的Au與矽基板側的In表面，在 320°C 下加熱，以 $500\text{g}/\text{cm}^2$ 加壓，將具備矽基板的功能性基板接合於發光二極體晶圓。

接著，去除GaAs基板，在接觸層16的表面，形成由AuGe/Au所構成之直徑 $100\mu\text{m}$ 且厚度 $3\mu\text{m}$ 的歐姆電極(第1

電極)25，在420℃下進行5分鐘的熱處理，而將p、n歐姆電極進行合金化處理。

然後，以第1電極25作為遮罩，去除被電極25所遮罩之接觸層16以外的接觸層16後，對表面進行粗面化處理。

將分離成晶片用之切斷預定部的半導體層與反射層、共熔金屬加以去除，利用切割鋸將矽基板31以350 μm 間距切斷成正方形。

對以此方式獲得的發光二極體(發光二極體燈)，於上面及下面的電極間流通電流時，會射出峰值波長為920nm的紅外光。又，於順向流通20毫安(mA)之電流時的順向電壓(V_f)係反映構成化合物半導體層之電流擴散層與功能性基板的接合界面之電阻的低度及各歐姆電極的良好的歐姆特性，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為24nsec、6.5mW、1.24V。

(實施例15)

實施例15的發光二極體亦為第3實施形態的實施例，其中除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例14相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為20nsec、6.7mW、1.24V。

(實施例16)

實施例16的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成53000 μm^2 (230 $\mu\text{m} \times 230\mu\text{m}$)，除了將井層及阻障

層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例11相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為15nsec、6.5mW、1.28V。

(實施例17)

實施例17的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$)，且井層及阻障層的成對層數設成5對的實施例。實施例17的發光二極體係利用與實施例11相同的順序製作化合物半導體層後，利用與實施例14相同的順序，將具備反射層的功能性基板接合於電流擴散層而成的構成。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為24nsec、6.4mW、1.26V。

(實施例18)

實施例18的發光二極體亦為第5實施形態的實施例，其中除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例17相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為20nsec、6.5mW、1.25V。

(實施例19)

實施例19的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $53000\mu\text{m}^2$ ($230\mu\text{m}\times 230\mu\text{m}$)，除了將井層及阻障

層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例13相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為15nsec、6.5mW、1.29V。

以下所示的實施例20及21係第4實施形態的實施例，實施例22及23係第6實施形態的實施例，是利用與實施例1~13同樣的方式製作化合物半導體層後，將包含反射層和金屬基板的功能性基板接合於電流擴散層而成的構成。

(實施例20)

實施例20的發光二極體係將活性層與包覆層的接合面積設成 $123000\mu\text{m}^2$ ($350\mu\text{m}\times 350\mu\text{m}$)，且井層及阻障層的成對層數設成5對的實施例。參照圖14，說明實施例20之發光二極體的製作方法。

首先，在電流擴散層8的表面8b，以從光取出面的端部起算成為 $50\mu\text{m}$ 的方式等間隔地配置8個第2電極57，該第2電極57係由將AuBe/Au合金設成厚度 $0.2\mu\text{m}$ 且 $20\mu\text{m}\phi$ 的點所構成。

其次，以 $0.4\mu\text{m}$ 的厚度利用濺鍍法形成屬透明導電膜的ITO膜52。進而，以 $0.2\mu\text{m}/0.1\mu\text{m}/1\mu\text{m}$ 的厚度形成由銀合金/Ti/Au所構成的層53，而作成反射層53。

接著，採用由熱膨脹係數比化合物半導體層2的材料的熱膨脹係數大的材質所構成的第1金屬板50A、50A、以及熱膨脹係數比化合物半導體層2的材料的熱膨脹係數小的材質所構成的第2金屬板50B，藉由熱壓而形成金

屬基板50。具體而言，作為第1金屬板50A，係使用厚度 $10\mu\text{m}$ 的Cu，作為第2金屬板50B，係使用厚度 $75\mu\text{m}$ 的Mo，如圖14所示，在2片的第1金屬板50A、50A之間插入第2金屬板50B，予以重疊並藉由既定的加壓裝置在高溫下施加負載，藉此形成包含Cu($10\mu\text{m}$)/Mo($75\mu\text{m}$)/Cu($10\mu\text{m}$)之3層的金屬基板50。

將發光二極體之反射層53的表面與金屬基板50重疊，在 400°C 下加熱且以 $500\text{g}/\text{cm}^2$ 加壓而接合，藉此製得接合有功能性基板51而成的發光二極體晶圓。

接著，去除GaAs基板，在接觸層56的表面，形成由AuGe/Au所構成之直徑 $100\mu\text{m}$ 且厚度 $3\mu\text{m}$ 的歐姆電極55，在 420°C 下進行5分鐘的熱處理，而將p、n歐姆電極進行合金化處理。

然後，以第1電極25作為遮罩，去除被電極25所遮罩之接觸層16以外的接觸層16後，對表面進行粗面化處理。

將分離成晶片用之切斷預定部的半導體層與反射層、共熔金屬加以去除，利用切割鋸將矽基板以 $350\mu\text{m}$ 間距切斷成正方形。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為 25nsec 、 6.6mW 、 1.27V 。

(實施例21)

實施例21的發光二極體亦為第4實施形態的實施例，其中除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其

餘部分係利用與實施例20相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為20nsec、6.7mW、1.27V。

(實施例22)

實施例22的發光二極體與實施例20的發光二極體的不同點在於，將實施例20之發光二極體的AlGaAs阻障層置換成包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$)的化合物半導體的阻障層。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為25nsec、6.4mW、1.31V。

(實施例23)

實施例23的發光二極體亦為第6實施形態的實施例，其中除了將井層及阻障層的成對層數設成3對以外，其餘部分係利用與實施例22相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

其結果，反應速度(tr)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為21nsec、6.5mW、1.30V。

以下所示的參考例1~4係將井層及阻障層的成對層數設成10對及20對的例子，表示將本發明之三元混晶之量子井構造、或包含三元混晶的井層與四元混晶的阻障層之量子井構造以四元包覆層夾持而成的構成皆為適合於高發光輸出的構成。

(參考例1)

參考例1的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成10對以外，其餘部分係利用與實施例1的發光二極體相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(t_r)、發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為32nsec、6.5mW、1.32V。

(參考例2)

參考例2的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成20對以外，其餘部分係利用與實施例1的發光二極體相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(t_r)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為43nsec、5mW、1.38V。

(參考例3)

參考例3的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成10對以外，其餘部分係利用與實施例4的發光二極體相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，反應速度(t_r)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為23nsec、6.2mW、1.40V。

(參考例4)

參考例4的發光二極體，除了將井層及阻障層的成對層數設成20對以外，其餘部分係利用與實施例1的發光二極體相同的條件來製作，並進行同樣的評價。

評價此發光二極體(發光二極體燈)之特性的結果，

反應速度(tr)，發光輸出(P_0)及順向電壓(V_F)係分別為36nsec、5.2mW、1.51V。

由上述參考例1~4的結果清楚得知，例如即便將井層及阻障層的成對層數設成多數對的情況，也絕對無法獲得比上述實施例還高的發光輸出(P_0)。

(比較例1)

比較例1的發光二極體係使用習知技術的液相磊晶法形成化合物半導體層的比較例。具體而言，係使以 $Al_{0.01}Ga_{0.99}As$ 作為發光層的雙異質構造的發光部磊晶成長於GaAs基板上來製作發光二極體，並加以評價。

在比較例1的發光二極體的製作中，在GaAs基板上，使用滑舟(Slide Boat)型成長裝置進行結晶成長。

具體而言，首先，在滑舟型成長裝置的基板收容槽設置包含n型GaAs單晶的基板，於供各層成長用所準備的坩堝中，放入Ga金屬、GaAs多結晶、金屬Al及摻雜物。所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)之4層構造，並依此順序積層。

將配置有此等原料的滑舟型成長裝置設置於石英反應管中，於氫氣流中加溫至950℃以使原料溶解，然後，將環境氣體溫度降溫至910℃為止，將滑件(slider)朝右側推壓以接觸原料溶液(melt：熔化液)後，以0.5℃/分的速度降溫，而達到既定溫度，其後，又推壓滑件以依序接觸各原料溶液，重複進行使之變高溫的動作，最後與熔化液接觸，其後，將環境氣體溫度降溫至703℃以使n包

覆層成長，接著，推壓滑件以將原料溶液與晶圓切離而結束磊晶成長。

依據上述條件，在n型之(100)面的GaAs單晶基板上，以包含 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ 的n型上部包覆層成為 $50\mu\text{m}$ 、包含 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ 的Si摻雜的發光層成為 $20\mu\text{m}$ 、包含 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 的p型下部包覆層成為 $20\mu\text{m}$ ，對發光波長呈透明之包含 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 的p型厚膜層成為 $60\mu\text{m}$ 的方式，使各層藉由液相磊晶法成長。

磊晶成長結束後，取出磊晶基板，一面保護n型GaAlAs包覆層表面，一面以氨-過氧化氫系蝕刻劑選擇性地去除p型GaAs基板。

然後，在磊晶晶圓雙面形成金電極，使用長邊為 $350\mu\text{m}$ 的電極遮罩，在n型AlGaAs上部包覆層的表面，形成直徑 $100\mu\text{m}$ 的引線接合用墊配置於中央而成的表面電極。又，在p型AlGaAs厚膜層的背面，以 $80\mu\text{m}$ 間隔形成直徑 $20\mu\text{m}$ 的歐姆電極作為背面電極。

利用切割鋸，將晶圓以 $350\mu\text{m}$ 間隔切斷後，蝕刻去除破碎層，藉此以n型AlGaAs層成為表面側的方式製得比較例1的發光二極體晶片。

將安裝有比較例1的發光二極體之發光二極體燈之特性的評價結果顯示於上述表6。

如表6所示，在比較例1之發光二極體的n型及p型歐姆電極間流通電流時，會射出峰值發光波長為 940nm 的紅外光。又，於順向流通20毫安(mA)之電流時的順向電壓(Vf)為約1.2伏特。又，將順向電流設成20mA時之發光

輸出(P_0)為2mW。又，反應速度(tr)為1700nsec，比較例1之任一樣本的高速反應均劣於本發明實施例的高速反應。

〔產業上可利用性〕

本發明的發光二極體係可被利用作為發出兼具高速反應性與高輸出性之紅外光的發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。

【圖式簡單說明】

圖1係使用本發明一實施形態之發光二極體的發光二極體燈之俯視圖。

圖2係使用本發明一實施形態之發光二極體的發光二極體燈之沿圖1所示之A-A'線的剖面示意圖。

圖3係本發明一實施形態之發光二極體的俯視圖。

圖4係本發明一實施形態之發光二極體之沿圖3所示之B-B'線的剖面示意圖。

圖5係用以說明構成本發明一實施形態之發光二極體的活性層之圖。

圖6係表示本發明第1實施形態之發光二極體的井層及阻障層的成對層數、與發光輸出及反應速度之關係的圖表(活性層與包覆層的接合面積為 $123000\mu\text{m}^2$ 時)。

圖7係本發明第1實施形態之發光二極體的井層及阻障層的成對層數、與發光輸出及反應速度之關係的圖表(活性層與包覆層的接合面積為 $53000\mu\text{m}^2$ 時)。

圖8係使用於本發明一實施形態之發光二極體的磊晶晶圓的剖面示意圖。

圖 9 係使用於本發明一實施形態之發光二極體的接合晶圓的剖面示意圖。

圖 10 係於本發明一實施形態之發光二極體的阻障層使用 AlGaInP 時，發光二極體的井層及阻障層的成對層數與發光輸出之關係的圖表。

圖 11 係於本發明一實施形態之發光二極體的阻障層使用 AlGaInP 時，發光二極體的阻障層的 In 組成 (Y1) 與發光輸出之關係的圖表。

圖 12 係於本發明一實施形態之發光二極體的阻障層使用 AlGaInP 時，井層及阻障層的成對層數相對於發光二極體的順向電流與發光輸出之關係的依存性之圖表。

圖 13 係本發明之其他實施形態之發光二極體的俯視圖，(a) 係俯視圖，(b) 係沿 (a) 所示之 C-C' 線的剖面示意圖。

圖 14 係本發明之其他實施形態之發光二極體的剖面示意圖。

圖 15 係表示於本發明一實施形態之發光二極體的阻障層使用 AlGaAs 之情況，接合面積為 $123000 \mu\text{m}^2$ 時與 $53000 \mu\text{m}^2$ 時之成對層數與反應速度的關係之圖表。

圖 16 係表示於本發明一實施形態之發光二極體的阻障層使用 AlGaAs 之情況，接合面積為 $123000 \mu\text{m}^2$ 時與 $53000 \mu\text{m}^2$ 時之成對層數與反應速度的關係之圖表。

【主要元件符號說明】

- | | |
|---|---------|
| 1 | 發光二極體 |
| 2 | 化合物半導體層 |

3	功能性基板
3 a	垂直面
3 b	傾斜面
4	n型歐姆電極(第1電極)
5	p型歐姆電極(第2電極)
7	發光部
8	電流擴散層
9	下部包覆層(第1包覆層)
10	下部引導層
11	活性層
12	上部引導層
13	上部包覆層(第2包覆層)
14	GaAs基板
15	緩衝層
16	接觸層
17	井層
18	阻障層
20	發光二極體
21	電極
22	透明導電膜
23	反射層
25	接合電極
31	功能性基板
41	發光二極體燈
42	安裝基板

43	n電極端子
44	p電極端子
45、46	金線
47	環氧樹脂
α	傾斜面與平行於發光面的面所成之角度
50	金屬基板
51	功能性基板
52	透明導電膜
53	反射層
55	第1電極
56	接觸層
57	第2電極

發明專利說明書

PD1118373(11)

(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：100143853

※申請日：100.11.30

※IPC 分類：

H01L33/04

2010 051

一、發明名稱：(中文/英文)

發光二極體、發光二極體燈及照明裝置

LIGHT-EMITTING DIODE, LIGHT-EMITTING DIODE LAMP AND
ILLUMINATING DEVICE

二、中文發明摘要：

根據本發明，可提供一種發出兼具高速反應性與高輸出性之紅外光的發光二極體、發光二極體燈及照明裝置。

本發明係關於發光二極體、發光二極體燈及照明裝置，該發光二極體具備：發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq x1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{As}$ ($0 \leq x2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；電流擴散層，其係形成於發光部上；以及功能性基板，其係接合於電流擴散層；第1包覆層及第2包覆層係包含組成式 $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x3 \leq 1$ 、 $0 < y1 \leq 1$) 的化合物半導體；將一層井層及一層阻障層設為1對成對層時，成對層數為5以下。

三、英文發明摘要：

The present invention provides a light-emitting diode, a light-emitting diode lamp, and an illuminating device which emits infrared light combining high-speed responsiveness and high output capability.

The present invention relates to a light-emitting diode, a light-emitting diode lamp, and an illuminating device including: an active layer having a quantum well structure which is formed by alternately laminating a well layer including a compound semiconductor having a composition represented by the formula $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq X1 \leq 1$) and a barrier layer including a compound semiconductor having a composition represented by the formula $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{As}$ ($0 \leq X2 \leq 1$); a light-emitting portion including a first clad layer and a second clad layer in which the active layer is placed therebetween; a current diffusion layer which is formed on the light-emitting portion; and a functional substrate which is bonded to the current diffusion layer, wherein the first and the second clad layers include a compound semiconductor having a composition represented by the formula $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{Y1}\text{In}_{1-Y1}\text{P}$ ($0 \leq X3 \leq 1, 0 < Y1 \leq 1$), and in the case where a pair layer including a well layer and a barrier layer, 5 or less pair layers are laminated.

七、申請專利範圍：

1. 一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq x1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})\text{As}$ ($0 \leq x2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於前述發光部上；以及

功能性基板，其係接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x3 \leq 1$ 、 $0 < y1 \leq 1$) 的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

2. 一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(\text{In}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})\text{As}$ ($0 \leq x1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(\text{Al}_{x4}\text{Ga}_{1-x4})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{P}$ ($0 \leq x4 \leq 1$ 、 $0 < y2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於發光部上；以及

功能性基板，其係接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式

$(Al_{X5}Ga_{1-X5})_{Y3}In_{1-Y3}P$ ($0 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 < Y3 \leq 1$) 的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

- 3.如申請專利範圍第1或2項之發光二極體，其中前述活性層與前述包覆層的接合面積為 $20000 \sim 90000 \mu m^2$ 。
- 4.如申請專利範圍第1至3項中任一項之發光二極體，其中將前述井層的In組成X1設為 $0 \leq X1 \leq 0.3$ ，前述井層的厚度為 $3 \sim 10 nm$ 。
- 5.如申請專利範圍第1至3項中任一項之發光二極體，其中前述井層的In組成X1為 $0.1 \leq X1 \leq 0.3$ 。
- 6.如申請專利範圍第1至5項中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係對發光波長呈透明。
- 7.如申請專利範圍第1至6項中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包含GaP、藍寶石或SiC。
- 8.一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(In_{X1}Ga_{1-X1})As$ ($0 \leq X1 \leq 1$)之化合物半導體的井層及包含組成式 $(Al_{X2}Ga_{1-X2})As$ ($0 \leq X2 \leq 1$)之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於發光部上；以及

功能性基板，其係包含與前述發光部對向地配置且對於發光波長具有90%以上之反射率的反射層，並接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(Al_{X3}Ga_{1-X3})_{Y1}In_{1-Y1}P$ ($0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 < Y1 \leq 1$) 的化合物半導體，

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

9.一種發光二極體，其特徵為：

具備：

發光部，其係具有量子井構造的活性層和夾持前述活性層的第1包覆層及第2包覆層，該量子井構造的活性層係交互積層有包含組成式 $(In_{X1}Ga_{1-X1})As$ ($0 \leq X1 \leq 1$) 之化合物半導體的井層及包含組成式 $(Al_{X4}Ga_{1-X4})_{Y2}In_{1-Y2}P$ ($0 \leq X4 \leq 1$ 、 $0 < Y2 \leq 1$) 之化合物半導體的阻障層；

電流擴散層，其係形成於前述發光部上；以及

功能性基板，其係包含與前述發光部對向地配置且對於發光波長具有90%以上之反射率的反射層，並接合於前述電流擴散層；

前述第1包覆層及前述第2包覆層係包含組成式 $(Al_{X5}Ga_{1-X5})_{Y3}In_{1-Y3}P$ ($0 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 < Y3 \leq 1$) 的化合物半導體；

前述井層及前述阻障層的成對層數為5以下。

10.如申請專利範圍第8或9項之發光二極體，其中前述活性層與前述包覆層的接合面積為 $20000 \sim 90000 \mu m^2$ 。

11.如申請專利範圍第8至10項中任一項之發光二極體，其中將前述井層的In組成X1設為 $0 \leq X1 \leq 0.3$ ，前述井層的厚度為 $3 \sim 10 nm$ 。

- 12.如申請專利範圍第8至10項中任一項之發光二極體，其中前述井層的In組成X1為 $0.1 \leq X1 \leq 0.3$ 。
- 13.如申請專利範圍第8至12項中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包括含有矽或鍺的層。
- 14.如申請專利範圍第8至12項中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板係包含金屬基板。
- 15.如申請專利範圍第14之發光二極體，其中前述金屬基板係包含2層以上的金屬層。
- 16.如申請專利範圍第1至15項中任一項之發光二極體，其中前述井層及前述阻障層的成對層數為3以下。
- 17.如申請專利範圍第1至16項中任一項之發光二極體，其中前述電流擴散層係包含GaP。
- 18.如申請專利範圍第1至17項中任一項之發光二極體，其中前述電流擴散層的厚度係在 $0.5 \sim 20 \mu\text{m}$ 的範圍。
- 19.如申請專利範圍第1至18項中任一項之發光二極體，其中前述功能性基板的側面係在接近前述發光部之側具有相對於主要的光取出面呈垂直的垂直面，在遠離前述發光部之側具有相對於前述主要的光取出面朝內側傾斜的傾斜面。
- 20.如申請專利範圍第19項之發光二極體，其中前述傾斜面係包含粗面。
- 21.如申請專利範圍第19或20項中任一項之發光二極體，其中第1電極及第2電極係設置於發光二極體之前述主要的光取出面側。

22.如申請專利範圍第21項之發光二極體，其中前述第1電極及前述第2電極為歐姆電極。

23.一種發光二極體燈，其特徵為：

具有申請專利範圍第1至22項中任一項之發光二極體。

24.一種照明裝置，其特徵為：

搭載2個以上申請專利範圍第1至22項中任一項之發光二極體、以及申請專利範圍第23項之發光二極體燈中之至少一種以上的發光二極體或發光二極體燈。

八、圖式：

圖 1

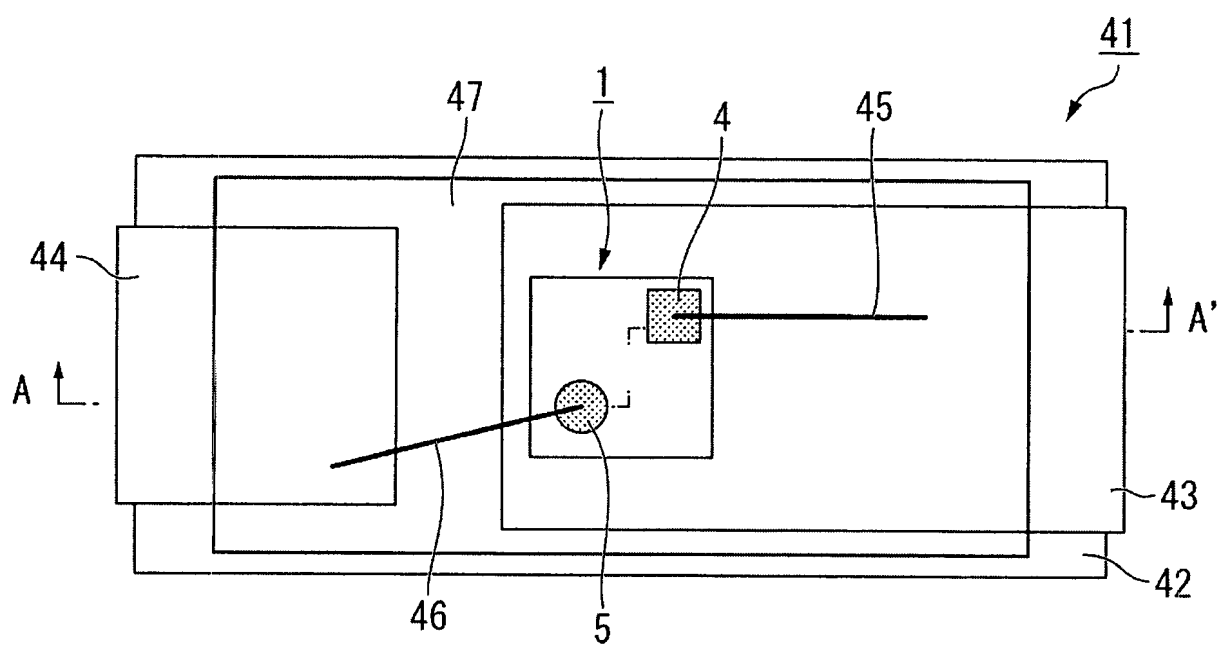


圖 2

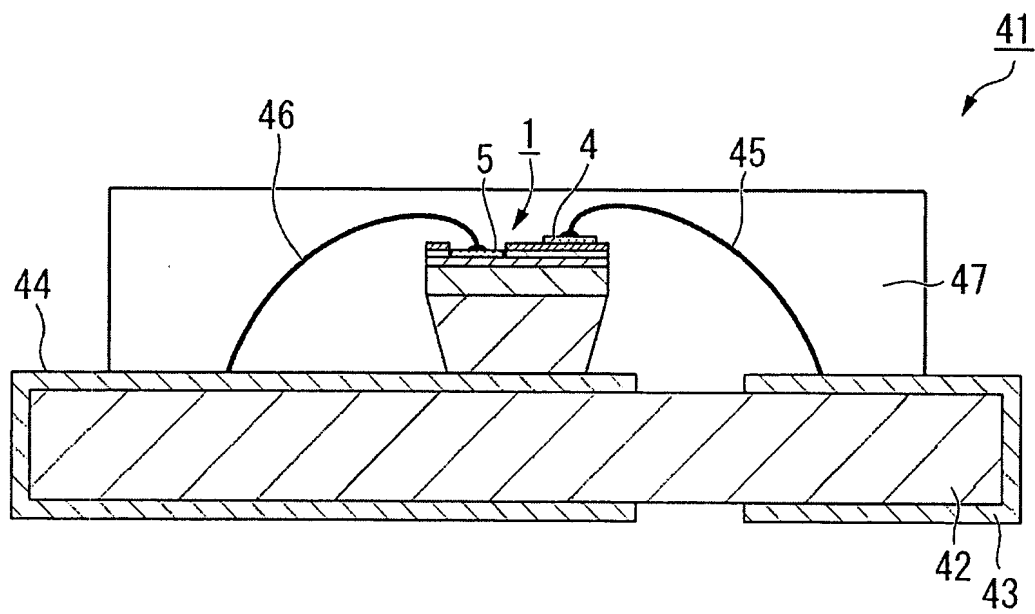


圖 3

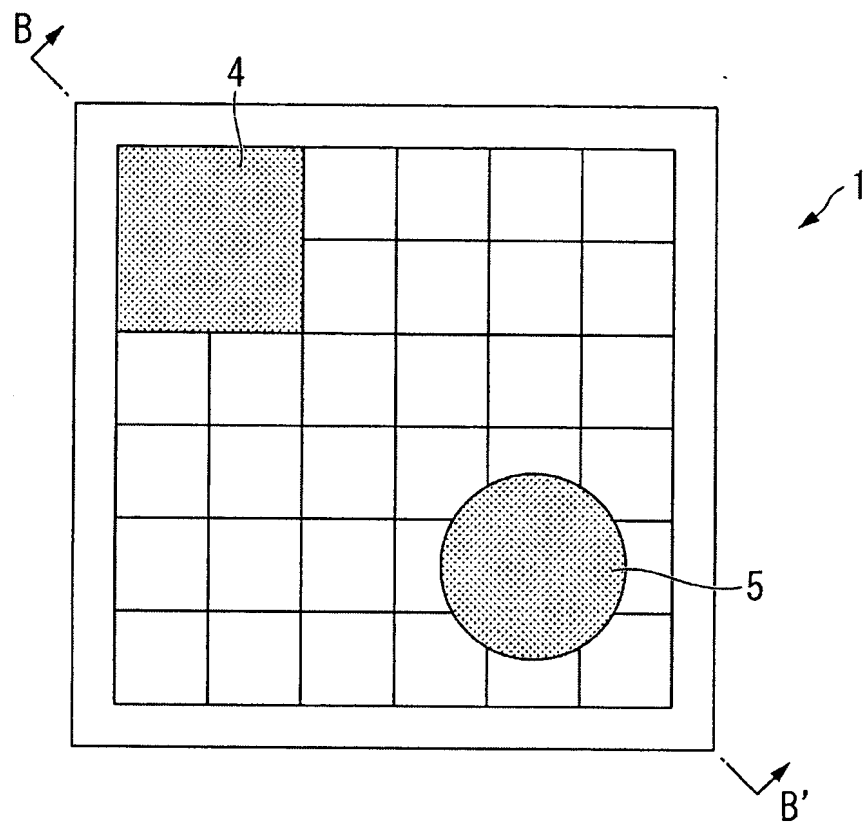


圖 4

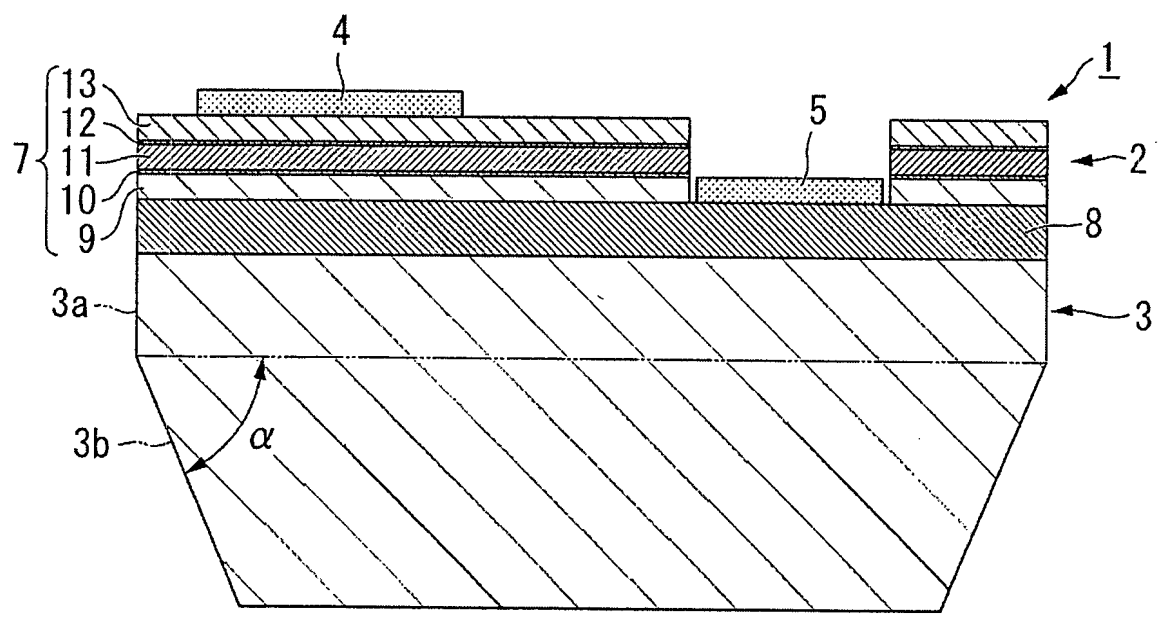


圖 5

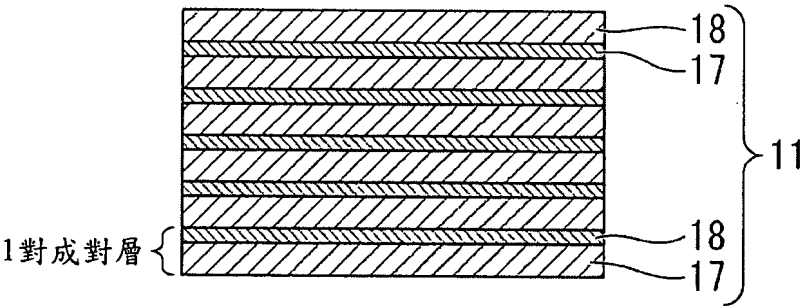


圖 6

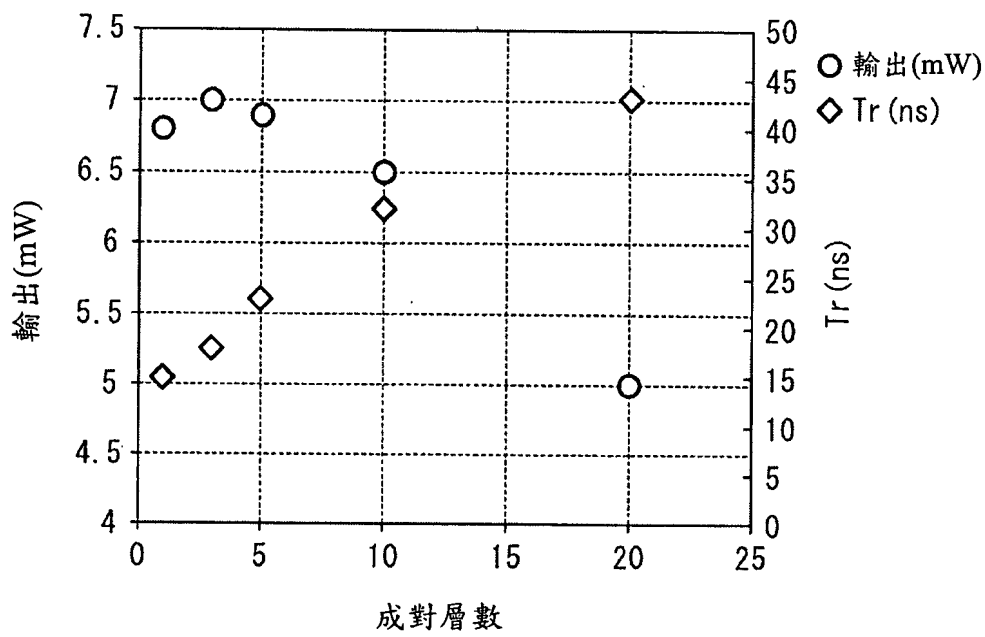


圖 7

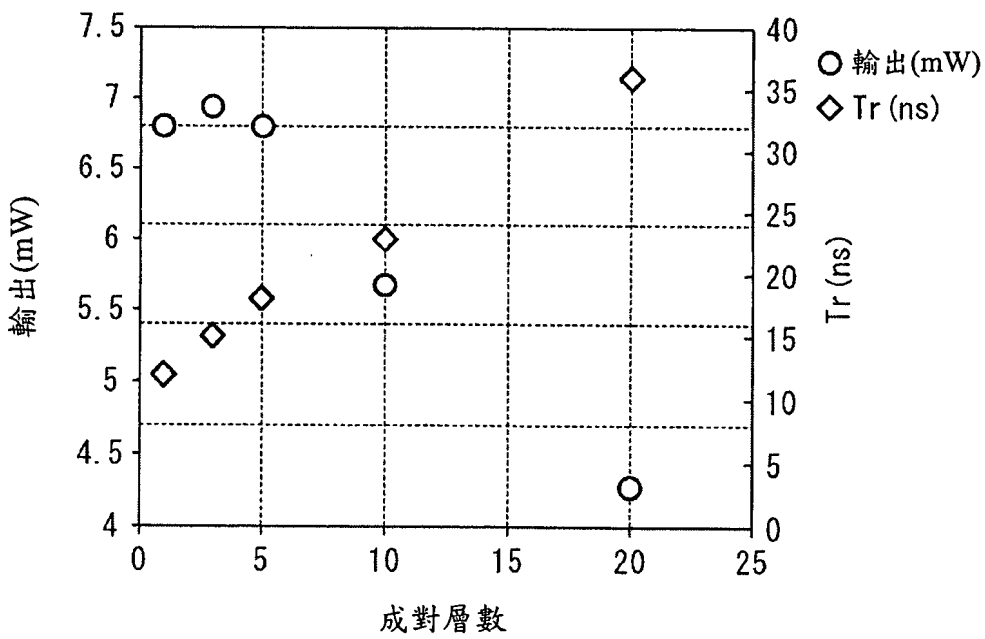


圖 8

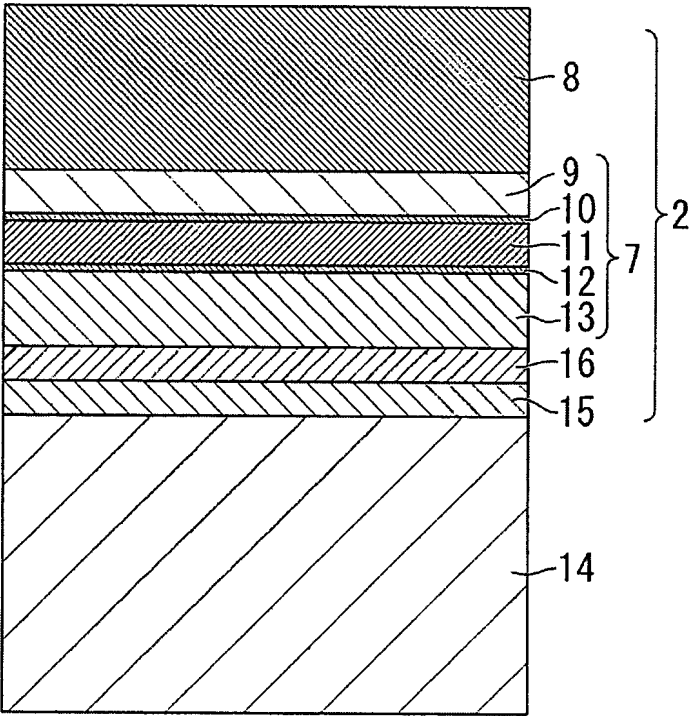


圖 9

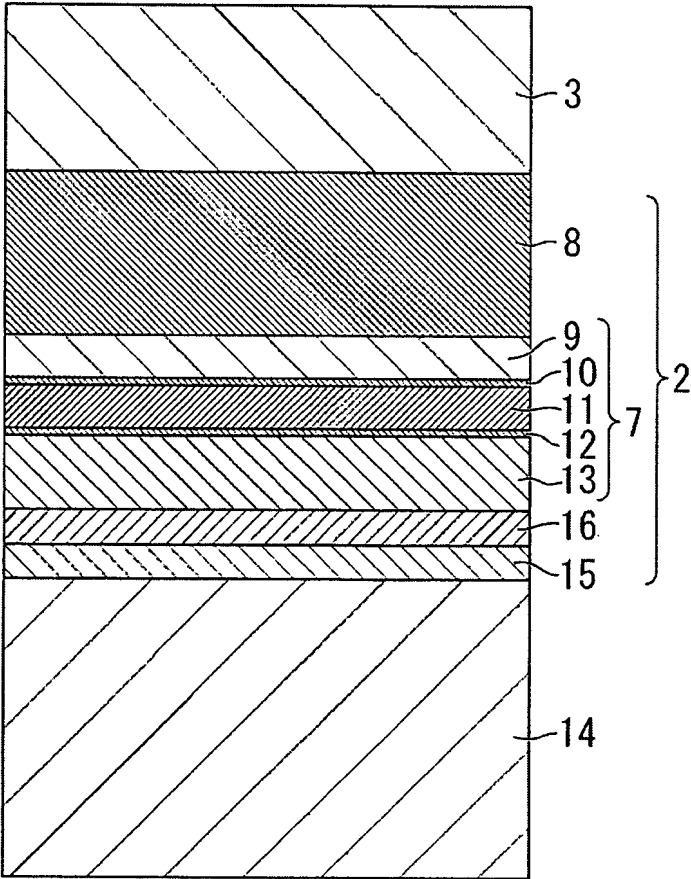


圖 10

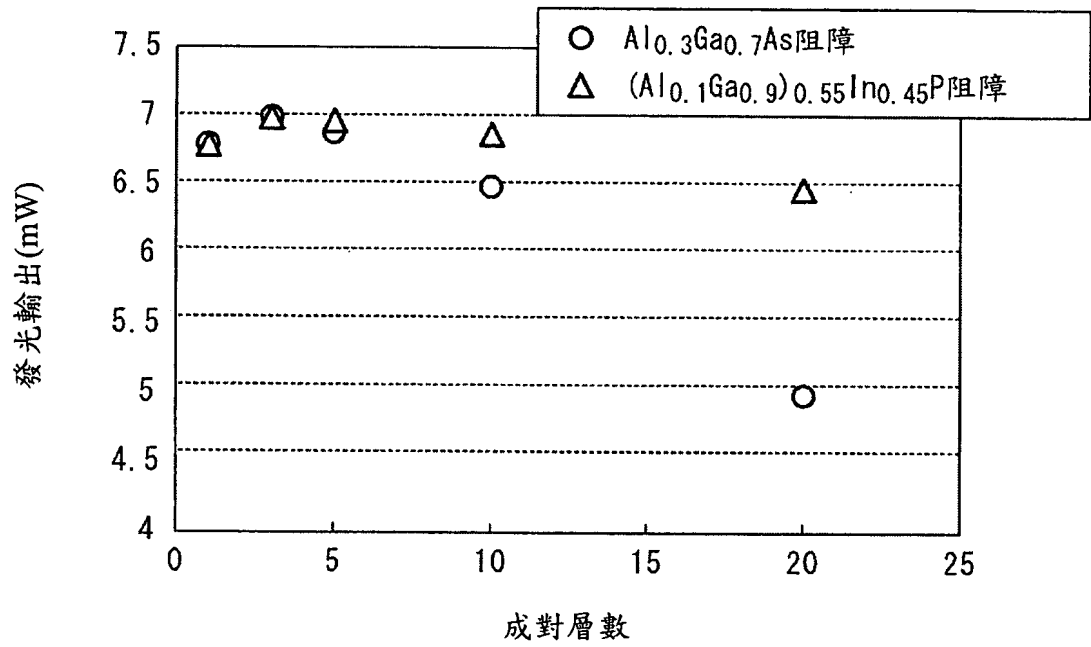


圖 11

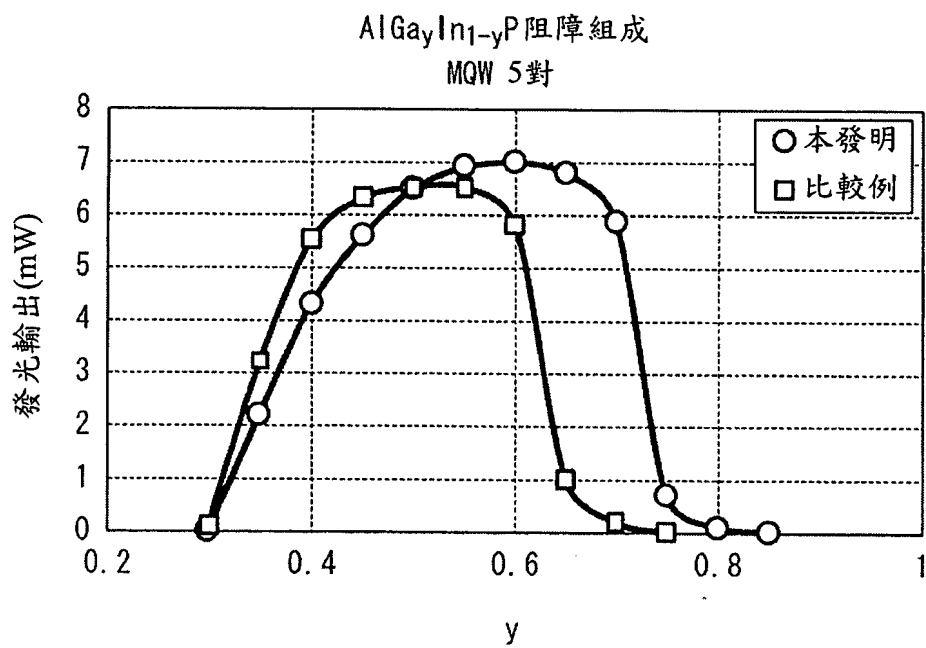


圖 12

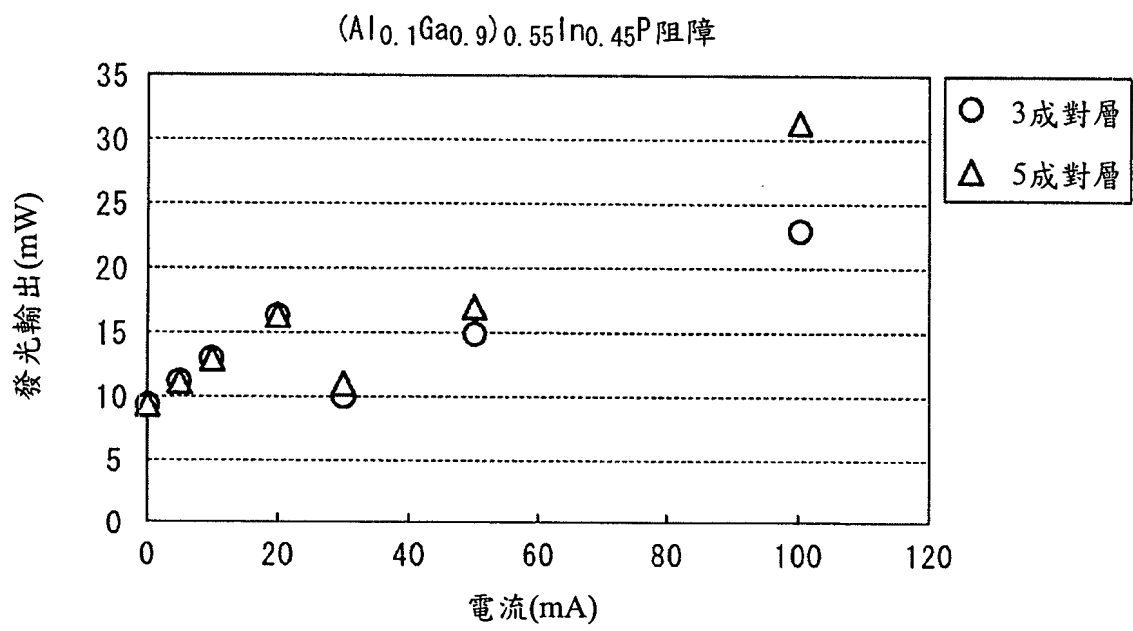


圖 13

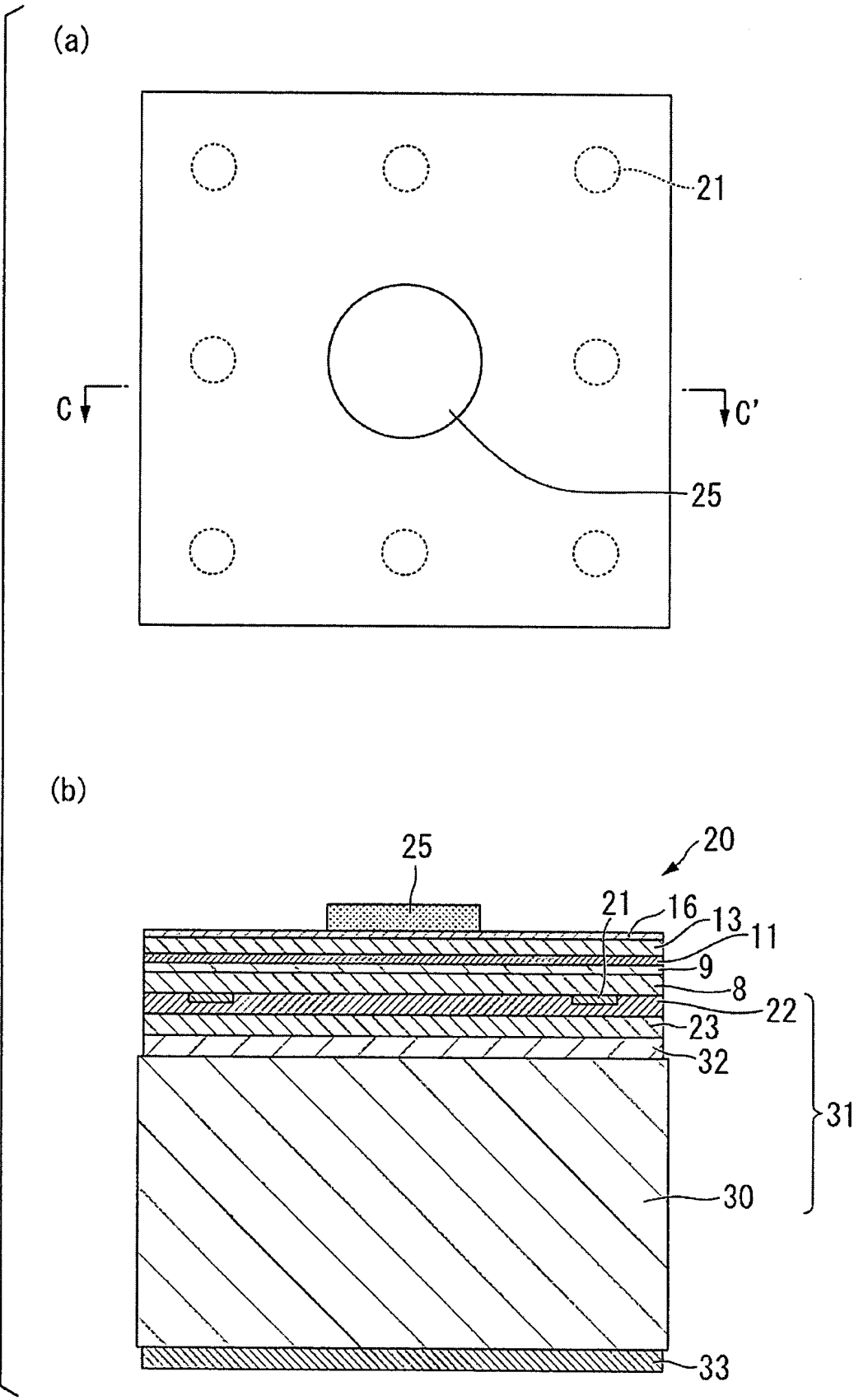


圖 14

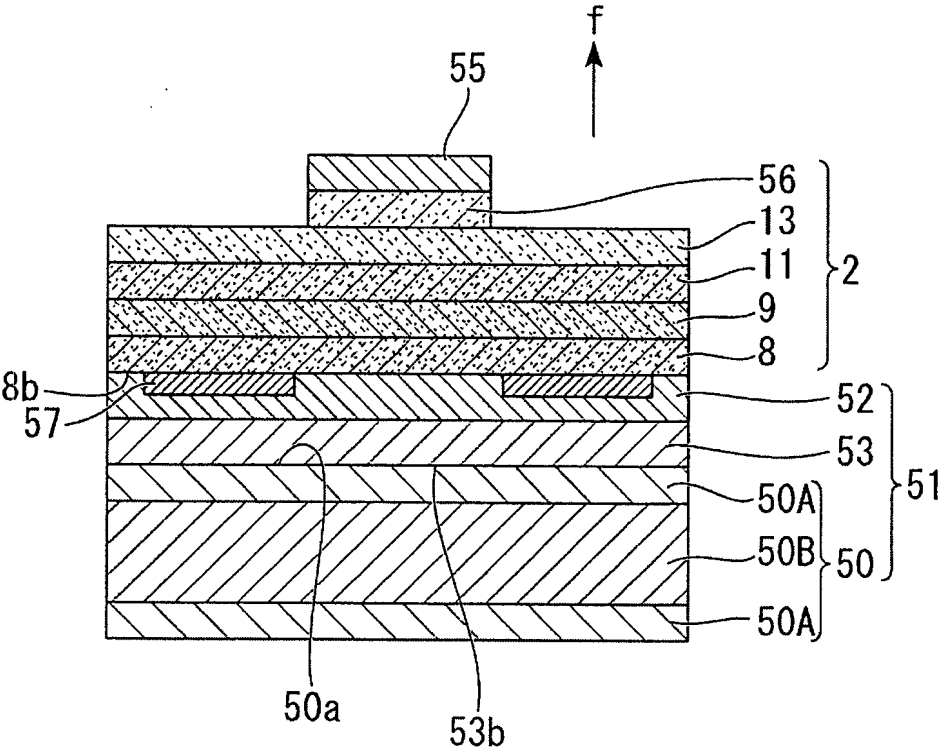


圖 15

晶片尺寸比較

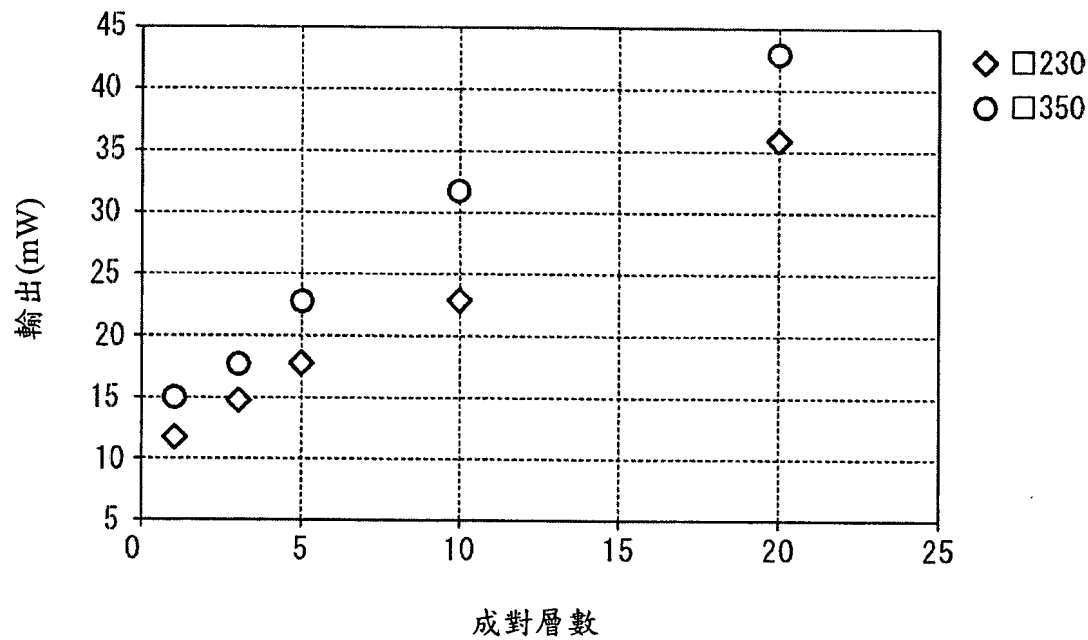
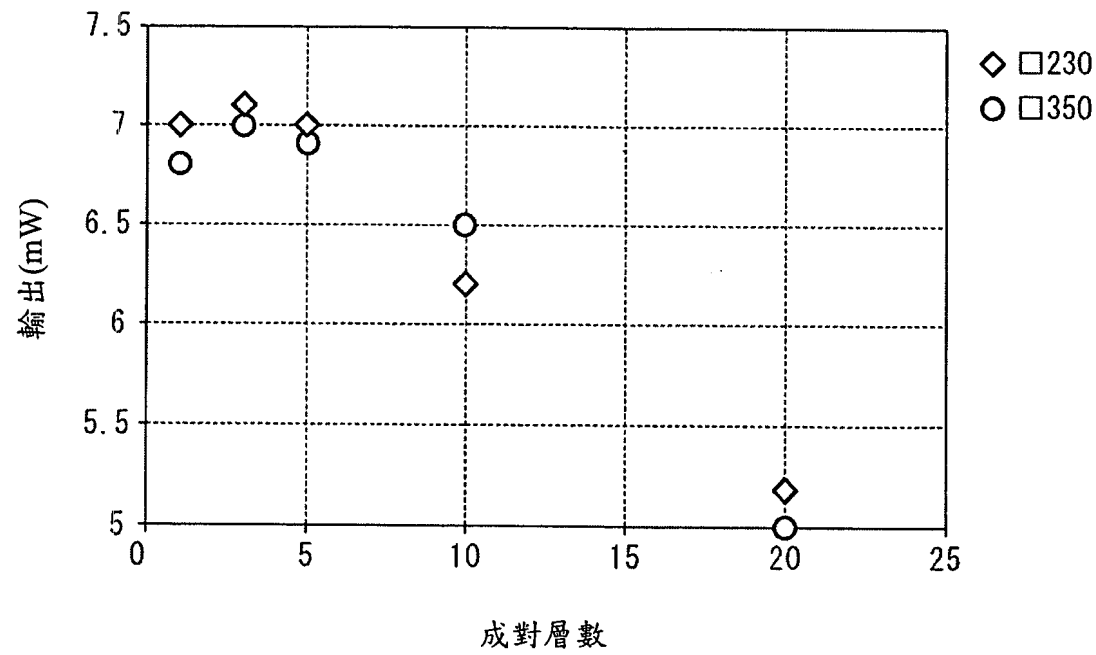


圖 16

晶片尺寸比較



四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：圖 4。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 發光二極體
- 2 化合物半導體層
- 3 功能性基板
- 3a 垂直面
- 3b 傾斜面
- 4 n型歐姆電極(第1電極)
- 5 p型歐姆電極(第2電極)
- 7 發光部
- 8 電流擴散層
- 9 下部包覆層(第1包覆層)
- 10 下部引導層
- 11 活性層
- 12 上部引導層
- 13 上部包覆層(第2包覆層)

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。