

385555

公告本

88年8月2日 修正
補充

88. 8. -2

修正本

申請日期	85.8.21
案 號	85110285
類 別	H01L 33/00

A4
C4

385555

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書
新 型

一、發明 名稱	中 文	利用第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置
	英 文	LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR DEVICE USING GROUP III NITRIDE COMPOUND
二、發明 創作人	姓 名	(1)小池正好 (2)淺見慎也
	國 籍	日 本
	住、居所	(1)日本國愛知縣一宮市大和町妙興寺地蔵惠 86-B-103 (2)日本國愛知縣西春日井郡春日町落合高畑 80-2落合寮203號
三、申請人	姓 名 (名稱)	豐田合成股份有限公司 (豐田合成株式會社)
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國愛知縣西春日井郡春日町大字落合字長 畑1番地
	代 表 人 姓 名	戶 田 忠 秀

煩請委員明示
88年8月2日
所提之修正
本有無變更實質
內容是否准予
修正。

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

裝

訂

線

385555

公告本

88年8月2日 修正
補充

88. 8. -2

修正本

申請日期	85.8.21
案 號	85110285
類 別	H01L 33/00

A4
C4

385555

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書
新 型

一、發明 名稱	中 文	利用第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置
	英 文	LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR DEVICE USING GROUP III NITRIDE COMPOUND
二、發明 創作人	姓 名	(1)小池正好 (2)淺見慎也
	國 籍	日 本
	住、居所	(1)日本國愛知縣一宮市大和町妙興寺地蔵惠 86-B-103 (2)日本國愛知縣西春日井郡春日町落合高畑 80-2落合寮203號
三、申請人	姓 名 (名稱)	豐田合成股份有限公司 (豐田合成株式會社)
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國愛知縣西春日井郡春日町大字落合字長 畑1番地
	代 表 人 姓 名	戶 田 忠 秀

煩請委員明示
88年8月2日
所提之修正
本有無變更實質
內容是否准予
修正。

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

日本國(地區) 申請專利，申請日期：1995-3-17案號：7-086083，有 無主張優先權

1995-3-17	7-086084
1995-7-24	7-209182
1995-7-24	7-209183

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

[發明的領域]

本發明是關於利用第Ⅲ族氮化物及多重發射層，所發明之發光半導體二極管(LED, Light-emitting semiconductor diode)及雷射二極管(LD, Laser diode)。本發明特別是關於在從藍綠色轉變成藍色的可見光短波長區域內及在紫外線區域內具有改良發射效率之LED及LD者。

[有關技術的描述]

氮化鋁鎵銦(AlGaInN, Aluminum gallium indium nitride)化合物半導體被使用在能發射藍光或紫外光的LED或LD二極體，早已為人所知。而此半導體設備之有用性是因為其能藉由電子直接轉移進而產生高度發光效率，並且能發射三原色之一的藍光。

藉由激射電子束及進行熱處理，使得含鎂之絕緣層(i-layer)轉變成正型(p-type)傳導層。結果，可獲得雙重異電性連接結構(double hetero-junction structure)之LED和LD，此結構是以正型氮化鋁鎵(AlGaN)層、添加鎂的氮化鎵銦(InGaInN)發射層以及氮化鋁鎵(AlGaN)負型層所組成。此一LED或LD在半導體市場比傳統之LED受歡迎，而傳統LED是以一負型層和一半絕緣中間層所形成之金屬絕緣半導體(MIS)結構。

由日本發明專利申請號113484/1994(未公開)所發表(如圖6)之LED10就有較高的發光放射性。其中LED10的氮化鎵銦發射層5便摻有鎂和矽，而發射層5兩平面形成雙重

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(2)

異電性連接結構，其具有鄰接之負型氮化鋁鎵層4以及正型氮化鋁鎵層61。LED10的尖峰波長是為420至450nm之間而其發光強度為1000mcd。這些可發射出較高的發光強度的藍色光之LED有非常大的需求量；比如使用在多重色彩顯示裝置上。

通常交通訊號標誌上的綠藍或深綠色，所需要的尖峰波長約為500nm，就傳統的LED10而言，是無法提供這種所需的波長。為了達到此要求就必須藉由增加銦在發射層5中的組成比例，來減少發射層的能帶寬。再者，在發射層5中摻入受體雜質與施體雜質，利用控制雜質濃度使得LED達到最大的發光強度。

然而，在放射層5中，增加銦的比例以及摻入受體雜質與施體雜質這樣的安排，會相當提高因受體與施體間的庫侖力所引起的位能，而電子的游離能等於位能與受體能階和施體能階差的總和。而實際上此能階差比在無庫侖力的情形下還要大。因此在發射光譜上，尖峰波長便偏向較短波長而無法得到所要求之500nm的尖峰波長。

由日本公開專利號碼(268257/1994)揭示一種擁有多重發射層的氮化鎵化合物半導體裝置20(如圖10)。其結構含有三個 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}_{44}$ 電位井以及兩個 $\text{In}_{0.04}\text{Ga}_{0.96}\text{N}_{44}$ 阻隔層。且其厚度為從5到50Å，且互相交疊。

在圖10中此裝置20的尖峰波長仍然在410至420nm之間，因為此裝置20並非利用加入雜質於電位井44當做發射中心來增加發光強度，而係在裝置20形成交互能帶重組的發射

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(3)

機構。因此此一尖峰波長無法達到交通號誌所要求的500nm波長。而且裝置20的發光強度仍有改善的空間，因此需要有一種LED同時具有較高的發光強度及較長的尖峰波長。

氮化鎵銦及氮化鎵鋁為在第Ⅲ族氮化物半導體裝置發射層中可用來發射紫光線的典型材料。當氮化鎵銦用在來當作發射層且銦在其中的組成比例等於或小於5.5%時，它是藉由交互能帶重組的發射機構，可射出380nm波長的紫外線。利用氮化鎵鋁來當作發射層且摻入鋅和矽當其組成比例大約為16%時，可藉由受體能階與施體能階間之電子躍遷的發射機構，射出380nm尖峰波長的紫外線。

雖然以上利用氮化鎵銦和氮化鎵鋁的這些裝置的尖峰波長都令人滿意，但是由於以下幾個因素使其發光效率仍然較差。即低形成溫度以及能帶間之載體重組結果造成不好的結晶構造，使得氮化鎵銦所形成的發射層有較低的發光效率。而氮化鎵鋁是由於晶格係數不配合的錯置(dislocation)而造成低發光效率。

[發明之概述]

因此本發明的第一個目的是改善利用第Ⅲ族氮化物所製成之LED所產生之藍光的發光效率並使其尖峰波長移動(增加)到500nm。

本發明的第二個目的是為了改善利用第Ⅲ族氮化物的LED或LD所發出極紫色光的發光效率。

依據本發明的第一態樣而言，其係提供一多重發射層。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(4)

將受體雜質與施體雜質交替摻入此多重發射層的每一組成層中，藉以增加受體雜質與施體雜質之原子間的距離。

依據本發明的第二態樣而言，其係將一未含雜質層置於受體質層與施體雜質間，藉以增加受體雜質與施體雜質之原子間的距離。

就傳統而言，要得到較高的發光效率，是將受體雜質與施體雜質都摻入單一發射層中。然而具有此種結構的LED很難控制尖峰波長，更困難的是要增加尖峰波長的長度。本發明的發明者已經研究並發現，受體雜質的原子與施體雜質的原子在一緊密的距離會產生一庫侖力，此庫侖力會影響電子的躍遷以及加寬雜體間的能寬，但是無法得到較長的尖峰波長。

尖峰發射能量 $h\nu$ 可由下式算出：

$$h\nu = E_g - (E_D + E_A) + (q^2 / r)$$

h 是蒲朗克常數， ν 是光的頻率， E_g 是能隙， E_D 是施體的活化能， E_A 是受體活化能， r 是受體雜質與施體雜質原子間的距離， q 是基本電子電荷，且是介電常數。

從此式中可看出，要得較長尖峰波長就必須有較大的 r 值，也就是說要在受體雜質與施體雜質的原子間有較大的距離。本發明的發明者為了得到較大的 r 值便提出幾個結構上的安排。也就是此發射層是多重層的結構，且施體雜質與受體雜質交替地摻入它的組成層中，而更進一步為了得到所要的尖峰波長，可改變在雜質摻入組成層中的厚度以及／或其組成比例。當進一步交替時使用調節摻雜如 δ

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(5)

摻雜適量地將雜質摻入於組成層中，而在含雜質層中可形成未含雜質層。

由於如此安排，便加寬距離 r 值。因為庫侖力大致上隨著一層之中心到另一層之中心的距離而變化，所以由受體雜質和施體雜質的原子所產生的庫侖力，其影響因距離 r 值的加大而逐漸地減小。

因此，尖峰波長便如預期地偏移至較長的值，即落在450nm至500nm。另外為了得到最大發光強度，可採用並最佳化發射層中的其他條件如組成金屬、組成速率、摻入雜質、濃度等。以致於藍色的高發光強度可以維持大約在3000mcd。

依據本發明的第三態樣而言，係提供一具有量子井(QW, quantum well)結構之發射層，而此QW結構是要至少有一組電位井和阻隔層，且電位井和阻隔層都摻入受體雜質和施體雜質。

此QW結構在增加輸出能量及發光強度上有很大的幫助，其原因是在結構中之電位井被阻隔層所包圍，而每一阻隔層能隙都比電位井的能隙寬，以及從阻隔層中產生的載體被拉引至電位井中，進而有助於光之發射。故其可改善發光強度。此外，將受體雜質和施體雜質都摻入電位井中，由於受體雜質與施體雜質之間的能階轉移可增加尖峰波長，以及大量的載體存在，因而改善了發光強度。更進一步而言，為了得較高的發光強度，可以將受體雜質和施體雜質都摻入電位井和阻隔層中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(6)

依據本發明的第四個態樣而言，係提供一發射層，其具有一QW結構至少是由一 $Al_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ 的阻隔層和一 $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ 的電位井所組成，而 $x_1 < x_2$ 。

為了得到在380nm附近較短之尖峰波長，本發明者控制鋁的莫耳組成比例等於或大於15%。其電位井的厚度限制在50Å至200Å的範圍。因為雜質會散布或擴散到鄰接層，電位井的厚度最好是不要少於50Å。為了要能夠出現量子效應，其電位井的厚度最好是不要大於200Å。故阻隔層的厚度限制在50Å至200Å的範圍。由於載體在電位井的含量率會降低，阻隔層的厚度最好不要少於50Å。為了能夠出現量子效應，其阻隔層的厚度最好不要大於200Å。此外，阻隔層最好不要大於200Å，因為在未摻入雜質時，在阻隔層中會產生一大電阻，而摻入雜質時會因為失序產生崩潰。在QW結構中摻入受體雜質和施體雜質最佳濃度範圍是從 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。其濃度最好不要小於 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ，因為會由於缺乏發射中心而導致發光效率降低；其各別濃度最好不要大於 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ，因為結晶性會變弱且產生歐皆效應(Auger effect)。

使用氮化鎵鋁當作發射層改善了其發光效率，因為氮化鎵鋁的結晶性比氮化鎵銻好。尤其是含有QW超級晶格結構之發射層，可防止失配的晶格係數擴散。因此，可改善電位井的結晶性及發光效率。此外，將受體雜質和施體雜質摻進電位井或者是同時都摻進電位井和阻隔層，其所形成的施—受體對發射層改善了發光效率。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(7)

依據本發明第五個態樣而言，其係提供一QW發射層，其至少含有一由 $Al_{x_1}Ga_{y_1}In_{1-x_1-y_1}N$ 電位井及一 $Al_{x_2}Ga_{y_2}In_{1-x_2-y_2}N$ 阻隔層所成之組合，且阻隔層的阻隔價帶比電位井的還要寬。將施體雜質與受體雜質其中之一摻入電位井或者是電位井和阻隔層兩者中，使得在電位井或者是電位井及阻隔層中得以形成施體能階或受體能階，以致於由於施體能階或受體能階的形成，電子與電洞重組的機率因而增加。因此可大幅地改善發光效率。此外，可調整鋼的組成比例和雜質濃度來平衡所要求的尖峰波長以及發光強度。

本發明其他的目的、特徵以及特色可參閱下面說明以及隨附之申請專利範圍並參照所附的圖式而更加清楚，所有這些皆係說明書之一部份，其中在各式的圖中元件編號標示相對應的部份。

[圖式的簡單說明]

所附的圖式中：

圖1為本發明在實例1中，一種LED的結構之簡圖。(容後描述)。

圖2為本發明在實例1中，一種多重發射層的結構之說明圖。

圖3A和圖3B為本發明在實例2中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖4A和圖4B為本發明在實例3中，一種多重發射層的結構之簡圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(8)

圖 5 A 到圖 5 B 為本發明在實例 4 中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖 6 為一種 LED 的結構之簡圖。

圖 7 為本發明在實例 5 中，一種 LED 的結構之簡圖。

圖 8 為本發明在實例 5 中，一種多重發射層的結構之說明圖。

圖 9 為本發明在實例 6 中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖 10 為一種傳統 LED 的結構之簡圖。

圖 11 為本發明在實例 7 中，一種 LED 的結構之簡圖。

圖 12 至 15 為本發明在實例 7 中，所描述之一種製造 LED 的過程之斷面圖。

圖 16 為本發明在實例 8 中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖 17 為本發明在實例 9 中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖 18 為本發明在實例 11 中，一種多重發射層的結構之簡圖。

圖 19 為本發明在實例 11 中，一種多重發射層的結構之說明圖。

[幾個典型具體例之詳細說明]

本發明可藉由參考隨後的實例更加了解。

實例 1 :

圖 1 所示為實例 1 所述的 LED100，而圖 2 所示為與圖 1

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

的LED100相對應之層狀結構，詳細地顯示多重發射層5。氮化鋁緩衝層2以500Å的厚度置於三氧化二鋁基板1上。接著在氮化鋁緩衝層2上依續放置二個負型層：帶正電負型層3是將砷摻入氮化鎵中，其厚度約為 $2.0\mu\text{m}$ 且含有 $2\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的高載體電子濃度；覆負型層4將砷摻入 $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 中，其厚度為 $2.0\mu\text{m}$ 且含有 $2\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 的電子濃度。

在覆負型層4上為發射層5：其厚度為 $0.52\mu\text{m}$ 且如圖2所示有多重層結構。發射層5包含有13層受體雜質層511和13層施體雜質層512，其受體雜質層511是由摻有鎂和鋅的 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ (此時 $0<y<1$)所組成，而其施體雜質層512是由摻有鎂和砷的 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ (此時 $0<y<1$)所組成。每一受體雜質層511和施體雜質層512交替依序相互地堆疊於其上，而以一施體雜質層512為最下層與覆負型層4連接。在發射層5上有三個正型層：其厚度為 $1.0\mu\text{m}$ 的鎂摻雜之 $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 製成一正型層61，係作為被覆層且含有 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 電洞濃度和 $1\times 10^{20}/\text{cm}^3$ 金屬鎂濃度；厚度為 $0.2\mu\text{m}$ 的鎂摻雜氮化鎵製成一正型層62，其係作為第二接觸層且含有 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 電洞濃度和 $1\times 10^{20}/\text{cm}^3$ 金屬鎂濃度；以及厚度約500Å的鎂摻雜氮化鎵製成一正型層63，其係作為第一接觸層且含有 $2\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 電子濃度和 $2\times 10^{20}/\text{cm}^3$ 金屬鎂濃度。鎳電極7和鎳電極8都分別與第一接觸層連接，而鎳電極8也與帶正電之負型層3相連接。它們係藉由一刻槽9做電性上的絕

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(10)

緣。

LED100是藉由氣相晶膜生長所製造出來，稱作有機金屬氣相沈積，以下便簡稱為MOVPE。

在製作的過程中所採用氣體有氨、傳送氣體(氫或氮)、三甲基鎵(以下簡稱TMG)、三甲基鋁(以下簡稱TMA)、三甲基銦(以下簡稱TMI)、二乙基鋅(以下簡稱DEZ)、矽烷以及雙環戊二烯基鎂(以下簡稱 CP_2Mg)。

將單晶氧化鋁基板1的主要表面'a'利用有機洗劑及熱處理使之乾淨，且置入MOVPE處理反應室中之感知器上。

然後在正常壓力下，利用 $1000^{\circ}C$ 氫氣以每分鐘2公升的流速輸入反應室中，來烘烤氧化鋁基板歷時三十分鐘。

於蝕刻後之氧化鋁基板1之表面上形成一厚度 500\AA 的氮化鋁緩衝層2，此階段控制條件為溫度降低且保持在 $400^{\circ}C$ ，且氫氣以每分鐘20公升、氮氣以每分鐘10公升以及TMA以每分鐘 1.8×10^{-5} 莫耳充入反應室，歷時90秒。接著在緩衝層2上形成厚度約 $2.0\mu m$ 之矽摻雜之氮化鎵，即含有 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 高載體電子濃度的帶正電負型層3，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $1150^{\circ}C$ ，且氫氣以每分鐘15公升、氮氣以每分鐘8公升、TMG以每分鐘 1.7×10^{-5} 莫耳之流速以及用氫稀釋至 $0.86ppm$ 的矽烷每分鐘以 5×10^{-8} 莫耳輸入反應室，歷時30分鐘。

藉由以下製造過程可製造出在覆負型層4與正型層61之間具有多重層結構的發射層5，發射層5是屬於活性層，而覆負型層4和正型層61是屬於被覆層；實例中之LED100

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(11)

係設定在發光光譜上能發射有500nm尖峰波長的光，且以鋅和矽為發光中心。

在帶正電負型層3上形成覆負型層4，是以矽摻入 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 所形成，其厚度約 $2.0\mu m$ 且含有 $8 \times 10^{17}/cm^3$ 電子濃度，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $1000^\circ C$ ，且氫氣或氮氣以每分鐘10公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳、TMA以每分鐘 0.47×10^{-4} 莫耳之流速以及用氫稀釋至0.86ppm的矽烷每分鐘以 8×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時20分鐘。

形成厚度約 200\AA 之矽摻雜 $Ga_yIn_{1-y}N$ 施體雜質層512，是在覆負型層4上面的多重發射層5之最下面一層，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $850^\circ C$ ，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1×10^{-5} 莫耳、TMI以每分鐘 1×10^{-4} 莫耳、 CP_2Mg 每分鐘 2×10^{-4} 莫耳之流速以及用氫稀釋至0.86ppm的矽烷每分鐘以 5×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時4分鐘。接著用DEZ來取代矽烷以每分鐘以 2×10^{-6} 莫耳，在相同的條件下，在施體雜質層512上形成厚度約 200\AA 之鋅摻雜之 $Ga_yIn_{1-y}N$ 受體雜質層511，然後在受體雜質層511上再形成施體雜質層512，以此依序互相交疊形成厚度約 $0.52\mu m$ 之多重發射層5。在此階段中，多重發射層5會產生高電阻。而摻入多重發射層5之鎂、鋅及矽的雜質濃度依序為 $1 \times 10^{19}/cm^3$ 、 $5 \times 10^{18}/cm^3$ 及 $5 \times 10^{18}/cm^3$ 。

在多重發射層5上形成形成厚度約 $1.0\mu m$ 鎂摻雜之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(12)

$Ga_{0.1}In_{0.9}N$ 正型層61，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $1000^{\circ}C$ ，且氫氣或氮氣以每分鐘10公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-5} 莫耳、TMA以每分鐘 0.47×10^{-4} 莫耳之流速以及 CP_2Mg 每分鐘 2×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時20分鐘。由於產生絕緣特性使得正型層61的電阻大於等於 $10^8 \Omega \cdot cm$ 。而摻入正型層61之鎂的雜質濃度為 $1 \times 10^{20} / cm^3$ 。

在正型層61上形成厚度約 $0.2 \mu m$ 之鎂摻雜之氮化鎵第二接觸層62，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $1000^{\circ}C$ ，且氫氣或氮氣以每分鐘10公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳之流速以及 C_2PMg 每分鐘 1×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時10分鐘。由於產生絕緣特性使得第二接觸層62的電阻大於等於 $10^8 \Omega \cdot cm$ 。而摻入第二接觸層62之鎂的雜質濃度為 $1 \times 10^{20} / cm^3$ 。

在第二接觸層62上形成厚度約 500 \AA 之鎂摻雜之氮化鎵第一接觸層63，此階段控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 $1000^{\circ}C$ ，且氫氣或氮氣以每分鐘10公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳之流速以及 CP_2Mg 每分鐘 4×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時2分鐘。第一接觸層63的電阻大於等於 $10^8 \Omega \cdot cm$ ，具有絕緣特性。而摻入第一接觸層63之鎂的雜質濃度為 $1 \times 10^{20} / cm^3$ 。然後，利用反射電子束繞射設備所產生電子射線均衡地照射第一接觸層63、第二接觸層62、正型層61以及多重發射層5。而照射條件為 $10KV$ 的加速電壓、 $1 \mu A$ 的樣品電流、

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(13)

掃描電子束的速度為0.2mm、電子束子孔隙為60 μ m以及 5×10^{-5} torr真空壓。而照射的結果使得第一接觸層63、第二接觸層62、正型層61以及多重發射層5改變為正型傳導半導體。其電洞的濃度依序為 $7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 及 $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 。其電阻依序為 $0.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $0.8 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 及 $2 \Omega \cdot \text{cm}$ 。結果如圖2所示，可得到一種晶圓，是含有多重層的結構。

這晶圓含有非常大量的單元，可藉由傳統的製造過程處理，且在實際狀況以及按照工業慣例將晶圓分割成個別元件。

在20mA的驅動電流以及4V的驅動電壓的條件下，發現所得到LED100有著2000mcd的發光強度以及於發射光譜上有著480nm的尖峰波長。LED100的發光強度是傳統的LED的兩倍且其尖峰波長更接近交通號誌所要求的500nm。

實例2：

圖3A和圖3B所示均為如實例2所述之一種含有多重結構之發射層5之結構。圖3A之發射層5含有25層摻有鎂和鋅的氮化鎵銦受體雜質層521以及25層摻有鎂和鋅的氮化鎵施體雜質層522。而圖3B之發射層5含有34層摻有鎂和鋅的氮化鎵銦受體雜質層523以及34層摻有鎂和鋅的氮化鎵施體雜質層524。實例2與實例1其發射層5的相異點在組成層的厚度不同以及各層所含的物質不同。

從氧化鋁基板1至覆負型層4其製備的過程都與實例一相同。如圖3A所示，厚度約100Å以矽和鎂為雜質之GaN施

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(14)

體雜質層 522，係形成於覆負型層 4 上面的多重發射層 5 之最下面一層，此階段控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 850℃，且氫氣或氮氣以每分鐘 20 公升、氮氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1×10^{-5} 莫耳、 CP_2Mg 每分鐘 2×10^{-4} 莫耳之流速以及用氫稀釋至 0.86ppm 的矽烷每分鐘以 5×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時 2 分鐘。接著用 DEZ 來取代矽烷以每分鐘以 2×10^{-6} 莫耳且增加 TMI 以每分鐘 1×10^{-4} 莫耳，在相同的條件下，在施體雜質層 522 上形成厚度約 100Å 之鋅和鎂摻雜之 $In_{0.15}Ga_{0.85}N$ 受體雜質層 521，然後在受體雜質層 521 上再形成施體雜質層 522，如此依序互相交疊形成厚度約 $0.5 \mu m$ 多重發射層 5。施體雜質層和受體雜質層各有 25 層，故發射層總共有 50 層。而摻入多重發射層 5 之鎂、鋅及矽的雜質濃度依序為 $1 \times 10^{19} / cm^3$ 、 $1 \times 10^{19} / cm^3$ 及 $8 \times 10^{18} / cm^3$ 。

而圖 3B 是用來說明多重發射層 5 的另一種變形。圖 3B 之發射層的組成物質與圖 3A 相同，所不同的是鎂、鋅及矽摻入的位置以及其每一組成層的厚度。此時鋅和鎂是摻入 GaN 受體雜質層 524 中且厚度為 50Å，而矽和鎂是摻入 $In_{0.15}Ga_{0.85}N$ 施體雜質層 523 中且厚度為 100Å，施體雜質層 523 和受體雜質層 524 各有 34 層，故發射層總共有 68 層且厚度為 $0.51 \mu m$ 。而摻入多重發射層 5 之鎂、鋅及矽的雜質濃度依序為 $1 \times 10^{19} / cm^3$ 、 $5 \times 10^{18} / cm^3$ 及 $5 \times 10^{18} / cm^3$ 。

其他各層如被覆層 61 的製備過程都與實例 1 之 LED100 所

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(15)

描述的相同。

圖 3A 和圖 3B 中其多重發射層的結構在發光強度及尖峰波長都有令人滿意的結果。在 20mA 的驅動電流以及 4V 的驅動電壓之條件，前者有 3000mcd 的發光強度以及 500nm 的尖峰波長，而後者有 2500mcd 的發光強度以及 490nm 的尖峰波長。

實例 3：

圖 4A 和圖 4B 所示均為依實例 3 所述之一種多重發射層 5 的結構。圖 4A 的發射層 5 有 25 層鋅摻雜的 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 受體雜質層 531 及 25 層矽摻雜的 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 施體雜質層 532，其中鋅和矽的雜質濃度都為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。且圖 4B 的發射層 5 有 25 層矽摻雜的 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 受體雜質層 533 及 25 層鋅摻雜的 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 施體雜質層 534，其中矽和鋅的雜質濃度依序為 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 及 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。受體雜質層與施體雜質層依序交相堆疊，而每一層均是 100Å，以施體雜質層 532 和受體雜質層 534 為最下面一層。整個發射層的厚度為 0.5 μm 且總共有 50 層組成層。此裝置其他部份的製備流程如實例 1 所述。

分別由圖 4A 及圖 4B 的多重發射層 5 所得的 LED，在 20mA 的驅動電流以及 4V 的驅動電壓之條件，可產生從 2500 至 3000mcd 的發光強度以及 490nm 的尖峰波長。

從實例 1 至實例 3 可發現，其組成層 511、512、521、522、531、532、533 及 534 較佳的厚度都在 50Å 至 500Å 內。因為若組成層小於 50Å 的話，庫侖力便會造成影響，若大於 500Å 的話，就很難產生受體—施體配對發光。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(16)

實例 4 :

圖 5A 至圖 5C 是用來說明發射層 5 結構上的變形。如圖 5A 所示，可於施體雜質層 541 與受體雜質層 542 之間，形成一厚度約為 50 \AA 的未含雜質層 540。如圖 5B 所示，薄層之施體雜質層 544 以及受體雜質層 545 可交替且重覆地形成於一有固定組成比例之未含雜質層 543 中。如圖 5C 所示，利用調節摻雜如 δ 摻雜，薄層之施體雜質層 548 以及受體雜質層 549 可分別形成於未含雜質層 546 及另一與未含雜質層 546 組成比例不同之未含雜質層 547 中。

另者，組成層 540、543、546 及 547 可以是摻入鎂的正型半導體層。未含雜質層 540 的較佳厚度或施體雜質層 544 與受體雜質層 545 之間較佳距離是在 50 \AA 至 500 \AA 的範圍之間。因為若未含雜質層 540 小於 50 \AA 的話，庫侖力便會造成影響，若大於 500 \AA 的話，就很難產生受體—施體配對發光。

在實例 1 到實例 4 中，LED100 具有雙重異電型連接結構，包括一夾在正型層 61 與覆負型層 4 之間之多重發射層 5，而正型層 61 與覆負型層 4 的能隙都比多重發射層寬。更進一步而言，多重發射層 5 的晶格係數與正型層 61 和覆負型層 4 並不相同，因為前者係由氮化鎵銻化合物製成，而後者則係氮化鋁鎵。最好是利用 $\text{Al}_x \text{In}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 來製成該三層，且使它們的晶格係數相等於含高載體濃度之帶正電負型層 3 的晶格係數。

在實例 1 到實例 4 中，為了改善發光強度，將鋅和矽摻

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(17)

入多重發射層5的組成層中的較佳濃度的範圍分別係從 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。而最佳的範圍是在 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 。若雜質的濃度小於 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 的話，所摻入的雜質無法對發光強度產生影響，若大於 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 的話，其發射層的晶體結構會造成崩潰。

在實例1到實例4中，其接觸層是為雙重結構，其包含大量鎂摻雜之第一接觸層63與比較起來，摻入鎂量較低之第二接觸層62，或是只用一層鎂摻雜的接觸層，其摻入量高於多重發射層5，置於電極7與電極8之下，在接觸層所需要含鎂的濃度其範圍從 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ ，以調整傳導性為最大。或者，也可以不將鎂摻入發射層5中，亦即，發射層的傳導形式可隨意改變。

雖然使用氮化鎵作為接觸層61及62的材料，也可替代使用正型傳導 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 的混合物或結晶物。

在實例1到實例4中，鎂和鋅係作為受體雜質而矽係作為施體雜質。其他也可使用第II族元素如鋁、鎂、鎘及汞作為受體雜質，而第IV族元素如碳、鍺、錫及鉛其中之一或一者以上，亦可作為施體雜質。或者，一種或以上的第IV族元素可作為受體雜質而一種或以上的第VI族元素如硫、砷及碲可作為施體雜質。

熱冶法、在氮氣環境下的熱處理法及雷射照射法可用來代替電子照射法，藉以取得正型傳導。

此外，發射層5、負型層4及正型層61、62和63都可由 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 之任意組成比例來製得。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(18)

實例 5 :

圖 7 顯示 LED200，其具有多重量子井 (MQW, Multi Quantum Well) 發射，也稱作活化層 50，而圖 8 則顯示此層的詳細結構。MQW 發射層 50 是由 25 層含矽 $Al_{x_3}In_{y_3}Ga_{1-x_3-y_3}N$ 之電位井 552 以及 26 層含鎂 $Al_{x_2}In_{y_2}Ga_{1-x_2-y_2}N$ 阻隔層 551 交疊所組成，MQW 發射層 50 夾在兩被覆層之間：一為含矽 $Al_{x_4}In_{y_4}Ga_{1-x_4-y_4}N$ 之覆負型層 4 而另一為 $Al_{x_1}In_{y_1}Ga_{1-x_1-y_1}N$ 正型層 61。電位井 552 以及阻隔層 551 的厚度均為 100 Å。

上述方法可用以製備從氧化鋁基板 1 至覆負型層 4 以及三重正型層結構 6。厚度約 100 Å 之鎂摻雜之 $Al_{x_2}In_{y_2}Ga_{1-x_2-y_2}N$ 阻隔層 551，是 MQW 多重發射層 50 最下面一層，且係在控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 850°C，且氫氣或氮氣以每分鐘 20 公升、氨氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1×10^{-5} 莫耳、TMI 以每分鐘 1×10^{-4} 莫耳以及 CP_2Mg 每分鐘 2×10^{-4} 莫耳，歷時 2 分鐘之條件下，形成於覆負型層 4 上。接著用 DEZ 來取代 CP_2Mg 以每分鐘以 2×10^{-6} 莫耳且增加用氫稀釋至 0.86 ppm 的矽烷每分鐘以 5×10^{-9} 莫耳輸入反應室，改變這些條件後，在此和阻隔層 551 大略相同之條件下，形成厚度約 100 Å 之鋅和矽摻雜之電位井 552。阻隔層 551 和電位井 552，如此互相交疊形成厚度約 0.51 μm 之 MQW 發射層 50。此時，多重發射層 50 具有極高的電阻。摻入阻隔層 551 之鎂的雜質濃度為 $1 \times 10^{20} / cm^3$ ，摻入鋅及矽於電位井 552 的雜質濃度依序為 5

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

$\times 10^{18} / \text{cm}^3$ 及 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。

然後 LED200 其他部份的製備過程都與前述相同，首先從三重被覆層 6 開始，包括 $\text{Al}_x \text{In}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ 正型層 61 及鎂摻雜的氮化鎵第二接觸層 62 以及含有高載體濃度且鎂摻雜之氮化鎵第一接觸層 63。以與實例 1 相同的條件利用電子照射來照射，以改變絕緣之第一接觸層 63、第二接觸層 62、正型層 61 以及 MQW 發射層 50 變為正型傳導半導體。其所具有之電洞的濃度依序為 $7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 及 $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 。而其電阻值依序為 $0.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $0.8 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 及 $2 \Omega \cdot \text{cm}$ 。如此，可得到如圖 8 所示含有多重層結構的晶圓。這晶圓含有非常大量的單元，可藉由傳統的方式處理，將晶圓分割成個別的小裝置。

所得到具有 MQW 發射層 50 的 LED200，其發光強度為 5000 mcd 為傳統 LED 的三倍而尖峰波長為 490nm 相當接近交通號誌所要求的 500nm。

由於受體鋅與施體矽的能階之間的電子遷移較短於 MQW 發射層 50 之組成基質的電子遷移，故 LED200 的尖峰波長在發光光譜上偏移至較長的區域。此外，由於加入鎂導致許多來自阻隔層 551 的載體被拉至電位井 552 中且改善了受體能階與施體能階之間的發光強度，使得 LED200 的發光強度有著相當大的改善。

實例 6：

圖 9 顯示實例 6 中 MQW 發射層 50 其結構的變形。實例 6 與

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(20)

實例 5 所不同的是在阻隔層中是否摻入鎂，而實例 5 和實例 6 所用之電子井皆相同。亦即在實例 6 中 MQW 發射層 50 是由 25 層之矽和鋅摻雜 $Al_{x_3}In_{y_3}Ga_{1-x_3-y_3}N$ 之電位井 562 以及 26 層 $Al_{x_2}In_{y_2}Ga_{1-x_2-y_2}N$ 阻隔層 561 交疊所組成，電位井 562 以及阻隔層 561 的厚度均為 100 \AA 。阻隔層 561 其中之一係為最下層且形成於覆負型層 4 上，在電位井 562 中所摻入鋅和矽的濃度依序為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 及 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。雖然，阻隔層 561 並不具有正型傳導，但是其效果與實例 5 相同。在 20 mA 的驅動電流以及 4 V 的驅動電壓的條件下，其 LED 的發光強度為 4000 mcd 為傳統 LED 的兩倍，而其尖峰波長為 490 nm 與交通號誌所要求的 500 nm 非常接近。

在實例 5 和 6 中，為了改善發光強度，將鋅和矽摻入電位井 552 的組成層中的較佳濃度的範圍依序從 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。而最佳的特定範圍是在 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 。若雜質的濃度小於 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 的話，所摻入的雜質無法對發光強度產生影響，若大於 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 的話，其發射層的晶體結構會崩潰。在實例 5 和 6 中，有幾個異電型連接結構形成於覆負型層 4、阻隔層、電位井以及覆正型層 61 之間。層 4、5 及 6 的鋁、銦和鎵的組成比例均控制使得層 4、5 及 6 的晶格係數依序相等於帶正電負型層 3、層 4 及層 5。

在實例 5 和 6 中，鋅係作為受體雜質而矽係作為施體雜質。或者，也可使用一種或以上之第 II 族元素如銻、鎂、

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

鎵及汞作為受體雜質，而使用一種或以上之第IV族元素如碳、鍺、錫及鉛作為施體雜質。或者，用一種或以上的第IV族元素來當作受體雜質而用一種或以上的第VI族元素如硫、砷及碲來當作施體雜質。

熱冶法、在氮氣環境下的熱處理法及雷射照射法可用來代替電子照射法，藉以取得正型傳導。

此外，在實例5和6中，為了要產生量子效應，其阻隔層551和561以及電位井552和553兩者的較佳厚度範圍係從50Å至200Å。除了鎂以外可以使用任何受體雜質來代替而摻入阻隔層551和561。受體雜質和施體雜質都可摻入至每一阻隔層和電位井中。阻隔層和電位井之組，其組數為一組或更多。

實例 7 :

圖11顯示根據實例7之LED300具體例。氮化鋁緩衝層2以500Å的厚度置於三氧化二鋁基板1上。接著在氮化鋁緩衝層2上依續放置帶正電負型層3和覆負型層4：帶正電負型層3是將砷摻入氮化鎵中，其厚度約為2.0μm且含有 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 的高載體電子濃度；覆負型層4將砷摻入 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 中，其厚度為1.0μm且含有 $8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 的電子濃度。在覆負型層4上為厚度為0.11μm之MQW發射層50。在MQW發射層50上為正型層61，正型層61是將鎂摻入 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 中，其厚度為1.0μm且是含有 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 電洞濃度和 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 金屬鎂濃度；在正型層61上為正型層62，正型層62是將鎂摻入氮化鎵中，其厚度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(22)

為 $0.2 \mu\text{m}$ 且是含有 $7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 電洞濃度和 $2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 金屬鎂濃度，其係作為正型層 61 的接觸層。鎳電極 7 與接觸層 62 連接，而鎳電極 8 與正電負型層 3 之外露部份相連接。

如圖 12 所示，MQW 發射層 50 包含有 5 層 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 電位井 572 和 6 層 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 阻隔層 571。兩者的厚度均為 100 \AA ，電位井 572 和阻隔層 571 依序相互交疊形成厚度為 $0.11 \mu\text{m}$ 之 MQW 發射層 50，其中摻入至電位井 572 的鋁及矽的濃度均為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ，而阻隔層 571 之一係為最下層而於覆負型層 4 上。

從氧化鋁基板 1 至帶正電負型層 3 其製備的過程都與實例一相同。在帶正電負型層 3 上形成覆負型層 4，是以矽摻入 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 所形成，其厚度約 $1.0 \mu\text{m}$ 且含有 $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 電子濃度，其控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 1100°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘 10 公升、氨氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳、TMA 以每分鐘 0.47×10^{-4} 莫耳以及用氫稀釋至 0.86 ppm 的矽烷每分鐘以 10×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時 60 分鐘。

在覆負型層 4 上，形成厚度約 100 \AA 不含雜質之 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 阻隔層 571，其控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 1100°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘 20 公升、氨氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1×10^{-5} 莫耳、TMA 以每分鐘 0.39×10^{-4} 莫耳、輸入反應室，歷時 3 分鐘。接著在阻隔層 571 上，形成厚度約 200 \AA 之鋅和矽摻雜之 $\text{Al}_{0.2}$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(23)

Ga_{0.9}N電位井572，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在1100℃，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1×10^{-5} 莫耳、TMA以每分鐘 0.31×10^{-4} 莫耳、用氫稀釋至0.86ppm的矽烷每分鐘以 10×10^{-9} 莫耳以及DEZ每分鐘 2×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時3分鐘。而摻入電位井572之鋅及矽的雜質濃度依序為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 及 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。然後在電位井572上再形成阻隔層571，以此依序互相交疊形成厚度約 $0.11 \mu\text{m}$ MQW發射層50。

在MQW發射層50上，形成形成厚度約 $1.0 \mu\text{m}$ 之鎂摻雜之Al_{0.3}Ga_{0.7}N正型層61，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在1100℃，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳、TMA以每分鐘 0.47×10^{-4} 莫耳以及CP₂Mg每分鐘 2×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時60分鐘。正型層61的電阻大於等於 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ，因此具有絕緣特性。而摻入正型層61之鎂的雜質濃度為 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。

在正型層61上，形成形成厚度約 $0.2 \mu\text{m}$ 之鎂摻雜之氮化鎵接觸層62，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在1100℃，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳以及CP₂Mg每分鐘 4×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時4分鐘。第二接觸層62的電阻大於或等於 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ，因此具有絕緣特性。而摻入第二接觸層62之鎂的雜質濃度為 $2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(24)

然後，利用 450°C 熱處理持續 45 分鐘，來改變絕緣之接觸層 62 及正型層 61 成為正型傳導半導體。而照射的結果其電洞的濃度依序為 $7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 。其電阻依序為 $2 \Omega \cdot \text{cm}$ 及 $0.8 \Omega \cdot \text{cm}$ 。結果如圖 12 所示，可得到一種有多重層的結構的晶圓。

圖 13 至圖 15 是說明在晶圓上各個裝置的形成之斷面圖。在實際狀況以及按照工業慣例，這晶圓含有非常大量的單元，可藉由以下過程處理，且將晶圓分割成個別的小裝置。

在接觸層 62 上，利用濺射方式形成厚度 2000 Å 的二氧化矽層 11。接著，在二氧化矽層 11 上覆蓋上光阻劑層 12，但如圖 13 所示，在光阻劑層 12 上選擇一部份稱作 A' 且藉光版技術 (Photolithography) 將此部份去除掉。氮化矽層 11 上未被光阻層 12 遮蓋的部份就被蝕刻溶劑如氫氟酸將之蝕刻。

接下來各層之外露的部份，從接觸層 62 往下至高載體濃度之帶正電負型層 3，都藉由乾蝕刻去除，或是在 0.04 torr 的真空下藉由提供以 0.44 W/cm^2 密度之高頻率電力以及 10 ml/min 的三氯化硼氣體。然後，以含氫的乾蝕刻劑來處理。最後，如圖 15 所示，形成一作為高載體濃度帶正電負型層 3 之 A' 部份的電極。

而留在氮化鎵正型層 62 上之二氧化矽層 11，可利用氫氟酸去除。藉由氣相沈積將鎳疊在整個裝置的表面上，以及將光阻劑也積於其上，該光阻劑接著利用光版技術，選擇性地加以蝕刻，並留下分別供連接高載體濃度之正電負型層 3 與正型層 62 之組型。由於光阻劑當作光罩幕，然後用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(25)

蝕刻劑如硝酸將露出光阻劑之鎳層部份蝕刻掉。接著，利用光阻劑去除劑如丙酮將光阻劑去除掉。結果鎳電極 8 可於高載體濃度帶正電負型層 3 上形成，而鎳電極 7 則形成於正型層 62 上。

經上述之方法處理後之晶圓分割成晶片或元件，包括一如圖 11 所示之氮化鎵化合物 LED300。

而如此所得到之 LED300，在 20mA 的驅動電流下，其發光強度為 2mW，其尖峰波長在發光光譜上為 380nm，且其發光效率為 3%，是為傳統 LED 的 10 倍。

實例 8：

圖 16 顯示如實例 8 中之 MQW 發射層 50。實例 8 與實例 7 之不同處是否同時均將鋅和矽摻雜於每一電位井中。而實例 7 將鋅和矽均都摻入其五層電位井 572 之中，而實例 8 只有選擇性地將鋅和矽之一全摻入。亦即，在實例 8 中，二層含鋅的電位井 582 及三層含矽的電位井 583，其每一層係交替地形成於六層未含雜質的阻隔層 581 之兩層之間，而形成厚度為 $0.11\mu\text{m}$ 的 MQW 發射層 50，六層阻隔層 581 其中之一乃是最下層而位於覆負型層 4 上。其餘之條件和各層都與實例 7 中製造 LED300 者相同。

從這具體例中 MQW 發射層 50 的結構獲得由受體能階與施體能階間所發射出來的光，且能改善紫外線發光效率。

所得之具有本具體例中之 MQW 發射層 50 的結構之 LED，在 20mA 的驅動電流下，其發光強度為 5mW，其尖峰波長在發光光譜上為 380nm，且其發光效率為 7%，是為傳統 LED 的 25

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(26)

倍。

實例 9：

圖 16 所示此具體中之 MQW 發射層 50 具有六層，矽摻雜之阻隔層 591 及五層鋅摻雜之電位井 592，六層阻隔層 591 其中之一乃為最下一層而位於覆負型 4 上。阻隔層 591 和電位井 592 之厚度以及其他條件都與實例 7 中製造 LED 300 相同。該結構亦獲得由受體能階與施體能階間所發射出來的光，且能改善紫外線發光效率。或可以矽摻入於阻隔層 591 及鋅摻入於電位井 592。所得之具有本實例中之 MQW 發射層 50 的結構之 LED，在 20mA 的驅動電流下，其發光強度為 5mW，其尖峰波長在發光光譜上為 370nm，且其發光效率為 7%，是為傳統 LED 的 25 倍。

實例 10：

本實例包含三個不同的 MQW 發射層 50，其係將鎂摻入自實例 7 至 9 之阻隔層 571、581 及 591 之每一層所獲致，並經過熱處理後成為正型傳導。

所得到之具有本具體例中之個別的 MQW 發射層 50 之 LED，在 20mA 的驅動電流下，其發光強度為 10mW，其尖峰波長在發光光譜上為 380nm，且其發光效率為 15%，是為傳統 LED 的 50 倍。

實例 11：

圖 18 顯示根據實例 11 之 LED400 的具體例。氮化鋁緩衝層 2 以 500Å 的厚度置於三氧化二鋁基板 1 上。接著在氮化鋁緩衝層 2 上依序放置二負型層；帶正電負型層 3 是將矽

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(27)

摻入氮化鎵中，其厚度約為 $5.0 \mu\text{m}$ 且含有 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 的高載體電子濃度；以及覆負型層 4 係將矽摻入氮化鎵中，其厚度為 $5.0 \mu\text{m}$ 且含有 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 的電子濃度。在覆負型層 4 上為厚度為 $0.41 \mu\text{m}$ 之 MQW 發射層 50。在 MQW 發射層 50 上為正型層 61，其係將鎂摻入 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 中，其厚度為 $0.5 \mu\text{m}$ 且是含有 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 電洞濃度和 $5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 金屬鎂濃度；在正型層 61 上為正型層 62，正型層 62 是將鎂摻入氮化鎵中，其厚度為 $1 \mu\text{m}$ 且是含有 $7 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 電洞濃度和 $5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 金屬鎂濃度，其係作為正型層 61 的接觸層。鎳電極 7 與接觸層 62 連接，而鎳電極 8 與正電負型層 3 的外露部份相連接。

如圖 19 所示，MQW 發射層 50 係由 21 層阻隔層 5111 和 20 層含矽之 $\text{In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 電位井 5112 所組成。21 層阻隔層其中之一乃最下一層並形成於覆負型層 4 上。兩者的厚度均為 100 \AA ，而且依序相互交疊形成厚度為 $0.41 \mu\text{m}$ 之 MQW 發射層 50，其中摻入至電位井 5112 的矽的濃度為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。

從氧化鋁基板 1 至緩衝層 2 其製備的過程都與實例 1 相同。接著在緩衝層 2 上形成厚度約 $5 \mu\text{m}$ 且含有 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 高載體電子濃度的帶正電負型層 3，其控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 1150°C ，且氫氣以每分鐘 20 公升、氮氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1.7×10^{-4} 莫耳以及用氫稀釋至 0.86 ppm 的矽烷每分鐘以 200 ml 輸入反應室，歷時 70 分鐘。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(28)

在帶正電負型層3上形成負型層4，是以矽摻入氮化鎵所形成，其厚度約 $0.5\mu\text{m}$ 且含有 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 電子濃度的，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 1100°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘10公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳以及用氫稀釋至 0.86ppm 的矽烷每分鐘以 10×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時30分鐘。

在覆負型層4上，形成厚度約 100\AA 不含雜質之氮化鎵阻隔層5111，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 850°C ，且氫氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升以及TMG以每分鐘 1.7×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時3分鐘。接著在阻隔層5111上，形成厚度約 100\AA 之矽摻雜之 $\text{In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 電位井5112，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 850°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 2.1×10^{-4} 莫耳、TMI以每分鐘 0.02×10^{-4} 莫耳、以及用氫稀釋至 0.86ppm 的矽烷每分鐘以 3×10^{-9} 莫耳輸入反應室，歷時3分鐘。電位井5112和阻隔層5111，依序互相交疊而形成厚度約 $0.41\mu\text{m}$ 之MQW發射層50。

在MQW發射層50上，形成厚度約 $0.5\mu\text{m}$ 之鎂摻雜之 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 正型層61，其控制條件為氧化鋁基板1的溫度保持在 1100°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘20公升、氨氣以每分鐘10公升、TMG以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳、TMA以每分鐘 0.47×10^{-4} 莫耳以及 CP_2Mg 每分鐘 2×10^{-4} 莫耳輸入反應室，歷時30分鐘。正型層61的電阻大於等於 10^8

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (29)

$\Omega \cdot \text{cm}$ ，顯示具有絕緣之特性。而摻入正型層 61 之鎂的雜質濃度為 $5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 。

在正型層 61 上，形成厚度約 $1.0 \mu\text{m}$ 之鎂摻雜之氮化鎵接觸層 62，其控制條件為氧化鋁基板 1 的溫度保持在 1100°C ，且氫氣或氮氣以每分鐘 20 公升、氨氣以每分鐘 10 公升、TMG 以每分鐘 1.12×10^{-4} 莫耳以及 CP_2Mg 每分鐘 4×10^{-3} 莫耳輸入反應室，歷時 4 分鐘。接觸層 62 的電阻大於等於 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ，顯示具有絕緣之特性。而摻入接觸層 62 之鎂的雜質濃度為 $5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 。然後，熱處理及其餘形成電極之過程都與實例 7 所述者的過程相同。

由於，摻入至電位井 5112 之施體雜質與受體雜質的活化能很小，因此發射中心增加而改善發光效率。

所得到之 LED400，在 20mA 的驅動電流下，其發光強度為 2mW，其尖峰波長在發光光譜上為 380nm，且其發光效率為 3%，是為傳統 LED 的 10 倍。

在實例 11 中，於電位井中摻矽較佳的濃度範圍為 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 至 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。若矽的度小於 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 的話，其發光效率會低。若大於 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 的話，電位井的晶體結構會變得脆弱。

電位井 5112 雖然是由 $\text{In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 之三種元素的化合物所製成，但也可以用含有四種元素的化合物如 $\text{Al}_{0.03}\text{Ga}_{0.89}\text{In}_{0.08}\text{N}$ 來代替。而氮化鎵在實例 11 中係作為阻隔層 5111，也可以用其他的半導體如 $\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{y_2}\text{In}_{1-x_2-y_2}\text{N}$ 來代替，但其能隙的寬度必須比電位井 5112 的寬。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(30)

其阻隔層和電位井的組數可從1至20。最好選擇阻隔層5111和電位井5112的組成比例以調整它們的晶格係數。

從實例7至11的MQW發射層50都夾在正型層61和負型層4之間而形成雙重異電性連接結構，其兩者的能隙都比MQW發射層50中之阻隔層還要大，或者也可以用單一之雙重異電性連接結構來代替，而電位井和阻隔層之對數為1或更多合。而電位井和阻隔層均可摻入受體雜質和施體雜質。

此外，在實例7至11中係利用熱冶法來獲致正型傳導，也可使用電子發射法來代替，而達到相同之結果。

在實例7至11，鋅是作為受體雜質而矽是作為施體雜質。也可使用一種或以上第II族元素如鋁、鎂、鎳及汞作為受體雜質，而使用一種或以上第IV族元素如碳、鍺、錫及鉛作為施體雜質。或者，也可以用一種或以上的第IV族元素來當作受體雜質而用一種或以上的第VI族元素如硫、砷及碲來當作施體雜質。

雖然，實例7至11是用來說明LED的具體實例，但是同樣的可應用在雷射二極體上。雖然本發明係以目前認為最具實效和利用性之較佳的具體實例來說明，然而，應可理解地，本發明並非僅限於所揭示之具體實例而已，相反地，包括在本案所申請專利之精義與範圍中的各種改良和修正以及等效之裝置均係為本發明所涵蓋。

[元件編號之說明]

1 基板

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(31)

- | | |
|-----|---------|
| 2 | 氮化鋁緩衝層 |
| 3 | 帶正電負型層 |
| 4 | 覆負型層 |
| 5 | 發射層 |
| 6 | 正型層 |
| 7 | 鎳電極 |
| 8 | 鎳電極 |
| 9 | 刻槽 |
| 10 | LED |
| 11 | 二氧化矽層 |
| 12 | 光阻層 |
| 20 | 半導體裝置 |
| 44 | 電位井 |
| 44' | 阻隔層 |
| 50 | 活化層；發射層 |
| 61 | 正型層；接觸層 |
| 62 | 正型層；接觸層 |
| 63 | 正型層；接觸層 |
| 100 | LED |
| 200 | LED |
| 300 | LED |
| 400 | LED |
| 511 | 受體雜質層 |
| 512 | 施體雜質層 |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(32)

- | | |
|-----|-------|
| 521 | 受體雜質層 |
| 522 | 施體雜質層 |
| 523 | 受體雜質層 |
| 524 | 施體雜質層 |
| 531 | 受體雜質層 |
| 532 | 施體雜質層 |
| 533 | 受體雜質層 |
| 534 | 施體雜質層 |
| 540 | 未含雜質層 |
| 541 | 施體雜質層 |
| 542 | 受體雜質層 |
| 543 | 未含雜質層 |
| 544 | 施體雜質層 |
| 545 | 受體雜質層 |
| 546 | 未含雜質層 |
| 547 | 未含雜質層 |
| 548 | 施體雜質層 |
| 549 | 受體雜質層 |
| 551 | 阻隔層 |
| 552 | 電位井 |
| 561 | 阻隔層 |
| 562 | 電位井 |
| 571 | 阻隔層 |
| 572 | 電位井 |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(33)

- 581 阻隔層
- 582 電位井
- 583 電位井
- 591 阻隔層
- 592 電位井
- 5111 阻隔層
- 5112 電位井

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱： 利用第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置)

一種多重發射層(5)可使用在光源設備上，是由含有受體雜質和施體雜質之多重層結構所組成。該多重層結構包括一量子井(QW)結構或多重量子井(MQW)結構(50)。藉該結構，由於加寬施體原子與受體原子之間的距離，得以控制其光源的尖峰波長。在配置上尚可以有若干變化，比如：改變多重層結構中其組成層的厚度、改變其組成比例、在含雜質層中形成未含雜質層等。此外，由於受體雜質和施體雜質的摻入，得到一施一受體發射機制及豐富的載體，進而改善紫外光的發光強度。而藉由若干配置上變化，比如：調整組成層的物種、調整組成層的比例、調整組成層的晶格係數等，可以進一步加強光源的發光強度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

四、英文發明摘要 (發明之名稱: LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR DEVICE
USING GROUP III NITRIDE COMPOUND)

An emission layer (5) for a light source device is formed to have a multi-layer structure, doped with an acceptor and a donor impurity. The multi-layer structure may include a quantum well (QW) structure or a multi quantum well (MQW) structure (50). With such a structure, a peak wavelength of the light source can be controlled, because the distances between atoms of the acceptor and the donor impurities are widened. Several arrangements can be made by, e.g., altering the thickness of each composite layer of the multi-layer structure, altering their composition ratio, forming undoped layer 5 between the impurity doped layers, and so forth. Further, luminous intensity of ultra violet color can be improved, because doping the donor impurity and the acceptor impurity realizes a donor-acceptor emission mechanism and abundant carriers. Several arrangements can be made by, e.g., optimizing the materials of the composite layers, optimizing their composition ratios, optimizing their lattice constants, and so forth to further enhance the luminous intensity of the light source.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其包含：
一發射層，其係由氮化鋁鎵銻所形成，化學式為 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq y \leq 1$ ，該發射層摻雜有受體雜質和施體雜質，並包含一多層結構，該多層結構具有摻雜該受體雜質之層及摻雜該施體雜質之層，該摻雜受體雜質層與該摻雜施體雜質層相互交疊形成。
2. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該發射層夾在鄰近兩層中，而形成一種雙重異電性連接結構。
3. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中有一未含雜質層形成於該摻雜受體雜質之層及該摻雜施體雜質之層兩者之間。
4. 如申請專利範圍第3項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該未含雜質層其厚度在 50 \AA 至 500 \AA 之間。
5. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該受體雜質及該施體雜質可藉調節摻雜或 δ 摻雜中之一者，而分佈至該發射層之中。
6. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該摻雜受體雜質層及該摻雜施體雜質層之厚度在 50 \AA 至 500 \AA 之間。
7. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該發射層中摻雜鎂濃度之範圍為 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 至 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 且產生正型傳導。
8. 如申請專利範圍第1項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

裝置，其中該受體雜質可選用該族之鎘 (Cd)、鋅 (Zn)、鍍 (Be) 及鈣 (Ca) 來作為組成元素。

9. 如申請專利範圍第 1 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該施體雜質可選用該族之矽 (Si)、鍺 (Ge)、碲 (Te)、硫 (S) 來作為組成元素。

10. 如申請專利範圍第 1 項之第 III 族氮化物發光半導體裝置，其中該摻雜施體雜質層是由氮化鋁鎵銻所組成，其化學式為 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq y \leq 1$ ；而其中該含受體雜質層是由氮化鋁鎵銻所組成，而該化學式有不同的組成比例。

11. 一種第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其包含：

一發射層，其係由氮化鋁鎵銻所形成，化學式為 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq y \leq 1$ ，該發射層摻雜有受體雜質和施體雜質，且具有量子井結構，該結構至少含有一電位井層。

12. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層摻雜有受體雜質和施體雜質兩者。

13. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該發射層之該電位井層和一阻隔層均摻雜有受體雜質和施體雜質兩者。

14. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該發射層為一種活化層，該活化層含有摻雜矽和鋅之氮化銻鋁鎵化合物。

15. 如申請專利範圍第 12 項之第 III 族氮化物之發光半導

六、申請專利範圍

體裝置，其中該量子井(QW)結構包含一阻隔層，該阻隔層含有氮化銦鋁鎵化合物，其組成比例與該電位井層不同。

16.如申請專利範圍第15項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該組成比例係為了該電位井層的晶格係數與該阻隔層能相互配合而設計。

17.如申請專利範圍第11項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該量子井(QW)結構包含夾在阻隔層之間之電位井層，該阻隔層摻雜有受體雜質。

18.如申請專利範圍第11項申請之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層的厚度在50Å至200Å之間。

19.如申請專利範圍第15項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該阻隔層的厚度在50Å至200Å之間。

20.如申請專利範圍第11項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該發光層含有量子井結構，其結構是由 $Al_{1-x_2}Ga_{x_2}N$ 阻隔層以及 $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ 電位井層交疊所形成，其中 $0 \leq x_1 \leq 1$ ， $0 \leq x_2 \leq 1$ 和 $x_1 < x_2$ 。

21.如申請專利範圍第20項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層均摻雜有受體雜質和施體雜質兩者。

22.如申請專利範圍第20項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層和該阻隔層均可摻雜有受體雜質和施體雜質兩者。

23.如申請專利範圍第20項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該量子井(QW)結構包含多重量子井(MQW)，

六、申請專利範圍

該多重量子井具有複數個該電位井層，各該電位井不是摻雜有受體雜質就是摻雜有施體雜質。

24. 如申請專利範圍第20項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層摻雜有受體雜質，而該阻隔層摻雜有施體雜質。

25. 如申請專利範圍第24項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層摻雜有施體雜質，而該阻隔層摻雜有受體雜質。

26. 如申請專利範圍第24項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該受體雜質為鋅(Zn)，該施體雜質為矽(Si)。

27. 如申請專利範圍第20項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該發射層夾於一正型層和一負型層之間，該正型層是由帶有正型傳導之受體摻雜的 $Al_{x_3}Ga_{1-x_3}N$ 所組成，其中 $x_1 \leq x_3$ ，而該負型層含有帶負電傳導之含施體的 $Al_{x_4}Ga_{1-x_4}N$ ，其中 $x_1 \leq x_4$ 。

28. 如申請專利範圍第27項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中摻雜入該正型層之該受體雜質為鎂(Mg)，而摻雜入該負型層之該施體雜質為矽(Si)。

29. 如申請專利範圍第11項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該量子井結構含有一 $Al_{x_1}Ga_{y_1}In_{1-x_1-y_1}N$ 之電位井以及一 $Al_{x_2}Ga_{y_2}In_{1-x_2-y_2}N$ 之阻隔層；該阻隔層的能隙要比該電位井的能隙還要寬，該電位井不是摻雜有一種受體雜質就是一種施體雜質。

30. 如申請專利範圍第11項之第Ⅲ族氮化物之發光半導

六、申請專利範圍

體裝置，其中該量子井結構含有一 $\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{y_1}\text{In}_{1-x_1-y_1}\text{N}$ 之電位井以及一 $\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{y_2}\text{In}_{1-x_2-y_2}\text{N}$ 之阻隔層；該阻隔層的能隙要比該電位井的能隙還要寬，該阻隔層不是摻雜有一受體雜質就是一施體雜質。

31. 如申請專利範圍第 29 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該阻隔層是由氮化鎵 (GaN) 所組成。

32. 如申請專利範圍第 29 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該施體雜質可選用矽 (Si)、鍺 (Ge)、碲 (Te) 及硫 (S) 其中之一來作為組成元素；該受體雜質可選用鎘 (Cd)、鋅 (Zn)、銍 (Be) 及鈣 (Ca) 其中之一來作為組成元素。

33. 如申請專利範圍第 29 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井所摻雜之雜質濃度之範圍為 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 至 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。

34. 如申請專利範圍第 29 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井的晶格係數與該阻隔層能相互配合。

35. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井和該阻隔層均可摻雜有受體雜質和施體雜質兩者。

36. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該量子井 (QW) 結構包含一多重量子井 (MQW)，該多重量子井具有複數個該電位井層，各該電位井層不是摻雜有受體雜質就是摻雜有施體雜質。

37. 如申請專利範圍第 11 項之第 III 族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層摻雜有受體雜質，而該阻隔層摻

六、申請專利範圍

雜有施體雜質。

38. 如申請專利範圍第12項之第Ⅲ族氮化物之發光半導體裝置，其中該電位井層摻雜有施體雜質，而該阻隔層摻雜有受體雜質。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

圖 1

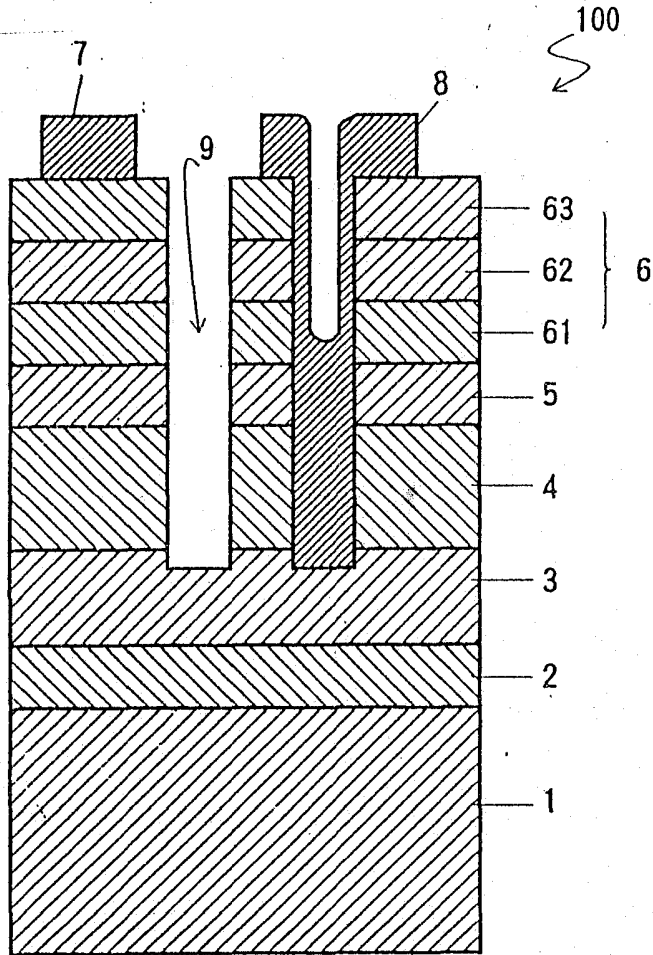


圖 2

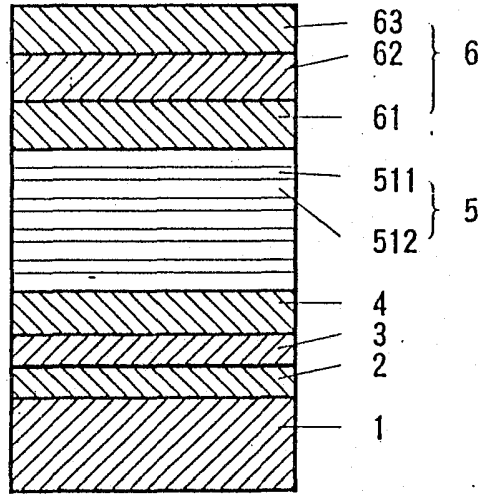


圖 3 A

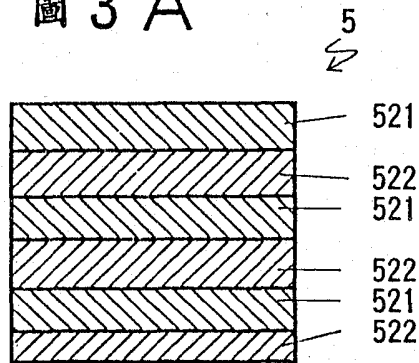


圖 3 B

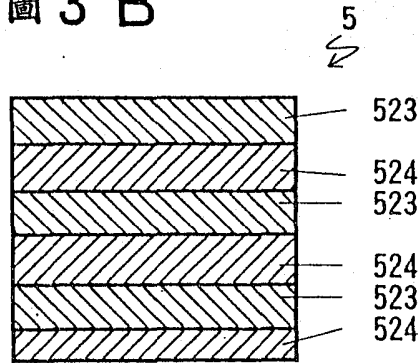


圖 4 A

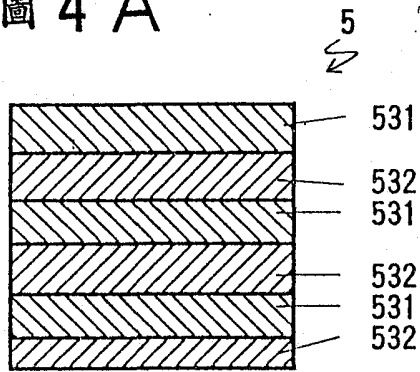


圖 4 B

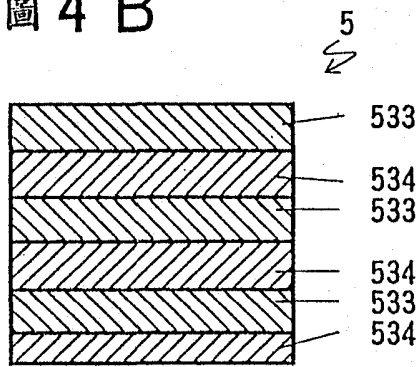


圖 5 A

5
↙ ↘

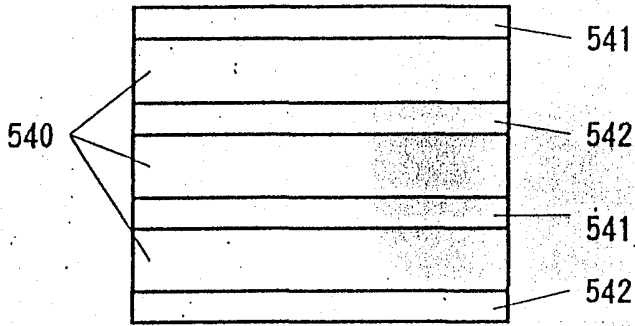


圖 5 B

5
↙ ↘

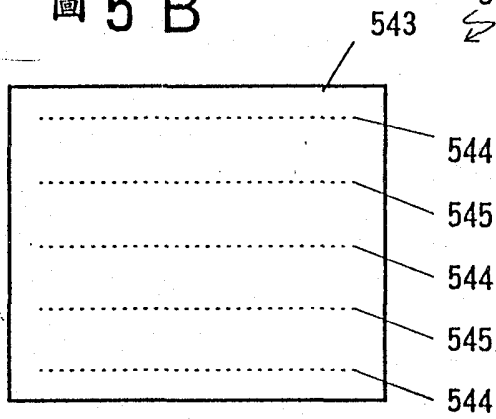


圖 5 C

5
↙ ↘

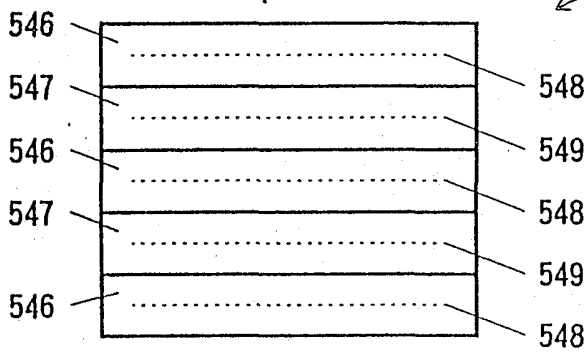


圖6

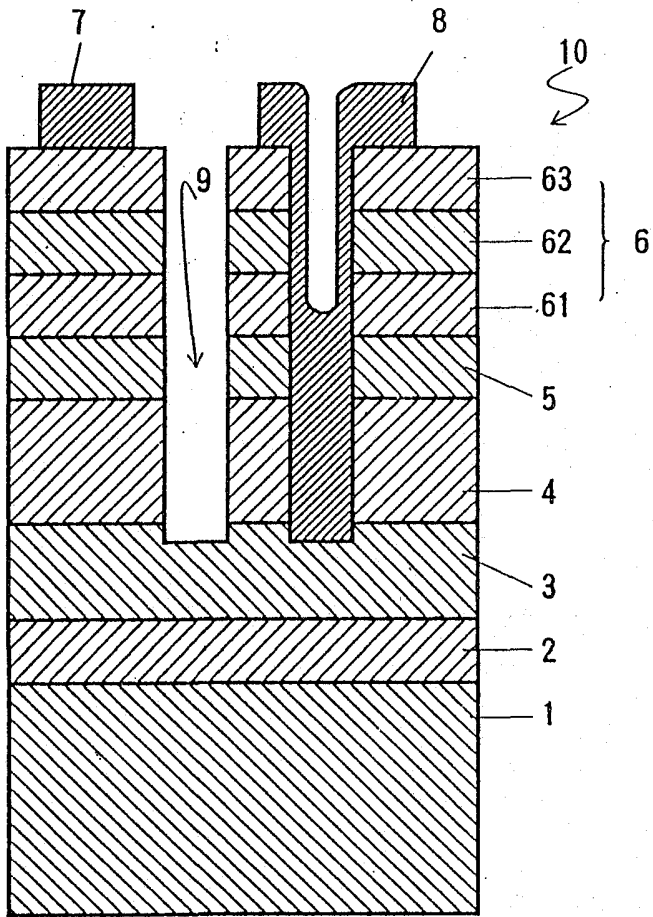


圖 7

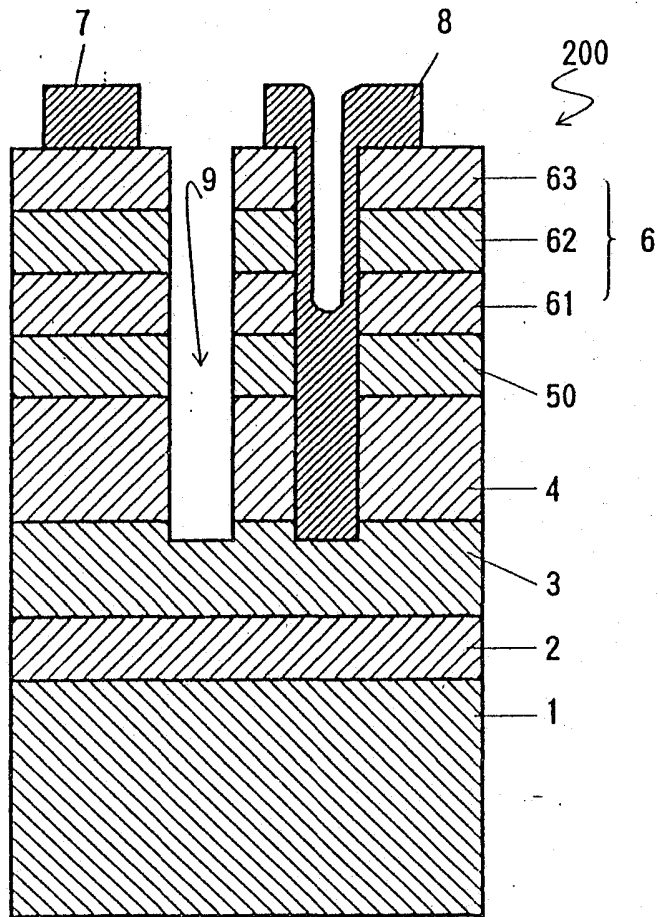


圖 8

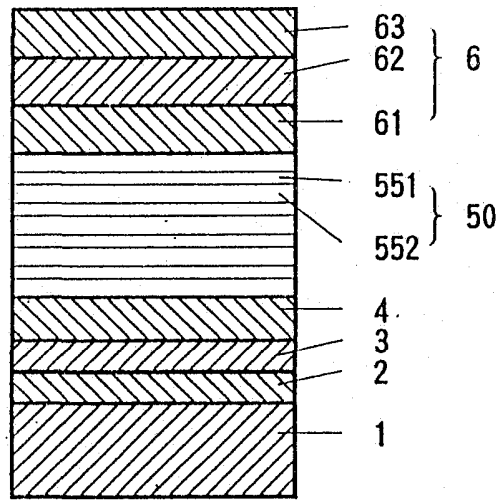


圖 9

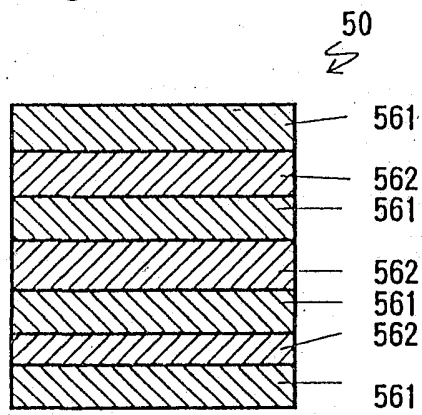


圖 10

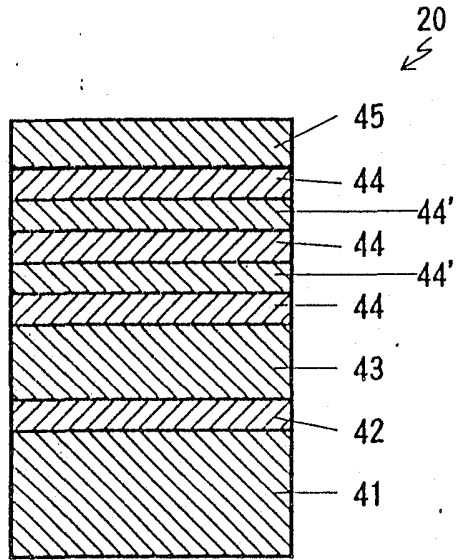
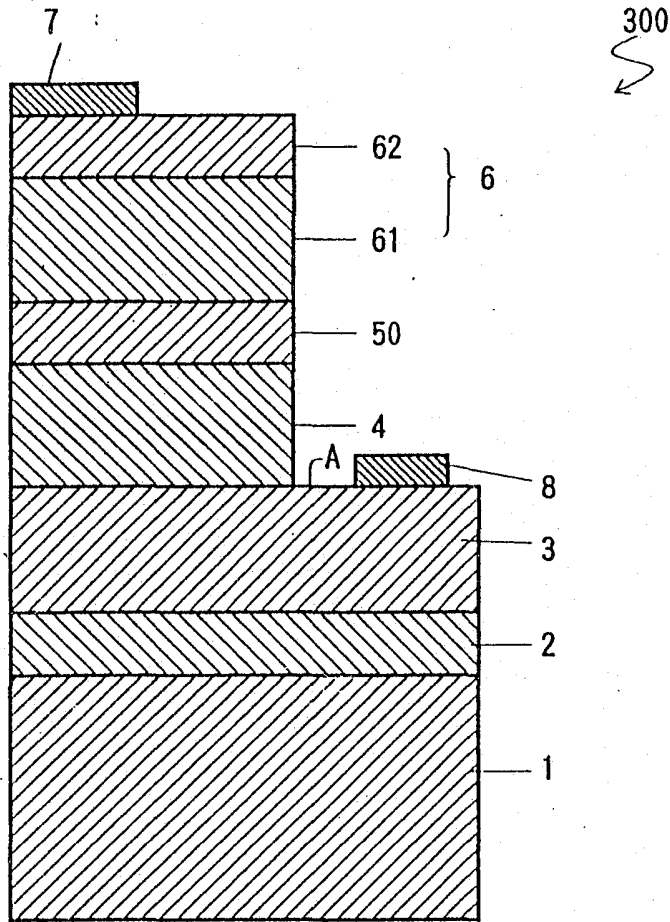


圖 1 1



385553

圖 1 2

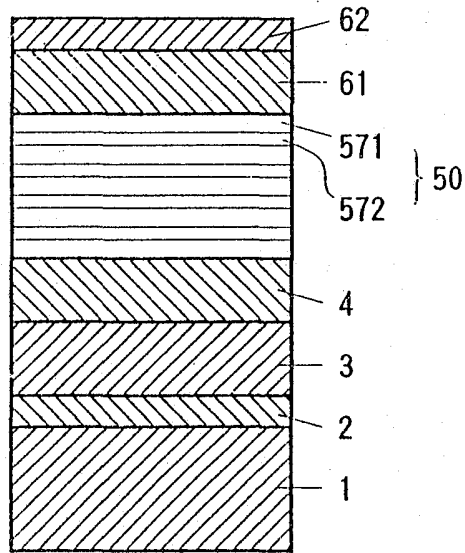
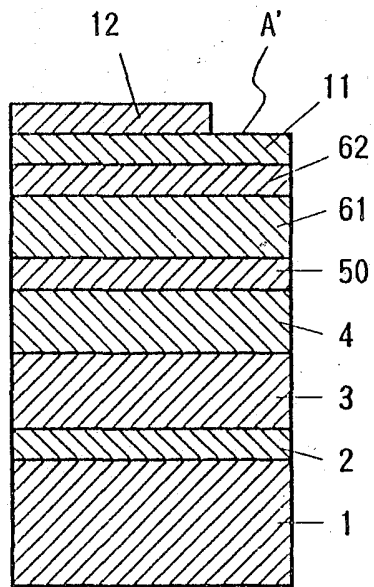


圖 1 3



385555

圖 1 4

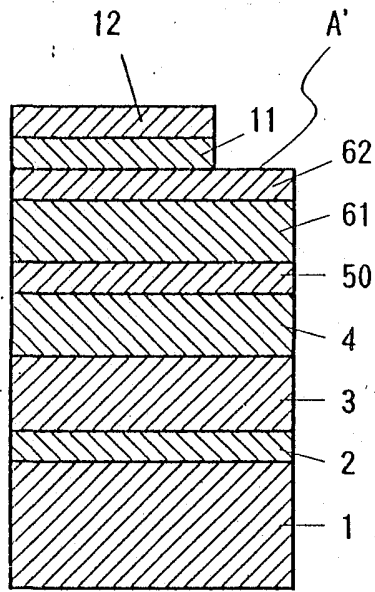
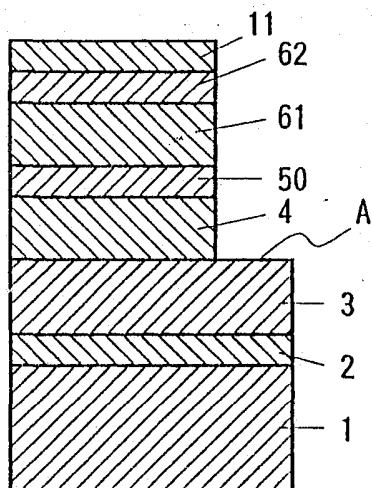


圖 1 5



385555

圖 1 6

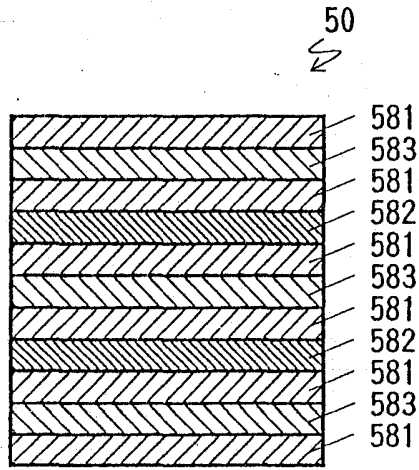
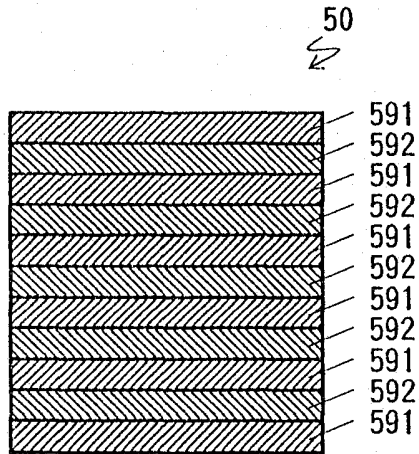


圖 1 7



385555

圖 1 8

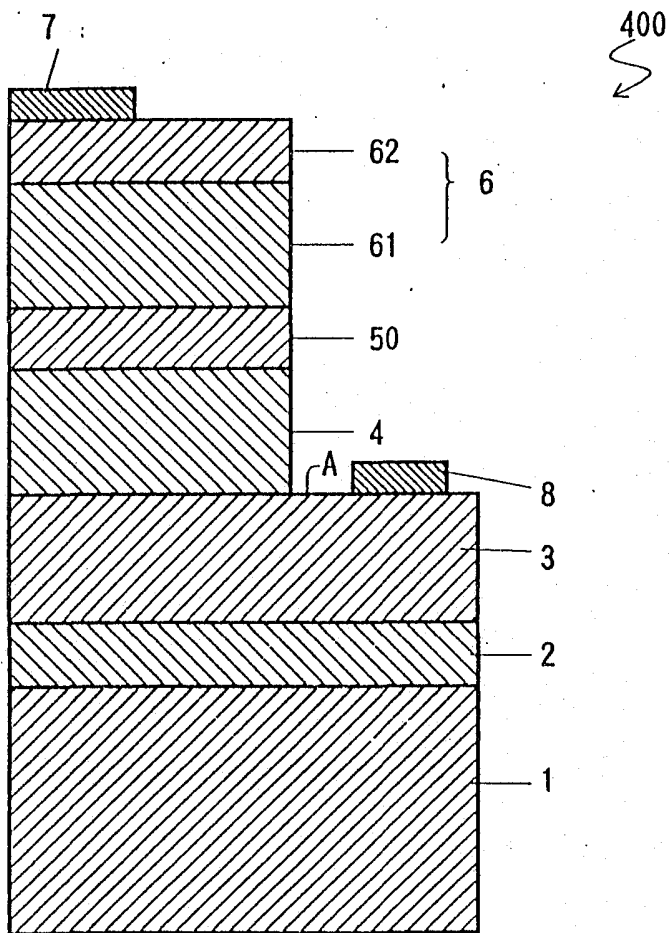


圖 1 9

