



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I478385 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：101123124

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 28 日

(51)Int. Cl. : H01L33/06 (2010.01)

H01L33/12 (2010.01)

H01L33/22 (2010.01)

B82Y20/00 (2011.01)

(30)優先權：2012/06/07 中國大陸

201210185697.5

(71)申請人：鴻海精密工業股份有限公司 (中華民國) HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. (TW)

新北市土城區自由街 2 號

(72)發明人：朱鈞 ZHU, JUN (CN)；張淙酥 ZHANG, HAO-SU (CN)；李群慶 LI, QUN-QING (CN)；金國藩 JIN, GUO-FAN (CN)；范守善 FAN, SHOU-SHAN (CN)

(56)參考文獻：

TW 200302613

CN 101405368A

CN 101764186A

CN 102222748A

US 6297907B1

US 2010/0019269A1

審查人員：吳爾軒

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：16 共 73 頁

(54)名稱

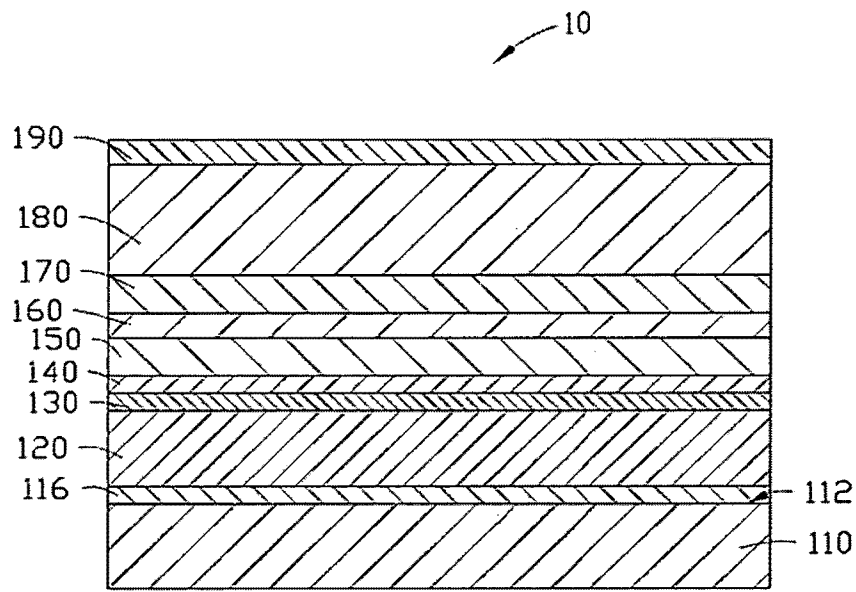
半導體結構

SEMICONDUCTOR STRUCTURE

(57)摘要

本發明涉及一種半導體結構，其包括：一有源層，包括依次層疊設置的一第一半導體層、一活性層及一第二半導體層；一金屬電漿產生層設置於所述有源層的一側；一第一光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層遠離有源層的一側，所述第一光學對稱層的折射率與有源層的折射率之差小於等於 0.3。

The invention relates to a semiconductor structure. The semiconductor structure includes an source layer, a metal plasma generation layer and a first optical symmetry layer. The source layer includes a first semiconductor layer, an active layer and a second semiconductor layer. The metal plasma generation layer is located on one side of the source layer. The first optical symmetry layer is located on one side of the metal plasma generation layer away from the source layer. A difference value between the refractive index of the first optical symmetry layer and the effective refractive index of the source layer is less than or equal to 0.3.



- 10 . . . 半導體結構
- 110 . . . 基底
- 112 . . . 外延生長面
- 116 . . . 緩衝層
- 120 . . . 第一半導體層
- 130 . . . 活性層
- 140 . . . 第二半導體層
- 150 . . . 第三光學對稱層
- 160 . . . 金屬電漿產生層
- 170 . . . 第四光學對稱層
- 180 . . . 第一光學對稱層
- 190 . . . 第二光學對稱層

圖 1



申請日: 101.06.28

IPC分類: H01L 33/06 (2010.01)
H01L 33/12 (2010.01)
H01L 33/22 (2010.01)
B82Y 20/00 (2011.01)**公告本****【發明摘要】****【中文發明名稱】** 半導體結構**【英文發明名稱】** SEMICONDUCTOR STRUCTURE**【中文】**

本發明涉及一種半導體結構，其包括：一有源層，包括依次層疊設置的第一半導體層、一活性層及一第二半導體層；一金屬電漿產生層設置於所述有源層的一側；一第一光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層遠離有源層的一側，所述第一光學對稱層的折射率與有源層的折射率之差小於等於0.3。

【英文】

The invention relates to a semiconductor structure. The semiconductor structure includes an source layer, a metal plasma generation layer and a first optical symmetry layer. The source layer includes a first semiconductor layer, an active layer and a second semiconductor layer. The metal plasma generation layer is located on one side of the source layer. The first optical symmetry layer is located on one side of the metal plasma generation layer away from the source layer. A difference value between the refractive index of the first optical symmetry layer and the effective refractive index of the source layer is less than or equal to 0.3.

【指定代表圖】 第（ 1 ）圖

【代表圖之符號簡單說明】

10：半導體結構

110：基底

112：外延生長面

116：緩衝層

120：第一半導體層

130：活性層

140：第二半導體層

150：第三光學對稱層

160：金屬電漿產生層

170：第四光學對稱層

180：第一光學對稱層

190：第二光學對稱層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 半導體結構

【英文發明名稱】 SEMICONDUCTOR STRUCTURE

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種半導體結構。

【先前技術】

【0002】 由氮化鎵半導體材料製成的高效藍光、綠光及白光半導體結構具有壽命長、節能、綠色環保等顯著特點，已被廣泛應用於大螢幕彩色顯示、汽車照明、交通信號、多媒體顯示及光通訊等領域，特別係在照明領域具有廣闊的發展潛力。

【0003】 傳統的半導體結構通常包括N型半導體層、P型半導體層、設置在N型半導體層與P型半導體層之間的活性層。所述P型半導體層遠離基底的面作為半導體結構的出光面。半導體結構處於工作狀態時，在P型半導體層與N型半導體層上分別施加正、負電壓，這樣，存在於P型半導體層中的電洞與存在於N型半導體層中的電子在活性層中發生複合而產生光，光從半導體結構中射出。然而，來自活性層的近場倏逝光波在向外輻射的過程中均由於迅速衰減而無法出射，從而被限制在半導體結構的內部，被半導體結構內的材料完全吸收，影響了半導體結構的出光率。

【發明內容】

【0004】 綜上所述，實為必要提供一種光取出效率較高的半導體結構。

【0005】 一種半導體結構，其包括：一有源層，包括依次層疊設置的第一半導體層、一活性層及一第二半導體層；一金屬電漿產生層設

置於所述有源層的一側；一第一光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層遠離有源層的一側，所述第一光學對稱層的折射率與有源層的折射率之差小於等於0.3。

【0006】 與先前技術相比，本發明提供的半導體結構具有以下有益效果：第一，由活性層產生的近場倏逝波到達金屬電漿產生層後，在金屬電漿產生層的作用下近場倏逝波被放大並轉換成為金屬電漿，金屬電漿被金屬電漿產生層散射，從而向周圍傳播，由於發光二極體以金屬電漿產生層為對稱中心，位於金屬電漿產生層兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，因此，該對稱結構可改變金屬電漿的場分佈，使得金屬電漿均勻地向金屬電漿產生層的上下兩側均勻傳播，金屬電漿經由第二光學對稱層及基底均勻出射；第二，所述半導體結構在使用過程中，給第一半導體層及第二半導體層分別施加電壓，第一半導體層及第二半導體層將分別產生電子及電洞，該電子及電洞在活性層中結合產生近場倏逝波，由活性層產生的近場倏逝波傳播至金屬電漿產生層後，金屬電漿產生層在近場倏逝波的作用下產生金屬電漿，金屬電漿向周圍傳播，當金屬電漿傳播到達活性層之後，與活性層中的量子阱相互作用，使活性層雷射出更多的近場倏逝波。活性層中產生的近場倏逝波到達金屬電漿產生層，使金屬電漿產生層產生出更多的金屬電漿。如此，在金屬電漿產生層及活性層的相互作用下，活性層可產生出更多的光子，使半導體結構的發光效率較高。

【圖式簡單說明】

【0007】 圖1為本發明第一實施例提供的半導體結構的結構示意圖。

【0008】 圖2為本發明第二實施例提供的半導體結構的結構示意圖。

- 【0009】 圖3爲本發明第三實施例提供的半導體結構的結構示意圖。
- 【0010】 圖4爲本發明第四實施例提供的半導體結構的結構示意圖。
- 【0011】 圖5爲本發明第五實施例提供的半導體結構的結構示意圖。
- 【0012】 圖6爲圖5中的半導體結構中三維奈米結構陣列的結構示意圖。
- 【0013】 圖7爲一形成有三維奈米結構的第二半導體層。
- 【0014】 圖8爲本發明第六實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0015】 圖9爲本發明第七實施例提供的圖8中的發光二極體的製備方法的方法流程圖。
- 【0016】 圖10爲本發明第九實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0017】 圖11爲本發明第十一實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0018】 圖12爲本發明第十二實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0019】 圖13爲本發明第十四實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0020】 圖14爲本發明第十六實施例提供的發光二極體的結構示意圖。
- 【0021】 圖15爲本發明第十七實施例提供的太陽能電池的結構示意圖。
- 【0022】 圖16爲本發明第十八實施例提供的波導管的結構示意圖。
- 【實施方式】
- 【0023】 下面將結合附圖及具體實施例對本發明的半導體結構、發光二極體及其製備方法作進一步的詳細說明。
- 【0024】 請參閱圖1，本發明第一實施例提供一種半導體結構10，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、

一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的表面。所述第三光學對稱層150與第四光學對稱層170的折射率一致。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近。故，該半導體結構10為一光學對稱結構。

【0025】 所述基底110為一透明材料，其提供了用於生長第一半導體層120的一外延生長面112。所述基底110的外延生長面112係分子平滑的表面，且去除了氧或碳等雜質。所述基底110可為單層或複數層結構。當所述基底110為單層結構時，該基底110可為一單晶結構體，且具有一晶面作為第一半導體層120的外延生長面112。所述單層結構的基底110的材料可為SOI(silicon on insulator，絕緣基底上的矽)、 LiGaO_2 、 LiAlO_2 、 Al_2O_3 、Si、GaAs、GaN、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlP、AlAs、AlSb、AlN、GaP、SiC、SiGe、GaMnAs、GaAlAs、GaInAs、GaAlN、GaInN、AlInN、GaAsP、InGaN、AlGaInN、AlGaInP、GaP:Zn 或GaP:N等。當所述基底110為複數層結構時，其需要包括至少一層上述單晶結構體

，且該單晶結構體具有一晶面作為第一半導體層120的外延生長面112。所述基底110的材料可根據所要生長的第一半導體層120來選擇，優選地，使所述基底110與第一半導體層120具有相近的晶格常數及熱膨脹係數。所述基底110的厚度、大小及形狀不限，可根據實際需要選擇。所述基底110不限於上述列舉的材料，只要具有支持第一半導體層120生長的外延生長面112的透明基底110均屬於本發明的保護範圍。本發明第一實施例中，基底110的材料為藍寶石。

【0026】 所述緩衝層116設置於基底110及第一半導體層120之間，並與基底110及第一半導體層120分別接觸，此時第一半導體層120靠近基底110的表面與緩衝層116接觸。所述緩衝層116有利於提高材料的外延生長質量，減少晶格失配，使所述第一半導體層120的生長質量較好。所述緩衝層116的厚度為10奈米至300奈米，其材料為氮化鎵或氮化鋁等。優選地，所述緩衝層116的厚度為20奈米至50奈米。本實施例中，所述緩衝層116的材料為低溫氮化鎵，其厚度為20奈米。

【0027】 所述第一半導體層120的厚度可根據需要製備。具體地，所述第一半導體層120的生長的厚度可為1微米至15微米。所述第一半導體層120為一摻雜的半導體層，該摻雜的半導體層可為N型半導體層或P型半導體層兩種類型，所述N型半導體層的材料包括N型氮化鎵、N型砷化鎵及N型磷化銅等中的一種，所述P型半導體層的材料包括P型氮化鎵、P型砷化鎵及P型磷化銅等材料中的一種。所述N型半導體層具有提供電子移動場所的作用，所述P型半導體層具有提供電洞移動場所的作用。本實施例中，所述第一半導體

層120為Si摻雜的N型氮化鎵，其厚度為1460奈米。

【0028】 所述活性層130的厚度為0.01微米至0.6微米。所述活性層130為包含一層或複數層量子阱層的量子阱結構(Quantum Well)。量子阱層的材料為氮化銦鎵、氮化銦鎵鋁、砷化鎵、砷化鋁鎵、磷化銦鎵、磷化銦砷或砷化銦鎵中的一種或複數種。本實施例中，所述活性層130為InGaN/GaN的複合結構，其厚度為10奈米。所述活性層130為光子激發層，為電子與電洞相結合產生光子的場所。在使用所述半導體結構10過程中，給P型半導體層及N型半導體層施加一電壓，則P型半導體層產生的電洞及N型半導體層產生的電子在活性層130相結合產生光子。

【0029】 所述第二半導體層140可為N型半導體層或P型半導體層兩種類型，並且所述第二半導體層140與第一半導體層120中的摻雜的半導體層分屬兩種不同類型的半導體層。所述第二半導體層140設置於金屬電漿產生層160及活性層130之間。所述第二半導體層140的厚度可根據需要製備。所述第二半導體層140的厚度小於等於210奈米。優選地，所述第二半導體層140的厚度為5奈米至20奈米。優選地，所述第二半導體層140的厚度為10奈米至20奈米。優選地，所述第二半導體層140的厚度為10奈米至30奈米。具體地，所述第二半導體層140的厚度可為10奈米、15奈米、20奈米或30奈米。本實施例中，所述第二半導體層140為鎂(Mg)摻雜的P型氮化鎵，其厚度為10奈米。

【0030】 依據所述緩衝層116及有源層所選取的材料不同，所述緩衝層116及有源層的整體的折射率的範圍為2.0至3.5。由上述內容可知，本實施例半導體結構10中，緩衝層116的材料為低溫氮化鎵、第

一半導體層120的材料為N型氮化鎵、活性層130的材料為InGaN/GaN的複合結構，第二半導體層140的材料為P型氮化鎵。緩衝層116、第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140四者的材料相近，其折射率也相近。所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率為2.5。

【0031】 所述金屬電漿產生層160的作用為：第一，由活性層130產生的近場倏逝波到達金屬電漿產生層160後，在金屬電漿產生層160的作用下近場倏逝波被放大並轉換成為金屬電漿，金屬電漿被金屬電漿產生層160散射，從而向周圍傳播，由於半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，因此，該對稱結構可改變金屬電漿的場分佈，使得金屬電漿均勻地向金屬電漿產生層160的上下兩側均勻傳播，金屬電漿經由第二光學對稱層190及基底110均勻出射；第二，由活性層130產生的光子到達金屬電漿產生層160後，金屬電漿產生層160在光子的作用下產生金屬電漿，金屬電漿向周圍傳播，當金屬電漿傳播到達活性層130之後，與活性層130中的量子阱作用，使活性層130雷射出更多的二次光子。活性層130中產生的二次光子到達金屬電漿產生層160，使金屬電漿產生層160產生出更多的金屬電漿。如此，在金屬電漿產生層160及活性層130的相互作用下，活性層130可產生出更多的光子，使半導體結構10的出光率增加。因此，通過選擇合適厚度的第二半導體層140，可使金屬陶瓷層160與活性層130之間距離較近，從而金屬陶瓷層160及活性層130的相互作用較強，還可保證電流在所述第二半導體層140的分佈均勻。

【0032】 該金屬電漿產生層160的材料為任何可在光子作用下產生金屬電漿的材料，即，該金屬電漿產生層160的材料在光學上為金屬性的材料。進一步，該金屬電漿產生層160的材料滿足下述兩個條件：第一，金屬電漿產生層160的材料的折射率為一複數，且該複數的虛部大於零或者小於零；第二，金屬電漿產生層160的材料的介質常數為一複數，且該複數的實部為一負數。具體地，所述金屬電漿產生層160的材料的选择依據活性層130中產生的光的波長而定，不同材料的金屬電漿產生層160可與活性層130更好地相互作用。具體地，所述金屬電漿產生層160的材料可為金屬材料，即純金屬或其合金。所述純金屬為銀、鋁、銅或者金等金屬。若活性層130產生的光為短波長的光，優選地，所述金屬電漿產生層160的材料優選為銀。若活性層130產生的光為長波長的光，則所述金屬電漿產生層160優選為金屬複合材料，例如，金屬陶瓷等。所述金屬陶瓷為包含金屬材料及電介質材料的複合材料。所述電介質材料即為不導電材料，所述電介質材料可為二氧化矽、矽或者陶瓷材料等。所述金屬材料可為純金屬或合金。所述金屬材料及電介質材料的比例不限，只需確保複合後的金屬複合材料可滿足上述兩個條件，即只需確保複合後的金屬複合材料在光學上仍為金屬性的材料即可。具體地，所述金屬陶瓷中，電介質材料的質量百分比小於等於40%、小於等於35%、小於等於30%、小於等於25%、小於等於20%、小於等於15%、小於等於10%或小於等於5%。具體地，所述電介質材料的質量百分比40%、35%、30%、25%、20%、15%、10%或5%。優選地，所述金屬電漿產生層160的材料為銀及二氧化矽複合形成的金屬陶瓷。在銀及二氧化矽複合形成的金屬陶瓷中，二氧化矽的質量百分比為小於等於

40%時即可確保該金屬陶瓷可產生金屬電漿。優選地，二氧化矽的質量百分比為小於等於30%，小於等於20%或小於等於10%。優選地，所述銀及二氧化矽複合形成的金屬陶瓷中，二氧化矽的質量百分比為20%，此時該種金屬陶瓷對於活性層130中產生的波長為510奈米的綠光的出射效果較好。本實施例中，所述金屬電漿產生層160的材料為銀。

【0033】 所述金屬電漿產生層160的厚度的範圍為10奈米到30奈米。優選地，金屬電漿產生層160的厚度的範圍為20奈米到30奈米。優選地，所述金屬電漿產生層160的厚度的範圍為15奈米到20奈米。優選地，金屬電漿產生層160的厚度的範圍為10奈米到15奈米。具體地，金屬電漿產生層160的厚度可為10奈米、15奈米、20奈米、25奈米或30奈米。通過選擇合適厚度的金屬等離子產生層160，由活性層130產生的光子可較好的通過金屬等離子產生層160，而避免被轉化成熱，還可使金屬電漿產生層160可產生較多的金屬電漿，使金屬電漿產生層160及活性層130的相互作用較強。本實施例中，金屬電漿產生層160的厚度為15奈米。

【0034】 所述第一光學對稱層180的材料的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差小於等於0.3。優選地，所述折射率之差小於等於0.2或0.1。可以理解地，所述折射率之差越小，所述第一光學對稱層180的材料的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的光學性質越相近，此時第二光學對稱層190及所述基底110為出光面，兩個出光面出射的光強度均較好，所述半導體結構10的出光均勻。

【0035】 所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.0至3.5。優

選地，所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.2至2.8。優選地，所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.2至2.4。優選地，所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.4至2.6。優選地，所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.6至2.8。所述第一光學對稱層180的材料包括二氧化鈦、氧化鉛、氧化鋅或者聚醯亞胺。本實施例中，所述緩衝層116為低溫氮化鎵、第一半導體層120為P型氮化鎵，活性層130為InGaN/GaN的複合結構，第二半導體層140為N型氮化鎵。該三者構成的整體的等效折射率為2.5。本實施例中所述第一光學對稱層180的材料為二氧化鈦，其折射率為2.55。所述二氧化鈦的透光性較好，可使光線較好的通過。

【0036】 所述第一光學對稱層180的厚度與所述緩衝層116及有源層的整體的厚度之差小於等於150奈米。所述第一光學對稱層180的厚度與所述緩衝層116及有源層的整體的厚度越接近越好，從而可使第一光學對稱層180的厚度與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率越接近，使半導體結構10的出光更均勻。所述第一光學對稱層180的厚度的範圍為1微米至2微米。本實施例中，所述緩衝層116的厚度為20奈米，所述第一半導體層120的厚度為1460奈米，活性層130的厚度為10奈米，第二半導體層140的厚度為10奈米，因此，四者之和為1500奈米。第一光學對稱層180的厚度為1500奈米。所述第一光學對稱層180的厚度與所述緩衝層116及有源層的整體的厚度之和一致。

【0037】 所述第三光學對稱層150設置於第二半導體層140及金屬陶瓷層160之間。所述第三光學對稱層150與所述第二半導體層140遠離

基底110的表面及金屬陶瓷層160靠近基底110的表面直接接觸。金屬電漿的光導波模的傳播常數為一複數，其包括一實部及一虛部。當金屬電漿的傳播常數的虛部較大時，金屬電漿較容易轉化成熱。通過選用低折射率材料作為第三光學對稱層150，可使金屬電漿的傳播常數的實部及虛部同時減少，從而使金屬電漿的熱損耗減少，並且傳播的路程更遠，進而提高半導體結構10的出光率。優選地，所述第三光學對稱層150的材料的折射率的範圍為1.2至1.5。優選地，所述第三光學對稱層150的材料的折射率的範圍為1.3至1.4。優選地，所述第三光學對稱層150的材料的折射率的範圍為1.4至1.5。所述第三光學對稱層150的材料可為二氧化矽、氟化鎂（ MgF_2 ）或氟化鋰（ LiF ）。本實施例中，所述第三光學對稱層150的材料為二氧化矽，折射率為1.5。

【0038】 所述第三光學對稱層150的厚度依據實際應用選擇。優選地，所述第三光學對稱層150的厚度範圍為5奈米到40奈米。優選地，所述第三光學對稱層150的厚度範圍為5奈米到10奈米。優選地，所述第三光學對稱層150的厚度範圍為10奈米到20奈米。優選地，所述第三光學對稱層150的厚度範圍為20奈米到30奈米。優選地，所述第三光學對稱層150的厚度範圍為30奈米到40奈米。通過選擇合適厚度的所述第三光學對稱層150，可使金屬電漿產生層160及活性層130之間的距離較近，金屬電漿產生層160及活性層130之間的相互作用較強，使活性層130產生較多的光子。本實施例中所述第三光學對稱層150的厚度為20奈米。

【0039】 當所述半導體結構10包括所述第三光學對稱層150時，所述半導體結構10同時須包括所述第四光學對稱層170。所述第四光學對

稱層170設置於所述金屬電漿產生層160與所述第一光學對稱層180之間。所述第四光學對稱層170與所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面及所述第一光學對稱層180靠近基底110的表面直接接觸。所述第四光學對稱層170與第三光學對稱層150的材料及厚度一致，如此可使金屬電漿產生層160中產生的金屬電漿向基底110及第二光學對稱層190兩個方向均勻地傳播。所述第四光學對稱層170的作用為避免使金屬電漿產生層160產生的金屬電漿轉換為熱量，使金屬電漿產生層160產生的金屬電漿可經由第四光學對稱層170傳播，從而使半導體結構10的出光率提高。

【0040】 所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1，從而可使金屬電漿產生層160產生的金屬電漿沿著朝向基底110及第二光學對稱層190的兩個方向均較好地傳播，基底110及第二光學對稱層190兩個出光面的出光均勻。所述第二光學對稱層190的材料不限，只需其折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1即可。所述第二光學對稱層190與所述基底110的折射率越相近越好。依據所選擇的第二光學對稱層190的不同材料，所述第二光學對稱層190的折射率範圍為1.7至1.8。第二光學對稱層190的材料可與基底110相同。優選地，所述第二光學對稱層190的厚度為30奈米至80奈米。優選地，所述第二光學對稱層190的厚度為40奈米至60奈米。本實施例中第二光學對稱層190的材料為藍寶石，厚度為50奈米。所述第二光學對稱層190為可選。

【0041】 所述半導體結構10具備以下有益效果：第一，由活性層130產生的近場倏逝波到達金屬電漿產生層160後，在金屬電漿產生層160的作用下近場倏逝波被放大並轉換成為金屬電漿，金屬電漿被金

屬電漿產生層160散射，從而向周圍傳播，由於半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，因此，該對稱結構可改變金屬電漿的場分佈，使得金屬電漿均勻地向金屬電漿產生層160的上下兩側均勻傳播，金屬電漿經由第二光學對稱層190及基底110均勻出射；第二，所述半導體結構10在使用過程中，給第一半導體層120及第二半導體層140分別施加電壓，第一半導體層120及第二半導體層140將分別產生電子及電洞，該電子及電洞在活性層130中結合產生光子，由活性層130產生的光子傳播至金屬電漿產生層160後，金屬電漿產生層160在光子的作用下產生金屬電漿，金屬電漿向周圍傳播，當金屬電漿傳播到達活性層130之後，與活性層130中的量子阱相互作用，使活性層130雷射出更多的二次光子。活性層130中產生的二次光子到達金屬電漿產生層160，使金屬電漿產生層160產生出更多的金屬電漿。如此，在金屬電漿產生層160及活性層130的相互作用下，活性層130可產生出更多的光子，使半導體結構10的發光效率較高；第三，所述半導體結構10在使用過程中，所述基底110暴露的表面及第二光學對稱層190暴露的表面為半導體結構10的兩個出光面，此時，由於所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3，所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1，因此所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，故活性層130中產生的光由第二光學對稱層190及基底110兩個出光面均勻地出射，即兩個出光面的光強相近，所述半導體結構10的出光均勻；及第四，金屬電漿產

生層160的上下方均設置有低折射率材料層，通過選用低折射率材料作為第三光學對稱層150，可使金屬電漿的等效折射率的實部及虛部同時減少，從而使金屬電漿的熱損耗減少，並且傳播的路程更遠，進而提高半導體結構10的出光率。

【0042】請參閱圖2，本發明第二實施例提供一種半導體結構10，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一金屬電漿產生層160、一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、金屬電漿產生層160、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的一表面。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。

【0043】本發明第二實施例提供的半導體結構10與第一實施例提供的半導體結構10的結構相似，其區別在於，第二實施例提供的半導體結構10相比於第一實施例不包括第三光學對稱層150及第四光學對稱層170，此時，所述金屬電漿產生層160直接設置於所述第二半導體層140的遠離基底110的表面，則所述第一光學對稱層180直接設置於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面。此時，金屬電漿產生層160及活性層130之間的距離較近，金屬電漿產生層160及活性層130之間的相互作用較強。

【0044】請參閱圖3，本發明第三實施例提供一種半導體結構10，其包括

一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170及一第一光學對稱層180。所述活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170及第一光學對稱層180依次層疊設置於所述第一半導體層120的一表面。所述第三光學對稱層150與第四光學對稱層170的折射率一致。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近。

【0045】 本發明第三實施例提供的半導體結構10與第一實施例提供的半導體結構10的結構相似，其區別在於，第三實施例提供的半導體結構10相比於第一實施例不包括基底110、緩衝層116及第二光學對稱層190，此時所述第一半導體層120直接設置於基底110的表面。

【0046】 第三實施例中，依據有源層所選取的材料不同，所述有源層的整體的等效折射率的範圍為2.0至3.5。本實施例中，第一半導體層120的材料為N型氮化鎵、活性層130的材料為InGa_N/Ga_N的複合結構，第二半導體層140的材料為P型氮化鎵。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140三者的材料相近，其折射率也相近。所述有源層的整體的等效折射率為2.5。此時所述第一光學對稱層180的材料仍為二氧化鈦，折射率為2.55。此時，所述第一光學對稱層180的折射率與有源層的整體的等效折射率之

差小於等於0.3。

【0047】 當所述半導體結構10不包括所述基底110及第二光學對稱層190時，所述半導體結構10也不包括緩衝層116，此時第一半導體層120暴露的表面及第一光學對稱層180暴露的表面為半導體結構10的兩個出光面，所述半導體結構10在使用過程中，由於有源層及第一光學對稱層180的折射率之差小於等於0.1，所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，以使活性層130中產生的光由第一半導體層120及第一光學對稱層180兩個出光面均勻地出射。

【0048】 請參閱圖4，本發明第四實施例提供一種半導體結構10，其包括一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一金屬電漿產生層160、及一第一光學對稱層180。所述活性層130、第二半導體層140、金屬電漿產生層160、第一光學對稱層180依次層疊設置於所述第一半導體層120的表面。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近。

【0049】 本發明第四實施例提供的半導體結構10與第一實施例提供的半導體結構10的結構相似，其區別在於，第四實施例提供的半導體結構10相比於第一實施例不包括基底110、緩衝層116、第二光學對稱層190、第三光學對稱層150及第四光學對稱層170。

【0050】 此時，由於第一光學對稱層180的折射率及有源層的折射率之差

小於等於0.3，因此，所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近，故活性層130中產生的光由第一半導體層120及第一光學對稱層180兩個出光面均勻地出射。

【0051】 請參閱圖5，本發明第五實施例提供一種半導體結構10，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的一表面。所述第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。所述半導體結構10包括複數三維奈米結構。

【0052】 本發明第五實施例所提供的半導體結構10的結構與第一實施例提供的半導體結構10的結構相似，其區別在於，所述半導體結構10包括複數三維奈米結構。

【0053】 本實施例中，複數三維奈米結構形成於所述第二半導體層140遠離基底110的表面，設置於第二半導體層140之上的第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190也隨著形成於第二半導體層140遠

離基底110的表面的三維奈米結構的起伏而起伏，進而三維奈米結構之上的各層的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面均形成有三維奈米結構。

【0054】 可以理解地，所述三維奈米結構還可形成於所述基底110的靠近活性層130、基底110遠離活性層130的表面、緩衝層116的遠離基底110的表面、所述第一半導體層120的遠離基底110的表面、活性層130遠離基底110的表面、第二半導體層140的遠離基底110的表面、第三光學對稱層150的遠離基底110的表面、金屬電漿產生層160的遠離基底110的表面、第四光學對稱層170的遠離基底110的表面、第一光學對稱層180的遠離基底110的表面或者第二光學對稱層190的遠離基底110的表面，此時形成於三維奈米結構之上的各層也隨著三維奈米結構的起伏而起伏，進而三維奈米結構之上的各層的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面均形成有三維奈米結構。

【0055】 所述設置於第二半導體層140遠離基底110表面的複數三維奈米結構並排延伸形成圖案化的表面，每個三維奈米結構沿其延伸方向上的橫截面為M形。請參閱圖6，為了便於描述，將該第二半導體層140區分為一本體部份140a及一由該本體部份140a向遠離該本體部份140a方向延伸的一凸起部份140b，所述本體部份140a與該凸起部份140b通過一“介面”整體分開，所述介面形成所述本體部份140a的表面。可以理解，所述“介面”係為方便描述而假設的平面，該平面可平行於所述第二半導體層140的靠近基底110的表面。所述三維奈米結構143為一凸起結構，所述凸起結構為從所述第二半導體層140的本體部份140a向遠離所述本體部份140a

的方向突出的凸起實體。所述三維奈米結構143與所述第二半導體層140的本體部份140a為一體成型結構，即所述三維奈米結構143與所述第二半導體層140的本體部份140a之間無間隔的形成一體結構。在平行於所述基底110表面的水平面內，所述複數三維奈米結構143的延伸方向相同，且在所述三維奈米結構143的延伸的方向上，所述三維奈米結構143的橫截面為一M形。換個角度說，所述複數三維奈米結構143為形成於本體部份140a上的複數條形凸起結構，該複數條形凸起結構向同一方向延伸，在沿所述延伸方向的橫截面為M形。

【0056】 所述複數三維奈米結構143可在第二半導體層140的本體部份140a上以直線、折線或曲線的形式並排延伸，延伸方向平行於所述本體部份140a的表面。所述“並排”係指所述相鄰的兩個三維奈米結構143在延伸方向的任一相對位置具有相同的間距，該間距範圍為0奈米至200奈米。請一併參閱圖7，在本實施例中，所述三維奈米結構143為一條形凸起結構，所述複數三維奈米結構143在第二半導體層140的本體部份140a上以陣列形式分佈，形成所述第二半導體層140的遠離基底110的表面，該表面具有一奈米圖形，為一圖案化的表面。所述複數條形凸起結構基本沿同一方向延伸且彼此平行設置於所述本體部份140a。定義該複數條形凸起結構的延伸方向為X方向，垂直於所述凸起結構的延伸方向為Y方向。則在X方向上，所述條形凸起結構的兩端分別延伸至所述第二半導體層140的本體部份140a相對的兩邊緣；具體的，所述複數條形凸起可在第二半導體層140的本體部份140a以直線、折線或曲線的形式沿X方向延伸；在Y方向上，所述三維奈米結構143為一雙峰凸棱結構，所述複數條形凸起並排排列，且所述條形凸起

的橫截面的形狀為M形，即所述三維奈米結構143為一M形三維奈米結構143。所述三維奈米結構143包括一第一凸棱1132及一第二凸棱1134，所述第一凸棱1132與第二凸棱1134並排延伸，相鄰的第一凸棱1132與第二凸棱1134之間具有一第一凹槽1136，相鄰的三維奈米結構143之間形成第二凹槽1138，所述第一凹槽1136的深度小於第二凹槽1138的深度。所述第一凸棱1132及第二凸棱1134的橫截面分別為錐形，所述第一凸棱1132與第二凸棱1134形成一雙峰凸棱結構。所述第一凸棱1132與第二凸棱1134的高度可為150奈米至200奈米。本實施例中，所述第一凸棱1132與第二凸棱1134的高度均為180奈米。所述第一凹槽1136的深度可為30奈米至120奈米，所述第二凹槽1138的深度可為100奈米至200奈米。本實施例中，所述第一凹槽1136的深度為80奈米，所述第二凹槽1138的深度為180奈米。可以理解地，所述第二半導體層140的厚度應該大於三維奈米結構143的凸棱高度及凹槽的深度。本實施例中，為了適應該部份三維奈米結構143的凸棱及凹槽的尺寸，所述第二半導體層140的厚度為210奈米。所述緩衝層116的厚度為20奈米，第一半導體層120的厚度為1260奈米，活性層130的厚度為10奈米，第二半導體層140的厚度為210奈米，因此，四者之和為1500奈米。第一光學對稱層180的厚度為1500奈米。此時第一光學對稱層180的厚度仍為有源層與緩衝層116的厚度之和。可以理解地，當所述三維奈米結構143形成於半導體結構10中的任一層的表面時，可通過調整三維奈米結構143的層的厚度或調整三維奈米結構143的尺寸，使形成有三維奈米結構143的層與所述三維奈米結構143的尺寸相配合。為了清楚地說明該問題，我們定義一第一三維奈米結構，該第一三維奈米結構係指由基底

110指向第二光學對稱層190的方向上，出現的第一由複數三維奈米結構組成的一平面結構，該平面結構即定義為第一三維奈米結構。第一三維奈米結構係蝕刻而形成，第一三維奈米結構係通過蝕刻半導體結構10中的某一層而形成，之後的各層直接在第一三維奈米結構之上生長，不需蝕刻，各層生長結束自然隨著第一三維奈米結構的起伏而起伏，從而各層具有三維奈米結構。故，形成有第一三維奈米結構的層的厚度應該大於三維奈米結構的凸棱及凹槽的厚度，從而使該層不被蝕刻形成通孔，然直接生長於三維奈米結構之上的各層的厚度不受限制。

【0057】 具體的，以所述第三光學對稱層150及所述第二半導體層140的接觸面為例說明形成於相接觸的兩個表面上的三維奈米結構的位置關係：所述第三光學對稱層150與所述第二半導體層140接觸的表面具有複數三維奈米結構，所述三維奈米結構為向第三光學對稱層150內部延伸形成的凹進空間，並且該凹進空間與第二半導體層140中所述凸起實體的三維奈米結構143相嚙合，進而形成一W形的凹進空間。所述“嚙合”係指，所述第三光學對稱層150表面形成的三維奈米結構同樣包括複數凹槽及凸棱，並且，所述凹槽與所述三維奈米結構143中的第一凸棱1132及第二凸棱1134相配合；所述凸棱與所述三維奈米結構143中的第一凹槽1136及第二凹槽1138相配合，從而所述第三光學對稱層150與所述第二半導體層140具有三維奈米結構143的表面無間隙的複合。因此，所述第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190中的每層的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面均為複數三維奈米結構並排延伸形成的圖案化的表面。所述第三光學對稱層150、金屬電漿

產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190中的每層的靠近基底110的表面上每個三維奈米結構沿其延伸方向上的橫截面為W形。所述第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190中的每層的遠離基底110的表面上每個三維奈米結構沿其延伸方向上的橫截面為M形。

【0058】 當所述半導體結構10不包括所述第三光學對稱層150及所述第四光學對稱層170時，所述第一光學對稱層180直接形成於金屬電漿產生層160遠離基底110的表面，此時，所述第一光學對稱層180靠近基底110的表面同金屬電漿產生層160遠離基底110的表面相嚙合，所述第一光學對稱層180靠近基底110的表面也形成有複數三維奈米結構，所述第一光學對稱層180遠離基底110的表面也為一平面。故，無論係否存在所述第三光學對稱層150及所述第四光學對稱層170，所述第一光學對稱層180靠近基底110的表面均形成有複數三維奈米結構。

【0059】 進一步地，由於所述第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170的厚度均較薄，因此，第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160及第四光學對稱層170不易將形成於所述第二半導體層140遠離基底110表面的三維奈米結構143填平。然而，所述第一光學對稱層180的厚度較厚，為1500奈米。故，形成於第四光學對稱層170遠離基底110的表面上複數三維奈米結構有可能會被第一光學對稱層180填平。所述三維奈米結構係否會被第一光學對稱層180填平取決於第一光學對稱層180的材料及製備方法。所選擇的第一光學對稱層180的材料及製備方法不同會使

第一光學對稱層180的材料在生長過程中各個方向上的生長速度不同，從而導致所述第一光學對稱層180可能會隨著形成於第四光學對稱層170遠離基底110表面的三維奈米結構的起伏而起伏，也可能將形成於第四光學對稱層170遠離基底110表面的三維奈米結構填平。當所述複數三維奈米結構被第一光學對稱層180填平時，所述第一光學對稱層180的靠近基底110的表面與所述第四光學對稱層170的遠離基底110的表面相嚙合，所述第一光學對稱層180靠近基底110的表面也形成有複數三維奈米結構，所述第一光學對稱層180遠離基底110的表面為一平面。進而，所述第二光學對稱層190的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面均為一平面。

【0060】 本發明第五實施例提供的半導體結構10的有益效果係：第一，在使用過程中，當光子以大角度光入射到該三維奈米結構時，可改變所述光子的出射角度，而使之從出光面射出，進一步提高了所述半導體結構10的出光效率；第二，所述三維奈米結構使得金屬電漿產生層160也形成三維奈米結構，該金屬電漿產生層160表面的原有的隨機的粗糙被放大為規則的起伏，該起伏的深淺為20奈米至30奈米，使得金屬陶瓷層160表面產生更多的散射，從而使得金屬電漿產生層160中產生的金屬電漿可更容易地從金屬電漿產生層160中釋放出來，從而提高了所述半導體結構10的發光效率；第三，通過在所述活性層130至少一表面形成複數三維奈米結構，因此增大了所述活性層130與第一半導體層120及第二半導體層140之間的接觸面積，提高了電洞與電子的複合幾率，提高了複合密度，進而提高了所述半導體結構10的發光效率，製備方法簡單，效率高。

- 【0061】 基於半導體結構10具有以上有益效果，該種半導體結構10在太陽能電池、雷射器及發光二極體等領域有較好的應用。爲了更好地說明該種半導體結構10的應用，下面以發光二極體爲例，說明該種半導體結構10的應用。
- 【0062】 請參閱圖8，本發明第六實施例提供一種橫向結構的發光二極體20，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一第二光學對稱層190、一第一電極124及一第二電極144。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的表面。所述第一電極124與所述第一半導體層120電連接。所述第二電極144與所述第二半導體層144電連接。第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140構成發光二極體20的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。
- 【0063】 所述發光二極體20爲橫向結構的含義爲：所述第一電極124及第二電極144設置於第一半導體層120的同一側，所述第一電極124及第二電極144產生的電流在具有高電阻的所述第二半導體層140中橫向傳導。其中，所述第二半導體層140爲P型半導體層，所述第一半導體層120爲N型半導體層。
- 【0064】 所述第一半導體層120遠離基底110的表面可包括一第一區域及一

第二區域。所述活性層130與第二半導體層140依次層疊設置於所述第一半導體層120的第一區域，從而形成一台階結構。所述第一電極124設置於第一半導體層120的未被活性層130覆蓋的第二區域從而與所述第一半導體層120電連接。

【0065】 所述第二半導體層140遠離基底110的表面可包括一第三區域及一第四區域。所述第三光學對稱層150或者金屬電漿產生層160設置於所述第二半導體層140的第三區域，從而形成一台階結構。所述第二電極144設置於第二半導體層140的未被活性層130覆蓋的第四區域從而與所述第二半導體層140電連接。

【0066】 本發明第六實施例提供的發光二極體20的結構與第一實施例至第五實施例提供的半導體結構10的結構相似，其區別在於：所述第一電極124與所述第一半導體層120電連接；所述第二電極144與所述第二半導體層140電連接；所述活性層130設置於所述第一半導體層120的第一區域，從而形成一台階；所述第一電極124設置於所述第一半導體層120的未被活性層130覆蓋的第二區域；所述第三光學對稱層150或者金屬電漿產生層160形成於第二半導體層140的遠離基底110的第三區域，從而形成一台階所述第二電極144設置於所述第二半導體層140暴露的第四區域。

【0067】 第一電極124可為N型電極或P型電極，其與第一半導體層120的類型相同。所述第二電極144設置於第二半導體層140的表面。該第二電極144可為N型電極或P型電極，其與第二半導體層140的類型相同。

【0068】 所述第一電極124或第二電極144至少為一層結構，它們的厚度為0.01微米至2微米。所述第一電極124、第二電極144的材料包括

鈦、鋁、鎳及其合金中的一種或其任意組合。本實施例中，所述第二電極144為P型電極，該第二電極144為兩層結構，包括一厚度為150埃的鈦層及一厚度為2000埃的金層。所述第一電極124為N型電極，該第一電極124為兩層結構，包括一厚度為150埃的鎳層及一厚度為1000埃的金層。

【0069】 本發明第六實施例提供的發光二極體20的有益效果係：第一，所述發光二極體20在使用過程中，通過第一電極124及第二電極144分別給第一半導體層120及第二半導體層140施加電壓，進而活性層130產生光子，由活性層130產生的近場倏逝波到達金屬電漿產生層160後，在金屬電漿產生層160的作用下產生金屬電漿，金屬電漿向周圍傳播並經由第二光學對稱層190出射並耦合出射光，如此，可提高發光二極體20的出光率；第二，所述發光二極體20在使用過程中，通過第一電極124及第二電極144分別給第一半導體層120及第二半導體層140分別施加電壓，第一半導體層120及第二半導體層140將分別產生電子及電洞，該電子及電洞在活性層130中結合產生光子，由活性層130產生的光子傳播至金屬電漿產生層160後，金屬電漿產生層160在光子的作用下產生金屬電漿，金屬電漿向周圍傳播，當金屬電漿傳播到達活性層130之後，與活性層130中的量子阱相互作用，使活性層130雷射出更多的二次光子。活性層130中產生的二次光子到達金屬電漿產生層160，使金屬電漿產生層160產生出更多的金屬電漿。如此，在金屬電漿產生層160及活性層130的相互作用下，活性層130可產生出更多的光子，使發光二極體20的發光效率較高；第三，由於所述發光二極體20以金屬電漿產生層160為對稱中心，金屬電漿產生層160兩側的位於對稱位置的兩元件的折射率相近，故，所述發

光二極體20在使用過程中活性層130中產生的光由第二光學對稱層190及基底110兩個出光面均勻地出射；及第三，金屬電漿產生層160的上下方均設置有低折射率材料層，該低折射率材料層可使金屬電漿產生層160中產生的金屬電漿避免被轉換為熱，可使發光二極體20的出光率提高。

- 【0070】 請參閱圖9，本發明第七實施提供第六實施例中所述橫向結構的發光二極體20的製備方法，其包括以下步驟：
- 【0071】 步驟S110：提供一基底110，該基底110具有一外延生長面112；
- 【0072】 步驟S120：在基底110的外延生長面112依次外延生長一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140；
- 【0073】 步驟S130：形成一金屬電漿產生層160於所述第二半導體層140遠離基底110的一側；
- 【0074】 步驟S140：依次形成一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面，該第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3，該第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1；及
- 【0075】 S150：製備一第一電極112與第一半導體層120電連接，製備一第二電極114與第二半導體層140電連接。
- 【0076】 在步驟S110中，所述基底110的材料及厚度與第一實施例中的基底110的材料及厚度一致。
- 【0077】 在步驟S120中，所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130

及第二半導體層140的生長方法可分別通過分子束外延法(MBE)、化學束外延法(CBE)、減壓外延法、低溫外延法、選擇外延法、液相沈積外延法(LPE)、金屬有機氣相外延法(MOVPE)、超真空化學氣相沈積法(UHVCVD)、氫化物氣相外延法(HVPE)、及金屬有機化學氣相沈積法(MOCVD)等中的一種或複數種實現。本實施例採用MOCVD方法製備所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140。

- 【0078】 所述製備緩衝層116的過程中，以氨氣(NH_3)作為氮的源氣，採用氫氣(H_2)作載氣，採用三甲基鎵(TMGa)或三乙基鎵(TEGa)作為Ga源在一反應室中低溫生長GaN層，該低溫GaN層作為緩衝層116。
- 【0079】 所述製備第一半導體層120的過程中，採用高純氨氣(NH_3)作為氮的源氣，採用氫氣(H_2)作載氣，採用三甲基鎵(TMGa)或三乙基鎵(TEGa)作為Ga源，採用矽烷(SiH_4)作為Si源在反應室中生長一N型氮化鎵層作為第一半導體層120。
- 【0080】 所述活性層130的生長方法與第一半導體層120基本相同。在生長完第一半導體層120之後，緊接著生長所述活性層130。具體的，生長所述活性層130時採用三甲基銦作為銦源。
- 【0081】 在生長完活性層130之後，採用二茂鎂作(Cp_2Mg)為鎂源生長第二半導體層140。通過控制生長第二半導體層140的時間，使第二半導體層140的厚度為5奈米至60奈米。
- 【0082】 本實施例中，所述緩衝層116的厚度為20奈米，所述第二半導體層140的厚度為10奈米，所述活性層130的厚度為10奈米，所述第一半導體層120的厚度為1460奈米，四者的整體厚度為1500奈米。

- 。
- 【0083】 可選擇地，第二半導體層140的製備方法還可為先通過MOCVD製備較厚的第二半導體層140，之後通過蝕刻或研磨的方法蝕刻所述第二半導體層140，使第二半導體層140的厚度為5奈米至60奈米。
- 。
- 【0084】 所述第一半導體層120遠離基底110的表面包括一第一區域及一第二區域。在製備的過程中，可通過使用光刻膠做光罩的方法使活性層130僅形成於第一半導體層120的第一區域。所述第一半導體層120的第二區域暴露。如此，在步驟S150中，可使第一電極124直接形成於第一半導體層140的暴露的第二區域。
- 【0085】 在步驟S130中，所述金屬電漿產生層160的製備方法依據所述金屬電漿產生層160的材料而定。具體地，所述金屬電漿產生層160的製備方法可為物理氣相沈積法，例如蒸鍍、濺射等方法。本實施例中通過蒸鍍的方法形成一層銀膜做為金屬電漿產生層160，該銀膜的厚度為10奈米。
- 【0086】 所述第二半導體層140遠離基底110的表面包括一第三區域及一第四區域。在製備的過程中，使用光刻膠做光罩使所述金屬電漿產生層160僅形成於第二半導體層140的第三區域。所述第二半導體層140的第四區域暴露。如此，在步驟S150中，可使第二電極144直接形成於第二半導體層140的暴露的第四區域。
- 【0087】 在步驟S140中，所述第一光學對稱層180的製備方法依據所述第一光學對稱層180的材料而定，具體地可為濺射或蒸鍍。所述第一光學對稱層180的材料的折射率的範圍為2.2至2.8。在步驟

S140中，所述第一光學對稱層180的材料與所述基底110的材料相同，具體為二氧化鈦、氧化鉛、氧化鋅或者聚醯亞胺。通過控制製備條件，使第一光學對稱層180的厚度介於1微米至2微米。本實施例中，所述第一光學對稱層180的材料為二氧化鈦，其折射率為2.55，製備方法為蒸鍍，厚度為1500微米。如此，第一光學對稱層190的厚度與所述緩衝層116及有源層的整體的厚度一致。

【0088】 所述第二光學對稱層190的製備方法依據所述第二光學對稱層190的材料而定，具體地可為濺射或蒸鍍。所述第二光學對稱層190的厚度為大於50奈米。所述第二光學對稱層190的材料與所述基底110一致。所述第二光學對稱層190的厚度無需與基底110一致。本實施例中，所述第二光學對稱層190的材料為三氧化二鋁，厚度為100奈米。

【0089】 本發明第七實施例提供的發光二極體20的製備方法具有以下優點：第一，通過調整製備參數，控制第二半導體層140的厚度介於5奈米至60奈米，使金屬電漿產生層160與活性層130更好的相互作用，產生更多的光子，提高發光二極體20的發光效率；第二，通過在金屬電漿產生層160上方製備一第一光學對稱層180與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3，製備一第二光學對稱層190與基底110的折射率之差小於等於0.1，使活性層130中產生的光子以金屬電漿產生層160為對稱中心，向金屬電漿產生層160的靠近基底110的一側及遠離基底110的一側均傳播較好，使發光二極體20的出光均勻，且發光效率提高。

【0090】 本發明第八實施例提供一種橫向結構的發光二極體20的製備方法，其包括以下步驟：

- 【0091】 步驟S510：提供一基底110，該基底110具有一外延生長面112；
- 【0092】 步驟S520：在基底110的外延生長面112依次外延生長一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140；
- 【0093】 步驟S530：形成一第三光學對稱層150於所述第二半導體層140遠離基底110的表面；
- 【0094】 步驟S540：形成一金屬電漿產生層160於所述低折射率材料層150遠離基底110的表面；
- 【0095】 步驟S550：形成一第四光學對稱層170於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面；
- 【0096】 步驟S560：依次形成一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面，該第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體等效折射率之差小於等於0.3，該第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1；及
- 【0097】 步驟S570：製備一第一電極112與第一半導體層120電連接，製備一第二電極114與第二半導體層140電連接。
- 【0098】 本發明第八實施例提供的發光二極體20的製備方法與本發明第七實施例提供的發光二極體20的製備方法相似，其區別在於：形成一第三光學對稱層150及一第四光學對稱層170於金屬陶瓷層160靠近基底110的表面及遠離基底110的表面。
- 【0099】 由於第三光學對稱層150及第四光學對稱層170的材料一樣，因此步驟S530及步驟S550中的製備第三光學對稱層150及第四光學對

稱層170的方法相同。所述製備第三光學對稱層150的方法依據第三光學對稱層150具體材料而定，具體地可為電子束蒸發、磁控濺射或化學氣相沈積等方法。本實施例中，所述第三光學對稱層150的材料係二氧化矽。本實施例中，採用化學氣相沈積的方法在所述第二半導體層140上沈積一層二氧化矽薄膜。該二氧化矽薄膜用作第三光學對稱層150。該第三光學對稱層150的厚度為30奈米。所述第二低折射率材料170的厚度為30奈米。

【0100】 本發明第八實施例提供的發光二極體20的製備方法具有以下優點：形成一第三光學對稱層150及一第四光學對稱層170於金屬電漿產生層160靠近基底110的表面及遠離基底110的表面，使金屬電漿產生層160中產生的金屬電漿可避免被轉換為熱。

【0101】 請參閱圖10，發明第九實施例提供一種橫向結構的發光二極體20，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一第二光學對稱層190、一第一電極124及一第二電極144。所述基底110具有一外延生長面112。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的外延生長面112。所述第一電極124與所述第一半導體層120電連接。所述第二電極144與所述第二半導體層140電連接。所述發光二極體20進一步包括複數三維奈米結構。

【0102】 本發明第九施例所提供的發光二極體20的結構與第六實施例提供

的發光二極體20的結構相似，其區別在於，所述發光二極體20進一步包括複數三維奈米結構。本實施例中，所述第二半導體層140遠離基底110的表面為複數三維奈米結構並排延伸形成的圖案化的表面，每個三維奈米結構沿其延伸方向上的橫截面為M形，所述形成於所述第二半導體層140遠離基底110的一側的各層隨著該三維奈米結構的起伏而起伏。當三維奈米結構設置在第二半導體層140遠離基底110的表面上時，形成於第二半導體層140遠離基底110的表面的第四區域的第二電極144的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面上也形成有三維奈米結構。

【0103】 本發明第九實施例提供的發光二極體20的有益效果係：第一，在使用過程中，當光子以大角度入射到該三維奈米結構時，可改變所述光子的出射角度，而使之從出光面射出，進一步提高了所述發光二極體20的出光效率；第二，通過在所述活性層130至少一表面形成複數三維奈米結構，因此增大了所述活性層130與第一半導體層120及第二半導體層140之間的接觸面積，提高了電洞與電子的複合幾率，提高了複合密度，進而提高了所述發光二極體20的發光效率，製備方法簡單，效率高；第三，由於第二電極144的靠近基底110的表面及遠離基底110的表面上也形成有三維奈米結構，因此，增加了第二電極144及第二半導體層140之間的接觸面積，使得電流更好的注入第二半導體層140。

【0104】 本發明第十實施例提供一種製備第九實施例中的發光二極體20的方法。其包括以下步驟：

【0105】 步驟S710：提供一基底110，該基底110具有一外延生長面112；

【0106】 步驟S720：在基底110的外延生長面112依次外延生長一緩衝層

116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140；

- 【0107】 步驟S730：在所述第二半導體層140的遠離基底110的表面形成複數三維奈米結構；
- 【0108】 步驟S740：形成一第三光學對稱層150於所述第二半導體層140遠離基底110的表面；
- 【0109】 步驟S750：形成一金屬電漿產生層160於所述第三光學對稱層150遠離基底110的表面；
- 【0110】 步驟S760：形成一第四光學對稱層170於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面；
- 【0111】 步驟S770：依次形成一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面，該第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3，該第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1；及
- 【0112】 步驟S780：製備一第一電極124與第一半導體層120電連接，製備一第二電極144與第二半導體層140電連接。
- 【0113】 本發明第十實施例提供的發光二極體20的製備方法與本發明第七實施例提供的發光二極體20的製備方法相似，其區別在於，進一步包括一形成複數三維奈米結構143於所述第二半導體層140的遠離基底110的表面的步驟S730。
- 【0114】 所述步驟S730中所述形成複數三維奈米結構於所述第二半導體層140的遠離基底110的表面的方法包括以下步驟：

- 【0115】 步驟S731，在所述第二半導體層140的表面設置一光罩層；
- 【0116】 步驟S732，奈米壓印並蝕刻所述光罩層，使所述光罩層圖形化；
- 【0117】 步驟S733，蝕刻所述第二半導體層140，使所述第二半導體層140的表面圖形化，形成複數三維奈米結構預製體；
- 【0118】 步驟S734，去除所述光罩層，形成所述複數三維奈米結構。
- 【0119】 在步驟S731中，所述光罩層可為一單層結構或複合層結構。本實施例中，所述光罩層為一複合層結構，所述複合層結構包括一第一光罩層及一第二光罩層，所述第一光罩層及第二光罩層依次層疊設置於所述第二半導體層140表面，所述第一光罩層的材料為ZEP520A，第二光罩層的材料為HSQ (hydrogen silsesquioxane)。
- 【0120】 在步驟S732中，通過奈米壓印及蝕刻所述光罩層圖形化的方法具體包括以下步驟：
- 【0121】 步驟(a)，提供一表面具有奈米圖形的範本，所述奈米圖形包括複數並排延伸的凸部，相鄰的凸部之間具有一凹槽1136。
- 【0122】 步驟(b)，將範本具有奈米圖形的表面與所述第二光罩層貼合，並在常溫下擠壓所述範本與第二半導體層140後，脫模。
- 【0123】 步驟(c)，通過蝕刻去除所述凹槽底部的第二光罩層，露出第一光罩層。
- 【0124】 步驟(d)，去除與所述第二光罩層的凹槽對應位置處的部份第一光罩層，露出第二半導體層140，形成圖形化的所述光罩層。所述“圖形化”係指所述光罩層在第二半導體層140的表面形成

複數並排延伸的凸起結構，相鄰的凸起結構之間形成一溝槽，與溝槽對應區域的第二半導體層140的表面暴露出來，所述凸起結構覆蓋此區域之外第二半導體層140的表面。

【0125】 在步驟S733中，蝕刻所述第二半導體層140，使所述第二半導體層140的表面圖形化，並形成複數三維奈米結構預製體。

【0126】 所述蝕刻方法可通過將上述第二半導體層140放置在一感應耦合電漿系統中，利用蝕刻氣體對第二半導體層140進行蝕刻。本實施例中，所述蝕刻氣體為混合氣體，所述混合氣體包括 Cl_2 、 BCl_3 、 O_2 及Ar氣體。所述電漿系統的功率可10瓦至150瓦，所述混合氣體的通入速率可為8至150sccm，形成的氣壓可為0.5帕至15帕，蝕刻時間可為5秒至5分鐘。本實施例中，所述等離子系統的功率為70W，所述電漿的通入速率為40sccm，氣壓為2Pa，蝕刻時間為120秒，其中，所述 Cl_2 的通入速率為26sccm，所述 BCl_3 的通入速率為16sccm，所述 O_2 的通入速率為20sccm，所述Ar的通入速率為10sccm。在蝕刻的過程中，與光罩層中溝槽部份第二半導體層140被氣體所蝕刻去除，從而在第二半導體層140的表面形成一凹槽。

【0127】 本實施例中，所述第二半導體層140的蝕刻主要包括以下步驟：

【0128】 步驟一，所述蝕刻氣體對未被光罩層覆蓋的第二半導體層140表面進行蝕刻，在第二半導體層140表面形成複數凹槽，所述凹槽的深度基本相同。

【0129】 步驟二，在所述電漿的轟擊作用下，所述光罩層中相鄰的兩個凸起結構逐漸相向傾倒，使所述兩個凸起結構的頂端逐漸兩兩靠在

一起而閉合，所述電漿對該閉合位置內所述第二半導體層140的蝕刻速率逐漸減小，從而在第二半導體層140表面形成所述第一凹槽1136，在未發生閉合的兩個凸起結構之間，形成第二凹槽1138，且形成的所述第二凹槽1138的深度大於所述第一凹槽1136的深度。

【0130】 在第一步驟中，所述蝕刻氣體對未被光罩層覆蓋的第二半導體層140表面進行蝕刻，在蝕刻的過程中，所述氣體會與第二半導體層140反應，從而在蝕刻表面形成一保護層，阻礙氣體的進一步蝕刻，使得蝕刻面逐漸減小，即形成所述凹槽的寬度沿蝕刻方向逐漸減小。同時，所述蝕刻氣體對所述光罩層中所述凸起結構的頂端（即遠離第二半導體層140表面的一端）進行蝕刻。並且，由於所述光罩層遠離第二半導體層140表面的部份側面被蝕刻，從而使得所述凸起結構頂端的寬度逐漸變窄。

【0131】 在第二步驟中，主要包括以下幾個過程：

【0132】 第一過程，在氣體蝕刻的過程中，由於所述氣體的轟擊作用下，相鄰的凸起結構之間依次兩兩閉合，即相鄰的兩個凸起結構的頂端逐漸兩兩靠在一起。

【0133】 第二過程，由於相鄰的兩個凸起結構逐漸閉合，所述蝕刻氣體對該閉合位置內所述第二半導體層140的蝕刻速率逐漸減小，即在該位置處形成凹槽的寬度沿蝕刻深度進一步減小，進而形成一V形結構的凹槽，且該V形凹槽的深度較淺。而未閉合的凸起結構之間，由於所述蝕刻氣體可繼續以近似相同的蝕刻速率對該位置處的第二半導體層140進行蝕刻，因此該位置處相對於閉合位置處形成的凹槽的深度較深。

- 【0134】 第三過程，所述凸起結構兩兩閉合後，使所述蝕刻氣體無法再對該閉合位置處的第三半導體層140進行蝕刻，從而在第三半導體層140的表面形成所述第一凹槽1136。同時，在未發生閉合的兩個凸起結構之間，所述蝕刻氣體可繼續對所述第三半導體層140進行蝕刻，進而形成第二凹槽1138，因此該位置處第二凹槽1138的深度，大於所述第一凹槽1136的深度，從而形成所述三維奈米結構預製體。
- 【0135】 在步驟S634中，所述光罩層可通過有機溶劑如四氫呋喃（THF）、丙酮、丁酮、環己烷、正己烷、甲醇或無水乙醇等無毒或低毒環保溶劑作為剝離劑，溶解所述光罩層等方法去除，從而形成所述複數三維奈米結構。本實施例中，所述有機溶劑為丁酮。
- 【0136】 可以理解地，所述三維奈米結構還可形成於活性層遠離基底110的表面或者第一半導體層120遠離基底110的表面。
- 【0137】 本發明第十實施例提供的所述發光二極體20的製備方法具有以下優點：其一，本發明通過奈米壓印及蝕刻的方法在所述第三半導體層140表面設置複數三維奈米結構形成一三維奈米結構陣列，其可在室溫下進行壓印，且範本無須預先處理，使得該方法方法簡單，成本低。其二，對所述第三半導體層140進行蝕刻並使所述光罩層中的凸起結構兩兩閉合，可方便的製備大面積週期性的M形三維奈米結構，形成一大面積的三維奈米結構陣列，從而提高了所述發光二極體20的產率。
- 【0138】 請參閱圖11，本發明第十一實施例提供一種橫向結構的發光二極體20，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一

金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一第二光學對稱層190、一反射元件192、一第一電極124及一第二電極144。所述基底110具有一外延生長面112。所述第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180、第二光學對稱層190及反射元件192依次層疊設置於所述基底110的外延生長面112。所述第一電極124與所述第一半導體層120電連接。所述第二電極144與所述第二半導體層144電連接。

【0139】 本發明第十一實施例提供的發光二極體20的結構與第六實施例提供的發光二極體20的結構相似，其區別在於，一反射元件192設置於第二光學對稱層190遠離基底110的表面。

【0140】 該反射元件192可使由第二光學對稱層190出射的光線被反射至基底110，進而從基底110的表面出射。反射元件192可為一反射層。所述反射層與所述第二光學對稱層190相互接觸設置。所述反射元件192由一連續的具有面狀結構的金屬材料層構成。該金屬材料可為鋁、金、銅及銀中的一種或上述任意組合的合金。該反射元件192的厚度不限，以盡可能多的反射由第二光學對稱層190出射的光為優。優選地，該反射元件192的厚度大於20微米。本實施例中該反射元件192的材料為銀，厚度為20奈米。所述反射層可通過真空蒸鍍或磁控濺射等方法形成於所述出光端面11。

【0141】 所述反射元件192還可為設置於第二光學對稱層190遠離基底110的表面的複數微結構。所述微結構為凹槽或凸起。所述微結構的形狀為V形、圓柱形、半圓球形、金字塔形及削去尖端部份的金

字塔形中的一種或幾種。該微結構在所述第二光學對稱層190遠離基底110的表面均勻分佈。進一步地，所述反射元件192還可包括一反射材料，該反射材料設置於所述微結構表面。所述反射材料為鋁、金、銅及銀中的一種或上述任意組合的合金。所述反射材料可通過真空蒸鍍或磁控濺射等方法形成於所述微結構表面。

【0142】 所述反射元件192設置於所述第二光學對稱層190遠離基底110的表面，可使活性層130中產生的光全部由基底110一側出射。

【0143】 可以理解地，所述反射元件192還可設置於所述基底110的遠離活性層130的表面，如此，反射元件192可將活性層130中產生的光子進行反射而使之從第二光學對稱層190遠離基底110的表面出射。

【0144】 本發明第十一實施例提供的發光二極體20具有以下有益效果：通過設置反射元件192可使發光二極體20所有的光僅從一表面出射，因此，發光二極體20的光被集中在一出光面，使該發光二極體20的出光面具有較好的光強。

【0145】 請參閱圖12，本發明第十二實施例提供一種垂直結構的發光二極體20，其包括：一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一第一電極124及一第二電極144。所述第一半導體層120具有相對的一第一表面121及一第二表面122。所述活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170及一第一光學對稱層180依次層疊設置於所述第一半導體層120的第二表面122。所述第一半導體層120、活性層130及第四半導體層140構

成發光二極體20的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述有源層的整體的等效折射率之差之差小於等於0.3。所述第一電極124覆蓋所述第一半導體層120的第一表面。所述第二電極144與所述第二半導體層140電連接。

【0146】 本發明第十二實施例提供的發光二極體20為一種垂直結構。垂直結構的發光二極體20的定義為：發光二極體20具有較高電阻的第二半導體層140的大部份被一電極覆蓋，電流垂直流過具有高電阻的P型半導體層，所述第一電極124及第二電極144位於第一半導體層120的兩側。所述第二半導體層140為P型半導體層，所述第一半導體層120為N型半導體層。

【0147】 本發明第十二實施例提供的垂直結構的發光二極體20的結構與第六實施例提供的橫向結構的發光二極體20的結構相似，其區別在於，第一，所述第九實施例提供的所述發光二極體20不包括第二光學對稱層190；第二，所述第九實施例提供的發光二極體20不包括基底110及緩衝層116，基底110及緩衝層116被替換為一第一電極124；及所述活性層130覆蓋第一半導體層120的全部表面。

【0148】 本發明第十二實施例提供的垂直結構的發光二極體20具有以下效果：第一，第一電極124及第二電極144位於彼此垂直正對的上下方，因此當電流通過第一電極124及第二電極144流入發光二極體20中時，電流垂直流過具有高電阻的P型半導體層，因此，電流在P型半導體層中產生的熱量比較少；及第二，由於藍寶石的散熱性較差，因此將藍寶石替換為第一電極124可使發光二極體的20散熱效果改進，進而提高發光二極體20的壽命。

【0149】 本發明第十三實施例提供一種製備第十二實施例中的發光二極體

20的方法，其包括以下步驟：

- 【0150】 步驟S1310：提供一基底110，該基底110具有一外延生長面112；
- 【0151】 步驟S1320：在基底110的外延生長面112依次外延生長一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140；
- 【0152】 步驟S1330：形成一第三光學對稱層150於所述第二半導體層140遠離基底110的表面；
- 【0153】 步驟S1340：形成一金屬電漿產生層160於所述低折射率材料層150遠離基底110的表面；
- 【0154】 步驟S1350：形成一第四光學對稱層170於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面；
- 【0155】 步驟S1360：形成一折射率與所述有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3的第一光學對稱層180；
- 【0156】 步驟S1370：去除所述基底110，暴露出所述第一半導體層120；
及
- 【0157】 步驟S1380：在第一半導體層120暴露的表面製備一第一電極124，製備一第二電極144與第二半導體層140電連接。
- 【0158】 本發明第十三實施例提供一種發光二極體20的製備方法，其與第七實施例提供的發光二極體20的製備方法相似，其區別在於：第一，去除基底110，暴露出所述第一半導體層120，在第一半導體層120暴露的表面製備第一電極224；第二，所述活性層130覆蓋第一半導體層120的全部表面；及第三，不需製備第二光學對稱層190。

- 【0159】 在步驟S1370中，所述基底110的去除方法可為雷射照射法、腐蝕法或溫差自剝離法（利用基底110與半導體層之間的膨脹係數不同進行剝離）。所述去除方法可根據基底110及第一半導體層120材料的不同進行選擇。本實施例中，所述基底110的去除方法為雷射照射法。具體的，所述去除方法包括以下步驟：
- 【0160】 S1371，將所述基底110中未生長第一半導體層120的表面進行拋光並清洗；
- 【0161】 S1372，將經過表面清洗的基底110放置於一平臺（圖未示）上，並利用雷射對所述基底110與第一半導體層120進行掃描照射；
- 【0162】 S1373，將經雷射照射後的基底110浸入溶液中去除所述基底110。
- 【0163】 在步驟S1371中，所述拋光方法可為機械拋光法或化學拋光法，使所述基底110的表面平整光滑，以減少後續雷射照射中雷射的散射。所述清洗可用鹽酸、硫酸等沖洗所述基底110的表面，從而去除表面的金屬雜質及油污等。
- 【0164】 在步驟S1372中，所述雷射從基底110拋光後的表面入射，且入射方向基本垂直於所述基底110拋光後的表面，即基本垂直於所述基底110與第一半導體層120的介面。所述雷射的波長不限，可根據第一半導體層120及基底110的材料選擇。具體的，所述雷射的能量小於基底110的帶隙能量，而大於第一半導體層120的帶隙能量，從而雷射能夠穿過基底110到達第一半導體層120，在第一半導體層120與基底110的介面處進行雷射剝離。所述介面處第一半導體層120的緩衝層116對雷射產生強烈的吸收，從而使得介面處

的緩衝層116溫度快速升高而分解。本實施例中所述第一半導體層120為GaN，其帶隙能量為3.3eV；基底110為藍寶石，其帶隙能量為9.9eV；所述雷射器為KrF雷射器，發出的雷射波長為248nm，其能量為5eV，脈衝寬度為20至40ns，能量密度為400至600mJ/cm²，光斑形狀為方形，其聚焦尺寸為0.5mm×0.5mm；掃描位置從所述基底110的邊緣位置開始，掃描步長為0.5mm/s。在掃描的過程中，所述GaN開始分解為Ga及N₂。可以理解，所述脈衝寬度、能量密度、光斑形狀、聚焦尺寸及掃描步長可根據實際需求進行調整；可根據第一半導體層120對特定波長的雷射具有較強的吸收作用選擇相應波長的雷射。

【0165】 由於所述第一半導體層120與基底110介面處對上述波長的雷射具有很強的吸收作用，因此，所述緩衝層116的溫度快速升高而分解；而所述第一半導體層120中其他部份對上述波長的雷射吸收較弱，因此所述第一半導體層120並不會被所述雷射所破壞。可以理解，對於不同的第一半導體層120可選擇不同波長的雷射，使緩衝層116對雷射具有很強的吸收作用。

【0166】 所述雷射照射的過程在一真空環境或保護性氣體環境進行以防止在雷射照射的過程中奈米碳管被氧化而破壞。所述保護性氣體可為氮氣、氬氣或氫氣等惰性氣體。

【0167】 在步驟S1373中，可將雷射照射後的基底110浸入一酸性溶液中進行酸化處理，以去除GaN分解後的Ga，從而實現基底110與第一半導體層120的剝離。所述溶液可為鹽酸、硫酸、硝酸等可溶解Ga的溶劑。

【0168】 請參閱圖13，本發明第十四實施例提供一種垂直結構的發光二極

體20，其包括一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一第一電極124及一第二電極144。所述第一半導體層120具有相對的一第一表面121及一第二表面122。所述活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170及第一光學對稱層180依次層疊設置於所述第一半導體層120的第二表面122。所述第一電極124覆蓋所述第一半導體層120的第一表面。所述第二電極144與所述第二半導體層140電連接。所述發光二極體20進一步包括複數三維奈米結構。

【0169】 本發明第十四實施例提供的發光二極體20的結構與本發明第十二實施例提供的發光二極體20的結構相似，其區別在於，所述發光二極體20進一步包括複數三維奈米結構。

【0170】 本發明第十四實施例提供的發光二極體20的三維奈米結構與第五實施例提供的半導體結構10中的三維奈米結構相同，此時，由於所述第十四實施例提供的發光二極體20不包括第二光學對稱層190，因此，所述三維奈米結構不存在於所述第二光學對稱層190中。

【0171】 本發明第十五實施例提供一種製備第十四實施例中的發光二極體20的方法，其包括以下步驟：

【0172】 步驟S1510：提供一基底110，該基底110具有一外延生長面112；

【0173】 步驟S1520：在基底110的外延生長面112依次外延生長一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130及一第二半導體層140；

- 【0174】 步驟S1530：形成複數三維奈米結構143於所述第二半導體層140遠離基底110的表面；
- 【0175】 步驟S1540：形成一第三光學對稱層150於所述第二半導體層140遠離基底110的表面；
- 【0176】 步驟S1550：形成一金屬電漿產生層160於所述低折射率材料層150遠離基底110的表面；
- 【0177】 步驟S1560：形成一第四光學對稱層170於所述金屬電漿產生層160遠離基底110的表面；
- 【0178】 步驟S1570：形成一折射率與所述有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3的第一光學對稱層180；
- 【0179】 步驟S1580：去除所述基底110，暴露出所述第一半導體層120；
及
- 【0180】 步驟S1590：在第一半導體層120暴露的表面製備一第一電極124，製備一第二電極144與第二半導體層140電連接。
- 【0181】 請參閱圖14，本發明第十六實施例提供一種垂直結構的發光二極體20，其包括一第一半導體層120，一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180、一反射元件192、一第一電極124及一第二電極144。所述第一半導體層120具有相對的一第一表面121及一第二表面122。所述活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及所述反射元件192依次層疊設置於所述第一半導體層120的第二表面122。所述第一電極124覆蓋

所述第一半導體層120的第一表面。所述第二電極144與所述第二半導體層140電連接。

【0182】 本發明第十六實施例提供一種垂直結構的發光二極體20與本發明第十二實施例提供的垂直結構的發光二極體20結構相似，其區別在於，第十六實施例提供的發光二極體20具有一反射元件192設置於第一光學對稱層180的表面。

【0183】 本發明第十六實施例提供一種發光二極體20具有以下有益效果：所述反射元件192可使來自活性層130的光被反射至第一電極124處，從而使光線集中從第一電極124表面出射，因此，發光二極體20在第一電極124處的出光效果較好。

【0184】 請參閱圖15，本發明第十七實施例提供一種太陽能電池30，該太陽能電池30包括一基底110、一緩衝層116、一第一矽層126、一第二矽層146、一光電轉換層136、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190。所述緩衝層116、第一矽層122、第二矽層142、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的表面。所述第三光學對稱層150與第四光學對稱層170的折射率一致。所述第一矽層122、活性層130及第二矽層142構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。所述半導體結構10以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的

折射率相近。故，該太陽能電池30為一光學對稱結構。該太陽能電池30中的結構與本發明第一實施例提供的半導體結構10的結構一致。

【0185】 所述太陽能電池30可不包括所述基底110、緩衝層116及第二光學對稱層190，所述太陽能電池30仍係光學對稱結構。所述基底110、緩衝層116及第二光學對稱層190在太陽能電池30中係同時存在或者同時不存在。

【0186】 所述太陽能電池30可不包括所述第三光學對稱層150及第四光學對稱層170，此時所述太陽能電池30仍係光學對稱結構。所述第三光學對稱層150及第四光學對稱層170在所述太陽能電池30中同時存在或同時不存在。

【0187】 所述第一矽層122為一P型矽層或一N型矽層。所述第二矽層142為一P型矽層或一N型矽層。所述第一矽層122與所述第二矽層142的類型相反。當所述第一矽層122為一P型矽層時，所述第二矽層142為一N型矽層。當所述第一矽層122為一N型矽層時，所述第二矽層142為一P型矽層。本實施例中，所述第一矽層122為一P型矽層，所述第二矽層142為一N型矽層。

【0188】 在使用過程中，所述太陽能電池30的入光端面310用於接收太陽光。所述太陽能電池30的入光端面310包括基底110、緩衝層116、第一矽層122、活性層130、第二矽層142、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190中的每個元件的一側面。所述太陽能電池30的出光端面320用於出射太陽光。所述入光端面310與出光端面320平行且相對設置。

- 【0189】 所述太陽能電池30具有如下有益效果：在使用過程中，由入光端面310入射的太陽光入射至金屬電漿產生層160，該金屬電漿產生層160在太陽光的照射下，產生金屬電漿，該部份金屬電漿被P-N結吸收，從而使P-N結產生更多的電子及電洞，從而使太陽能電池30的光電轉換效果更高。
- 【0190】 請參閱圖16，本發明第十八實施例提供一種波導管40，其包括一基底110、一緩衝層116、一第一半導體層120、一活性層130、一第二半導體層140、一第三光學對稱層150、一金屬電漿產生層160、一第四光學對稱層170、一第一光學對稱層180及一第二光學對稱層190。所述緩衝層116、第一半導體層120、活性層130、第二半導體層140、第三光學對稱層150、金屬電漿產生層160、第四光學對稱層170、第一光學對稱層180及第二光學對稱層190依次層疊設置於所述基底110的表面。所述第三光學對稱層150與第四光學對稱層170的折射率一致。所述第一半導體層120、活性層130及第二半導體層140構成半導體結構10的有源層。所述第一光學對稱層180的折射率與所述緩衝層116及有源層的整體的等效折射率的差值小於等於0.3。所述第二光學對稱層190的折射率與基底110的折射率之差小於等於0.1。所述波導管40以金屬電漿產生層160為對稱中心，位於金屬電漿產生層160兩側對稱位置的兩元件的折射率相近。故，該波導管40為一光學對稱結構。所述波導管40與本發明第一實施例提供的半導體結構10的結構一致。
- 【0191】 所述金屬電漿產生層160的具有相對的一第一側面161及一第二側面162。該第一側面161及第二側面162彼此平行並且正對設置。所述第一側面161作為電磁波的入射面，所述第二側面162作為電

磁波的出射面。

【0192】 所述波導管40的有益效果係：第一，在使用過程中，所述電磁波由金屬電漿產生層160的第一側面161入射，電磁波進入金屬電漿產生層160之後，轉換為金屬電漿，金屬電漿攜帶著電磁波的資訊，在金屬電漿產生層160中傳播，並在第二側面162，金屬電漿又轉換成電磁波，故，所述波導管40實現了傳導電磁波的功能；第二，由於所述波導管40中的各層的折射率關於所述金屬電漿產生層160對稱，因此，當金屬電漿在金屬電漿產生層160中傳導的過程中，金屬電漿更加均勻地限制於金屬電漿產生層160的內部，從而使金屬電漿更好地在金屬電漿產生層160內傳播，從而實現電磁波在金屬電漿產生層160中更好的傳播。

【0193】 綜上所述，本發明確已符合發明專利之要件，遂依法提出專利申請。惟，以上所述者僅為本發明之較佳實施例，自不能以此限制本案之申請專利範圍。舉凡習知本案技藝之人士援依本發明之精神所作之等效修飾或變化，皆應涵蓋於以下申請專利範圍內。

【符號說明】

【0194】 10：半導體結構

【0195】 20：發光二極體

【0196】 30：太陽能電池

【0197】 40：波導管

【0198】 110：基底

【0199】 112：外延生長面

- 【0200】 116：緩衝層
- 【0201】 120：第一半導體層
- 【0202】 124：第一電極
- 【0203】 130：活性層
- 【0204】 140：第二半導體層
- 【0205】 140a：本體部份
- 【0206】 140b：凸起部份
- 【0207】 143：三維奈米結構
- 【0208】 144：第二電極
- 【0209】 150：第三光學對稱層
- 【0210】 160：金屬電漿產生層
- 【0211】 161：金屬電漿產生層的第一側面
- 【0212】 162：金屬電漿產生層的第二側面
- 【0213】 170：第四光學對稱層
- 【0214】 180：第一光學對稱層
- 【0215】 190：第二光學對稱層
- 【0216】 192：反射元件
- 【0217】 310：入光端面
- 【0218】 320：出光端面

【0219】 1132：第一凸棱

【0220】 1134：第二凸棱

【0221】 1136：第一凹槽

【0222】 1138：第二凹槽

【主張利用生物材料】

【0223】 無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種半導體結構，其包括：

一有源層，包括依次層疊設置的一第一半導體層、一活性層及一第二半導體層；

一金屬電漿產生層設置於所述有源層的一側；

一第一光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層遠離有源層的一側，所述第一光學對稱層的折射率的值的範圍為2.2至2.8，所述第一光學對稱層的折射率與有源層的等效折射率之差小於等於0.3。

【第2項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述金屬電漿產生層的材料之折射率為一複數，且該複數的虛部大於零或者小於零，且金屬電漿產生層的材料之介質常數為一複數，且該複數的實部為一負數。

【第3項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述金屬電漿產生層的材料為金屬。

【第4項】 如請求項3所述的半導體結構，其中，所述金屬電漿產生層的材料為金、銀、鋁或銅。

【第5項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述金屬電漿產生層的材料為金屬陶瓷，所述金屬陶瓷層為金屬材料及電介質材料構成的複合材料層。

【第6項】 如請求項5所述的半導體結構，其中，所述金屬陶瓷的成分包括二氧化矽及銀。

【第7項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，進一步包括一第三光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層與所述有源層之間，一第四光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層與所述第一光學對稱層之間。

【第8項】 如請求項7所述的半導體結構，其中，所述第三光學對稱層或者所述第四

光學對稱層的材料為二氧化矽、氟化鎂或氟化鋰。

- 【第9項】 如請求項7所述的半導體結構，其中，所述第三光學對稱層或者所述第四光學對稱層的厚度為5奈米至40奈米。
- 【第10項】 如請求項7所述的半導體結構，其中，所述第三光學對稱層或者所述第四光學對稱層的折射率的範圍為1.2至1.5。
- 【第11項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述第一光學對稱層的材料為二氧化鈦、氧化鉛、氧化鋅或者聚醯亞胺。
- 【第12項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述半導體結構進一步包括複數三維奈米結構，所述三維奈米結構設置於第一半導體層、活性層或/及第二半導體層的遠離基底的表面中。
- 【第13項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述複數三維奈米結構並排延伸，每一所述三維奈米結構包括一第一凸棱及一第二凸棱，所述第一凸棱與第二凸棱並排延伸，相鄰的第一凸棱與第二凸棱之間具有一第一凹槽，相鄰的三維奈米結構之間形成第二凹槽，所述第一凹槽的深度小於第二凹槽的深度。
- 【第14項】 如請求項12所述的半導體結構，其中，每個三維奈米結構沿其延伸方向上的橫截面為M形。
- 【第15項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述半導體結構為一太陽能電池。
- 【第16項】 如請求項1所述的半導體結構，其中，所述半導體結構為一波導管。
- 【第17項】 一種半導體結構，其包括：
- 一基底；
 - 一有源層設置於所述基底的一表面；
- 其改良在於：進一步包括
- 一金屬電漿產生層設置於所述有源層遠離基底的一表面；
 - 一第一光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層遠離基底的一表面，所述

第一光學對稱層的折射率的值的範圍為2.2至2.8，所述第一光學對稱層的折射率與有源層的整體的等效折射率之差小於等於0.3；及
一第二光學對稱層設置於所述第一光學對稱層遠離基底表面，所述第二光學對稱層的折射率與基底的折射率之差小於等於0.1。

【第18項】 如請求項17所述的半導體結構，其中，進一步包括一第三光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層與所述有源層之間，一第四光學對稱層設置於所述金屬電漿產生層與所述第一光學對稱層之間。

【發明圖式】

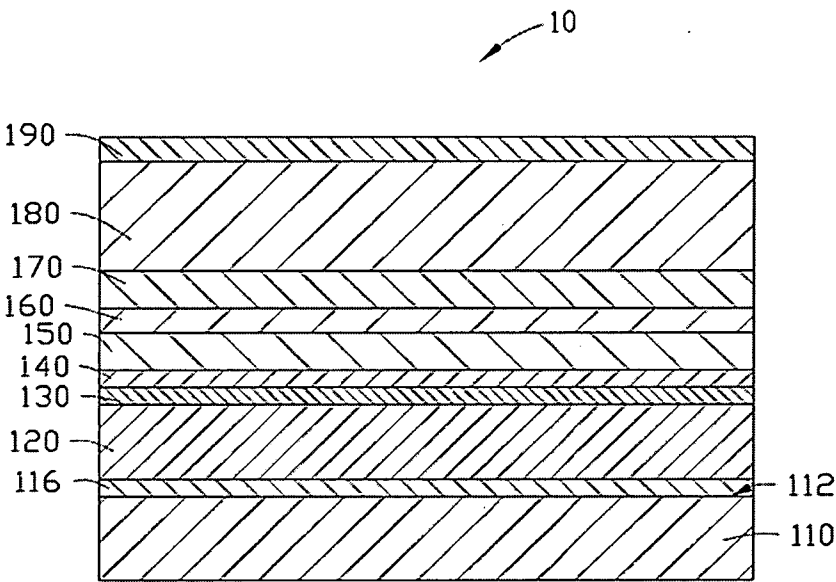


圖 1

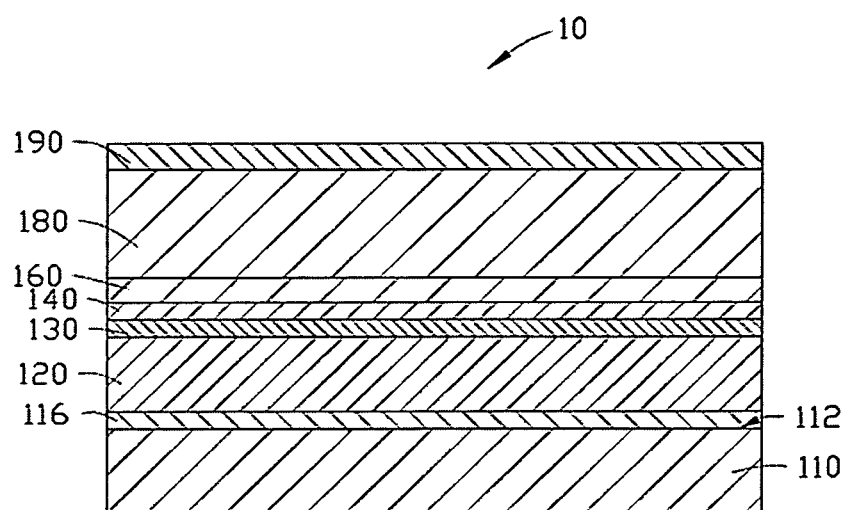


圖 2

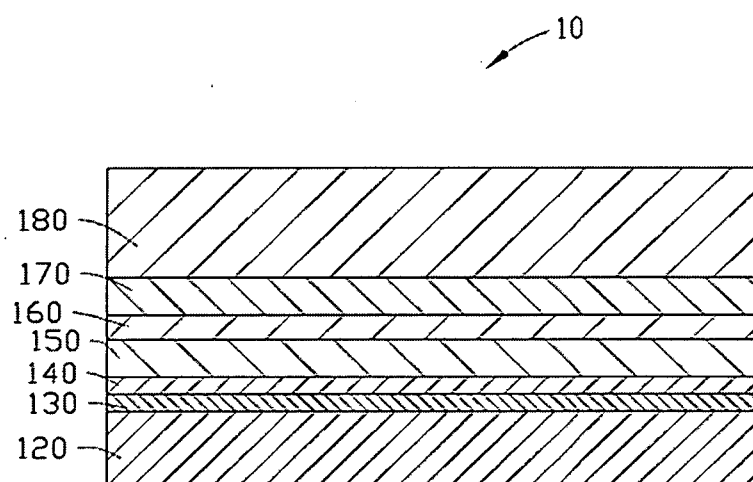


圖 3

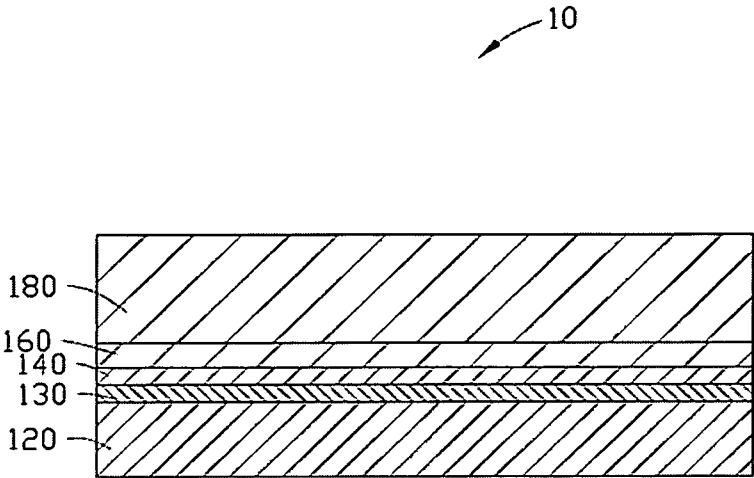


圖 4

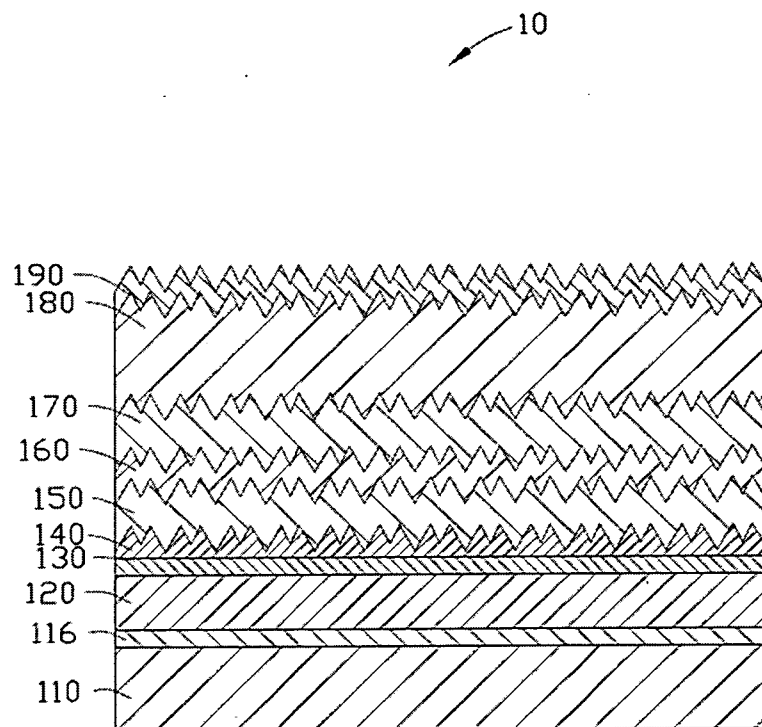


圖 5

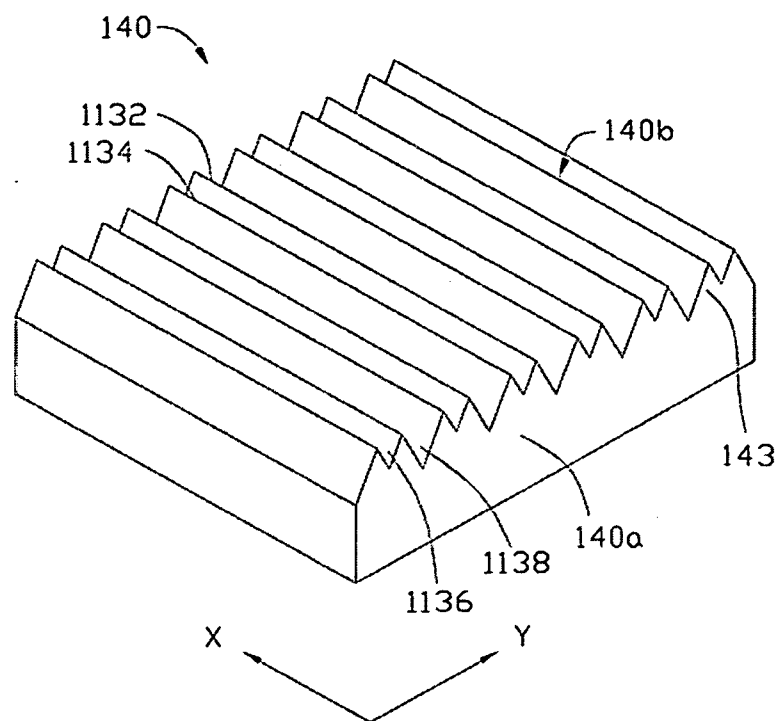


圖 6

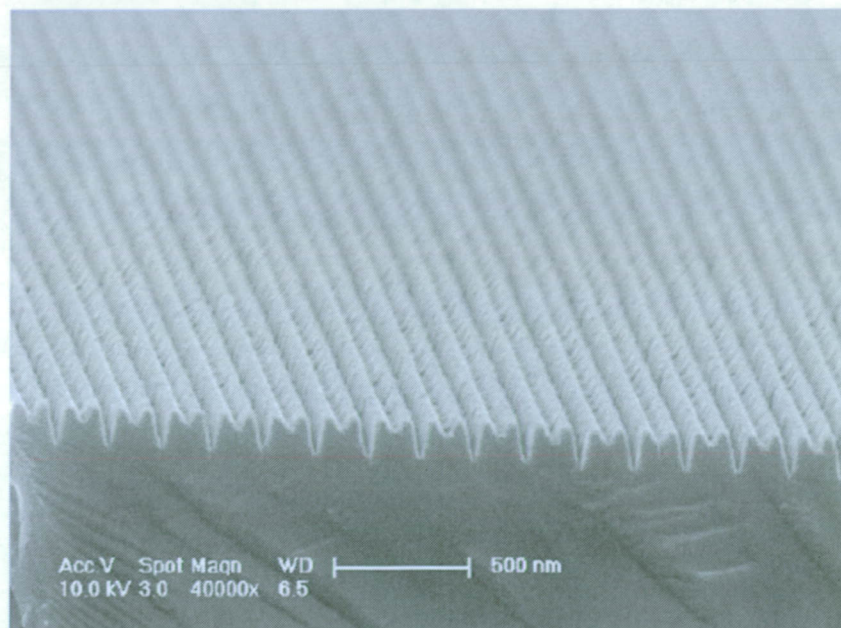


圖 7

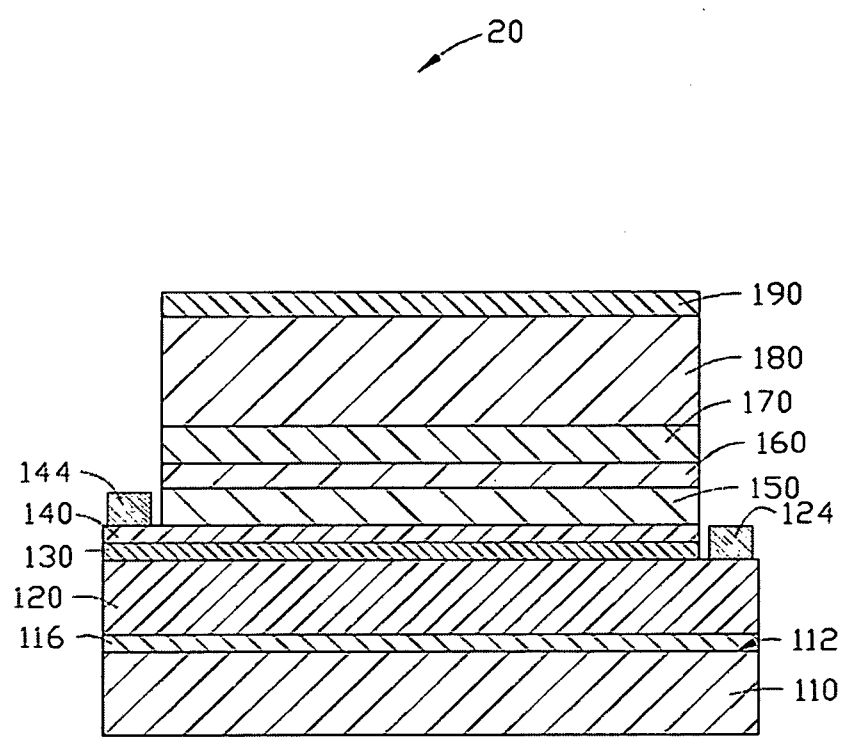


圖 8

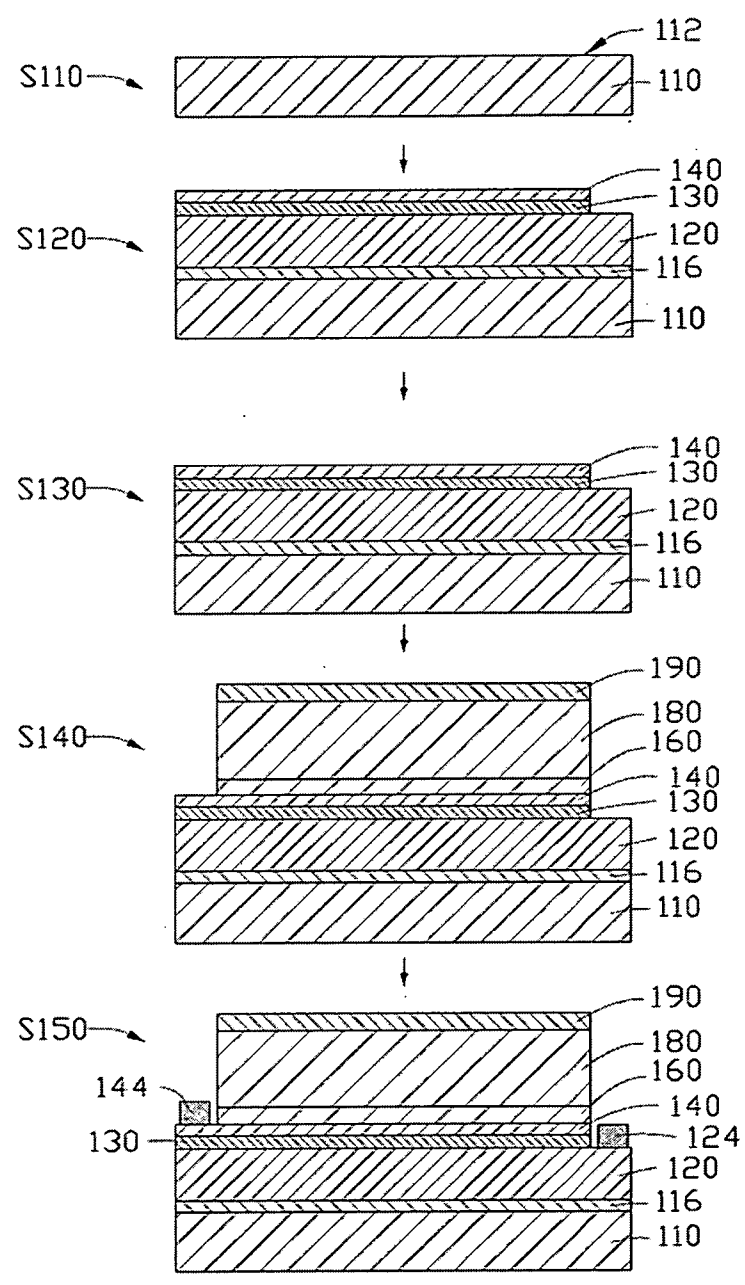


圖 9

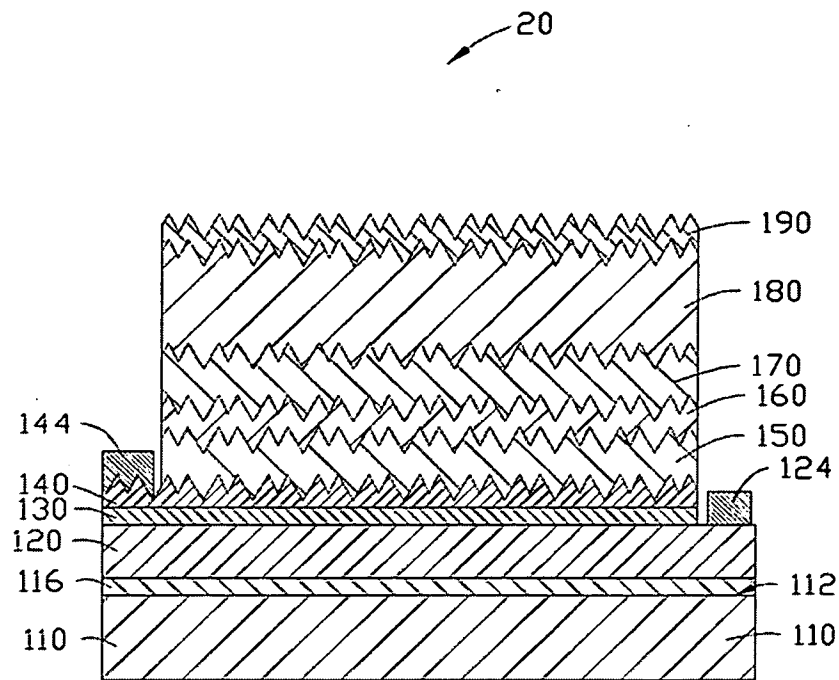


圖 10

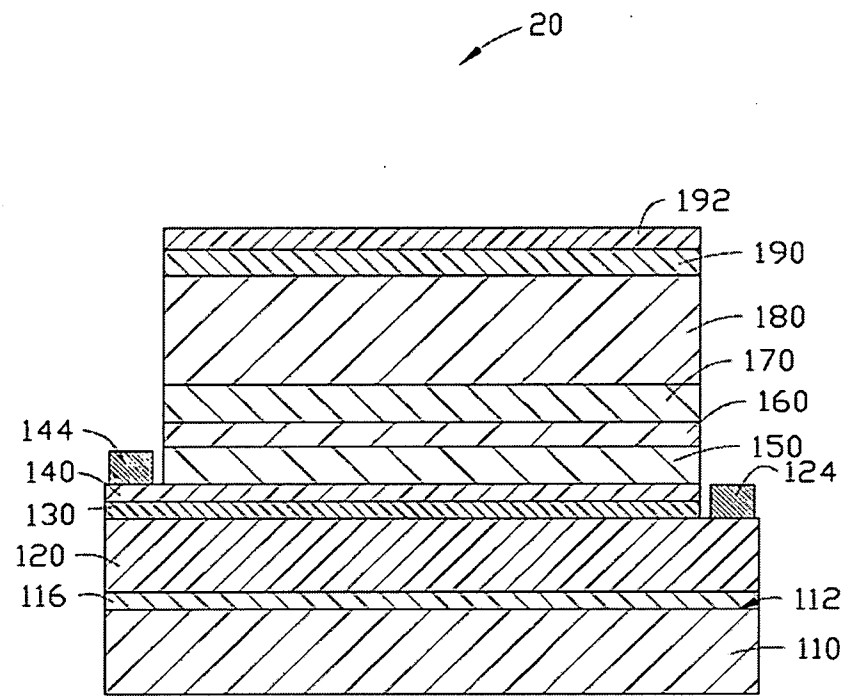


圖 11

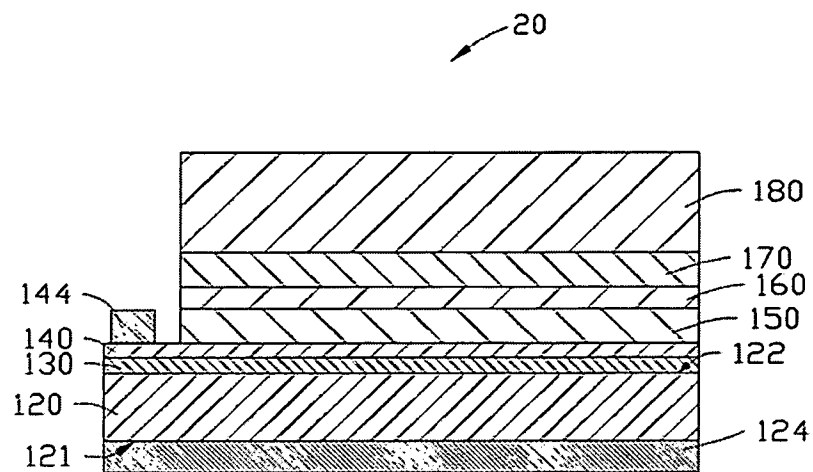


圖 12

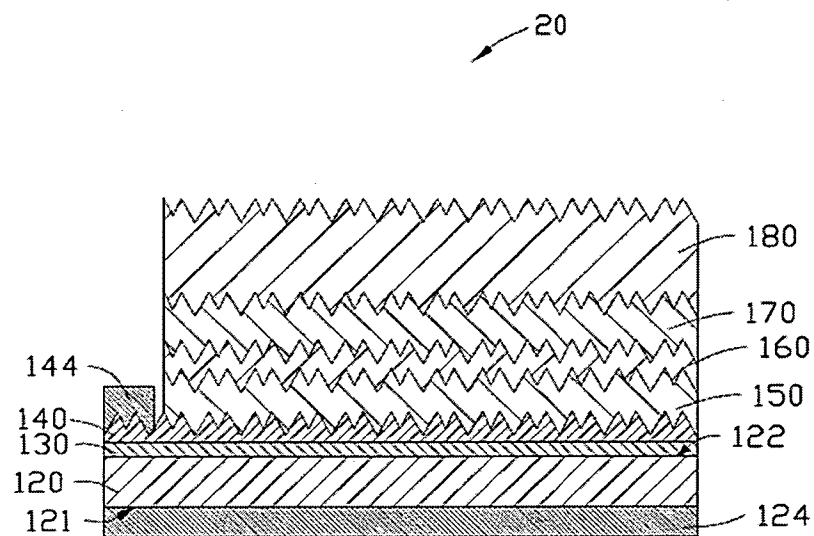


圖 13

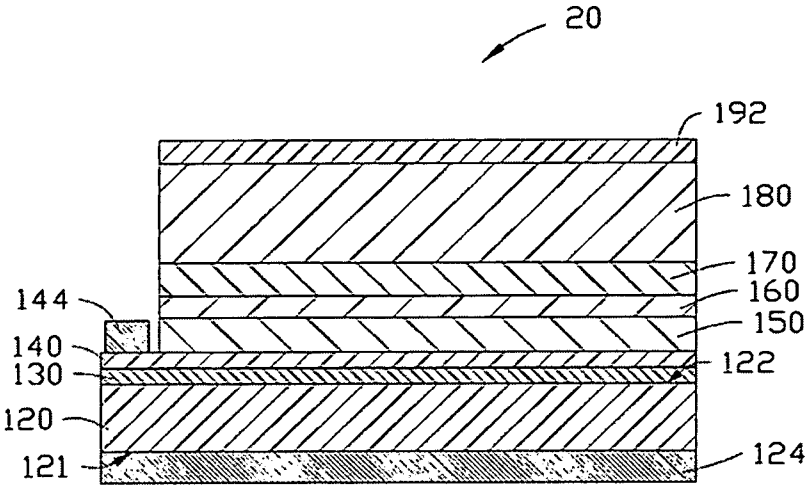


圖 14

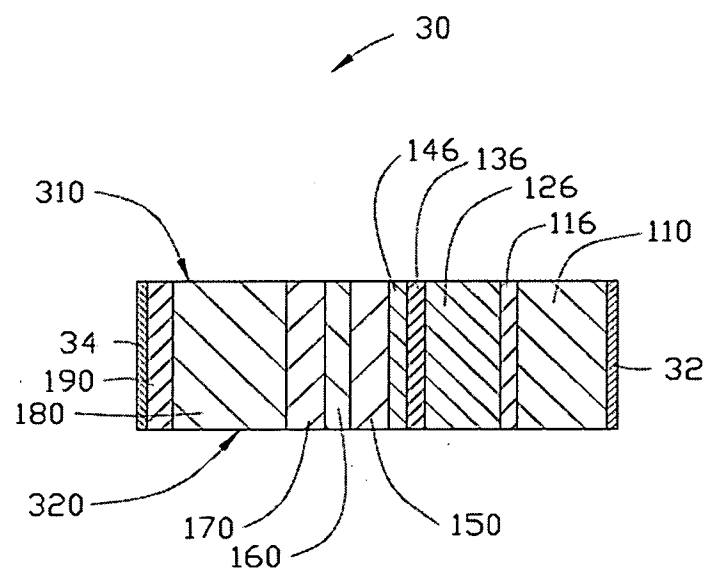


圖 15

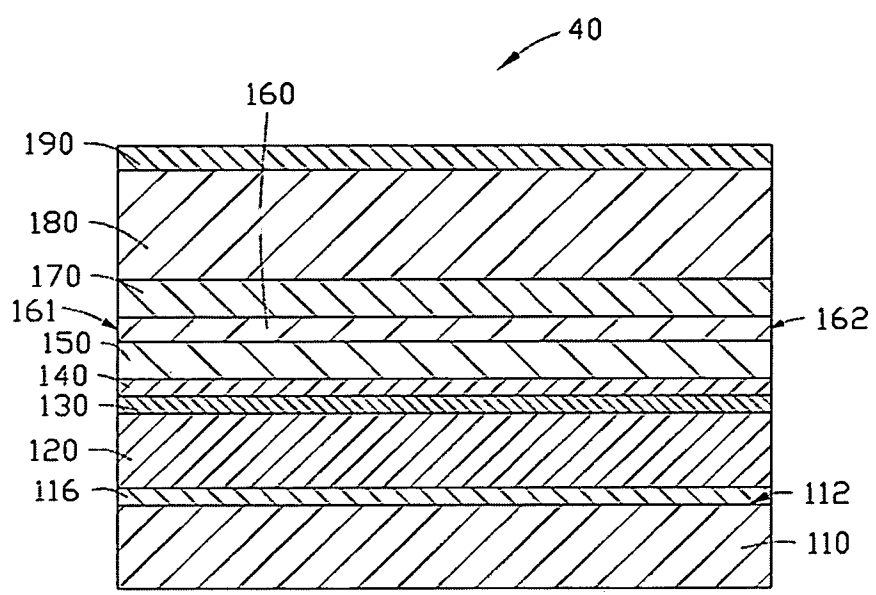


圖 16