

公告本**發明專利說明書**

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93123724

※ 申請日期：93.8.6

※IPC 分類：H01L 33/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/日文)

半導體發光元件及其製造方法

半導体発光素子及びその製造方法

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商住友電氣工業股份有限公司

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

代表人：(中文/英文)

松本 正義

MATSUMOTO, MASAYOSHI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府大阪市中央區北濱四丁目5番33號

5-33, KITAHAMA 4-CHOME, CHUO-KU, OSAKA-SHI, OSAKA

541-0041, JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

秋田 勝史

AKITA, KATSUSHI

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2003年08月08日；特願2003-290308

2. 日本；2004年06月09日；特願2004-171301

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於利用於紫外線等之發光之半導體發光元件及其製造方法。

【先前技術】

以往，在此技術領域之半導體發光元件例如曾揭示於下列非專利文獻1及非專利文獻2。記載於此等文獻之半導體發光元件係在形成Au-Sn層之Cu-W基板上，具有以設於n型電極及p型電極之InGaN量子井構造作為活性層之發光二極體(LED)構造所積疊成層之構造。製造此種半導體發光元件之工序如以下所示：首先，準備藍寶石基板，利用MOVPE法(有機金屬汽相磊晶生長法)或ELO法(磊晶橫向越界生長法)，在此基板上將GaN緩衝層及上述LED構造逐次積疊成層。再於該LED構造上利用金屬蒸鍍形成p型電極，將如此所得之疊層體與Cu-W基板，以使p型電極與Cu-W基板相對方式用Au-Sn焊料加以黏接，其後，利用使用KrF雷射之雷射剝離法(LLO)除去藍寶石基板，並利用化學機械研磨(CMP)除去GaN緩衝層，最後，在被CMP研磨後之表面形成n型電極，而求得上述文獻之半導體發光元件。

[專利文獻1]日本特開平11-68157號公報

[非專利文獻1]Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41(2002)pp. L1434-1436

[非專利文獻2]第50屆應用物理學相關聯合演講會、演講預稿集 pp. 431

【發明內容】

發明人等發現有關發光二極體(LED)之半導體發光元件之技術的問題。即，由於採用藍寶石基板作為製造LED構造之際所利用之基板，故在活性層之貫通差排密度會增高。具體上，在非專利文獻1之半導體發光元件中，活性層之貫通差排密度為 $1.0 \times 10^9/\text{cm}^2$ ，即使在抑制貫通差排之發生之上述非專利文獻2之半導體發光元件中，活性層之貫通差排密度也有 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 。如此導入活性層內之貫通差排會降低半導體發光元件之發光效率。

目前正在追求產生短波長之光之半導體發光元件，在此短波長之半導體發光元件中，可將AlGa_N利用於活性層。此AlGa_N發光二極體之發光效率容易受貫通差排之影響，且由於利用藍寶石基板之AlGa_N半導體發光元件之貫通差排密度較高，故在此發光元件中，不能獲得希望之發光特性。

本發明之目的在於提供可謀求發光效率之提高半導體發光元件及其製造方法。

本發明之半導體發光元件之製造方法係包含在Al_xGa_{1-x}N基板($0 \leq X \leq 1$)上形成內部含發光層之Ga_N系半導體部之工序；在前述Ga_N系半導體部上形成電極膜之工序；在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板之工序；及使前述Al_xGa_{1-x}N基板及前述Ga_N系半導體部之一方由他方分離之工序。

在此半導體發光元件之製造方法中，Ga_N或Al_xGa_{1-x}N基板係由形成於此上之Ga_N系半導體部被分離，在Ga_N系半導

體部黏接導電性基板。由於在具有與GaN系半導體部之晶格常數接近之晶格常數之Ga_N或Al_xGa_{1-x}N基板上，形成內部含發光層之Ga_N系半導體部，故導入Ga_N系半導體部內部之貫通差排密度比生長於藍寶石基板上之Ga_N系半導體部降低。半導體發光元件之發光層因具有低的貫通差排密度，是故，半導體發光元件具有充分高之發光效率。

在本發明之半導體發光元件之製造方法之理想實施形態中，最好前述Al_xGa_{1-x}N基板($0 \leq X \leq 1$)係Ga_N基板。

又，在本發明之製造方法中，最好前述導電性基板係包含金屬。在此方法中，半導體發光元件可有效地將來自發光層之光輸出至元件外部。

又，本發明之製造方法最好進一步包含在前述Ga_N基板上形成前述Ga_N系半導體部之前，在前述Ga_N基板上形成具有帶隙能量小於此基板之帶隙能量之材料所構成之犧牲層之工序；使前述Ga_N基板及前述Ga_N系半導體部之一方由他方分離之工序係將對應於能量大於構成前述犧牲層之材料之帶隙能量而小於Ga_N之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而使前述Ga_N基板及前述Ga_N系半導體部之一方由他方分離。

在本發明之製造方法中，最好前述犧牲層係包含含In之氮化物系化合物半導體。雖使用Ga_N基板，但將具有波長於對應於Ga_N半導體之帶隙之波長之成分之光照射於犧牲層，而藉所謂雷射剝離使Ga_N基板由Ga_N系半導體部分離。

又，在本發明之製造方法中，最好犧牲層係包含含In之氮化物系化合物半導體。在此方法中，犧牲層之材料之帶隙能量小於GaN之帶隙能量，故通過GaN基板之照射光可被犧牲層吸收。

又，在本發明之製造方法中，最好前述發光層係包含具有帶隙能量大於GaN之帶隙能量之材料。在此方法中，來自發光層之光為被GaN基板吸收之光，是故，使用導電性基板取代疊層GaN系半導體部之基板，可提高光取出效率。

又，本發明之半導體發光元件之製造方法最好進一步包含為再使用而再生前述被分離之GaN基板之工序；與利用前述被再生之GaN基板執行以下之工序之工序：在前述被再生之GaN基板上形成內部含發光層之GaN系半導體部之工序；在前述GaN系半導體部上形成電極膜之工序；在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板之工序；及使前述被再生之GaN基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序。在此方法中，分離後之GaN基板可重複再利用於製造半導體發光元件，故可謀求半導體發光元件之製造成本之降低。

在本發明之半導體發光元件之製造方法之合適之實施形態中，最好前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板係前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板($0 < x \leq 1$)。

在此半導體發光元件之製造方法中， $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$)半導體基板係由形成於此上之GaN系半導體部被分離，導電性基板被黏接於GaN系半導體部。由於形成於具有晶格

常數接近於GaN系半導體部之晶格常數之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 半導體基板上，故GaN系半導體部之貫通差排密度比藍寶石基板低，半導體發光元件之發光層之貫通差排密度較低，故半導體發光元件具有良好之發光效率。

又，在本發明之製造方法中，最好前述導電性基板係包含金屬。在此方法中，半導體發光元件可有效地將來自發光層之光輸出至元件外部。

又，本發明之半導體發光元件之製造方法最好進一步包含在前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成前述GaN系半導體部之前，在前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成具有帶隙能量小於基板材料之帶隙能量之材料所構成之犧牲層之工序；使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序係將對應於能量大於構成前述犧牲層之材料之帶隙能量而小於前述基板之材料之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離。

雖使用AlGaN基板，但將具有波長於對應於AlGaN系半導體之帶隙能量之波長之成分之光照射於犧牲層，而藉所謂雷射剝離使GaN基板由GaN系半導體層分離。

又，最好剝離層係包含含In之氮化物系化合物半導體。在此方法中，犧牲層之材料之帶隙能量小於 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 之帶隙能量，故通過 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板之照射光可被犧牲層吸收。

又，本發明之半導體發光元件之製造方法最好進一步包含為再使用而再生前述被分離之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板之工序；與

利用前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板執行以下之工序之工序：在前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成內部含發光層之GaN系半導體部之工序；在前述GaN系半導體部形成電極膜之工序；在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板之工序；及使前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序。在此方法中，分離後之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板可重複再利用於製造半導體發光元件，故可謀求半導體發光元件之製造成本之降低。

又，發光層最好包含大於構成半導體基板之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 之帶隙能量之帶隙能量之材料。在此方法中，來自發光層之光為被 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板吸收之光，是故，使用導電性基板取代生長GaN系半導體部之基板，可提高光取出效率。

在本發明之製造方法中，最好發光層係包含含Al之氮化物系化合物半導體。在此方法中，含鋁之氮化物系化合物半導體之發光層對貫通差排敏感，故GaN系半導體部可取代藍寶石基板而生長於GaN基板或 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板。

又，導電性基板最好包含Cu-W合金或Fe-Ni合金。在此方法中，導電性基板由熱電阻小之材料所構成，故可製造在高電流密度下，亦可達成高度發光之半導體發光元件。

又，在本發明之製造方法中，最好導電性黏接劑係Au-Sn焊料或Pb-Sn焊料。此時，導電性黏接劑之構成材料係熱電阻小之材料，故可製造在高電流密度下，提供高光輸出之半導體層發光元件。

在本發明之製造方法中，最好前述電極膜係包含在前述

發光層之峰值發光波長中前述電極膜之反射率高於前述導電性基板之反射率之材料。在此方法中，由發光層出射至導電性基板側之光可被反射率高於導電性基板之電極膜反射。

本發明之半導體發光元件係包含內部含貫通差排密度 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 以下之發光層之Ga_N系半導體部；形成於前述Ga_N系半導體部上之電極層；及被導電性黏接劑黏接於前述電極層之表面之導電性基板。

在此半導體發光元件中，發光層之貫通差排密度在 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 以下。在半導體發光元件中，尤其在發射紫外光之半導體發光元件中，導入發光層之貫通差排具有作為非發光中心之作用。因此，在貫通差排密度低之發光層具有高的發光效率。

又，在本發明之半導體發光元件中，最好前述發光層係包含具有帶隙能量大於Ga_N之帶隙能量之Ga_N系半導體材料。

在本發明之半導體發光元件中，最好前述發光層係包含具有帶隙能量大於 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$)之帶隙能量之材料。

在本發明之半導體發光元件中，最好前述電極膜係包含在前述發光層之發光波長中前述電極層之反射率高於前述導電性基板之反射率之材料。由發光層出射至導電性基板側之光可被反射率高於導電性基板之電極膜反射。

在本發明之半導體發光元件中，最好前述發光層係包含

含Al之氮化物系化合物半導體。此時，發光層可發出紫外光。

【實施方式】

以下，參照附圖詳細說明實施本發明之半導體發光元件及其製造方法之際之最佳形態。對於同一或同等之元件，附以同一符號，說明重複時，省略其說明。

(第1實施形態)

參照圖1至圖5，說明有關本發明之第1實施形態之發光二極體(LED)1之半導體發光元件及其製造方法。

參照圖1，準備GaN單晶所構成之GaN基板10。例如，GaN基板10係由GaN單晶所構成。將此GaN基板10安置於MOCVD裝置(未圖示)內。使GaN基板10之溫度上升至1050℃程度，以施行GaN基板10之表面10a之熱淨化。藉熱淨化除去表面10a之污染物質，並提高表面10a之平面度。GaN基板10之熱淨化後，對MOCVD裝置供應含TMG(三甲鎵)之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃(氨)之氣體作為V族原料氣體，又供應含SiH₄(矽烷)之氣體作為摻雜氣體，在GaN基板10表面10a形成GaN緩衝層12。例如磊晶生長之溫度為1050℃，GaN緩衝層12之厚度為0.5 μm。

其次，使GaN基板10之溫度降溫至800℃，對裝置供應含TMG(三甲鎵)及TMI(三甲銦)之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃之氣體作為V族原料氣體，如圖2所示，在GaN緩衝層12上形成InGaN層14。例如，In_xGa_{1-x}N層之組成CX為0.15，其厚度為50 nm。

p-電極膜22例如黏接稱為Cu-W合金基板26之金屬基板。此黏接例如係利用Au-Sn焊料層24之導電性黏接劑執行。如圖5所示，p電極膜22之表面22a黏接於Cu-W合金基板26之表面26a。半導體基板10及半導體層10、12、14、16、20與Cu-W合金基板26一體化而成為單一構件。

其次，如圖13所示，波長400 nm之雷射光照射於GaN基板10之背面。所照射之光通過GaN基板10而被InGaN層14所吸收。經由此雷射光之照射，改變InGaN層14之性質。由於此種InGaN之改性，降低了GaN緩衝層12與InGaN層14之結合力，使GaN基板10及InGaN層14之一方由他方剝離。研磨露出之n-AlGaIn層16表面，以形成研磨之表面16a。在此表面16a上，利用與p電極膜22同樣之方法形成n電極膜28。其後，如圖14所示，利用切割鋸等切斷半導體層16、18、及20、p電極膜及導電性基板，形成半導體晶片。各個半導體晶片係如圖6所示之發光二極體1。上述工序之結果，本發明之第1實施形態之發光二極體之製造即告完成。

如上所述，在發光二極體1之製造方法中，在Cu-W合金基板26黏接於含AlGaIn層16、18、20之AlGaIn系半導體構造後，用於形成AlGaIn層16、18、20之GaIn基板10會由AlGaIn層16、18、20被分離。Cu-W合金之熱電阻低，因此，Cu-W合金基板26可防止發光二極體1之光輸出在高電流密度中飽和。

發明人等為謀求提高發光二極體1之光取出效率，一再銳意研究之結果，發現p電極膜22中之光反射對發光二極體1

之光取出效率具有莫大之影響。即，p電極膜22在AlGaIn發光層18發射之光波長範圍中具有高反射率時，可提高發光二極體1之光取出效率。

發光層18可產生第1及第2成分之光，第1光成分係向設有n-電極28之發光二極體之面出射，第2光成分係向Cu-W基板26出射。p電極22之反射率在AlGaIn發光層18發射之光波長範圍中高於Cu-W基板之反射率時，第2光成分之大部分會被p-電極膜22反射，使第1光成分及此反射成分雙方通過發光二極體設置n-電極之面出射。P-電極22之反射率在上述光波長範圍中低於Cu-W基板之反射率時，第2光成分之大部分會被p電極22吸收。

因此，p電極22膜之材料只要屬於對AlGaIn發光層18輸出之光具有高於Cu-W合金基板26之反射率之材料，例如Ag，即可獲得具有高的光取出效率之發光二極體1。

又，利用於雷射剝離之犧牲層14係由具有帶隙能量小於基板材料，例如GaIn之帶隙能量之半導體材料，例如InGaIn層所構成。InGaIn層14接受具有能量大於InGaIn之帶隙能量而小於GaIn之帶隙能量之雷射光，例如波長400 nm之雷射光。利用此雷射照射，可藉雷射剝離執行使GaIn基板10及AlGaIn層16、18、20之一方與他方之分離。另外，由於含In之氮化物系化合物結晶較柔軟，故InGaIn層14具有作為可緩和生長於其上之層之變形之緩衝層之機能。具體上，設置InGaIn層14，可使晶格常數與GaIn之晶格常數完全不一致之AlGaIn所構成之AlGaIn層16、18、20厚厚地疊層於GaIn基板

10上，故可利用厚的AlGaIn層充分提高作為增大發光輸出之要因之載子閉入效果。

如圖16所示，也可利用研磨雷射剝離所分離之GaIn基板10，在GaIn基板10表面施以再生處理，將其再利用於發光二極體1之製造。藉此GaIn基板10之再利用，可降低發光二極體1之製造成本。

茲說明利用以上之方法所得之發光二極體1。所謂發光二極體1之半導體發光元件係具有GaIn系半導體部、電極膜、與導電性基板。GaIn系半導體部含有貫通差排密度 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 以下之發光層。電極層設於GaIn系半導體層上。導電性基板係被導電性黏接劑黏接於電極膜之表面。最好電極膜之表面尺寸實質上等於電極層之表面尺寸。又，GaIn系半導體部之厚度比導電性基板薄，例如最大為10微米程度。

AlGaIn發光層18係以帶隙能量大於InGaIn之AlGaIn所構成，故活性層(發光層)使用InGaIn之發光二極體1可產生短波長之光，例如產生波長350 nm之紫外線，此波長短於具有InGaIn發光層之發光二極體之波長。具有含若干AlGaIn層及Al之氮化物系化合物半導體之半導體發光元件比具有InGaIn層之半導體發光元件，對貫通差排較為敏感。前者之元件之貫通差排之發光效率比後者之元件低。

發明人等經銳意研究之結果，發現上述利用GaIn基板10之發光二極體之製造方法。與藍寶石基板相比，由於使用晶格常數與AlGaIn之晶格常數接近之GaIn，故可降低導入

AlGa_N發光層18之貫通差排，提高發光二極體之發光效率。在此方法所製造之發光二極體1中，導入AlGa_N發光層18之貫通差排為 $5 \times 10^6/\text{cm}^2$ ，不滿 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 。在發光二極體中，尤其在發射紫外光之發光二極體中，導入發光層之貫通差排具有作為非發光中心之作用。因此，在發光層貫通差排密度低時，可獲得具有良好之發光效率之發光二極體。舉一例加以說明時，在p電極膜22與n電極膜28間施加電壓，使直流500 mA之電流通過之結果，可藉波長350 nm獲得發光輸出100 mW之高輸出紫外光。

發光二極體1係利用對InGa_N層照射雷射光之所謂雷射剝離之Ga_N基板之除去、與導電性基板之黏接所製成。因此，發光二極體1可在光不會被基板吸收之情況下，以高的光取出效率將來自AlGa_N發光層18之光輸出至外部。

如以上所詳述，由於在具有晶格常數與AlGa_N接近之晶格常數之Ga_N基板上，形成內部含AlGa_N發光層18之AlGa_N層16、18、20，故與生長於藍寶石基板上之AlGa_N層相比，可大幅降低導入AlGa_N層16、18、20內部之貫通差排密度。因此，發光二極體1具有高的發光效率。又，黏接p電極膜22與Cu-W合金基板26之Au-Su焊料層24使用熱電阻小之材料，故可製造以高電流密度獲得高光輸出之發光二極體1。

(第2實施形態)

茲一面參照圖7至圖12，一面說明有關本發明之第2實施形態之半導體發光元件(LED)1A之製造方法。

準備 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 單晶所構成之AlGa_N基板10A。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$

x N單晶基板之組成 X 例如為0.18。與第1實施形態之Ga₂N基板10同樣地，將此AlGa₂N基板10A安置於MOCVD裝置內，以施行AlGa₂N基板10A之表面10a加熱淨化。加熱淨化之溫度例如為1050℃。以與此溫度條件相同之溫度，對裝置內供應含TMA及TMG之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃之氣體作為V族原料氣體，又供應含SiH₄之氣體作為摻雜氣體，如圖7所示，在AlGa₂N基板10A表面形成AlGa₂N緩衝層12A。例如Al _{x} Ga_{2- x} N層之組成 X 為0.18，其厚度為0.5 μm。

其次，使基板10A之溫度降溫至800℃，對MOCVD裝置供應含TMG及TMI之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃之氣體作為V族原料氣體，如圖8所示，在AlGa₂N緩衝層12A上形成犧牲層(InGa₂N層)14。例如，In _{x} Ga_{2- x} N層14之組成為0.1，其厚度為0.1 μm。

又，使基板10A之溫度上升至1100℃程度，對MOCVD裝置供應含TMG及TMA之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃之氣體作為V族原料氣體，又供應含SiH₄之氣體作為摻雜氣體，如圖9所示，在InGa₂N層14上形成n-AlGa₂N層16。例如，Al _{y} Ga_{2- y} N層16之組成 Y 為0.1，其厚度為0.2 μm。其後，將含TMG及TMA之氣體、含NH₃之氣體及含SiH₄之氣體供應至MOCVD裝置內，如圖9所示，將AlGa₂N發光層18形成於n-AlGa₂N層16上。例如Al _{z} Ga_{2- z} N層18之組成 Z 為0.05，其厚度為0.1 μm。又，生長溫度與n-AlGa₂N層16之生長溫度相同。保持基板溫度不變，將含TMG及TMA之氣體、含NH₃之氣體及含Cp₂Mg之氣體作為摻雜氣體之氣體供應

至MOCVD裝置，如圖9所示，將p-AlGa_N層20形成於AlGa_N發光層18上。例如Al_UGa_{1-U}N層之組成U為0.1，其厚度為0.2 μm。如此，例如將含AlGa_N層16、18、20之AlGa_N半導體構造(GaN系半導體部)設於AlGa_N基板10A上。緩衝層12A及InGa_N層14位於GaN系半導體構造與AlGa_N基板10A之間。

其後，將AlGa_N基板10A及形成於此基板上之磊晶層12A、14、16、18及20(以下以磊晶基板作為參照之總稱)，由MOCVD裝置取出，而將磊晶基板安置於金屬蒸鍍裝置內，如圖10所示，在p-AlGa_N層20之表面20a蒸鍍Ag構成之p-電極膜22。P-電極膜22係以400℃、5分鐘之條件被施以熱處理。由金屬蒸鍍裝置取出AlGa_N基板10A，如圖11所示，利用Au-Sn焊料將Cu-W合金基板26黏接於p電極膜22之表面22a。Au-Sn焊料層24之熔點為280℃。p電極膜22之表面22a黏接於Cu-W合金基板26之表面26a。半導體基板及半導體部10A、12A、14、16、18、20與Cu-W合金基板26一體化而成為單一構件。

其次，如圖15所示，將波長400 nm之雷射光照射於AlGa_N基板10A之背面。照射之光通過AlGa_N基板而被InGa_N層14所吸收。經由此雷射光之，改變InGa_N層14之性質。改性之InGa_N層減弱了緩衝層12A與InGa_N層14之結合力，使AlGa_N基板10A及AlGa_N層16、18、20之一方由他方剝離。研磨剝離所露出之n-AlGa_N層16表面，以產生表面16a。在此研磨表面16a上，利用與p電極膜22同樣之方法形成n電極

膜28。其後，與圖14同樣地，利用切割鋸等切斷半導體層16、18、及20、p電極膜及導電性基板，形成半導體晶片。各個半導體晶片係如圖12所示之發光二極體1A。本發明之第2實施形態之發光二極體1A之製造即告完成。

如上所述，在發光二極體1A之製造方法中，在用於形成AlGaIn層16、18、20之AlGaIn基板10A由AlGaIn層16、18、20被分離後，Cu-W合金基板26被黏接於AlGaIn層16、18、20。構成此Cu-W合金基板26之Cu-W合金之熱電阻較低，因此，發光二極體1A之光輸出在高電流密度不會呈現飽和傾向。

p電極22採用對AlGaIn發光層18輸出之光具有高於Cu-W合金基板26之反射率之材料(例如Ag)，故在此發光二極體1A中也可實現高的光取出效率。

利用於雷射剝離之InGaIn層14係由具有帶隙能量小於基板材料之帶隙能量之材料，例如InGaIn層所構成。InGaIn層14係形成於由III族氮化物構成之基板，例如AlGaIn基板上。InGaIn層14接受例如峰值波長400 nm之雷射光。此光具有大於InGaIn之帶隙能量而小於AlGaIn之帶隙能量之能量。照射於InGaIn層14時，可藉雷射剝離法執行使AlGaIn基板10A與AlGaIn層16、18、20之分離。

又，如圖16所示，在AlGaIn基板10A被雷射剝離所分離後，研磨雷射剝離所分離之AlGaIn基板10A，在AlGaIn基板10A表面施以再生，將其再利用於發光二極體1A之製造。藉此AlGaIn基板10A之再利用，可降低發光二極體1A之製造

成本。

茲說明利用以上之方法所得之發光二極體1A。所謂發光二極體1A之半導體發光元件係具有GaN系半導體部、電極層、與導電性基板。GaN系半導體部含有貫通差排密度 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 以下之發光層。電極層設於GaN系半導體部上。導電性基板係被導電性黏接劑黏接於電極膜之表面。最好電極膜之表面尺寸實質上等於電極層之表面尺寸。又，GaN系半導體部之厚度比導電性基板薄，例如最大為10微米程度。

發光二極體1A與上述發光二極體1同樣，具有AlGaIn發光層18。因此，發光二極體1A可產生例如350奈米之紫外線區域(例如205奈米以上365奈米以下)之光。此波長短於含InGaIn發光層之發光二極體之波長。但發光二極體1A比含InGaIn發光層之發光二極體較容易受貫通差排之影響。發明人等經銳意研究之結果，發現上述利用AlGaIn基板10A之發光二極體之製造方法。也就是說，利用使用晶格常數與AlGaIn發光層18之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}(x=0.05)$ 大略一致之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}(x=0.18)$ 作為基板，可降低導入AlGaIn發光層18之貫通差排，謀求提高發光二極體之發光效率。在此方法所製造之發光二極體1A中，導入AlGaIn發光層18之貫通差排之密度為 $1.0 \times 10^6/\text{cm}^2$ ，不滿 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 。

在發光二極體中，尤其在發射紫外光之發光二極體中，導入發光層之貫通差排具有作為非發光中心之作用。因此，在貫通差排密度低時，可獲得具有良好之發光效率之

發光二極體。在此種發光二極體中，在p電極膜22與n電極膜28間施加電壓，使直流500 mA之電流通過之結果，可藉波長350 nm獲得發光輸出100 mW之高輸出紫外光。

又，發光二極體1係利用雷射剝離法之AlGaIn基板之除去、與導電性基板之黏接所製成。因此，發光二極體可在光不會被基板吸收之情況下，以高的光取出效率將AlGaIn構成之發光層18之光取出至外部。

如以上所詳述，由於將AlGaIn層16、18、20形成於與AlGaIn層16、18、20之晶格常數大略一致或接近之AlGaIn基板10A上，故與生長於藍寶石基板上之AlGaIn層相比，可降低導入AlGaIn層16、18、20內部之貫通缺陷密度。因此，發光二極體1A具有高的發光效率。又，黏接p電極膜22與Cu-W合金基板26之Au-Su焊料層24使用熱電阻小之材料，故可製造以高電流密度獲得高光輸出之發光二極體1A。

本發明並不限定於上述實施形態，可施行種種之變形。例如，GaN系半導體部並不限定於AlGaIn層，也可使用含Al及In等之混晶(例如AlInGaIn)構成之半導體層。又，導電性基板材料只要熱電阻小之材料即可，並不限定於Cu-W合金，例如也可使用Fe-Ni合金。另外，導電性黏接劑只要熱電阻小即可，並不限定於Au-Sn焊料，例如也可使用Pb-Sn焊料。又，構成AlGaIn基板及AlGaIn層之AlGaIn之混晶比也可依照需要加以變更。

又，半導體發光元件並不限定於發光二極體，例如也可為半導體雷射元件。另外，由GaN系半導體層分離GaN基板

之方法並不限定於雷射剝離法，例如也可利用濕式蝕刻法等。又，發光層之發光波長之反射率高於導電性基板之材料並不限定於銀(Ag)，例如也可使用鋁(Al)或銻(Rh)等。

另外，本發明之半導體元件之製造方法也可包含在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成含發光層之GaN系半導體部之工序；在此GaN系半導體部上形成電極膜之工序；在此電極膜之表面，將電極膜黏接於在來自發光層之光波長之範圍中具有低於 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板之材料之光吸收係數之導電性基板之工序；及使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板由前述GaN系半導體層分離之工序。在此，作為比GaN更難以吸收發光層之光之材料，例如有上述之Cu-W等。

在合適之實施形態中，雖已將本發明之原理加以圖示及說明，但在不脫離該種原理之情形下，本發明可在配置及詳細構成中加以變更，此點對同業業者而言，當可理解。因此，有關源自申請專利範圍及其精神之範圍之所有之修正及變更自應列入本案權利之申請範疇。

【圖式簡單說明】

本發明之上述目的及其他目的、特徵及優點可由參照附圖所作之本發明之合適實施形態之以下之詳細記述中更容易獲得瞭解。

圖1係表示在GaN基板上形成緩衝層之圖。

圖2係表示在GaN緩衝層上形成InGaN層之圖式。

圖3係表示在InGaN層上形成若干AlGaN層之圖式。

圖4係表示在GaN系半導體層上形成p電極膜之圖式。

圖5係表示將導電性基板接合於p電極膜之圖式。

圖6係表示半導體發光元件之圖式。

圖7係表示在AlGa_N基板上形成緩衝層之圖。

圖8係表示在緩衝層上形成InGa_N層之圖式。

圖9係表示在InGa_N層上形成若干AlGa_N層之圖式。

圖10係表示在Ga_N系半導體層上形成p電極膜之圖式。

圖11係表示將導電性基板接合於p電極膜之圖式。

圖12係表示半導體發光裝置之圖式。

圖13係表示對Ga_N基板照射雷射之圖式。

圖14係表示完成之晶圓生產物之切斷之圖式。

圖15係表示對AlGa_N基板照射雷射之圖式。

圖16係表示半導體基板之重複循環之流程圖。

【主要元件符號說明】

1	發光二極體
1A	半導體發光元件
10	Ga _N 基板
10a	表面
10A	基板
12	Ga _N 緩衝層
12A	AlGa _N 緩衝層
14	犧牲層
16	AlGa _N 層
16a	表面
18	AlGa _N 發光層

20	p-AlGaIn層
20a	表面
22p	電極膜
22a	表面
26	Cu-W合金基板
26a	表面
28	n電極膜

五、中文發明摘要：

本發明係提供可謀求發光效率之提高之半導體發光元件及其製造方法。關於本發明之發光二極體1之製造方法中，Ga_N基板10係由形成於其上之AlGa_N層16、18、20分離而在AlGa_N層16、18、20黏接Cu-W合金基板26之狀態。如此，由於在具有與AlGa_N之晶格常數接近之晶格常數之Ga_N基板10上，形成內部含AlGa_N發光層18之AlGa_N層16、18、20，故與利用藍寶石基板之習知方法相比，可大幅降低導入AlGa_N層16、18、20內部之貫通差排密度。即，依據關於本發明之發光二極體1之製造方法，可製造發光效率提高之發光二極體1。

六、英文發明摘要：

十一、圖式：

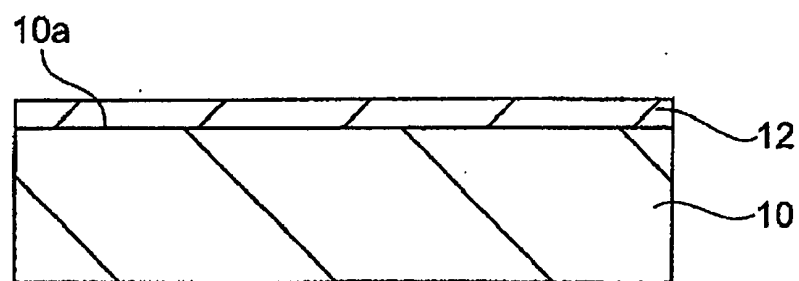


圖 1

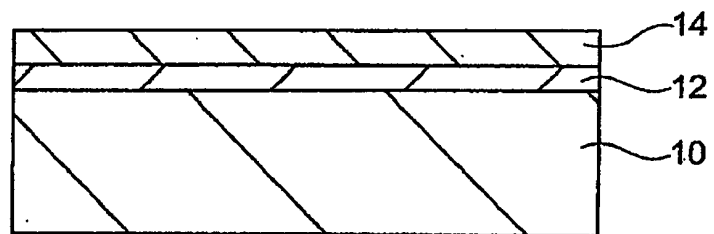


圖 2

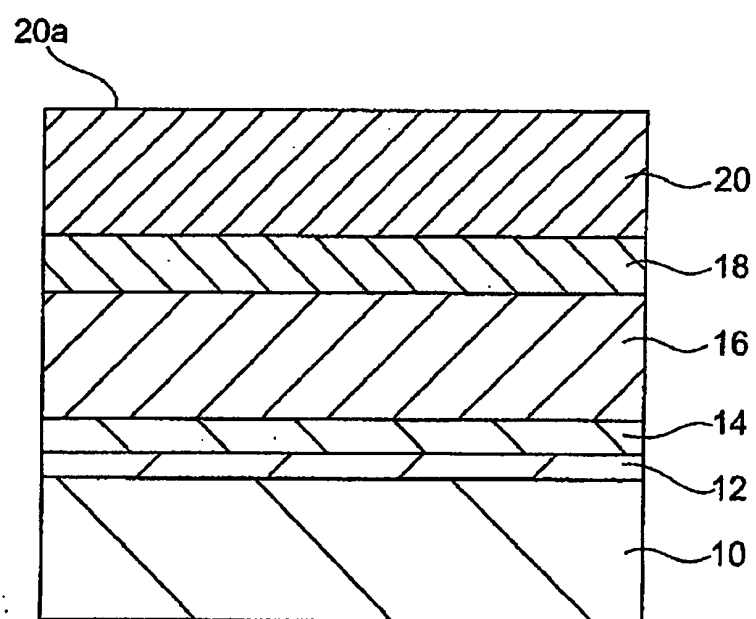


圖 3

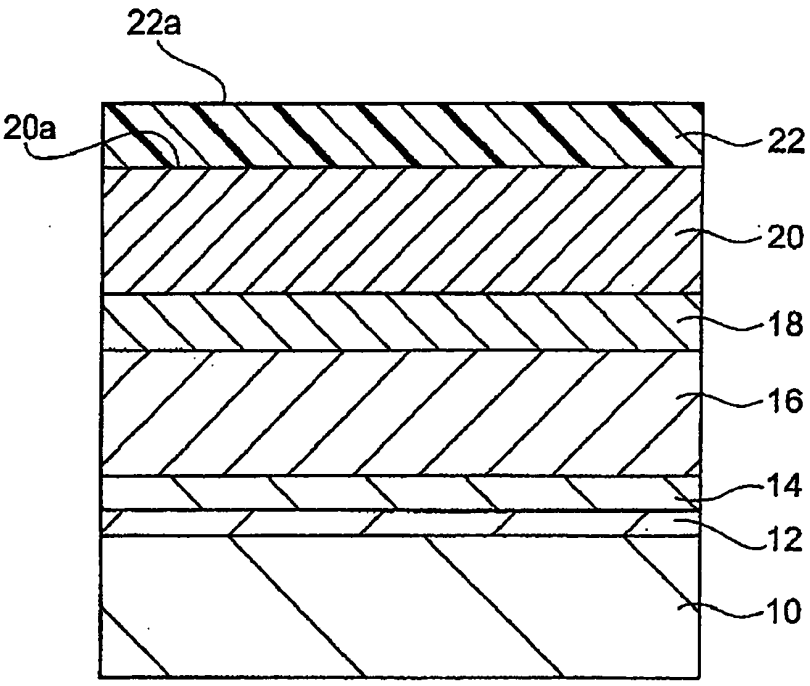


圖 4

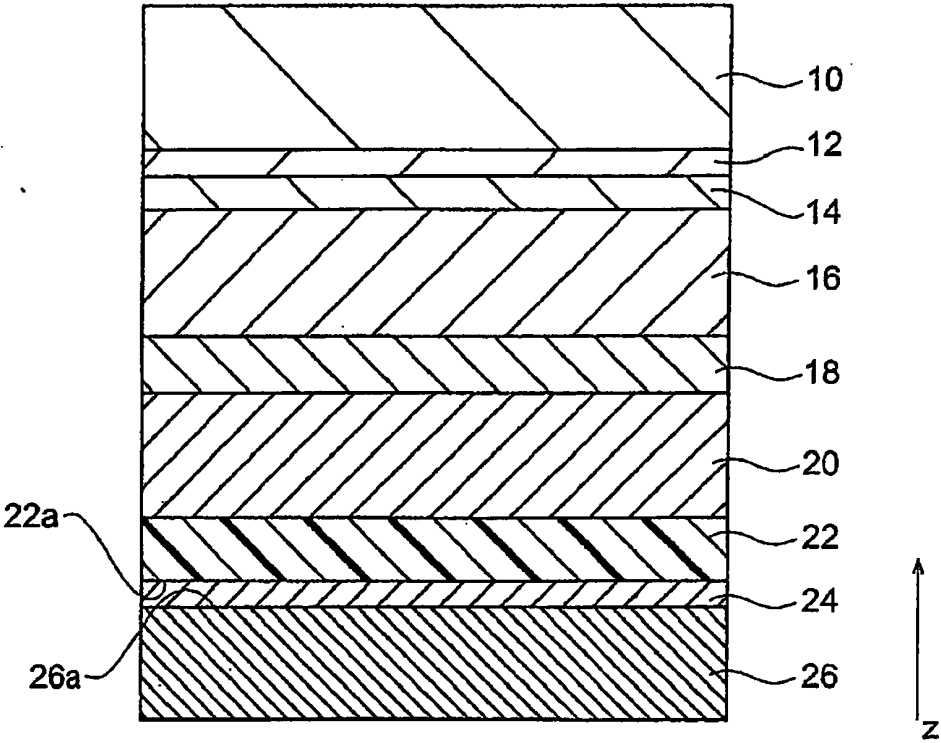


圖 5

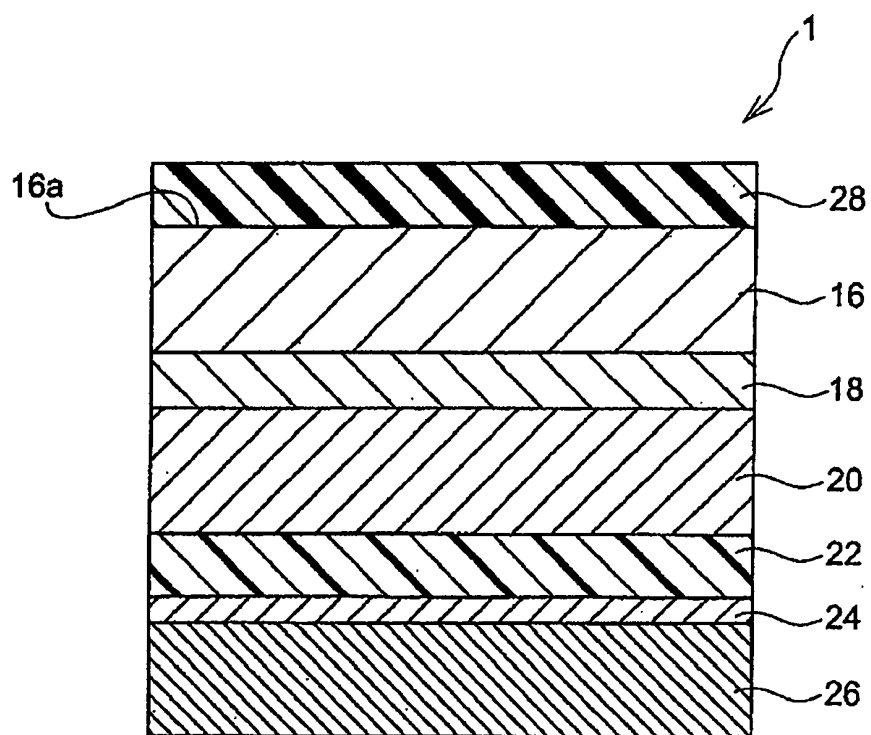


圖 6

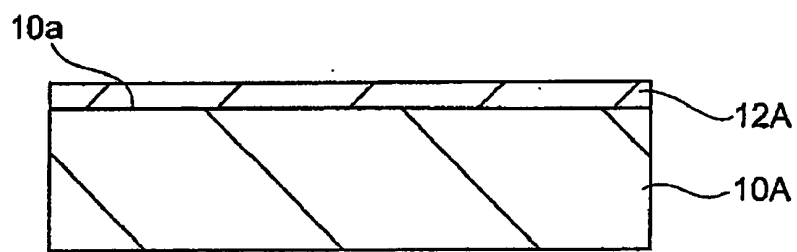


圖 7

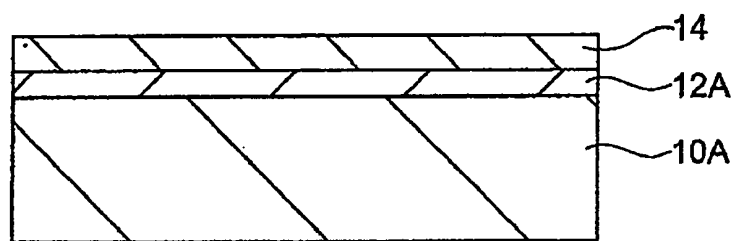


圖 8

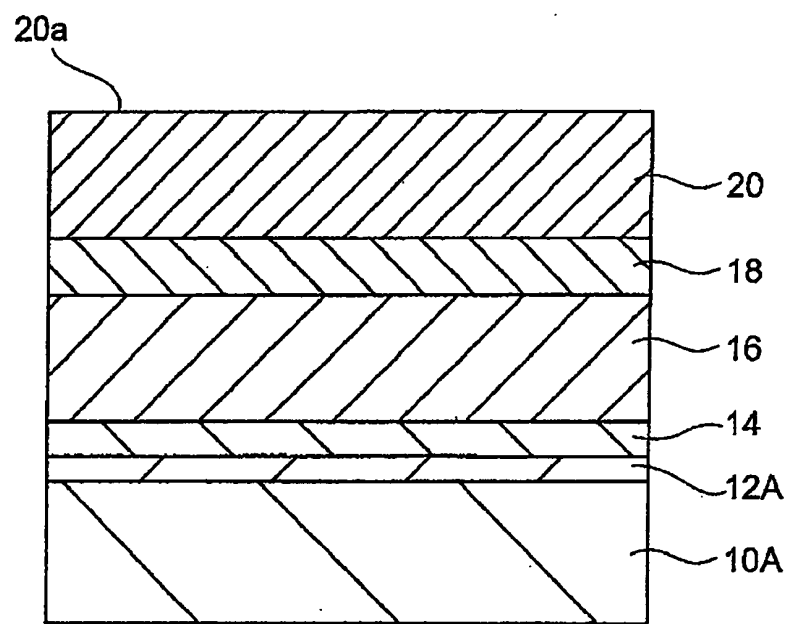


圖 9

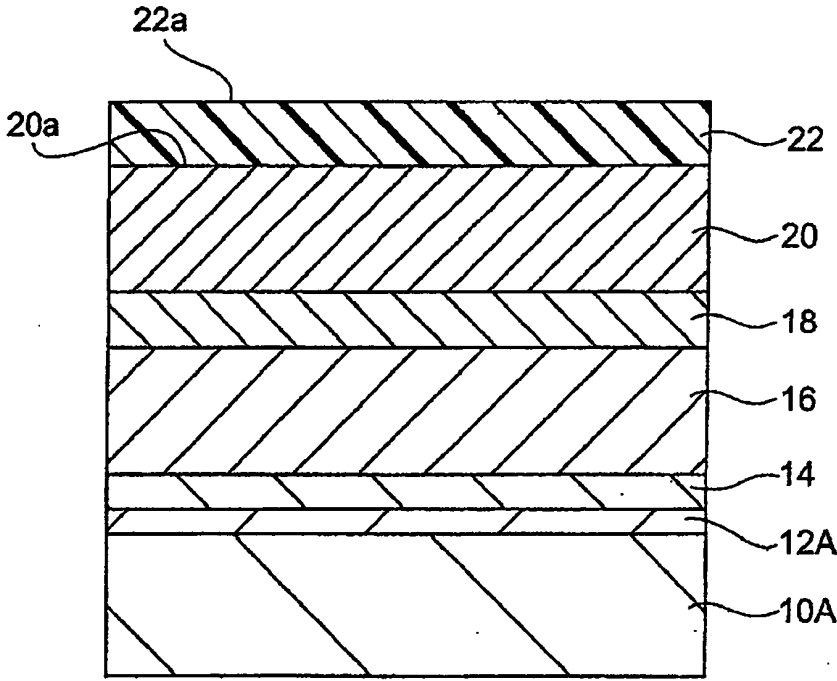


圖 10

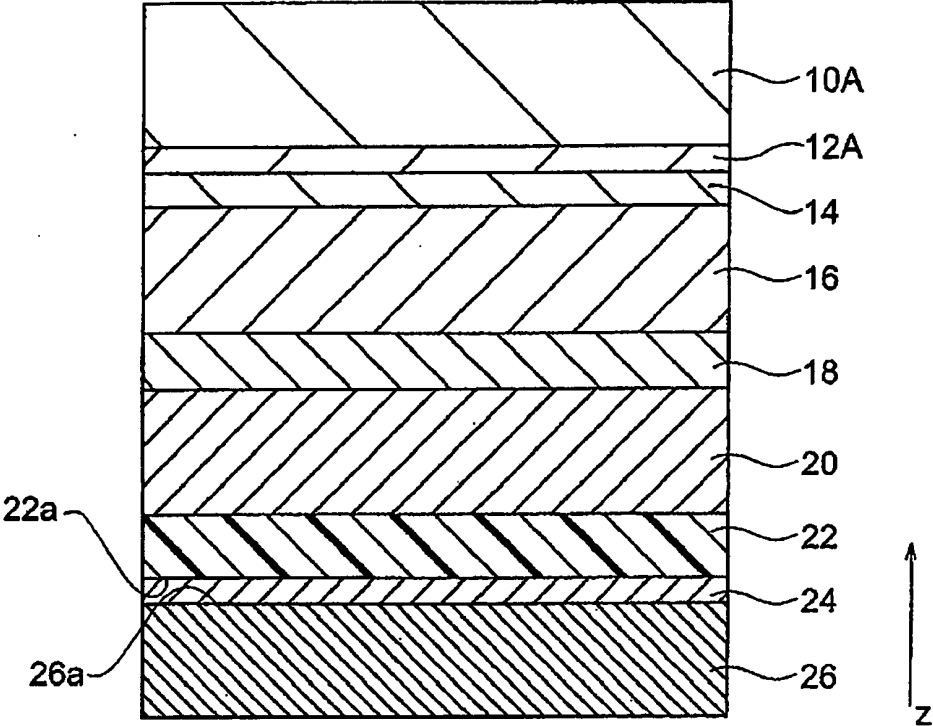


圖 11

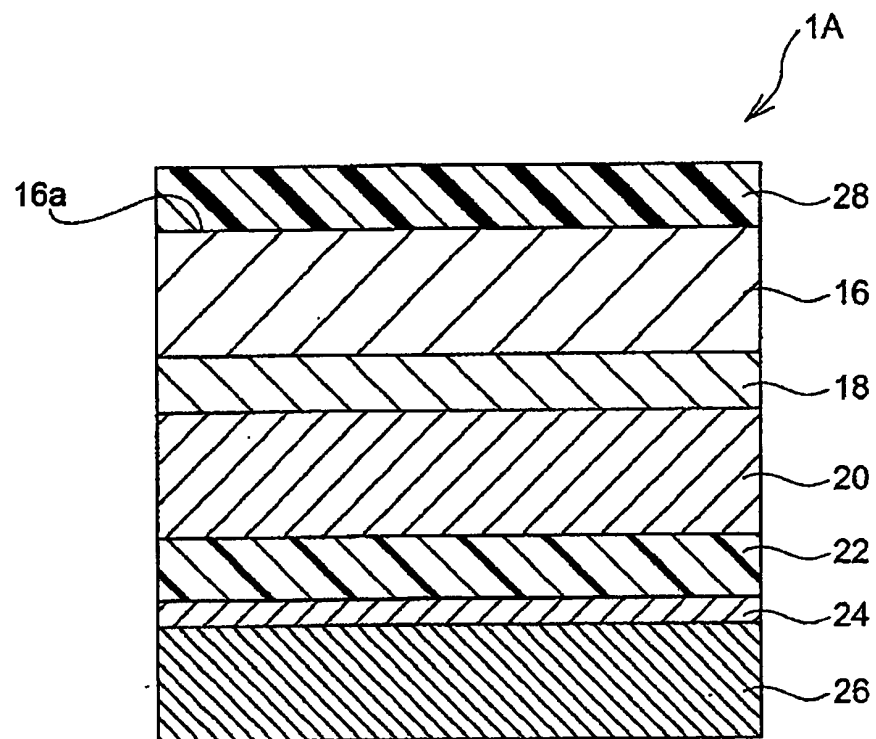


圖 12

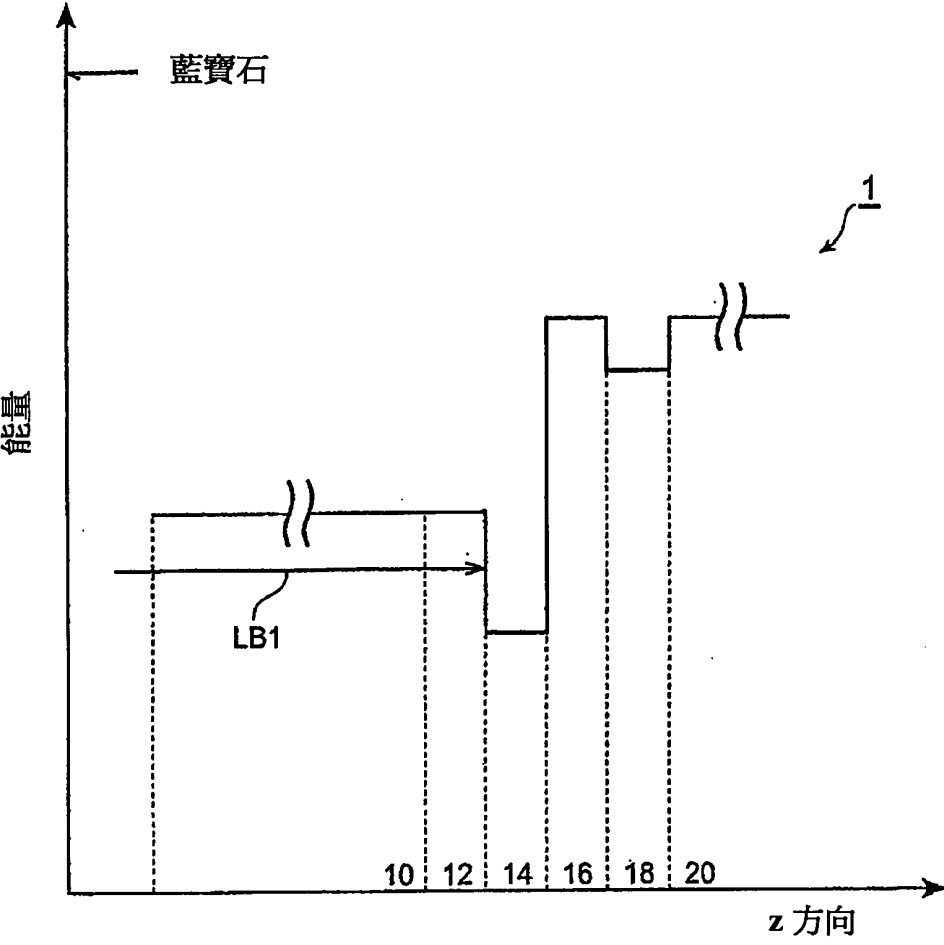


圖 13

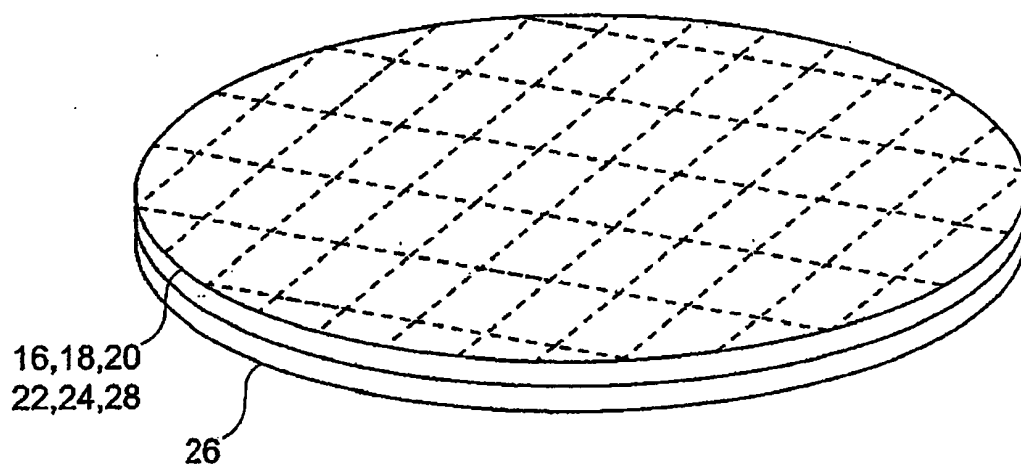


圖 14

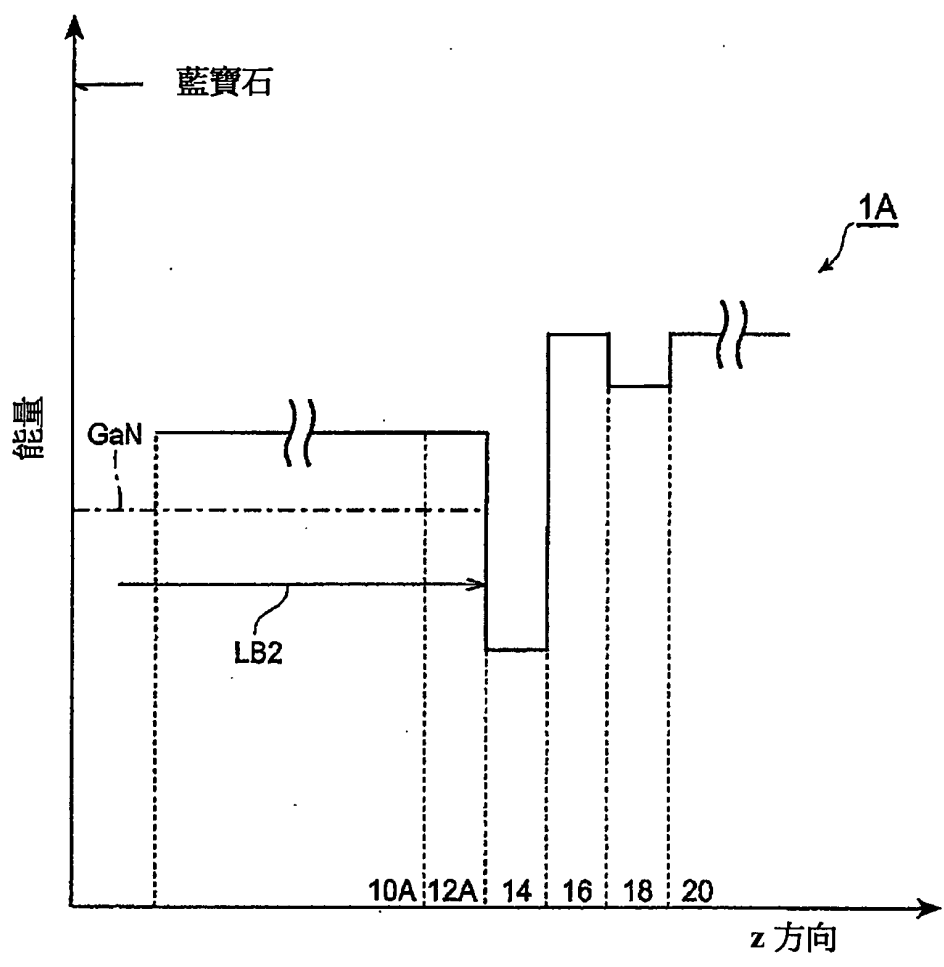


圖 15

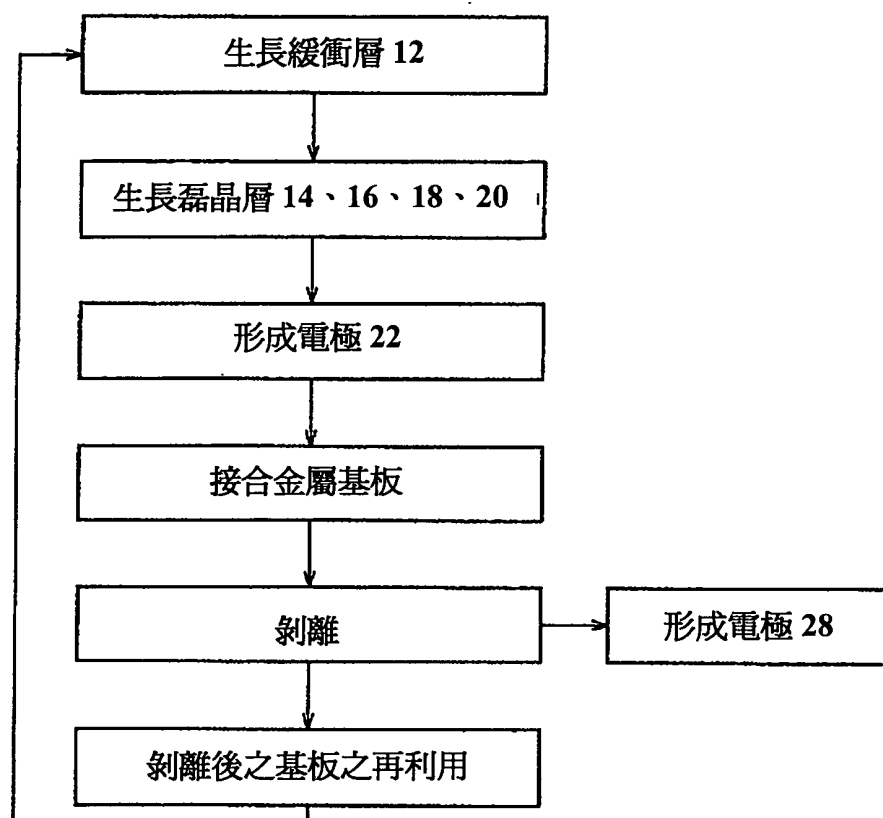


圖 16

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 5 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

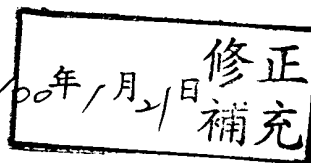
10	GaN基板
12	GaN緩衝層
14	犧牲層
16	AlGaN層
18	AlGaN發光層
20	p-AlGaN層
22	p電極膜
22a	表面
26	Cu-W合金基板
26a	表面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

一面參照圖3，一面說明Ga_N系半導體部之形成。使基板10之溫度上升至1100℃，對MOCVD裝置供應含TMG及TMA(三甲鋁)之氣體作為III族原料氣體，供應含NH₃之氣體作為V族原料氣體，又供應含SiH₄之氣體作為摻雜氣體，如圖3所示，在InGa_N層14上形成n型之Al_yGa_{1-y}N層16。例如，n型之Al_yGa_{1-y}N之組成Y為0.1，其厚度為0.2 μm。黏接，說明剩下之Ga_N系半導體層之形成。保持基板溫度不變，將含TMG及TMA之氣體及含NH₃之氣體供應至裝置內，將Al_zGa_{1-z}N發光層(0<Z<1)18疊層於n-AlGa_N層16上。此氣體可含SiH₄作為摻雜氣體。例如Al_zGa_{1-z}N發光層18之組成Z為0.05，其厚度為0.1 μm。黏接，保持基板10之溫度不變，將含TMG及TMA之氣體、含NH₃之氣體及含Cp₂Mg之氣體作為摻雜氣體之氣體供應至MOCVD裝置，將p型之p-Al_uGa_{1-u}N層(0<U<1)20形成於AlGa_N發光層18上。例如p型之p-Al_uGa_{1-u}N層20之組成U為0.1，其厚度為0.2 μm。如上所述，Ga_N系半導體構造例如將含AlGa_N層16、18、20之Ga_N系半導體構造設於Ga_N基板上。如圖3所示，Ga_N緩衝層12及InGa_N層14位於Ga_N系半導體構造與Ga_N基板之間。

其後，將Ga_N基板10及形成於此基板上之磊晶層，也就是說磊晶基板由MOCVD裝置取出。將此磊晶基板安置於金屬蒸鍍裝置(未圖示)內，如圖4所示，在p-AlGa_N層20之表面20a蒸鍍Ag之p電極膜22。在p電極膜22，以400℃、5分鐘之條件施以熱處理。p電極膜22最好覆蓋整個p-AlGa_N層20之表面20a。由金屬蒸鍍裝置取出具有p電極之基板10後，



十、申請專利範圍：

1. 一種半導體發光元件之製造方法，其係包含下列工序：

在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板 ($0 \leq X \leq 1$) 上形成內部含貫通差排密度 (threading dislocation density) 小於 $1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$ 之發光層之 GaN 系半導體部；

在前述 GaN 系半導體部上形成電極膜；

在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板；及

使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述 GaN 系半導體部之一方由他方分離，其中，

前述發光層僅由帶隙能量大於前述基板材料之帶隙能量之材料所構成。

2. 如請求項 1 之半導體發光元件之製造方法，其中前述導電性基板係包含金屬者。

3. 如請求項 1 或 2 之半導體發光元件之製造方法，其中前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板 ($0 \leq X \leq 1$) 係 GaN 基板。

4. 如請求項 3 之半導體發光元件之製造方法，其中進一步包含在前述 GaN 基板上形成前述 GaN 系半導體部之前，在前述 GaN 基板上形成犧牲層之工序，該犧牲層包含帶隙能量小於該基板之材料之帶隙能量之材料；且

使前述 GaN 基板及前述 GaN 系半導體部之一方由他方分離之工序，係將含有對應能量小於 GaN 之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而由前述 GaN 基板及前述 GaN 系半導體部之一方舉離他方者。

5. 如請求項3之半導體發光元件之製造方法，其中進一步包含下列工序：

再生前述被分離之GaN基板以供再利用；及

利用前述被再生之GaN基板執行以下之工序：

在前述被再生之GaN基板上形成內部含發光層之GaN系半導體部；

在前述GaN系半導體部上形成電極膜；

在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板；及

使前述被再生之GaN基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離。

6. 如請求項1或2之半導體發光元件之製造方法，其中前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板係 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) 基板。

7. 如請求項6之半導體發光元件之製造方法，其中進一步包含在前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成前述GaN系半導體部之前，在前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成犧牲層之工序，該犧牲層包含帶隙能量小於基板材料之帶隙能量之材料；且

使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序，係將含有對應能量小於前述基板之材料之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而由前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體層之一方舉離他方者。

8. 如請求項6之半導體發光元件之製造方法，其中進一步包含下列工序：

再生前述被分離之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板以供再利用；及
利用前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板執行以下之工序：

在前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成內部含發光層之GaN系半導體部；

在前述GaN系半導體部上形成電極膜；

在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板；及

使前述被再生之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離。

9. 如請求項1或2之半導體發光元件之製造方法，其中前述發光層係包含含Al之氮化物系化合物半導體者。

10. 如請求項1或2之半導體發光元件之製造方法，其中前述導電性基板係包含Cu-W合金或Fe-Ni合金者。

11. 如請求項1或2之半導體發光元件之製造方法，其中前述導電性黏接劑係Au-Sn焊料或Pb-Sn焊料者。

12. 如請求項1或2之半導體發光元件之製造方法，其中前述電極膜係包含在前述發光層之峰值發光波長中前述電極膜之反射率高於前述導電性基板之反射率之材料者。

13. 如請求項1之半導體發光元件之製造方法，其中前述發光層係包含AlGaN。

14. 一種半導體發光元件之製造方法，其係包含下列工序：

在GaN基板上形成犧牲層，該犧牲層包含帶隙能量小於基板材料之帶隙能量之材料；

在前述GaN基板上形成內部含發光層之GaN系半導體

部；

在前述GaN系半導體部上形成電極膜；

在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板；及

使前述GaN基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離，其中，

前述犧牲層係包含含In之氮化物系化合物半導體者；且

使前述GaN基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序，係將含有對應能量小於GaN半導體之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而由前述GaN基板及前述GaN系半導體部之一方舉離他方者。

15. 一種半導體發光元件之製造方法，其係包含下列工序：

在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$)基板上形成犧牲層，該犧牲層包含帶隙能量小於此基板之材料之帶隙能量之材料；

在前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板上形成內部含發光層之GaN系半導體部；

在前述GaN系半導體部上形成電極膜；

在前述電極膜之表面，利用導電性黏接劑黏接導電性基板；及

使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離，其中，

前述犧牲層係包含含In之氮化物系化合物半導體者；且

使前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述GaN系半導體部之一方由他方分離之工序，係將含有對應能量小於前述基板之材

料之帶隙能量之波長成分之光照射於前述犧牲層，而由前述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 基板及前述 GaN 系半導體層之一方舉離他方者。