



(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 I589017 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 21 日

(21) 申請案號：102141203

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 13 日

(51) Int. Cl. : **H01L33/02 (2010.01)**

(30) 優先權：2012/11/28 美國 61/730,640

(71) 申請人：日本碍子股份有限公司 (日本) NGK INSULATORS, LTD. (JP)
日本

(72) 發明人：坂井正宏 SAKAI, MASAHIRO (JP)

(74) 代理人：洪澄文

(56) 參考文獻：

JP 2009-184847A

JP 2009-227545A

審查人員：湯欽全

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 31 頁

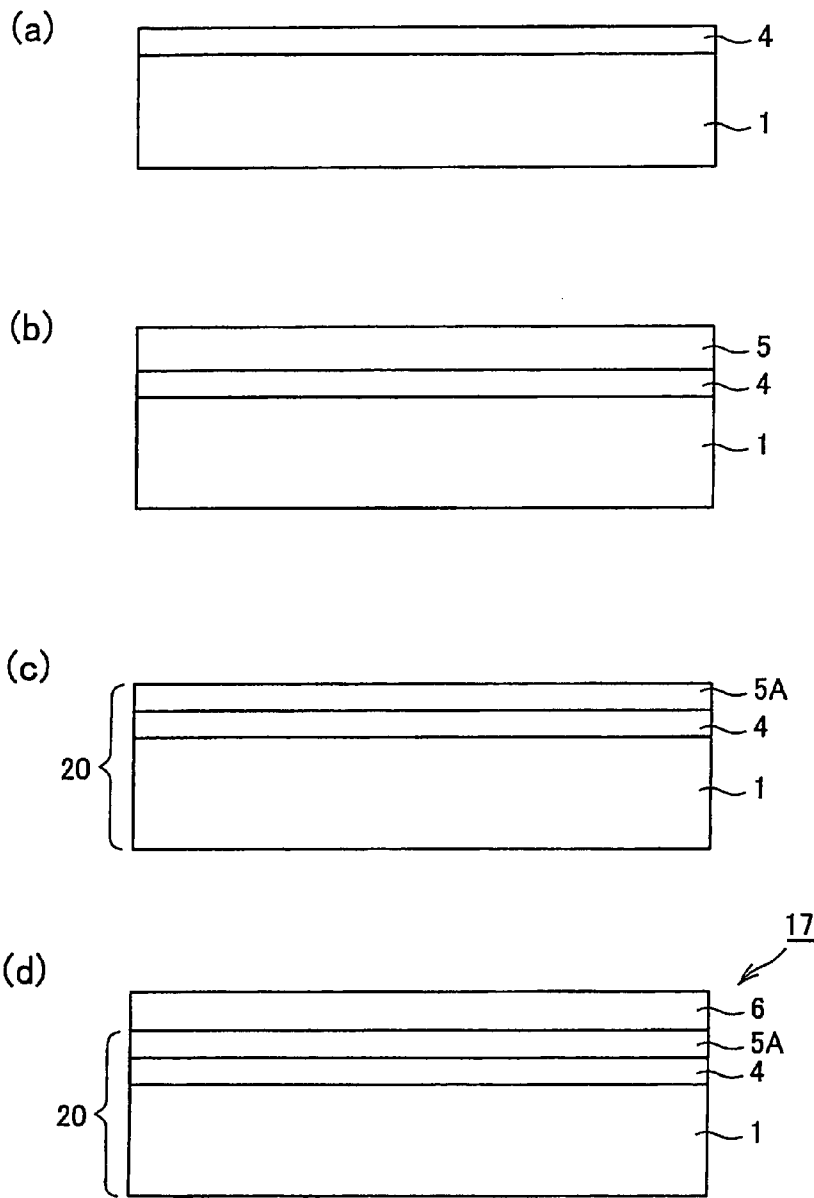
(54) 名稱

複合基板及功能元件

(57) 摘要

複合基板 10 包括：種結晶成長用基板 1；設於種結晶成長用基板 1 上的應力緩和層 3；形成於應力緩和層 3 上，由氮化鎵結晶構成的種結晶層 4；及結晶成長於種結晶層 4 上，厚度為 300 μ m 以下的氮化鎵結晶層 5、5A。應力緩和層 3 係由 13 族元素氮化物構成，應力緩和層 3 的楊氏模量係較種結晶層 4 的楊氏模量為低。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . 種結晶成長用
基板

4 . . . 種結晶層

5 . . . 氮化鎵結晶層

5A . . . 氮化鎵結晶
層

6 . . . 功能層

17 . . . 功能元件

圖1

發明摘要

※ 申請案號：

102141203

※ 申請日：

102. 11. 13

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

複合基板及功能元件

H01L 73/02 (2010.01)

【中文】

複合基板10包括：種結晶成長用基板1；設於種結晶成長用基板1上的應力緩和層3；形成於應力緩和層3上，由氮化鎵結晶構成的種結晶層4；及結晶成長於種結晶層4上，厚度為300 μ m以下的氮化鎵結晶層5、5A。應力緩和層3係由13族元素氮化物構成，應力緩和層3的楊氏模量係較種結晶層4的楊氏模量為低。

【英文】

無。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1、種結晶成長用基板；

4、種結晶層；

5、氮化鎵結晶層；

5A、氮化鎵結晶層；

6、功能層；

17、功能元件；

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

複合基板及功能元件

【技術領域】

【0001】 本發明關於具有氮化鎵結晶層的複合基板及利用其的功能元件。

【先前技術】

【0002】 非專利文獻1、2揭示在藉由MOCVD法於藍寶石基板上形成氮化鎵結晶層的途中，形成InGaN、AlGaIn等膜，再於其上成長氮化鎵結晶。此時，氮化鎵結晶層屬緩和成長，壓縮應力弱，因此可以減少基板的彎曲。

【0003】 本發明人在藉由MOCVD法於藍寶石基板上形成氮化鎵結晶層時，係形成InGaN、AlGaIn等中間層之後，於其上藉由助溶劑法(Flux法)成長厚膜的氮化鎵結晶層，以使氮化鎵結晶層由藍寶石基板剝離，而成功製造由氮化鎵結晶構成的自立基板(專利文獻1：特開2009-184847)。

(先行技術文獻)

【0004】

(專利文獻1) 日本特開 2009-184847

(非專利文獻1) Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43,(2004年) 8019~8023 頁

(非專利文獻2)

信學技報(電子情報通信學會技術研究報告) 104(360),2004

年

【發明內容】

【發明所欲解決的課題】

【0005】 本發明人，針對使用以Na助溶劑法製作的低差排（low dislocation）GaN模板（GaN-template），藉由MOCVD法來成膜可以實現LED或功率元件（power device）之功能的構造進行研究。GaN模板基板，係指在支撐基板上設有種結晶層及氮化鎵結晶層的基板，於其上進一步形成功能層而成為模板者。

【0006】 此時，於專利文獻1揭示的製法中，以Na助溶劑法形成的氮化鎵結晶層係由藍寶石基板自然剝離，因此無法提供GaN模板基板，因此不考慮以其為製法。

【0007】 具體而言為，於表面平坦的種結晶成長用基板之上藉由MOCVD法等形成氮化鎵結晶層而製成種結晶基板，使用該種結晶基板進一步於其上藉由助溶劑法於成長溫度 800°C ～ 900°C 下成長 $300\mu\text{m}$ 以下厚度的氮化鎵結晶層，即可製作最表面具有低差排密度之氮化鎵結晶層的GaN模板。

【0008】 本發明人，嘗試使用該GaN模板，藉由MOCVD法來製作LED構造。但是，此時，若於高溫氛圍（例如 1000°C 以上）成膜發光元件構造，則於製成的發光元件構造表面，會產生未被成膜的條紋狀部分（條紋狀異常）。此一現象乃未知。

【0009】 本發明的課題為，在複合基板上形成由13族元素氮化物構成的功能層時，抑制功能層中的條紋狀異常之產生，該複合基板為包括結晶成長於種結晶成長用基板上的氮化鎵

結晶層者。

【解決課題之手段】

【0010】 本發明之複合基板係包括：種結晶成長用基板；設於種結晶成長用基板上的應力緩和層；形成於應力緩和層上，由氮化鎵結晶構成的種結晶層；及結晶成長於該種結晶層上，厚度為 $300\mu\text{m}$ 以下的氮化鎵結晶層；其特徵在於：應力緩和層係由13族元素氮化物構成，應力緩和層的楊氏模量（Young's modulus）較種結晶層的楊氏模量為低。

【0011】 又，本發明之功能元件，其特徵在於包括：上述複合基板；及於上述氮化鎵結晶層上藉由氣相法被形成，由13族元素氮化物構成的功能層。

【0012】 本發明人，針對在複合基板上進一步形成功能層時，於功能層出現條紋狀異常的原因加以檢討。結果達成以下推論。

【0013】 亦即，發現在出現條紋狀異常的功能層下之複合基板表面亦產生條紋狀裂痕，於其正上方無法進行成膜，而產生條紋狀異常。

【0014】 亦即，推測為助溶劑法中雖以成長溫度 800°C ～ 900°C 成長氮化鎵結晶層，但是藉由MOCVD法等氣相法而於複合基板之上形成功能層時，係將溫度上升至 1000°C 以上，厚膜的氮化鎵結晶層無法承受與種結晶成長用基板間之應力。

【0015】 因此，確認將複合基板保持於較氮化鎵結晶層之成膜溫度更為高溫之例如 950°C 時，實際上於複合基板產生裂痕。

【0016】 依據此一發現，本發明人，嘗試著在氮化鎵結晶構成的種結晶層與種結晶成長用基板之間，形成具有楊氏模量較種結晶層的楊氏模量為低的應力緩和層。結果，發現於該種結晶層上形成氮化鎵結晶層，於其上形成功能層之後，功能層未出現條紋狀異常，而實現本發明。

【0017】 較佳實施形態，係在氮化鎵結晶構成的種結晶層與種結晶成長用基板之間，形成具有差排密度較種結晶層的差排密度高的應力緩和層。依此則，於該種結晶層上形成氮化鎵結晶層，於其上形成功能層之後，於功能層更難出現條紋狀異常。

【0018】 另外，專利文獻1中，雖於藍寶石基板上製作氮化鎵種結晶層，藉由Na助溶劑法於其上成長厚膜的氮化鎵結晶層，但因為氮化鎵結晶層為厚膜而由藍寶石基板自然剝離，而成為自立基板（free-standing substrates）。因此，並無以包含藍寶石基板的複合基板作為模板使用之思想，亦無法解決本發明之課題。

【圖式簡單說明】

【0019】

圖1(a)、(b)、(c)、(d)表示參考例的功能元件17的製作過程之模式圖。

圖2(a)、(b)、(c)、(d)表示本發明的複合基板10的製作過程之模式圖。

圖3(a)、(b)分別表示在圖2(d)的複合基板10上形成功能層6而構成的功能元件7之模式圖。

圖4表示在另一複合基板10A上形成功能層6而構成的功能元件7A之模式圖。

圖5表示在另一複合基板10B上形成功能層6而構成的功能元件7B之模式圖。

圖6表示在另一複合基板10C上形成功能層6而構成的功能元件7C之模式圖。

【實施方式】

【0020】 以下參照圖面詳細說明本發明。

首先，說明本發明者所檢討的複合基板及其問題點。首先，如圖1(a)所示，於種結晶成長用基板1上形成種結晶層4。接著，如圖1(b)所示，以助溶劑法在種結晶層4上形成由氮化鎵構成的氮化鎵結晶層5。

【0021】 接著，如圖1(c)所示，研磨氮化鎵結晶層5，形成研磨完畢的氮化鎵結晶層5A，作為複合基板20。於該複合基板20上形成功能層6，獲得功能元件17。

【0022】 但是，即使在製作複合基板20的階段於表面未出現異狀，表面被實施平坦化，但於其上形成功能層6時，於功能層6會出現條紋狀異狀。確認該功能層6之下，而發現於複合基板20，在功能層6的條紋狀異狀的正下方產生裂痕。

【0023】 因此，本發明，係例如如圖2所示形成應力緩和層。亦即，首先如圖2(a)所示，於種結晶成長用基板1上形成應力緩和層3。接著，如圖2(b)所示，於應力緩和層3上形成種結晶層4。接著，如圖2(c)所示，於種結晶層4上以助溶劑法形成氮化鎵結晶層5。此時，設為使氮化鎵結晶層不會由種結晶成

長用基板1自然剝離。

【0024】 接著，如圖2(d)所示，研磨氮化鎵結晶層5，形成研磨完畢的氮化鎵結晶層5A，設為複合基板10。

【0025】 於該複合基板上形成功能層6時，確認於功能層6未出現條紋狀異狀，而且在功能層6之下的複合基板未產生裂痕。

【0026】 於此，藉由儘可能減少種結晶層4的差排，則可以減少氮化鎵結晶層5A的差排，可以作為模板使用而於其上以氣相法形成功能層。

【0027】 應力緩和層3可直接形成於種結晶成長用基板1的表面。或者，於種結晶成長用基板1的表面設置由13族元素氮化物構成的底層2，於該底層2上設置應力緩和層3。

【0028】 接著，如圖3(a)所示，於複合基板10上形成功能層6。於此，功能層6可形成複數層。例如，於圖3之例係形成發光元件構造6。依此則可獲得差排密度少的發光元件構造，可以提升發光元件7的内部量子效率。

【0029】 發光元件構造6，例如係包括n型半導體層；設於該n型半導體層上的發光區域及設於該發光區域上的p型半導體層。於圖3(b)的發光元件7，係於氮化鎵結晶層5A上形成n型接觸層6a、活性層6c、p型阻障層6d及p型接觸層6e，而構成發光元件構造6。

【0030】 以下更進一步說明本發明的複合基板的各要素。

【0031】 (種結晶成長用基板)

種結晶成長用基板，只要是可成長種結晶膜及氮化鎵結

晶層者即可，並未特別限定，例如可為藍寶石、SiC(碳化矽)、GaAs、AlN或AlGaIn等之GaIn以外的各種III-V族化合物，Si、Ge、ZnO或MgO等各種氧化物材料。

【0032】 較佳實施形態中，藍寶石等的種結晶成長用基板材料係具有纖維鋅礦(wurzite)結構。纖維鋅礦構造係具有c面、a面及m面。該等各結晶面係依據結晶學被定義者。底層、種結晶層及藉由助溶劑法成長的氮化鎵結晶層的成長方向，可為c面的法線方向，或者分別為a面、m面的法線方向。

【0033】 就本發明的觀點而言，為了抑制氮化鎵結晶的剝離，較好是將種結晶成長用基板的厚度設為較氮化鎵結晶層的厚度更厚。因此，種結晶成長用基板的厚度，較好是設為200~2000 μm ，更好是設為300~1300 μm ，再更好是設為300~1000 μm 。

【0034】 (底層)

底層的形成方法為氣相成長法，亦可為例如有機金屬化學氣相成長(MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法、氫化物氣相成長(HVPE: Hydride Vapor Phase Epitaxy)法、MBE(分子線結晶成長法: Molecular Beam Epitaxy)法、昇華法。

【0035】 底層的厚度並未特別限定，較好是0.01 μm 以上，更好是0.1 μm 以上。厚度太厚時成膜時間太長，效率差，因此較好是3.0 μm 以下，更好是1.5 μm 以下。又，底層的材質較好是後述說明的13族元素氮化物。

【0036】 (種結晶層)

種結晶層可為一層或複數層。又，種結晶層的形成方法之較佳例雖說明氣相成長法，但亦可為有機金屬化學氣相成長（MOCVD：Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法、氮化物氣相成長（HVPE）法、脈衝式激發沈積（PXD：pulsed excitation Deposition）法、MBE法、昇華法。有機金屬化學氣相成長法特別好。

【0037】 （應力緩和層）

應力緩和層，係為了吸收在複合基板上形成功能層時的熱處理，而施加於種結晶成長用基板與氮化鎵結晶層之間的應力之層。

【0038】 應力緩和層，較好是不直接接觸種結晶成長用基板者。此情況下，於應力緩和層與種結晶成長用基板之間另外形成底層則為特別好。

【0039】 應力緩和層係由13族元素氮化物構成。13族元素係指由IUPAC制定的週期表之第13族元素。具體而言，13族元素有鎵、鋁、銻、鉍等。

【0040】 較佳實施形態中，應力緩和層係由InGaN、AlGaN、InAlN、InN、InAlGaN、GaN及AlN構成的群選出的一種材質構成。或者，應力緩和層係由InGaN、AlGaN、InAlN、InAlGaN、InN、GaN及AlN構成的群選出的二種以上的超格子構造體構成。

【0041】 應力緩和層的形成方法為氣相成長法，其他亦可使用例如有機金屬化學氣相成長（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法、氮化物氣相成長（HVPE）法、脈衝式

激發沈積 (PXD) 法、MBE法、昇華法。

【0042】 本發明中，應力緩和層的楊氏模量較種結晶層的楊氏模量為低。由此一觀點而言，(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)較好是0.96以下，更好是0.95以下，再更好是0.94以下，再再更好是0.090以下。又，就本發明的觀點而言，(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)較好是0.80以上，更好是0.85以上，再更好是0.87以上。

【0043】 應力緩和層的楊氏模量較好是285GPa以下，更好是270GPa以下。又，應力緩和層的楊氏模量較好是150 GPa以上，更好是200GPa以上。

【0044】 就減低設於種結晶層上的氮化鎵結晶層的差排密度之觀點而言，種結晶層的差排密度較低為較好。就此一觀點而言，種結晶層的差排密度較好是 $7 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 以下，更好是 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 以下。又，就品質觀點而言，種結晶層的差排密度越低越好，因此並無下限，一般而言大多為 $5 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ 以上。

【0045】 於較佳實施形態，應力緩和層係設於藍寶石基板與種結晶層之間，具有較種結晶層的差排密度高的差排密度。

【0046】 於此，就本發明的觀點而言，應力緩和層的差排密度較好是 $1 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以上，更好是 $2 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以上。

【0047】 又，就本發明的觀點而言，應力緩和層B的差排密度對於種結晶層A的差排密度的比(B/A)，較好是2以上，更好是10以上。

【0048】 說明各層的楊氏模量的測定法。楊氏模量的測定係使用奈米壓痕測試 (Nanoindentation Test) 法。具體而言為，

對鑽石觸針的按壓荷重及深度進行連續測定，由按壓深度與荷重的曲線算出楊氏模量。按壓深度，係設為測定對象層(最表面層)厚度的10%，設為不受底層影響的深度。對晶圓面內的9點進行測定。具體而言為，針對晶圓的中心點、由晶圓的端起5mm內側的上·下·左·右的合計4點，及上述中心點與上述上·下·左·右各4點間之各中間點(4點)進行測定。計算9點的測定值的平均值，設為測定對象層的楊氏模量。

【0049】 又，氮化鎵結晶相的楊氏模量測定，係使用MOCVD法於 ϕ 2英寸藍寶石基板上，於500°C成長低溫GaN緩衝層(30nm)，於1080°C成長GaN層(3 μ m)後，以奈米壓痕測試法進行測定。

【0050】 GaN以外的材料的楊氏模量的測定，係使用MOCVD法於藍寶石基板上，於500°C成長低溫GaN緩衝層(30nm)、GaN層(1 μ m)後，以30分鐘成長測定對象的結晶，將其膜厚的10%設為奈米壓痕測試觸針的按壓深度，進行楊氏模量的測定。

【0051】 另外，各層的差排密度，係使用斷面TEM(透過型電子顯微鏡)像以直接觀察法計算。裝置為日立尖端科技製H-9000NAR，加速電壓為300kV，倍率對應於觀察對象的差排密度的大小進行調整，倍率精度為 $\pm 5\%$ 。由薄片化試料的斷面TEM像，計數所觀察的各層的差排，由視野的大小與試料的厚度算出差排密度。試料的厚度係對應於觀察試料的狀態或差排密度來調整。

【0052】 例如於圖4的功能元件7A的複合基板10A，係於種

結晶層4與底層2之間形成超格子構造的應力緩和層3A。應力緩和層3A，例如係依序積層第一層3a與第二層3b而成。各層3a、3b的材質及形成方法如上述。又，亦可重複積層三種類以上的層。應力緩和層3A的楊氏模量及差排密度，係設為針對應力緩和層3A全體而測定者。

【0053】 又，於圖5的功能元件7B的複合基板10B，係於底層2上，首先設置應力緩和層13，於其上設置差排密度低的氮化鎵結晶層8，於其上設置應力緩和層3，於該應力緩和層3上形成種結晶層4。亦即，本例中於種結晶層與藍寶石基板之間形成2個應力緩和層3、13。應力緩和層3、13的具體內容如上述。

【0054】 又，於圖6的功能元件7C的複合基板10C，於底層2上，首先設置超格子構造的應力緩和層13A，於其上設置楊氏模量高的氮化鎵結晶層8，於其上再設置超格子構造的應力緩和層3A，於該應力緩和層3A上形成種結晶層4。楊氏模量高的層8與超格子構造的應力緩和層3A分別可以更進一步重複積層複數層。

【0055】 為獲得良質的氮化鎵結晶層，應力緩和層的平均表面粗度較好是10nm以下，更好是4nm以下。理由為，應力緩和層的平均表面粗度越小，越不會妨礙種結晶層的成長，可獲得良好的種結晶層，結果可獲得良好的氮化鎵結晶。

【0056】 （氮化鎵結晶層）

依據本發明，若於氮化鎵結晶層與藍寶石基板間產生自然剝離，則無法作為複合基板予以利用。因此，藉由設定氮化鎵

結晶層的厚度（成膜時的厚度）為 $300\mu\text{m}$ 以下，以使氮化鎵結晶層由藍寶石基板之自然剝離不容易發生。就此一觀點而言，氮化鎵結晶層的厚度較好是 $200\mu\text{m}$ 以下，更好是 $100\mu\text{m}$ 以下，再更好是 $50\mu\text{m}$ 以下。

【0057】 又，就藉由助溶劑法成長氮化鎵時消滅種結晶層4的差排，而將其最表面的結晶性設為良好的觀點而言，氮化鎵結晶層的厚度較好是 $10\mu\text{m}$ 以上，更好是 $20\mu\text{m}$ 以上。

【0058】 又，藉由對氮化鎵結晶層的表面進行研削、研磨，更進一步可以提升其上的功能層的品質。

【0059】 又，就本發明的觀點而言，氮化鎵結晶層的研磨後的厚度較好是 $100\mu\text{m}$ 以下，更好是 $30\mu\text{m}$ 以下。

【0060】 說明本發明中針對單結晶的定義。雖然包含結晶的全體中原子以正確規則配列的教科書之單結晶，但是並非僅限定於此之意義，而是一般工業上流通的意義。亦即，可以是結晶含有某一程度的缺陷，內在存有變形，雜質滲入等，和多結晶（陶瓷）之間作區別，和稱呼該等為單結晶來使用者為同一意義。

【0061】 本工程中氮化鎵結晶層係藉由助溶劑法成長。此時，溶劑的種類並未特別限定，只要可以成長氮化鎵結晶即可。於較佳實施形態中，係使用含有鹼金屬與鹼土金屬之至少一方的溶劑，特別是含有鈉金屬的溶劑較好。

【0062】 溶劑係被混合鎵原料物質予以使用。鎵原料物質可以使用鎵單體金屬、鎵合金、鎵化合物，但以鎵單體金屬之使用為較適合。

【0063】 助溶劑法中的氮化鎵結晶的成長溫度或成長時的保持時間並未特別限定，可依溶劑的組成適宜變更。例如使用含鈉或鋰的溶劑來成長氮化鎵結晶時，成長溫度較好是設為800~950℃，更好是設為850~900℃。

【0064】 助溶劑法中，係在包含含氮原子之氣體的氛圍下進行單結晶之成長。該氣體較好是氮氣，但亦可為氨。氛圍的壓力並未特別限定，但是就防止溶劑蒸發觀點而言，較好是10氣壓以上，更好是30氣壓以上。但是壓力高則裝置變大，因此氛圍的全壓較好是2000氣壓以下，更好是500氣壓以下。氛圍中的含氮原子之氣體以外的氣體並未特別限定，但較好是惰性氣體，氫、氮、氬為特別好。

【0065】 又，就應力緩和之促進觀點而言，相較於應力緩和層的成長溫度，以助溶劑法來成長氮化鎵結晶層時的成長溫度較高乃較好，該溫度差設為100℃以上則更好。

【0066】 （功能層）

以氣相法於如此獲得的複合基板上形成功能層。

該功能層可為單一層或複數層。又，功能係可使用於高亮度・高演色性的藍色LED或高速高密度光記憶體用藍紫雷射，油電混合動力車用的逆變器（Inverter）用的功率元件等。

【0067】 於複合基板上藉由氣相法，較好是藉由有機金屬氣相成長（MOCVD）法製作半導體發光二極體（LED）時，LED內部的差排密度係和複合基板同等。

【0068】 就成膜速度的觀點而言，功能層的成膜溫度較好是950℃以上，更好是1000℃以上。又，就抑制條紋狀異狀觀

點而言，功能層的成膜溫度較好是 1200°C 以下，更好是 1150°C 以下。

【0069】 功能層的材質較好是13族元素氮化物。13族元素，係指IUPAC制定的週期表之第13族元素。13族元素，具體而言有鎘、鋁、銻、鉍等。

【實施例】

(實施例1)

【0070】 如圖2所說明般製作複合基板及功能元件。

(種結晶基板製作)

將直徑2英吋的單結晶藍寶石c面基板1置入MOCVD爐(有機金屬氣相成長爐)內，於氫氛圍中以 1150°C 加熱10分鐘，進行表面潔淨。接著，使基板溫度下降至 500°C ，以TMG(三甲基鎘)、氮為原料成長30nm厚度的氮化鎘層。接著，使基板溫度上升至 1080°C ，以TMG與氮為原料成長 $1\mu\text{m}$ 厚度的氮化鎘層，形成底層2。此時，相對於III族元素的原料(TMGE)，V族元素的原料(氮)的供給量的克分子比(以下稱為「V/III」)係設為4000。

【0071】 接著，以TMGE與氮為原料，變更為 $V/III = 800$ ，形成厚度 $0.1\mu\text{m}$ 的應力緩和層3。接著，以TMGE與氮為原料，再度回復 $V/III = 4000$ ，以TMGE與氮為原料，以氫氣及氮氣為載氣，再度以 1080°C 的溫度成長由氮化鎘構成的種結晶層4，沈積 $2\mu\text{m}$ 的厚度。

【0072】 底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。又，應力緩和層3的差排密度為 $2 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ ，楊

氏模量為283GP。(應力緩和層的楊氏模量)/(種結晶層的楊氏模量)=0.946。

【0073】 另外，關於楊氏模量的測定，在製作揭示於實施例1的複合基板的途中並無法實施，因此另外作成相同者以進行測定。

【0074】 (助溶劑法)

於該種結晶基板上藉由Na助溶劑法成長氮化鎵結晶。成長所使用的原料為金屬鎵、金屬鈉。於氧化鋁坩堝分別填充金屬鎵30g、金屬鈉44g，於爐內溫度900°C、壓力4Mpa以約30小時成長氮化鎵單結晶。由坩堝取出，結果成長出透明的單結晶，於全部基板表面沈積100μm厚度的氮化鎵結晶層5。

【0075】 接著，以鑽石磨粒研磨氮化鎵結晶層5的表面，將研磨後的氮化鎵結晶層5A的厚度設為25μm。

【0076】 (複合基板上的MOCVD法之成膜)

將該複合基板置入MOCVD爐內，於氫與氨氣體的混合氛圍中升溫至1080°C，於該溫度下以TMG、氨為原料成長2μm厚度的Ga₂N層之後，將單矽烷混入原料氣體，成長2μm厚度的n-GaN層。之後，停止原料，將基板溫度下降至室溫之後，取出基板。

【0077】 (評估)

結果，獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面被成膜。

(實施例2)

【0078】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層3的材質設為InGa₂N層，成膜溫度設為800

°C，層厚設為0.2 μm 。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $2 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為244GPa。 $(\text{應力緩和層的楊氏模量}) / (\text{種結晶層的楊氏模量}) = 0.816$ 。

結果，獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(實施例3)

【0079】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層的材質設為AlGaIn層（Al組成20%），成膜溫度設為1080°C，層厚設為30nm。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $5 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為285GPa。 $(\text{應力緩和層的楊氏模量}) / (\text{種結晶層的楊氏模量})$ 為0.953。

結果，獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(實施例4)

【0080】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層3的材質設為GaIn層，成膜溫度設為800°C，層厚設為0.3 μm 。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為279GPa。 $(\text{應力緩和層的楊氏模量}) / (\text{種結晶層的楊氏模量})$ 為0.933。

結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(實施例5)

【0081】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層的材質設為Ga₂N層，成膜溫度設為500℃，層厚設為0.1μm。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $5 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為262GPa。(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為0.876。

結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(實施例6)

【0082】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層的材質設為AlInGa₂N，成膜溫度設為900℃。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $5 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為279GPa。(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為0.933。

結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(實施例7)

【0083】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。

但是，應力緩和層3的材質設為Ga₂N層，成膜溫度設為980℃，層厚設為0.3μm。結果，應力緩和層3的差排密度為

$1 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為282GPa。(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為0.943。

另外，將以助溶劑法形成的氮化鎵結晶層的厚度(研磨前)設為300 μm 。

結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

(比較例1)

【0084】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，未設置應力緩和層3。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 。

結果，於獲得的LED構造出現條紋狀異常。另外，於條紋狀異常的正下方於複合基板出現裂痕。

(比較例2)

【0085】 製作種結晶層的差排密度高的複合基板及LED元件。

【0086】 將直徑2英吋的單結晶藍寶石c面基板1放入MOCVD爐(有機金屬氣相成長爐)內，於氫氛圍中以1150 $^{\circ}\text{C}$ 加熱10分鐘，進行表面的潔淨。接著，下降基板溫度至500 $^{\circ}\text{C}$ ，以TMG(三甲基鎵)、氮為原料成長30nm厚度的氮化鎵層。接著，上升基板溫度至1080 $^{\circ}\text{C}$ ，以TMG與氮為原料成長1 μm 厚度的氮化鎵層，形成底層2。此時，相對於III族元素的原料(TMg)，V族元素的原料(氮)的供給量的克分子比(以下稱為「V/III」)設為2000。

【0087】 接著，以TMG與氮為原料，變更為V/III=4000，

形成厚度 $0.1\mu\text{m}$ 的氮化鎵層。接著，以TMG與氨為原料，再度回復 $V/III=2000$ ，以氫氣及氮氣為載氣，再度以 1080°C 的溫度成長由氮化鎵構成的種結晶層4，沈積為 $2\mu\text{m}$ 的厚度。

【0088】 底層2、種結晶層4的差排密度為 $1\times 10^9\text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為 286GPa 。挾持於底層2與種結晶層4之間的氮化鎵層的差排密度為 $5\times 10^8\text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為 299GPa 。(應力吸收層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為 1.045 。

【0089】 接著，和實施例1同樣藉由助溶劑法形成氮化鎵結晶層5，以鑽石磨粒實施研磨形成厚度 $25\mu\text{m}$ 的氮化鎵結晶層5A，獲得複合基板。

【0090】 接著，於複合基板上和實施例1同樣形成LED構造。結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。但是，LED構造的差排密度為較高的 $2\times 10^9\text{cm}^{-2}$ 。另外，關於獲得的LED的內部量子效率，實施例1製作的LED於全部LED元件可以獲得80%以上，相對於此，比較例2則為較低的50%左右。

(比較例3)

【0091】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層的材質設為AlGaIn層 (Al組成35%)，成膜溫度設為 1080°C ，層厚設為 30nm 。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5\times 10^8\text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為 299GPa 。

【0092】 應力緩和層3的差排密度為 $9\times 10^9\text{cm}^{-2}$ ，楊氏模量為 322GPa 。(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為 1.077 。

【0093】 本例中，應力緩和層的楊氏模量相對較大，差排密度亦相對變大。

【0094】 結果，於獲得的LED構造出現條紋狀異常。另外，於條紋狀異常的正下方於複合基板顯現裂痕。

【0095】 亦即，可以確認應力緩和層的差排密度高之同時，楊氏模量亦大時，仍然會出現條紋狀異。

(實施例8)

【0096】 和實施例1同樣製作複合基板及LED元件。

但是，應力緩和層的材質設為InGa_N，成膜溫度設為900℃，層厚設為0.2μm。底層2、種結晶層4的差排密度為 $5 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ ，楊氏模量為299GPa。應力緩和層3的差排密度為 $3 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ ，楊氏模量為278GPa。(應力緩和層的楊氏模量) / (種結晶層的楊氏模量)為0.930。

本例中，應力緩和層的差排密度相對低，楊氏模量亦相對變低。

結果，於獲得的LED構造未出現條紋狀異常，於全面進行成膜。

亦即，可以確認應力緩和層的差排密度低之同時，楊氏模量亦低時，未出現條紋狀異常。

(用途)

【0097】 本發明可以使用於要求高品質的技術領域，例如稱為柱型螢光燈 (post fluorescent lamp) 的高演色性藍色LED或高速高密度光記憶體用藍紫雷射、油電混合動力車用的逆變器所使用的功率元件等。

【符號說明】

【0098】

1、種結晶成長用基板；

4、種結晶層；

5、氮化鎵結晶層；

5A、氮化鎵結晶層；

6、功能層；

17、功能元件；

申請專利範圍

1. 一種複合基板，包括：種結晶成長用基板；設於上述種結晶成長用基板上的應力緩和層；形成於上述應力緩和層上，由氮化鎵結晶構成的種結晶層；及結晶成長於該種結晶層上的氮化鎵結晶層；

其特徵在於：

上述氮化鎵結晶層之厚度為 $300\mu\text{m}$ 以下，上述應力緩和層係由 13 族元素氮化物構成，上述應力緩和層的楊氏模量較上述種結晶層的楊氏模量為低，上述應力緩和層的差排密度 B 對於上述種結晶層的差排密度 A 的比 (B/A) 為 2 以上。

2. 如申請專利範圍第 1 項之複合基板，其中上述應力緩和層的差排密度 B 對於種結晶層的差排密度 A 的比 (B/A) 為 10 以上。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述應力緩和層的差排密度為 $1 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以上。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述應力緩和層的楊氏模量對比於上述種結晶層的楊氏模量的比率（上述應力緩和層的楊氏模量 / 上述種結晶層的楊氏模量）為 0.96 以下。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述應力緩和層的楊氏模量為 285GPa 以下。
6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述氮化鎵結晶層被實施研磨。
7. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述種結晶

成長用基板係由藍寶石構成。

8. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述應力緩和層，係由自 AlInGaN、InGaN、AlGaN、InAlN、InN、GaN 及 AlN 構成的群所選擇的一種材質構成。
9. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之複合基板，其中上述應力緩和層係由超格子構造體構成，該超格子構造體係由自 AlInGaN、InGaN、AlGaN、InAlN、InN、GaN 及 AlN 構成的群所選擇的二種以上材質構成。
10. 一種功能元件，其特徵在於：其為發光元件或功率裝置；包括：申請專利範圍第 1 至 9 項中任一項之複合基板；及於上述氮化鎵結晶層上藉由氣相法被形成，由 13 族元素氮化物構成的功能層。

圖式

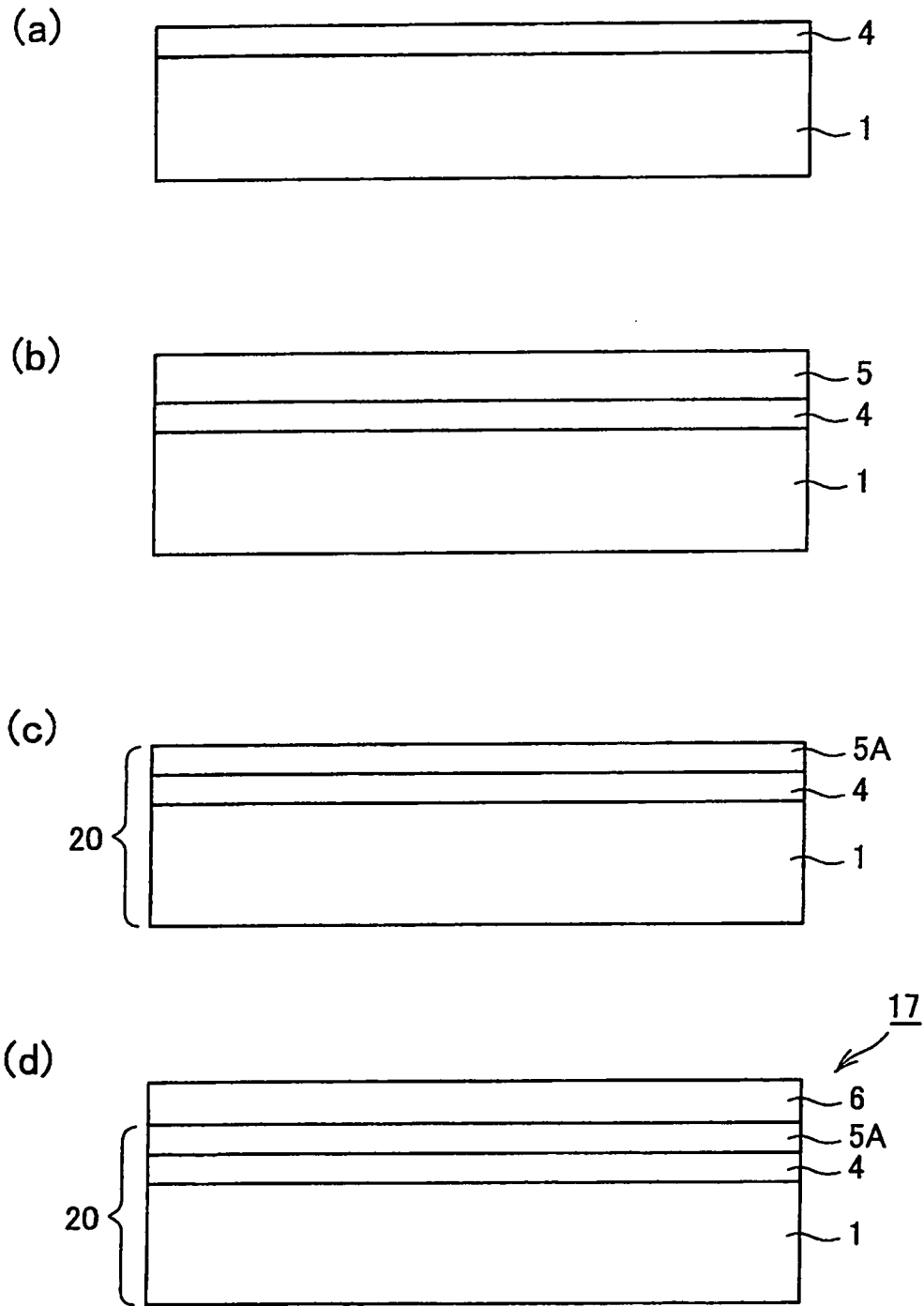


圖1

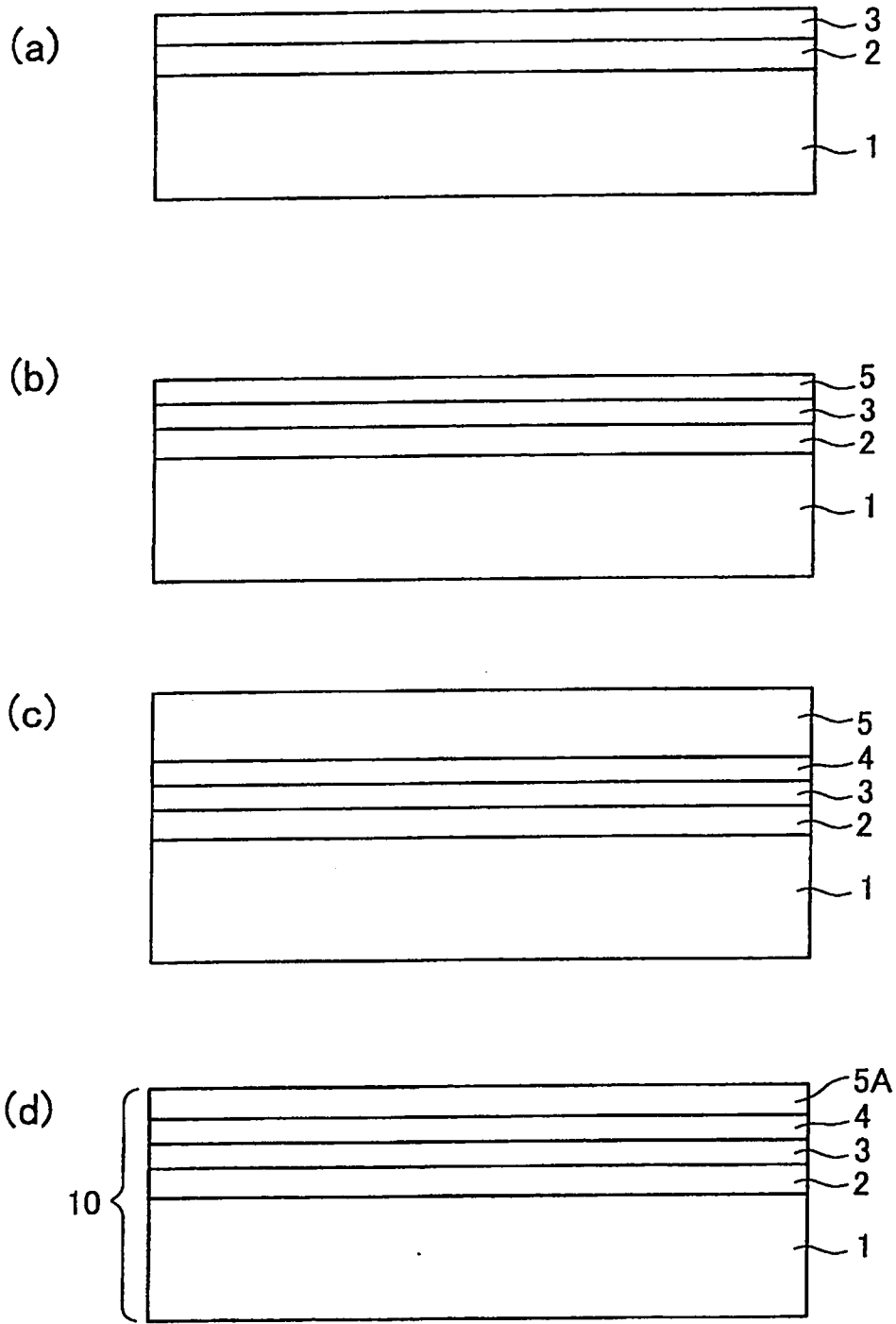


圖2

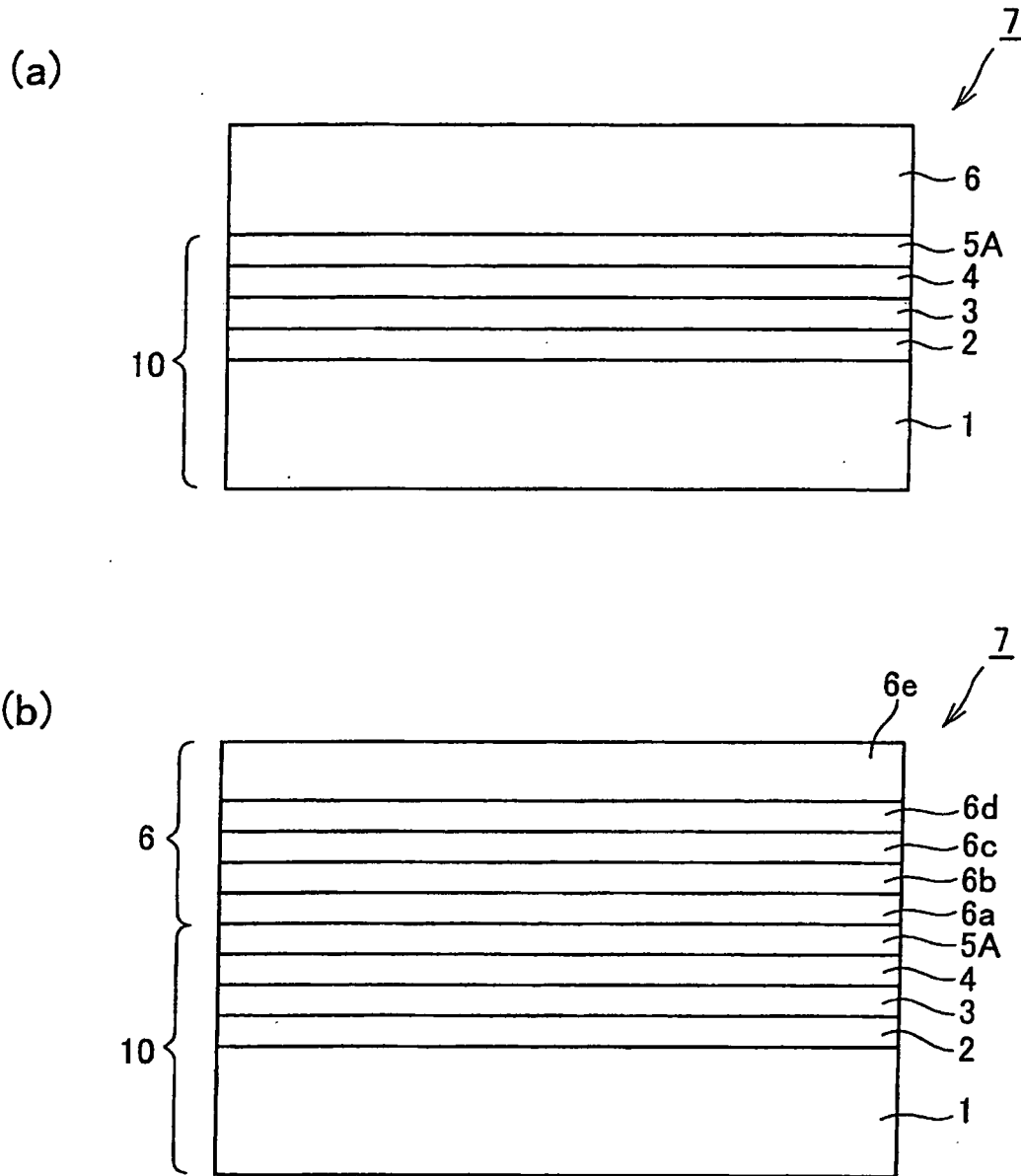


圖3

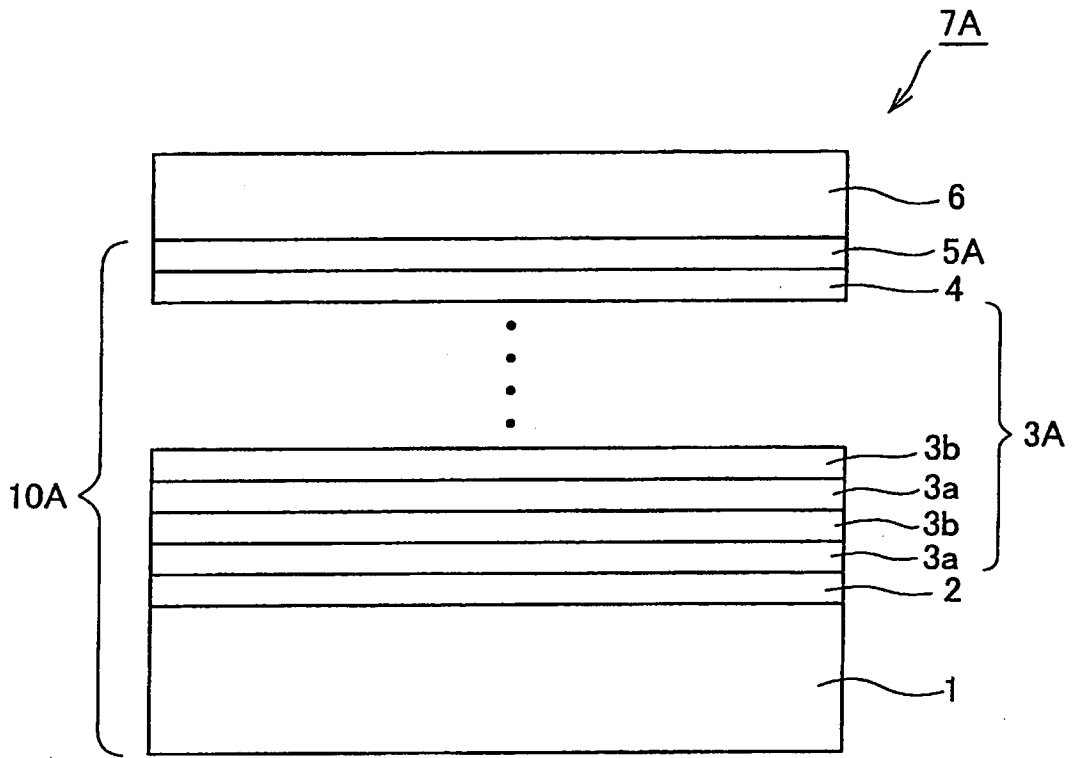


圖4

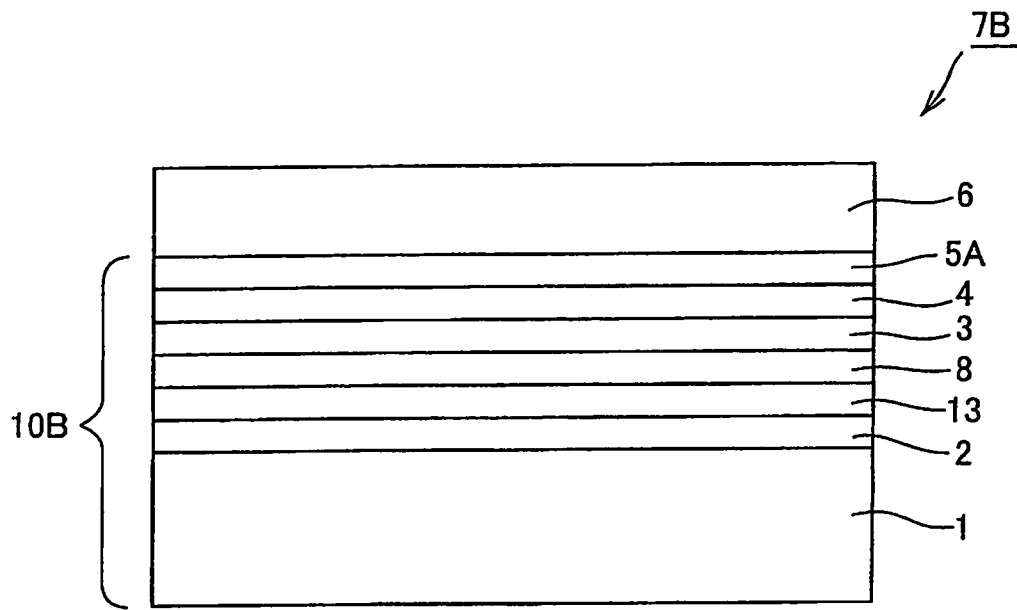


圖5

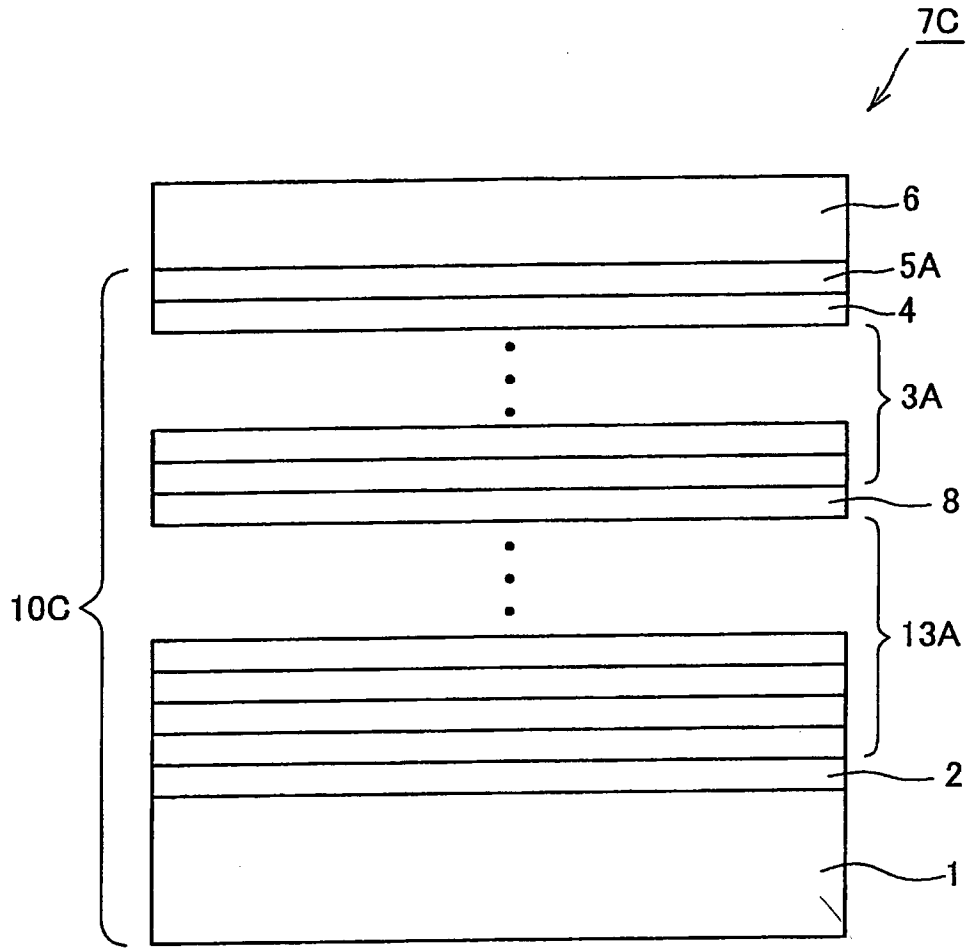


圖6