

公告本

413956

申請日期	88.5.12
案 號	88107701
類 別	4012 33 00

A4

C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	發光基板LED元件	413956
	英 文	“發光基板LED素子”	
二、發明 創作人	姓 名	1.松原 秀樹 2.武部 敏彥 3.元木 健作	
	國 籍	均日本	
	住、居所	1.2.均日本國大阪市此花區烏屋1丁目1番3號 住友電氣工業股份有限公司大阪製作所內 3.日本國兵庫縣伊丹市昆陽北1丁目1番1號 住友電氣工業股份有限公司伊丹製作所內	
三、申請人	姓 名 (名稱)	住友電氣工業股份有限公司	
	國 籍	日本	
	住、居所 (事務所)	日本國大阪府大阪市中心區北濱四丁目5番33號	
	代 表 人 姓 名	倉內 憲孝	

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區)	申請專利, 申請日期:	案號:	, ☐ 有 ☐ 無主張優先權
日本	1998年11月13日	特願平10-323401	☒ 有 ☐ 無主張優先權
日本	1998年07月28日	特願平10-212381	☒ 有 ☐ 無主張優先權

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

五、發明說明(1)

本發明所屬技術領域

本發明係關於在單一元件具有2種類發光吸收峰之新型半導體發光元件之結構。更具體而言，係關於在基板上成長磊晶發光層之單一LED結構，且產生將發光層之光與基板螢光合成粉紅色、紅紫色、黃色、橙色、白色等中間色之LED。

傳統之技術

各種產生單色光之高亮度發光二極體(LED)早已實用化。紅色LED係以AlGaAs或GaAsP等作為發光層之LED而廣為應用。數Cd(燭光)以上之高亮度物件可在低成本下製得。紅色以外之單色LED亦已實用化。綠色·黃綠色用GaP、藍色用SiC、藍色·綠色用GaInN、橙色·黃色用AlGaInP等採用上述作為活性層之LED均是低成本LED之實用化。基板係GaAs、GaP、SiC、sap等。

已實用化LED之色相與活性層組成份之關係如下。

- (1) 紅色LED… AlGaAs、GaAsP
- (2) 綠色·黃綠色LED… GaP
- (3) 藍色… SiC
- (4) 藍色·綠色… GaInN
- (5) 橙色·黃色… AlGaInP

然而此等LED全部係利用在能帶間隙之間移動而發光。經由電子在能帶間隙之移動以決定一波長。因係單一波長光故為單色。因藉在能帶間隙中之電子·正空孔之再結合而具有窄寬度之光譜。任意單一半導體材料之能帶間隙發

五、發明說明(2)

光僅能為單色。

可發出原色以外之幾種中間色。但即使中間色是單色亦無法進行改變。目前為止LED可產生之顏色為紅色、橙色、黃色、黃綠色、綠色、藍綠色、藍色、藍紫色、紫色等。其中原色可為紅與綠之中間色或藍與綠之中間色。而即使中間色為單色亦無法組合成複合色。另外無法以單一LED發出紅與綠之中間色，紅與綠與藍之中間色光。

為製造出中間色，可將多數個紅、綠、藍3原色LED予以組合。將3原色LED予以組合可製得預期之中間色。但將多個相異LED組合使結構變得複雜化。要分離顏色即須下工夫。本發明之目的即不必藉組合單一LED而可獲得中間色。

本發明所欲解決之課題

照明用途或部份顯示用途中，所期待者並非上述之單色光源，而是紅與藍之中間色(紅紫色或粉紅色)光源、或紅與綠與藍之中間色(白色)之光源。與上述相同之一般LED僅為單色。在照明、顯示用途中中間色具必要性。所以目前前在照明、顯示時會使用到螢光燈或白熱燈。

此等照明顯示燈之實績為具使用簡便性等長處。且裝置及燈管燈泡為廉價。具有可直接接續在商用電源等成熟技術之優點。但白熱燈泡之壽命非常短。因關閉頻繁而必須經常更換。白熱燈泡亦有發光效率差之缺點。螢光燈之壽命雖然有所改善，在大型裝置下重量過大為其缺點。

LED因係將電流直接轉換為光故效率佳。且壽命長。另

五、發明說明(3)

外個別元件相當輕量。雖然可使用LED之各種原色來發揮顯示用途，仍受限於白色或紅紫色、粉紅色等顏色。為顯示中間色僅有組合多數個相異LED一途。但結構變複雜即提高成本。

以單一LED合成白色之試驗持續進行中。此即為將使用GaInN之高亮度藍色LED與使用YAG之黃色螢光體予以組合。因在藍寶石基板上可成長GaN結晶及成長GaInN活性層之藍色LED之製造技術可確立而得以應用此藍色LED。此白色LED在

Shuji Nakamura & Gerhard Fasol, "The Blue Laser Diode (GaN Based Light Emitters and Lasers)", January 1997, Springer, p216-221(1997)中有所介紹。

圖1所示即該文獻所揭示之眾所週知之白色LED。在藍寶石基板上配置GaInN/GaN結構之藍色LED5接續在架台2之空洞4。LED之p側(陽極)電極、n側(陰極)電極藉導線接續在元件上之架台2、3。在GaInN-LED5上充填YAG螢光體6。YAG(鈹鋁鎂)係黃色材料且吸收藍色光而發出黃色螢光。

因一般之發光元件或受光元件係使用導電性基板，而在晶片底層連結一引線作為電極。所以一條導線使另一側之上方電極與引線連結。但GaN類之藍色LED係在藍寶石(sapphire)基板上堆積GaN與GaInN層。因藍寶石係絕緣體而無法以底面作為陰極。因此在晶片之上面同時製成n側電

五、發明說明(4)

極(陰極)及p側電極(陽極)。所以必須要兩條導線。電流自陽流通至陰極故Ga_N類LED發射出藍色光。一部份藍色光直接透過YAG螢光體而朝外部發射。其餘被螢光體吸收而發射出較長波長之黃色。藍色與黃色光重疊發射出。所合成之光為白色。即由Ga_N類LED之藍色與藉此以激發螢光材料而得之黃色光合成而獲得由人眼可視覺感知之白色。

LED之發光係電子藉在能帶間移動之主動性發光。螢光體則將該光吸收，內部電子從基態能帶被激發至上位能帶，此區間之位能稱為發光中心，電子在降回基態能帶時則發出光。此激發發光當然較LED光之能量為低。以適當螢光體將LED圍繞，則可發出LED原有之光與較其波長為長之螢光。YAG螢光體恰好發出黃色光而與LED之藍色合成為白色。在可見光中藍光之波長短而能量高。藍色發光元件之存在乃是可能之事。

圖2所示係GaInN/YAG發光元件之發光光譜。橫軸係波長、縱軸係光強度(任意刻度)。在460nm附近出現尖銳之發光吸收峰。此即藍色LED(GaInN-LED)之固有吸收峰。以550nm為中心之廣吸收峰係源自黃色YAG螢光體之發光。藉電子移動之發光與螢光而發射出藍色與黃色。因肉眼無法分辨所觀察到之顏色而視為白色。以一個LED製得白色即為此。

但GaInN/YAG發光元件有某些缺點。GaInN類LED必須具有額外之完全異質物質之YAG螢光材。此為第一缺點。將

五、發明說明(5)

透明度差之YAG螢光體充填在晶片上則源自LED之光多數被吸收，因LED之藍色未往外發射故效率極低。雖然藍色LED單體具有輝度為1Cd以上，外部量子效率具5%以上，以YAG圍繞之白色LED之輝度為0.5Cd，而外部量子效率降為3.5%。此為第二缺點。

另外，YAG螢光材不僅透明性差，本身之光轉換效率即製造黃色之能力亦低，僅約10%。為了使目眩的白色光色調變為暖色系白色光，要增強黃色之發光強度，則必須增加螢光材料之厚度。而增加不透明螢光材料之厚度則進一步增加吸收，進而使輝度、效率同時低下。此為第三缺點。第四缺點為必須要複雜的製造工程。

可利用於照明用、顯示用、液晶背光等用之白色LED之需求雖然大，白色以外之中間色調之需求亦大。在紅與綠中間色之黃色及橙色在警告燈及顯示用途方面有急切之大需求。在紅與綠中間色之黃色及橙色所得之單一LED可製造得。但均為低輝度及高成本。例如在n型GaAs基板上藉MOCVD法積層p型AlGaInP層而製得黃色LED。因在p型層之電流分佈差故必須增厚AlGaInP。因此成本提高。而輝度變低。對LED而言，高成本及低輝度為大難題。取代之法為採用將較廉價之紅色LED(AlGaAs)及綠色LED(GaP)兩種LED組合。又要搭配予以承載之著色上層玻璃。2種LED之組合結構上變為複雜。電源亦不單純。故期望更廉價之發出橙色、黃色之高輝度單一LED。而欲自傳統單一LED製得紅藍之中間色(粉紅、紅紫)、紅綠藍之中間色則為不可

五、發明說明(6)

能。克服傳統技術之難點，本發明之目的乃是提供藉單一LED以產生紅藍之中間色、白色(紅藍綠之中間色)之LED。

一般之色度圖由圖19予以說明。色度圖係針對一般可見光源色或物體顏色，將對應於紅、綠、藍三原色之刺激值(人類眼球中所謂水晶體之三種視覺器官所感受之刺激量)予以數值化，而以平面座標表示之圖示方式。將任意光源之發光光譜當作 $Q(\lambda)$ ，乘以相當於視覺器官之分光感度特性之等色係數即成為個別顏色之刺激值。即以對應紅色之等色係數為 $r(\lambda)$ 、對應綠色之等色係數 $g(\lambda)$ 、對應藍色之等色係數 $b(\lambda)$ ，則紅色之刺激量 X 即為 $X = \int Q(\lambda)r(\lambda)d\lambda$ 、綠色之刺激量 Y 即為 $Y = \int Q(\lambda)g(\lambda)d\lambda$ 、藍色之刺激量 Z 即為 $Z = \int Q(\lambda)b(\lambda)d\lambda$ 。將此等依總刺激量予以歸納，以 $x = X/(X+Y+Z)$ 、 $y = Y/(X+Y+Z)$ 展開成平面座標而為如圖17所示之色度圖。按原理，在此座標系統中，任意具有顏色之光譜係連結 $(0, 0)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ 座標，以在直角二等邊三角形內之某一點表示。

在色度圖上，單色光係以圖19中之粗C型實線表示。其形狀係由等色係數之形狀所決定，例如比550nm長之長波長範圍中，因藍色之感度為0，單色光之色度係存在於 $x+y=1$ 之直線上。又比505nm短之短波長範圍中，藍色同時增加，相當於紅色之分光感度亦和緩增加，圖形即由直線 $x=0$ (即 y 軸)偏移而描繪出曲線。C型曲線上之長波長之極限點與短波長極限點雖然以直線相連結，此直線並非對應單色光，而是稱為純紫軌跡。此C型曲線與純紫軌跡所

五、發明說明(7)

圍繞之範圍內部之一點即表示中間色。此中間色之中心部份為白色範圍。自圖 19 可知，白色範圍係存在於 $x=0.21\sim0.49$ ， $y=0.2\sim0.46$ 之範圍內。本發明目的之顏色，係傳統 LED 所無之此白色範圍及其以下之粉紅色、紫色、紅紫色之藍紅中間色範圍，及低成本低輝度之傳統 LED 所無之黃色、橙色之紅綠中間色範圍(白色範圍之右上側)。

解決本主題之方法

本發明乃是不使用螢光材料、係藉摻雜雜質之半導體基板或絕緣體基板以產生螢光。而提供藉組合由能帶間隙移動之發光以產生白色或其它中間色之 LED。在基板上之磊晶成長層(發光結構)藉能帶間隙移動而發出短波長光，而藉該光自基板本體發出較長波長之螢光，即利用 LED 之發光及基板之螢光。

LED 係由單結晶基板及在其上成長之磊晶所形成之發光結構。磊晶成長層發出光之波長 λ_1 對基板而言必須為一般透明性。若基板為不透明性則必須排除吸收之問題。因雜質會損失顏色鮮明度，故基板至少不可含雜質。基板必須盡可能為透明清澈。

本發明相反地係積極利用基板作為發光中心。添加適當之摻雜質於基板中而形成發光中心。藉摻雜而使基板具有螢光性。藉螢光與 LED 發光之組合以合成中間色及白色。LED 基板與活性層之組合可有多種。例如可有以下之 4 種組合。

組合(a) GaN 基板 GaInN 活性層

五、發明說明 (8)

組合(b) AlGaAs基板

ZnSe、ZnSSe/ZnCdSe、ZnSeTe活性層

組合(c) GaP基板 GaInN活性層

組合(d) ZnSe基板

ZnSe、ZnSe/ZnCdSe、ZnSeTe活性層

此等基板中，組合(c)之GaP基板為易於準備。Choklarusky法及Bridgeman法可將大型單結晶切割成薄片之單結晶晶圓。組合(b)之AlGaAs基板因無法形成大型單結晶，故係在GaAs晶圓上形成AlGaAs層之基板。組合(a)之GaN基板本身係新形式，製造方法尚未廣為所知。本文以下會針對GaN基板之製造方法說明。組合(d)之ZnSe基板並非熟知之基板。本文後續將描述此製造方法。以下為供作螢光中心之各個基板之摻雜雜質。

組合(a) GaN基板 氧原子、碳原子、氮原子空孔

組合(b) AlGaAs 基板 Si

組合(c) GaP基板 鋅、氧原子

組合(d) ZnSe 基板 I+Cu、I+Ag、I+Al

如前述之摻雜雜質可調整種類、濃度、欠陷密度而改變螢光發光中心之波長。利用基板厚度可改變螢光之比例。藉雜質種類、濃度、欠陷密度、基板厚度等之隨意調整，可獲得白色自暖色系至冷色系之任意白色、或多樣之中間色。

藉在活性層之能帶間隙之移動產生 λ_1 (中心波長C)，基板之螢光中心將之吸收，因而產生低能量之 λ_2 (中心波長B)螢光($\lambda_1 < \lambda_2$)。故 λ_1 (中心C)+ λ_2 (中心B)之光發射出

五、發明說明(9)

而在人類眼中可觀察到合成之顏色。

改變活性層材料則能帶間隙移動之光波長 λ_1 會改變。改變基板摻雜質種類則可改變 λ_2 。改變摻雜質之含量或基板厚度則螢光強度會改變。所以改變磊晶發光結構及基板摻雜質可產生各種中間色、白色。一般之LED必須有基板及發光結構，而本發明，不必附加其它結構物。僅增加簡單地在基板中摻雜之工程。

圖4所示之發光強度分佈圖係本發明之LED之原理。顯示係藉波長C激發電流而發光。波長B為基板之螢光。要理解本發明必須理解3個波長A、B、C之關係。

波長C=在磊晶發光結構中藉能帶間隙移動之發光

波長B=基板之螢光

波長A=被基板吸收而可產生之螢光之最長波長

因改變螢光B會呈現最低能量光A，在1光子被激發之場合，必定為波長 $B > \text{波長} A$ 。發光結構所產生之光C，若波長 $C < \text{波長} A$ 則發光結構之光C可激發基板中之螢光。能帶間隙移動光C與螢光B朝外部放射。朝外部放射之光係 $(C+B)$ 。超越意為臨界波長A之波長光即無法朝外部放射。

圖3(a)、圖3(b)顯示本發明之LED之概念圖。本發明之LED晶片9、配置於元件架台(樞軸)16之上。LED晶片9基板12及磊晶發光結構13所製得。在基板內面具電極之場合架台16接續於該電極。另一側之電極藉導線14接續於架台11。將晶片、架台上方整體利用透明樹脂予以鑄成模。

基板12之摻雜質係選定吸收較圖4之波長A為短波長之

五、發明說明(10)

光，而產生具波長 $B(\lambda_2)$ 螢光之吸收峰者。磊晶發光結構13之能帶間隙發光之波長 C 即為 λ_1 。另外，以 A 表激發螢光之最低能量光之波長。具波長 A 以下之波長光可產生螢光。雖然磊晶發光結構產生波長 C ，在 $C < A$ 之場合之光可由激發基板之摻雜質而產生螢光。因此在具 $C < A < B$ 之基板之磊晶發光結構之組合亦佳。但欲獲得大型結晶基板之材料有所限制。因具有晶格排列條件等之故，對應於一基板可成長磊晶之薄膜亦有所限制。

在本發明中，因具有自基板產生之螢光，在吸收1光子之場合，當然較入射光子之能量為低，故螢光波長 λ_2 較激發光 λ_1 長。吸收2光子時可獲得短波長之螢光。又源自磊晶發光結構之發光或源自基板之螢光在明顯偏離可見光範圍之場合並不符合本發明之目的。

在圖4中以波長 C 為中心之尖銳吸收峰係源自磊晶發光結構之電子在能帶間隙間移動之發光。較此為長之波長之寬廣光譜 B 顯示係基板之發光。較波長 A 短之波長光可為由激發基板之發光中心所產生之螢光。由活性層所產生之光波長較波長 A 短。源自活性層之短波長光發射出，此即激發基板之發光中心而產生長波長之螢光。雖然合成光朝外部放射，此係由能帶間隙發光 C 及螢光 B 所組合成。改變磊晶發光結構則可改變能帶間隙發光 C 之波長。即改變活性層結構即可改變波長 C 。改變基板之摻雜質則可改變螢光波長 B 。改變基板摻雜質濃度則可增減螢光之比率。改變基板厚度可增減螢光之比率。

五、發明說明(11)

即以波長B為吸收峰之螢光(基板發光)具有可隨意調整摻雜質、摻雜質濃度、基板厚度之參數。磊晶發光結構之活性層依參數而得，故可任意變動波長C。

本發明可改變發光C、螢光B而獲得產生寬廣範圍之中間色、白色之LED。本發明之LED可產生至目前為止LED尚不可能達成之紅藍之中間色、白色(紅藍綠之中間色)，確實為優秀之發明。

本發明之LED晶片之形狀本體與傳統之LED無異。不必塗佈其它螢光材料。亦可使用平常元件之架台。可應用既有之低成本LED元件之製造技術。

一般LED中為形成磊晶層而必須有一基板底座台。基板係必要之物件。在傳統LED中基板除供以保持磊晶層及流通電流之外無其它積極性功能。在基板供以發光之場合，去除雜質以使基板發光之排除工作需實施。基板為透明而不吸收者對不發光物件為佳。在本發明中相反地則積極利用螢光。利用螢光製得中間色或白色恰為藉逆向思考所衍生之技術。

本發明人等在先前申請之10-194156號平成專利申請案中提供藉ZnSe基板+ZnSe類磊晶層將能帶間隙移動發光及螢光組合成白色光之LED之製造技術。此即將ZnSe類活性層中產生之藍色與在ZnSe板中產生之黃色合成為白色光。但考量基板之摻雜質、基板之種類、磊晶層等則可進而獲得廣範圍之中間色。可產生至目前為止尚不可能達成之紅藍之中間色、紅藍綠中間色之LED。傳統LED雖可產生紅綠

五、發明說明 (12)

中間色但需高成本。本發明利用廉價之LED可產生紅綠之中間色。

例如在本發明中，揭示了將包含螢光中心之GaN基板與GaInN類藍色發光元件組合成簡單結構之白色LED(組合(a))。製成在n型GaN基板上成長p型GaInN膜而以400毫微米~500毫微米發光之藍色LED。

大型而少欠陷之GaN基板在傳統製造上為無法達成。GaN本體即使在高溫高壓下亦不易成融熔液，故無法使用CHOKRALUSKY法、Bridgeman法等。因此一般而言GaInN-LED係形成於藍寶石基板上。若GaN基板不存在則本發明即無法實行。近年可藉融熔液成長法或氣相成長法製得GaN基板。此使本發明為可能。融熔液成長法係在Ga融熔液中溶入GaN而在壓力及熱之下形成Ga-GaN融熔液而成長GaN單結晶之方法。可製得小型結晶。

氣相成長法係在(111)GaAs基板上配置具有多數個點狀孔或直線狀孔之光罩，經由光罩在低溫下以氣相成長GaN製得緩衝層，進而在其上以高溫成長厚層磊晶層，去除GaAs基板而製得GaN大型單結晶基板。即採用薄膜成長法以成長基板。原料氣體之供給方式為HVPE(HARYTE氣相成長法)法、MOC(有機金屬鹽化物氣相成長法)法、MOCVD(有機金屬CVD法)法等。HVPE法係在熱壁(Hot Wall)型爐中放置GaAs基板及Ga金屬融熔液，吹入氫、HCl氣體製得GaCl，在基板附近與氮氣進行反應而合成GaN。MOC法係在熱壁型爐中使TMG等有機金屬與 H_2+HCl 氣體反應而合成GaCl

五、發明說明(13)

，此與氮氣 NH_3 進行反應而製得 GaN。MOCVD 係在冷壁 (cold wall) 反應爐中，TMG 等有機金屬藉 H_2 輸送，而與氮氣進行反應製得 GaN。此等 GaN 基板之製造方法在本發明申請人先前申請之 10-171276 號平成專利申請案中有所說明。製造大型 GaN 基板之可行性為最近之事。本發明係以 GaN 基板為起始原料而製得白色 LED。

利用氣相成長法或融熔液成長法成長 GaN 基板時，將氧原子、碳原子等雜質(摻雜質)摻雜入時，可同時導入結晶欠陷(氮原子空孔)。氧原子、碳原子等雜質或氮原子空孔等之結晶欠陷形成產生螢光之中心。產生較 480 毫微米短之波長光及，520 毫微米~650 毫微米之廣範圍螢光。此發光中心可稱為螢光發光中心或簡單稱之為螢光中心。螢光發光之中心波長發光光譜之半值寬度可由摻雜質(氧、碳)之種類、摻雜量或結晶欠陷(氮原子空孔)之量予以調整。螢光係由廣範圍分佈之黃色至紅色(520 毫微米~650 毫微米)添加至 GaInN-LED 之藍色所發出。以眼看可見到合成之白色光或中間色光。所謂白色光、中間色光 = GaInN 之藍色 + GaN 之螢光係由白色光或中間色光之二種光所合成。

簡言之本發明之組合(a)元件係由兩個部份所製成，係將

(1) GaInN 類 LED …… 利用在能帶間移動發出藍色光 (400~510 毫微米)

(2) GaN 基板 …… 黃色~紅色之螢光(螢光：520~650 毫微米)。

五、發明說明 (14)

組合成之物件。GaN基板為n型或p型均佳。均係在磊晶成長層中製作pn接合。磊晶成長層形成發光結構。基板形成螢光體。

白色有很多種樣式。藍色佔優勢時則為冷色系，紅色佔優勢時則傾向於暖色。GaN基板厚則GaInN-LED之藍色吸收減少而螢光發光之黃色為主。GaN基板薄則GaInN-LED之藍色佔優勢而螢光發光變弱。藉改變GaN基板之厚度可調整螢光發光之強度。即藉改變基板之厚度可改變LED之藍色發光對螢光發光之比率。但基板厚度包含其它條件之限制。製成50微米以下時在後工程破損之比例會增加。合格率亦降低而成本提高。相反地，基板厚度為2毫米以上時，LED之尺寸會過大。又黃色光之比例過多時則不會形成白色。故基板厚度為50微米~2毫米之間。如以上所述亦有其它之組合(b)~(d)。

以下描述上列(a)之GaN基板之製作方法。組合(b)之基板AlGaAs/GaAs、組合(c)之基板GaP之製造方法因已熟知而不予說明。組合(d)之n型ZnSe基板之製造方法因未被熟知故予以簡單描述。

在大型ZnSe單結晶製造方法中，有化學輸送法及粒界成長法。化學輸送法係藉I(碘)將一部份多結晶ZnSe輸送至單結晶ZnSe以堆積之方法。在成長室之底部置放ZnSe多結晶原料。在成長室之上部固定單結晶平板形狀之ZnSe晶種。所在空間充填碘元素。底部之多結晶以比上部之單結晶之較高溫予以加熱。在下部實施 $2\text{ZnSe} + 2\text{I}_2 \rightarrow 2\text{ZnI}_2 + \text{Se}_2$ 反應

五、發明說明(15)

。因碘化鋅 ZnI_2 為氣體故上昇。 Se_2 亦上昇。晶種因係在低溫下而進行反方向反應。即成為 $2 \text{ZnI}_2 + \text{Se}_2 \rightarrow 2 \text{ZnSe} + 2 \text{I}_2$ 。此 ZnSe 在晶種之上方位位置逐漸堆積。碘即依此方式運送鋅。因此碘輸送法較佳。成長溫度約為 850°C 。

粒界成長法係藉將 ZnSe 固體多結晶原料局部加熱處理並使加熱處移動而使結晶粒壁(粒界)移動，促成結晶粒間之整合以減少結晶粒而使結晶粒變大，最後僅最優勢之唯一結晶粒形成之單結晶製造方法。碘輸送法係包含碘之以 ZnSe 單結晶製作而粒界成長法則可在不含碘下之製造。

[實例]

[實例1(ZnSe 基板(I、Cu)； ZnSe 類中間色元件；480毫微米、630毫微米)]

基板係採用摻雜碘及銅之n型 ZnSe 基板。以磊晶發光結構及 ZnSe 為母體由混晶製得積層結構(圖5)。摻雜碘及銅之 ZnSe 基板20，利用能帶拖尾(bandtailing)現象，會吸收較原來能帶間隙所對應之460毫微米波長為長而較510毫微米為短之波長光(波長A：510毫微米)。藉雜質中心(碘及銅)而產生具有630毫微米寬廣吸收峰之螢光(波長B：630毫微米)。能帶拖尾現象係本發明之重要功能。具能帶間隙 E_g 之半導體可吸收較其所對應波長 $\lambda_g (=hc/E_g)$ 為短之波長 $\lambda (< \lambda_g)$ 之光，而透過較長波長 $\lambda (> \lambda_g)$ 之光。藉摻雜雜質在傳導能帶端、價電子能帶端產生雜質能階，則產生雜質能階-價電子能帶間之移動，或傳導能帶-雜質能階間之移動。即可吸收 λ_g 以上波長光。此即為能帶拖尾現象。

五、發明說明(16)

在本實例中，基板藉能帶拖尾可吸收較 λ_g (460毫微米)長波長至波長A(510毫微米)之光。即可藉至波長A(510毫微米)之光產生雜質發光之光。

為調查厚度對ZnSe基板20之影響，準備了50微米(元件 α)及200微米厚之基板(元件 β)。在兩種厚度之ZnSe基板中，如圖5所示藉MBE法使磊晶發光結構體成長為均質磊晶。此磊晶發光結構之發光吸收峰波長為480毫微米(波長；480毫微米)。

此磊晶發光結構體自上依序為p型ZnSe基板與ZnTe積層超晶格結構所製得之p型接觸層25、p型 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 金屬包覆層24、ZnSe與ZnCdSe之積層結構所製得之多重量子阱活性層23、n型 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 金屬包覆層22所製得。實際上在ZnSe基板20與磊晶發光結構體之間為n型ZnSe緩衝層21。自基板側依序說明，則層結構為

(1)n型ZnSe基板(摻雜碘、銅，雜質發光=630毫微米；
B)20

(2)n型ZnSe緩衝層21

(3)n型 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 金屬包覆層22

(4)ZnSe/ $\text{Zn}_{0.88}\text{Cd}_{0.12}\text{Se}$ 多重量子阱活性層(480毫微米；
C)23

(5)p型 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 金屬包覆層24

(6)p型ZnTe/ZnSe超晶格接觸層25

另外(4)之活性層為 $\text{ZnSe}_{0.99}\text{Te}_{0.01}$ 之雙雜活性層(480毫微

五、發明說明(17)

米)亦無妨。

在此磊晶晶圓之p型接觸層上，形成由鈹/金製得之以晶片為單位之點狀圖案p側電極，且在其上形成全面之厚度20毫微米以下之薄膜金(Au)電極。20毫微米以下之金形成可使光通過之透明電極。在基板內側形成由In(銦)製得之n側電極。將電極形成後之磊晶晶圓切成250微米×250微米平方尺寸之晶片。將晶片固定在元件架台(stem)而製成LED。

此LED之波長C(480毫微米)較波長A(510毫微米)為短，在自磊晶發光結構所產生之光中，朝基板入射部份在基板被吸收而產生波長B(630毫微米)之螢光。因此朝外部發射之光為480毫微米+630毫微米。

以定電流模式測定此LED。典型之發光強度在20mA下為2mW。

此LED之發光光譜如圖6所顯示。按照設計係由具有尖銳480毫微米吸收峰之發光結構所獲之發光及由具有630毫微米鈍吸收峰之源自ZnSe基板之雜質所獲之發光組合而成。

薄(50微米)基板元件 α 之基板螢光強度小，顏色為藍色偏粉紅色。薄(200微米)基板元件 β 之基板螢光強度大，顏色為紅色偏紅紫色。厚基板包含較多雜質發光中心。所以可理解為基板厚時則螢光增加。

同一LED之發光光譜在色度圖上之表示方式以圖7表之。基板厚度50微米之元件 α 係色度(x, y)=(0.34, 0.21)之藍色。基板厚度200微米之元件 β 係色度(x, y)=(0.50, 0.24)之紅色紅紫色。在圖7中，亦顯示源自磊晶發光結構之發光色

五、發明說明 (18)

度(Δ 點)，及源自基板之螢光色度($\square$ 點)。元件 α 、 β 之色度即在此兩點之連結線段上。使用摻雜碘及鋁之ZnSe基板實施相同之試驗可獲得大致相同之結果。

[實例2(ZnSe基板(Al、I)；ZnSe類粉紅色、紅紫色元件；465毫微米、600毫微米)]

基板係選用n型ZnSe基板(摻雜質：碘及鋁)。磊晶發光結構係採用以ZnSe為母體所製得之混晶形成積層結構。

摻雜碘及鋁之ZnSe基板20，利用能帶拖尾現象，會吸收較原來能帶間隙所對應之460毫微米波長為長而較510毫微米為短之波長光(波長A：510毫微米)、藉稱為SA發光之雜質中心產生具有600毫微米寬廣吸收峰之螢光(波長B：600毫微米)。

藉摻雜質以改變螢光波長。在實例2中以I、Al(碘、鋁)為摻雜質之螢光中心波長為600毫微米。添加鋁係為了使螢光朝長波長移動。

此處ZnSe基板係準備了摻雜量n為 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ (元件 γ)及 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ (元件 δ)兩種。厚度均為250微米。藉改變摻雜質濃度以改變SA發光係本實例目的。

在此導電性ZnSe基板上，吸收峰波長為465毫微米之藍色發光之磊晶發光結構如圖8所示藉MBE法成長為均質磊晶(波長：465毫微米)。磊晶發光結構體自上依序為p型摻雜之ZnSe與ZnTe積層超晶格所製得之p型接觸層35、p型摻雜 $\text{Be}_{0.20}\text{Mg}_{0.20}\text{Zn}_{0.60}\text{Se}$ 所製得之金屬包覆層34、ZnSe所製得之雙雜活性層33、n型摻雜之 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 層所製得

五、發明說明 (19)

之n型金屬包覆層32。自基板側依序說明，則層結構為

- (1) n 型 ZnSe 基板 (摻雜 碘、 鋁) 30
- (2) n 型 ZnSe 緩衝層 31
- (3) n 型 $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{S}_{0.10}\text{Se}_{0.90}$ 金屬 包覆層 32
- (4) ZnSe 雙雜 活性層 (465 毫微米 ; C) 33
- (5) p 型 $\text{Be}_{0.20}\text{Mg}_{0.20}\text{Zn}_{0.60}\text{Se}$ 金屬 包覆層 34
- (6) p 型 ZnTe/ZnSe 超 晶 格 接 觸 層 35

使用此磊晶晶圓，以與實例1相同之方法製得LED。因為此LED之波長C(465毫微米)較波長A(510毫微米)為短，在自磊晶發光結構所產生之465毫微米光中，朝基板入射部份在基板被吸收而產生波長B(600毫微米)之螢光。

以定電流模式測定此LED。典型之發光強度在20mA下為1mW。可獲得高輝度之黃偏粉紅色及藍偏紅紫色光。

此LED之發光光譜如圖9所顯示。按照設計係由具有尖銳465毫微米吸收峰之發光結構所獲之發光(因能帶間隙移動所致)及由具有600毫微米鈍吸收峰之由ZnSe基板所獲之發光組合而成。

摻雜量少($1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)之基板元件 γ 之基板螢光強度小，摻雜量多($5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)之基板元件 δ 之基板螢光強度大。可理解螢光隨摻雜量之比例而變強。

此發光光譜在色度圖上之表示方式以圖10表之。摻雜量少($1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)之基板元件 γ 係色度(x, y)=(0.34, 0.19)之藍色之紅紫色。摻雜量多($5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)之基板元件 δ 係色度(x, y)=(0.50, 0.29)之黃色偏粉紅色。在圖10中，顯示源自磊

五、發明說明(20)

晶發光結構之發光色度(Δ 點)，及表基板螢光之色度($\square$ 點)。元件 γ 、元件 δ 之色度即在此兩點之連結線段上。

[實例3 (AlGaAs基板(Si); ZnSe類黃色、橙色元件: 520毫微米、550毫微米、690毫微米)]

基板係採用在摻雜Si(矽)之n型GaAs基板上藉液層磊晶法(LPE)形成AlGaAs層47所製得之AlGaAs基板40。磊晶發光結構係採用以ZnSe為母體所製得之混晶所製得之積層結構。

AlGaAs基板40藉改變Al(鋁)組成可改變能帶間隙。依所呈現之能帶間隙對應之波長，可在570毫微米~860毫微米範圍內改變能帶間隙能量。此處基板側之組成係選用 $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.50}\text{As}$ 之組成。AlGaAs基板40之摻雜係採用Si(矽)作為n型雜質。此Al組成之AlGaAs基板會吸收較640毫微米波長為短之波長光(波長A: 640毫微米)、藉以Si為摻雜質之再結合中心發光產生具有690毫微米寬廣吸收峰之螢光(波長B: 690毫微米)。

在此導電性AlGaAs基板40上，發光吸收峰波長為520毫微米(元件 ε)或550毫微米(元件 ζ)之綠色發光結構(圖11)藉MBE法成長為雜質磊晶。此磊晶發光結構體自上依序為p型摻雜之ZnTe與ZnSe積層超晶格所製得之p型接觸層45、p型摻雜之 $\text{Zn}_{0.90}\text{Mg}_{0.10}\text{S}_{0.15}\text{Se}_{0.85}$ 層所製得之p型金屬包覆層44、 $\text{ZnS}_{0.06}\text{Se}_{0.94}$ 層與 $\text{Zn}_{0.70}\text{Cd}_{0.30}\text{Se}$ 層(ε)或 $\text{ZnS}_{0.06}\text{Se}_{0.94}$ 層與 $\text{Zn}_{0.60}\text{Cd}_{0.40}\text{Se}$ 層(ζ)之積層結構所製得之多重量子阱活性層43、n型摻雜之 $\text{Zn}_{0.90}\text{Mg}_{0.10}\text{S}_{0.15}\text{Se}_{0.85}$ 層所製得之n型金屬包覆層42所製得。實際上在n型AlGaAs基板40與磊晶發光結

五、發明說明(21)

構體之間為 n 型 ZnSSe 緩衝層 41。

自基板側依序所形成之積層結構為

(1) n 型 GaAs 基板 46

(2) n 型 AlGaAs 基板 (摻雜矽、SA 發光 = 690 毫微米) 47

(3) n 型 ZnSSe 緩衝層 41

(4) n 型 $\text{Zn}_{0.90}\text{Mg}_{0.10}\text{S}_{0.15}\text{Se}_{0.85}$ 金屬包覆層 42

(5) $\text{ZnS}_{0.06}\text{Se}_{0.94}/\text{Zn}_{0.70}\text{Cd}_{0.30}\text{Se}$ 多重量子阱活性層 (520 毫微米) 43... (元件 ε)、或

(5') $\text{ZnS}_{0.06}\text{Se}_{0.94}/\text{Zn}_{0.60}\text{Cd}_{0.40}\text{Se}$ 多重量子阱活性層 (550 毫微米) 43... (元件 ξ)

(6) p 型 $\text{Zn}_{0.90}\text{Mg}_{0.10}\text{S}_{0.15}\text{Se}_{0.85}$ 金屬包覆層 44

(7) p 型 ZnTe/ZnSe 超晶格接觸層 45

另外 (5) 之元件 ε 之活性層為 $\text{ZnSe}_{0.90}\text{Te}_{0.10}$ 之雙雜活性層 (520 毫微米) 亦無妨。

元件 ε 、 ξ 之差異係多重量子阱活性層之某一層 ZnCdSe 之 Cd 之混晶比例。元件 ε 係 0.30、元件 ξ 係 0.40。Cd 之比率變高則能帶間隙變窄而發光波長變長。

使用此磊晶晶圓，以與實例 1 相同之方法製得 LED。但基板側之 n 側電極採用 Au-Ge (金-鍍) 電極。p 側電極 Pd/Au (鈀/金) 電極與先前實例相同。

此 LED 之基板及磊晶發光結構相異，而發光波長 (波長 C) 較螢光波長 (波長 A) 為短波長。自磊晶發光結構所產生之光 (520 毫微米或 550 毫微米) 朝內基板入射部份在基板被吸收而產生波長 B (690 毫微米) 之螢光。

五、發明說明 (22)

以定電流模式測定此LED。可獲得高輝度之黃色及橙色光。典型之輝度在20mA下為3mW。

此LED之發光光譜如圖12所顯示。按照設計係由具有520毫微米(元件 ε)或550毫微米(元件 ξ)尖銳吸收峰之發光結構(藉能帶間隙移動)及由具有690毫微米鈍吸收峰之AlGaAs基板之雜質發光組合而成。

此發光光譜在色度圖上之表示方式以圖13表之。源自發光結構之發光波長520毫微米(元件 ε)係色度(x, y)=(0.47, 0.48)之黃色。源自磊晶發光結構之發光波長550毫微米(元件 ξ)係色度(x, y)=(0.57, 0.43)之橙色。在圖13中, 顯示源自發光結構之光色度(Δ : 兩種), 及基板螢光之色度($\square$ 點)。元件 ξ 、元件 ε 之色度即在此兩點之連結線段上。

[實例4(GaP基板(鋅, 氧); GaInN類黃色元件; 520毫微米、700毫微米)]

基板係採用在摻雜鋅及氧之半絕緣性GaP基板50。磊晶發光結構係採用以GaN為母體所製得之混晶所製得之積層結構。GaP雖為間接移動型半導體, 藉摻雜鋅及氧會吸收較550毫微米(波長A: 550毫微米)為短之波長光、藉以在雜質再結合中心之再結合發光產生具有700毫微米寬廣吸收峰之螢光(波長B: 700毫微米)。

在此半絕緣性GaP基板上, 圖14顯示藉MOCVD法將磊晶發光結構成長為雜質磊晶。此係產生吸收峰波長為520毫微米之綠色之磊晶發光結構(波長C: 520毫微米)。

此磊晶發光結構體自上依序由以下所製得, 即p型摻雜

五、發明說明 (23)

之 GaN 所製得之 p 型接觸層 55、p 型摻雜之 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層所製得之 p 型金屬包覆層 54、 $\text{Ga}_{0.70}\text{In}_{0.30}\text{N}$ 層所製得之雙雜活性層 53、n 型摻雜之 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層所製得之 n 型金屬包覆層 52、n 型摻雜之 GaN 所製得之 n 型接觸層 (緩衝層) 51。

雖然在磊晶發光結構與 GaP 基板 50 之間有存在緩衝層之例，在本實例中 n 型 GaN 接觸層 51 兼具緩衝層之功能。GaP 基板因具絕緣性故在底面無法配置 n 側電極。由 GaP 製得之 n 型緩衝層之一部份切割至磊晶層以製成 n 側電極。因此 n 型 GaN 緩衝層係以 n 型 GaN 接觸層表現之。p 側電極為 Pd/Au (鈀 / 金)、n 側電極為 Ti/Al (鈦 / 鋁)。n 側電極形成於部份露出之 n 型接觸層之上。

磊晶晶圓之層結構係由如下所述製得。

- (1) 半絕緣性 GaP 基板 (摻雜鋅、氧；700 毫微米) 50
- (2) n 型 GaN 接觸層 (配置 n 側電極) 51
- (3) n 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 金屬包覆層 52
- (4) $\text{Ga}_{0.70}\text{In}_{0.30}\text{N}$ 雙雜活性層 (520 毫微米) 53
- (5) p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 金屬包覆層 54
- (6) p 型 GaN 接觸層 55

在此磊晶晶圓之 p 型 GaN 接觸層 55 之上重覆形成由鈀 / 金製得之 500 微米 $\times$ 500 微米之點狀 p 側電極。此即為晶片尺寸。依相同重覆周期，藉乾蝕刻一部份磊晶層垂直去除之而暴露出 n 型 GaN 接觸層 51，此處即形成由鈦 / 金製得之點狀 n 側電極。n 側電極並非在底面，而是在上面露出 n 型接觸層處形成點狀。將電極形成後之磊晶晶圓切割成 500 微

五、發明說明(24)

米 $\times$ 500微米平方尺寸，固定在架台上。此即製得元件 η 。

此元件 η 之場合因基板為絕緣性，無法適用圖3(a)、圖3(b)之一般LED之實裝方法。如圖1(a)、圖1(b)之藍寶石/GaInN自晶片之上側以導線連接至n側電極及p側電極，再以引線予以接續。

此LED元件 η 亦是波長C(520毫微米)比較於波長A(550毫微米)為短波長，故自磊晶發光結構所產生之光(520毫微米)中，朝基板入射部份在GaP基板被吸收而產生波長B(700毫微米)之螢光。在外部則產生520毫微米光與700毫微米光之合成光。

以定電流模式測定此LED所獲得發光之黃色，典型之輝度在20mA下為3mW。可獲得高輝度黃色光。

此LED之發光光譜如圖15所顯示。按照設計係由具有520毫微米吸收峰之發光結構(藉能帶間隙移動)之發光及由具有700毫微米鈍吸收峰之GaP基板之雜質發光組合而成。

此發光光譜在色度圖上之表示方式以圖16表之。此光係色度(x, y)=(0.45, 0.46)之黃色。在圖16中，顯示源自磊晶發光結構之發光之色度(Δ 點)，及基板螢光之色度($\square$ 點)。此元件之色度之色度即在發光結構色度及基板螢光色度之連結線段上。

[實例5(氣相成長GaN基板、GaInN活性層、正立)]

GaN單結晶利用如前述之氣相成長法(HVPE、MOC、MOCVD法)或融熔液成長法成長。以此GaN之自立膜作為基板。GaN基板導入了氧原子、碳原子等摻雜質或氮原子

五、發明說明 (25)

空孔之結晶。氧原子、碳原子、氮原子空孔形成螢光中心。Ga_N基板之厚度較佳為50微米~2000微米。在Ga_N基板上實施GaIn_N結晶薄膜之磊晶成長。例如可利用MOCVD法成長磊晶。

圖20顯示Ga_N磊晶晶圓60之結構。在n型Ga_N基板62上配置了n型Ga_N緩衝層63、n型AlGa_N金屬包覆層64、GaIn_N活性層65、p型AlGa_N金屬包覆層66、p型Ga_N接觸層67。更具體之組成如下：

- (1) n型Ga_N基板 62
- (2) n型Ga_N緩衝層 63
- (3) n型Al_{0.20}Ga_{0.80}N金屬包覆層 64
- (4) Ga_{0.88}In_{0.12}N活性層 65
- (5) p型Al_{0.20}Ga_{0.80}N金屬包覆層 66
- (6) p型Ga_N接觸層 67

接觸層之p電極及歐姆接觸阻抗必須小而p型濃度提高。AlGa_N金屬包覆層具有寬廣能帶間隙而將載體閉鎖在活性層內之作用。GaIn_N活性層係薄In_N膜、Ga_N膜各層之交互積層物件。

在此磊晶晶圓之p型接觸層之上形成由鈮/金製得之p電極。在內面之n型Ga_N中形成In之n電極。在n電極中可使用鈮/鈦金。採用光蝕刻法形圖案電極。將電極形成後之磊晶晶圓切割成300微米×300微米平方尺寸、如圖3(a)、圖3(b)固定在引線10之架台16上。n側電極在下而p側電極在上。即Ga_N基板12接觸於架台16。p電極則以導線接續在引

五、發明說明 (26)

線11上。以透明樹脂將此等鑄模。

以定電流模式測定此LED。放射出高輝度白色光。紫色及紫偏粉紅色及粉紅色之發光。在20mA之驅動電流下，對應之典型輝度為1.5Cd。此LED之發光光譜如圖21所顯示。按照設計係由具有430毫微米銳吸收峰之源自磊晶發光層之LED發光、及由具有550毫微米鈍吸收峰之源自GaN基板之螢光發光組合而成。合成之光為白色。具稍偏藍色之強烈冷色系白。

[實例6(熔融液成長法之GaN基板、倒立、基板厚度3種)]

準備採用熔融液成長法製得之3種厚度不同之基板。厚度為100微米、500微米、1毫米。在此GaN基板上採用與實施5相同之MOCVD法以製作磊晶結構。圖20之結構中p型摻雜質為鎂、n型摻雜質為矽。在本結構之活性層中摻雜鋅。

- (1)n型GaN基板 62
- (2)n型GaN緩衝層 63
- (3)n型 $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ 金屬包覆層 64
- (4)摻雜鋅之 $\text{Ga}_{0.88}\text{In}_{0.12}\text{N}$ 活性層 65
- (5)p型 $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ 金屬包覆層 66
- (6)p型GaN接觸層 67

在p型GaN接觸層之上製備鈹/金之p電極。p電極形成於磊晶之整體面上。在n型GaN基板之底面製備100微米×100微米平方尺之銦(In)之n電極。p電極晶片之被包覆率為

五、發明說明(27)

100%、n電極晶片之被包覆率為11%。將此切割成300微米×300微米之正方形晶片將內面朝上固定在架台。因磊晶表面朝下而稱為下磊晶(epidown)。p電極直接配置在架台上。n電極則以導線接續在架台上。以透明樹脂將此等鑄模。

以定電流模式使此LED發光。可獲高輝度白色光。實例5之LED可見白色色調之不均，而本受光元件在元件之垂直面方向無此類不均。在下磊晶情況，在垂直方向所發射之光係螢光與LED發光之混合。典型輝度在20mA之電流下為1.5~2 Cd。因基板厚度別(100微米、500微米、1毫米)而感受不同之白色。

(κ) 100微米厚之LED……藍色偏冷色系色調白

(λ) 500微米厚之LED……中性色白

(μ) 1000微米厚之LED……相當偏黃色之暖色調白

各白色發光之度如圖22以 κ 、 λ 、 μ 之色度座標表示。

在圖22中M係表示具有460毫微米吸收峰之源自LED發光結構之發光。因色純度佳而位於色度圖曲線之角落。N點表示以580毫微米為中心之螢光發光色度。因對應於寬廣吸收峰包含各種光而存在於 Δ 形曲線內部。M點光與N點光之合成光在MN直線上。GaN基板薄時螢光變弱而在M側。基板厚時螢光變強而在N側。

κ 點……GaN基板厚度為100微米。最靠近M點。

λ 點……GaN基板厚度為500微米。最中間。

μ 點……GaN基板厚度為1000微米(1毫米)。最靠近N點。

五、發明說明(28)

此等亦可以白色之色調溫度表現。

κ 點……稍偏藍色之冷色白，色調溫度約8000K。

λ 點……中性色白，色調溫度約5000K度。

μ 點……偏極黃色之暖色白，色調溫度約3000K度。

藉改變基板厚度可獲相異色調之白色。此等係基板之雜質濃度為一定之情況下。

改變基板之雜質濃度則基板之吸收係數改變，而基板厚度與LED之色調關係則由上述之變化關係可理解。

藉改變活性層 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 組成X發光波長可在40毫微米~500毫微米間改變。可在此範圍內改變LED之發光波長，而藉使基板厚度最適化之下獲得白色光。

在圖17中表示了實例1~6所描述了之所有 $\alpha \sim \eta$ 、 $\kappa \sim \mu$ LED之色度、彼等磊晶發光結構體、基板螢光之色度。

在圖18中表示了實例1~6之所有基板材料、螢光中心波長、磊晶發光結構體材料、電流注入發光之波長、基板厚度、實例之符號等。

[發明之效果]

本發明係揭示以摻雜雜質之GaN基板、AlGaAs基板、GaP基板、ZnSe基板等作為基板而於其中具有適當活性層之LED。藉活性層之發光、基板螢光可獲多樣中間色或白色。在一般之單一LED中可呈現紅藍中間色、紅藍綠中間色。若利用本發明，可藉簡單而低成本之製程製得紅藍中間色(紅紫色或粉紅色)、綠紅中間色(黃色、橙色)、紅綠中間色(白色)之單一LED。因此可提供高輝度之紅紫色、粉

五、發明說明(29)

紅色、橙色、白色之單一LED。在傳統紅綠中間色LED中存在者藉本發明亦可在低成本下製得高輝度之紅綠中間色(黃色、橙色)LED。藉LED所可能製得之中間色之範圍寬廣。在單一LED之下可降低製造成本。藉改變基板種類及活性層種類可製得產生各種白色之中間色之LED。因LED係小型輕量低電壓之故而易於使用。可滿足裝飾、顯示等用途所期待之急切需要。

[圖面之簡單說明]

[圖1(a)]

係在GaInN-LED上嵌埋YAG螢光材之傳統白色LED元件整體之剖面圖。

[圖1(b)]

係在GaInN-LED上嵌埋YAG螢光材之傳統白色LED元件之YAG螢光材與LED晶片附近之剖面圖。

[圖2]

圖1(a)之白色LED之發光光譜圖。

[圖3(a)]

本發明實施例所述之中間色、白色LED元件整體之剖面圖。

[圖3(b)]

本發明實施例所述之中間色、白色LED元件之晶片附近之剖面圖。

[圖4]

利用電流注入發光及基板螢光發光以供說明本發明之

五、發明說明 (30)

LED原理之光譜圖。波長A係供產生螢光之最長波長、波長B係螢光之吸收峰之中心波長、波長C係藉電流注入而產生之能帶間隙移動發光之吸收峰之中心波長。

[圖5]

本發明實例1 ($\text{ZnSe} \cdot \text{ZnCdSe}/\text{ZnSe}(\text{I} \cdot \text{Cu})$) 之發光基板LED之層結構圖。

[圖6]

本發明實例1 ($\text{ZnSe} \cdot \text{ZnCdSe}/\text{ZnSe}(\text{I} \cdot \text{Cu})$) 之發光基板LED之發光光譜圖。

[圖7]

顯示本發明實例1 ($\text{ZnSe} \cdot \text{ZnCdSe}/\text{ZnSe}(\text{I} \cdot \text{Cu})$) 之發光基板LED之發光色度之色度圖。

[圖8]

本發明實例2 ($\text{ZnSe}/\text{ZnSe}(\text{Al} \cdot \text{I})$) 之發光基板LED之層結構圖。

[圖9]

本發明實例2 ($\text{ZnSe}/\text{ZnSe}(\text{Al} \cdot \text{I})$) 之發光基板LED之發光光譜圖。

[圖10]

顯示本發明實例2 ($\text{ZnSe}/\text{ZnSe}(\text{Al} \cdot \text{I})$) 之發光基板LED之發光色度之色度圖。

[圖11]

本發明實例3 ($\text{ZnSSe} \cdot \text{ZnCdSe}/\text{AlGaAs}(\text{Si})$) 之發光基板LED之層結構圖。

(請先閱讀背面之注意事項，再寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (31)

[圖 12]

本發明實例 3(ZnSSe · ZnCdSe/AlGaAs(Si)) 之發光基板 LED 之發光光譜圖。

[圖 13]

顯示本發明實例 3(ZnSSe · ZnCdSe/AlGaAs(Si)) 之發光基板 LED 之發光色度之色度圖。

[圖 14]

本發明實例 4(GaInN/GaP(Zn · O)) 之發光基板 LED 之層結構圖。

[圖 15]

本發明實例 4(GaInN/GaP(Zn · O)) 之發光基板 LED 之發光光譜圖。

[圖 16]

顯示本發明實例 4(GaInN/GaP(Zn · O)) 之發光基板 LED 之發光色度之色度圖。

[圖 17]

實例 1~6 全部 LED($\alpha \sim \eta$, $\kappa \sim \mu$) 之發光色度集中於同圖之色度表示圖。

[圖 18]

實例 1~6 全部 LED($\alpha \sim \eta$, $\kappa \sim \mu$) 之基板材料、螢光波長、活性層材料、電流注入發光波長、LED 符號、相異點(基板厚度、雜質濃度、活性層)、LED 色度之一覽表。

[圖 19]

顯示取紅色成份為 X 軸、綠色成份為 y 軸在輪廓線上加

五、發明說明 (32)

註波長以表示單色而中間色範圍形成於輪廓線內之一般色度圖。

[圖 20]

具有 GaInN 作為活性層之實例 5 之 LED 之磊晶晶圓之層結構示意圖。

[圖 21]

具有 GaInN 作為活性層之在本發明所採用之 LED 之發光光譜圖。

[圖 22]

以橫軸為 X 色度、縱軸為 Y 色度之色度顯示座標系統中，實例 6 之 3 種厚度相異之 LED 發光點 κ 、 λ 、 μ 之示意圖。M 表示 GaInN-LED 之發光、N 表示螢光。X 表示三原色中紅色之成份比、Y 表示三原色中綠色之成份比。

(請先閱讀背面之注意事項，再寫本頁)

裝
訂
線

四、中文發明摘要（發明之名稱：發光基板LED元件）

本發明提供可利用單一晶片發出粉紅色、紅紫色、黃色、橙色、白色等中間色光之LED。在已添加供作螢光中心之雜質之GaP、AlGaAs、GaN、ZnSe等基板上，製作磊晶發光結構體，利用發光結構體自基板發出螢光，將源自磊晶發光結構體之短波長光及長波長螢光合成中間色。

英文發明摘要（發明之名稱：“發光基板LED素子”）

【目的】 ピンク色、赤紫色、黄色、橙色、白色などの中間色を単一のチップによって発光させることのできるLEDを与えること。

【構成】 蛍光中心となる不純物を添加したGaP、AlGaAs、GaN、ZnSeなどの基板の上に、エピタキシャル発光構造体を作り、エピタキシャル発光構造体の光によって基板から蛍光を生じ、エピタキシャル発光構造体から出る短波長の光と、長波長の蛍光とから中間色を合成する。

【選択図】 図17

六、申請專利範圍

1. 一種發光基板LED元件，其特徵為包含由添加供作螢光中心之雜質之半導體結晶或絕緣體結晶製得之基板，及在基板上形成具有藉注入電流發光之結構之磊晶層，混合藉注入電流於磊晶層之發光及藉該發光使基板受光激發所獲之螢光之兩種不同波長之發光，而發出紅紫色、粉紅色、黃色、橙色、白色等任意中間色光。
2. 根據申請專利範圍第1項之發光基板LED元件，其特徵為可改變該結晶基板之構成元素組成、雜質元素種類、雜質元素含量、基板厚度，且藉改變磊晶層結構以調整該兩種類發光之吸收峰波長、吸收峰強度比，而改變元件之發光色調。
3. 根據申請專利範圍第2項之發光基板LED元件，其特徵為磊晶層之活性層係ZnSe層，ZnSSe/ZnCdSe層，ZnSeTe層之任一種。
4. 根據申請專利範圍第3項之發光基板LED元件，其特徵為採用在AlGaAs基板中摻雜Si作為n型雜質。
5. 根據申請專利範圍第2項之發光基板LED元件，其特徵為基板係GaP基板，且磊晶層之活性層係GaInN層。
6. 根據申請專利範圍第5項之發光基板LED元件，其特徵為在該GaP基板上摻雜Zn及O作為雜質。
7. 根據申請專利範圍第2項之發光基板LED元件，其特徵為基板為ZnSe基板，而磊晶層之活性層可為ZnSe層，

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

ZnSe/ZnCdSe層，ZnSeTe層之任一種。

8. 根據申請專利範圍第7項之發光基板LED元件，其特徵為在該ZnSe基板上摻雜Al及I作為雜質。
9. 根據申請專利範圍第7項之發光基板LED元件，其特徵為在該ZnSe基板上摻雜Cu及I作為雜質。
10. 根據申請專利範圍第7項之發光基板LED元件，其特徵為在該ZnSe基板上摻雜Ag及I作為雜質。
11. 根據申請專利範圍第1項之發光基板LED元件，其特徵為基板為含氧原子，碳原子或氮原子空孔之n型或p型GaN單結晶基板，而磊晶層之活性層為 $Ga_{1-x}In_xN$ 層。
12. 根據申請專利範圍第11項之發光基板LED元件，其特徵為發光結構係由包含 $Ga_{1-x}In_xN$ 之多層結構所製成，由發光結構所發出光之波長在400毫微米～510毫微米範圍，且源自GaN基板之螢光發光之波長係520毫微米～650毫微米。
13. 根據申請專利範圍第12項之發光基板LED元件，其特徵為藉在50微米～2毫米範圍內調整GaN基板之厚度、或藉改變源自發光結構之發光波長，可將所獲之白色光之色調自冷色系改變為暖色系。

(請先閱讀背面之注意事項再為寫本頁)

裝

訂

線

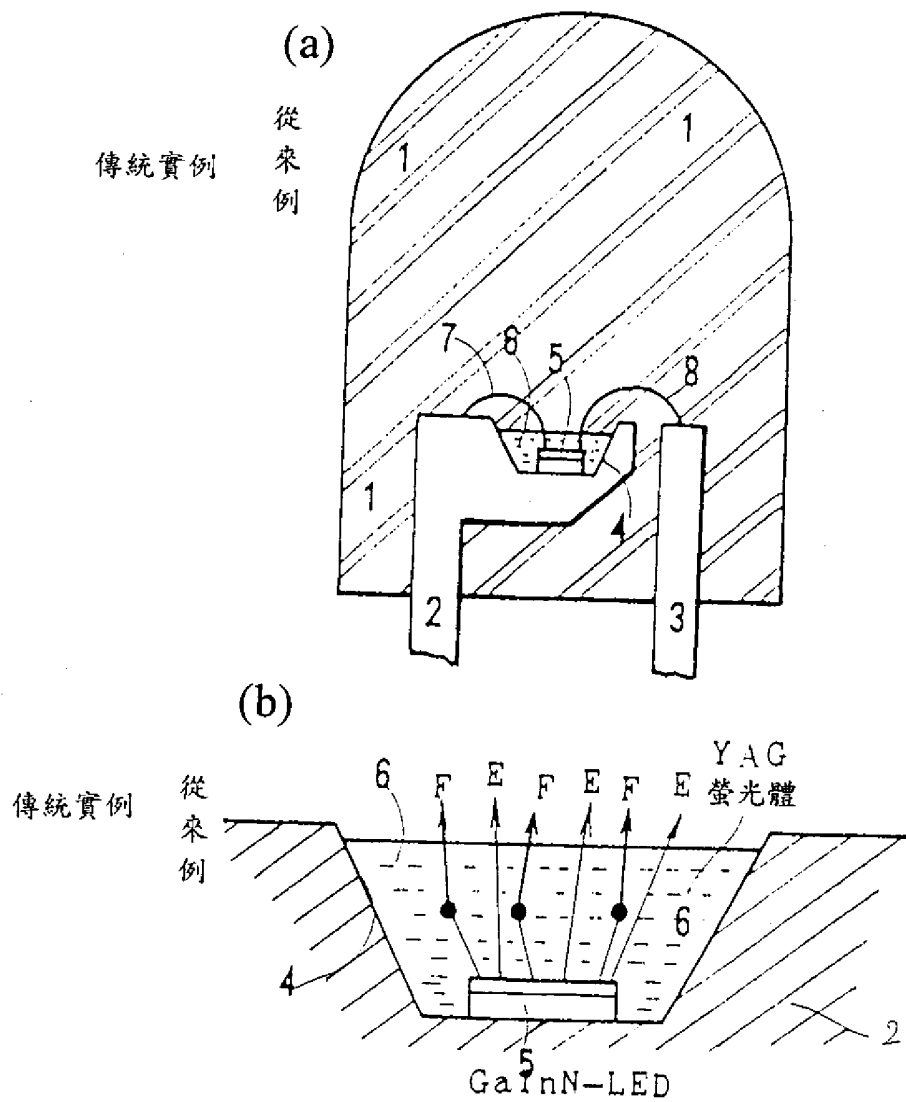


圖 1

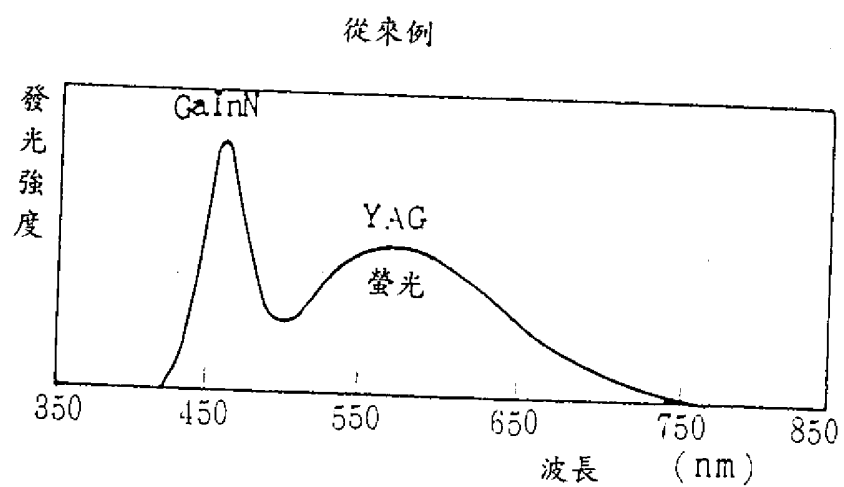


圖 2

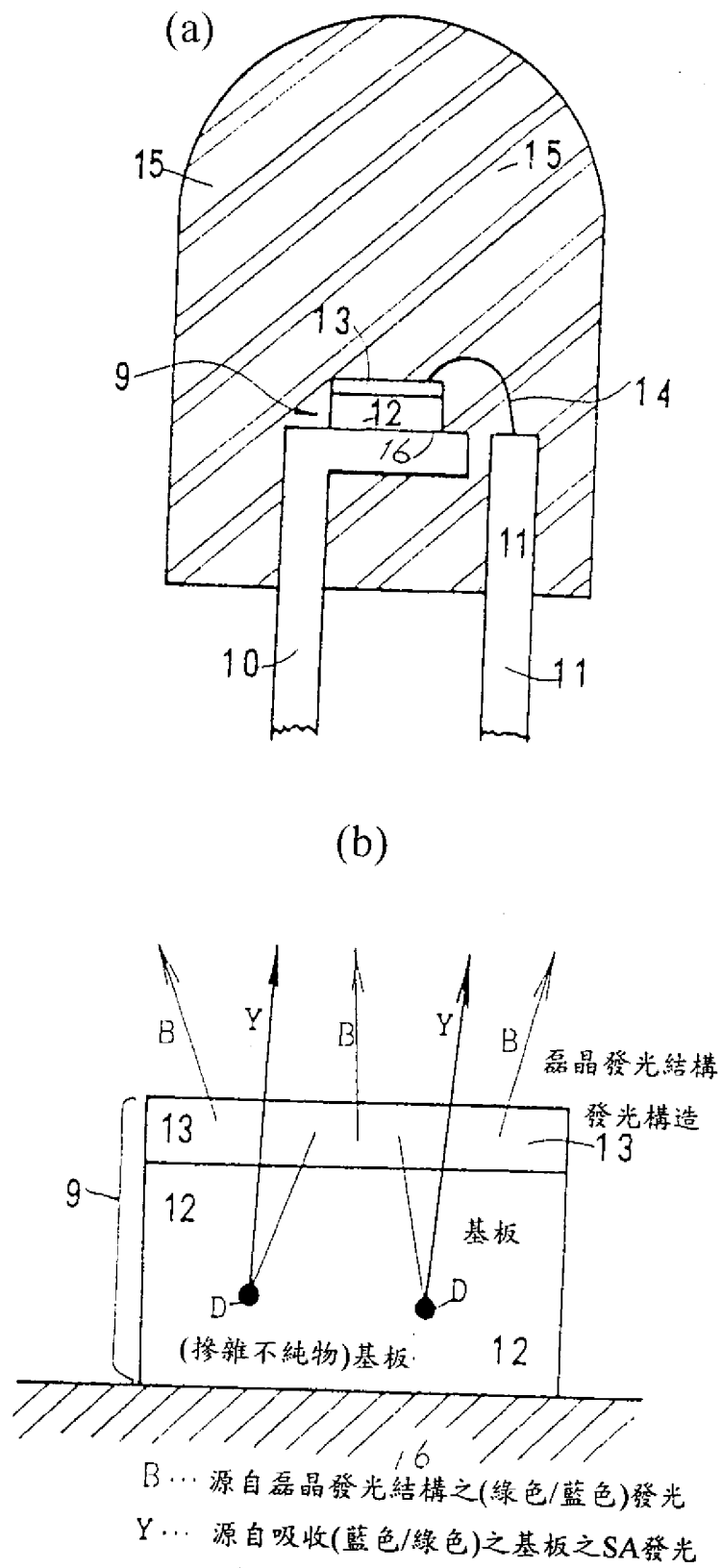


圖3

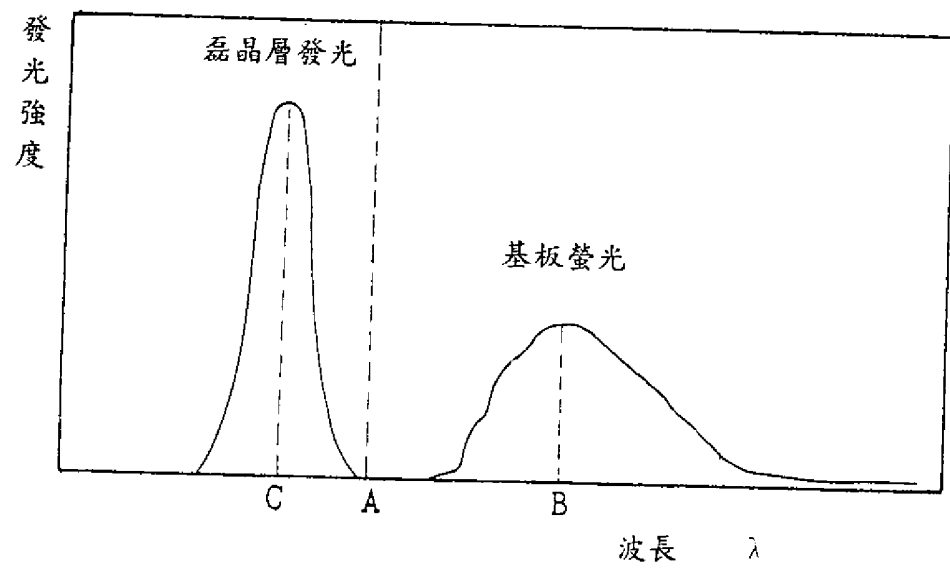


圖4

實施例1 (α , β)

ZnSe·ZnCdSe / ZnSe (I, Cu)

p-ZnTe/ZnSe 超晶格接觸層	25
p-ZnMgSSe 金屬包覆層	24
ZnSe/ZnCdSe 多重量子阱活性層	23
n-ZnMgSSe 金屬包覆層	22
n-ZnSe 緩衝層	21
d n-ZnSe 基板 (I + Cu)	20

 α : d = 50 μ m β : d = 200 μ m

圖5

實施例1 (α , β)

ZnSe·ZnCdSe / ZnSe (I, Cu)

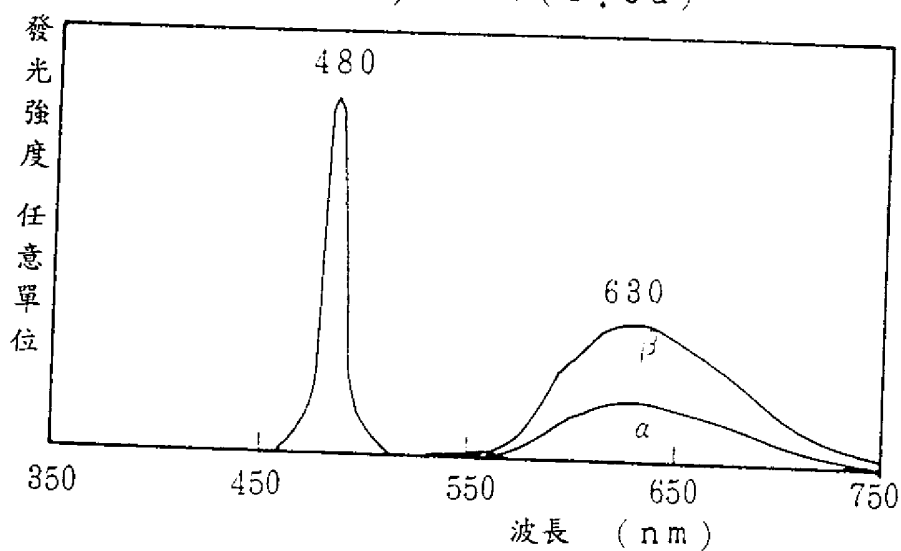


圖6

實施例 1
(α . β)

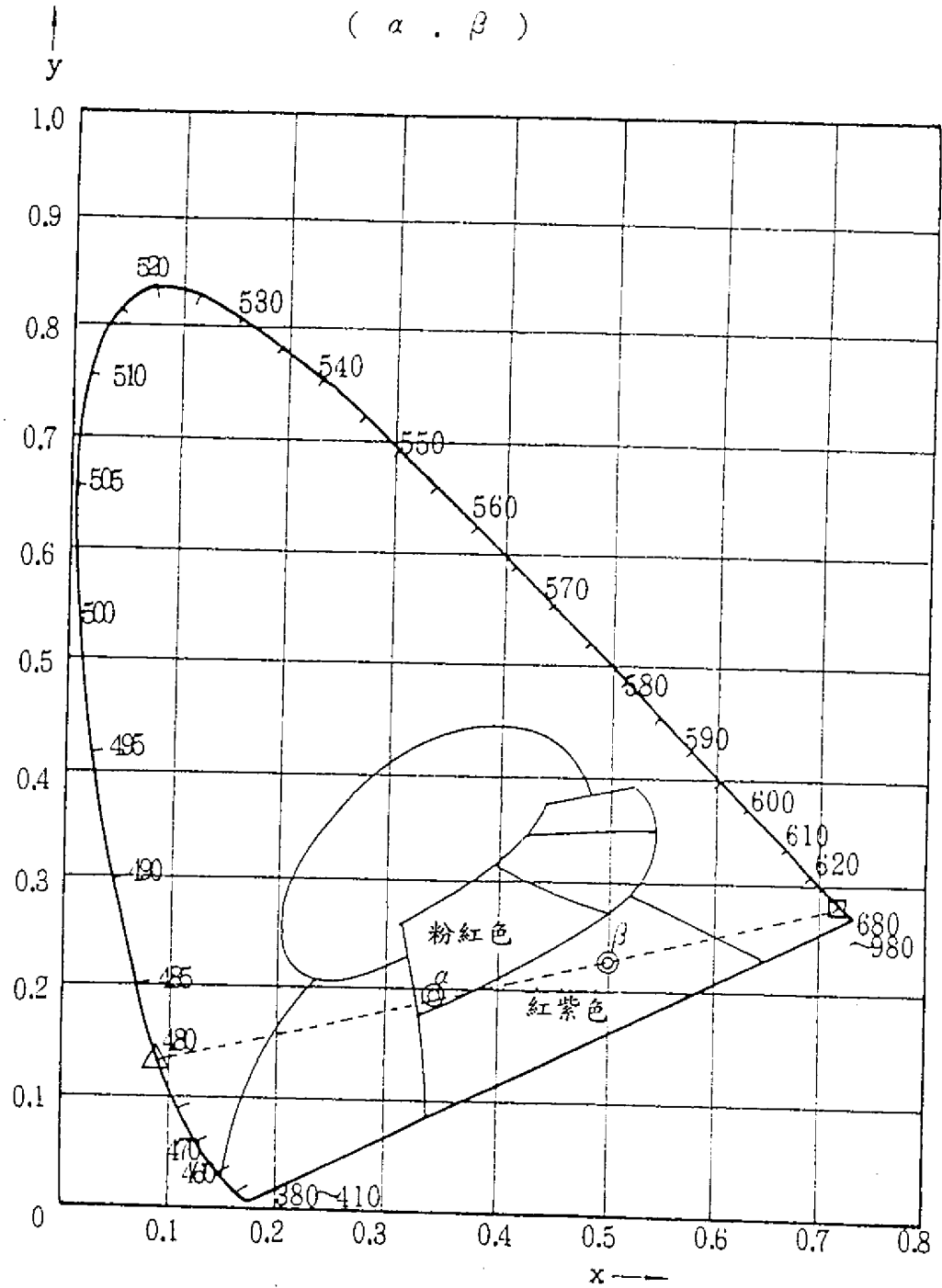


圖 7

實施例2 (r, δ)
 $\text{ZnSe}/\text{ZnSe}(\text{I, Al})$

p型 ZnTe/ZnSe 超晶格接觸層	35
p型 BeZnMgSe 金屬包覆層	34
ZnSe 雙雜活性層	33
n型 ZnMgSSe 金屬包覆層	32
n型 ZnSe 緩衝層	31
n型 ZnSe 基板 (I, Al 摻雜)	30

$$\delta = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$r = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

圖8

實施例2 (r, δ)
 $\text{ZnSe}/\text{ZnSe}(\text{I, Al})$

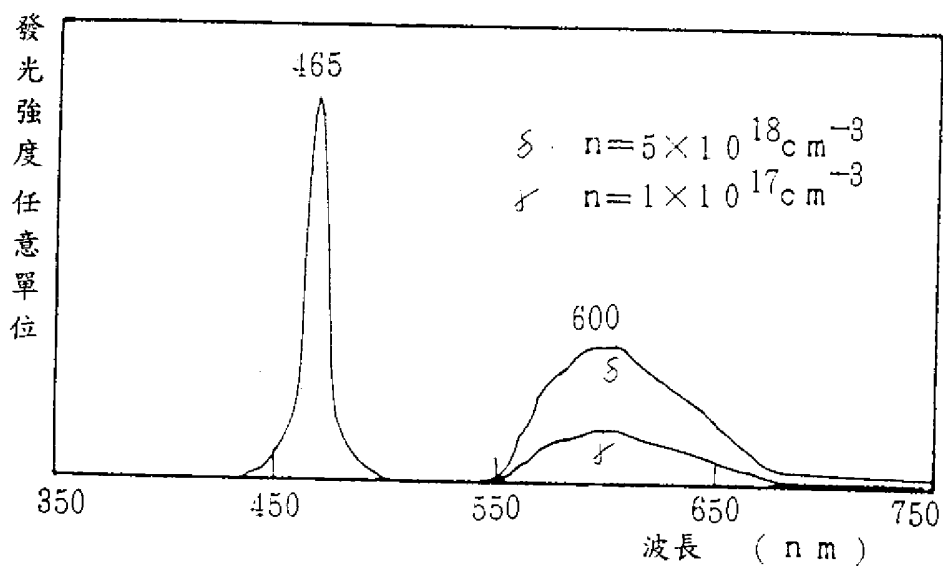


圖9

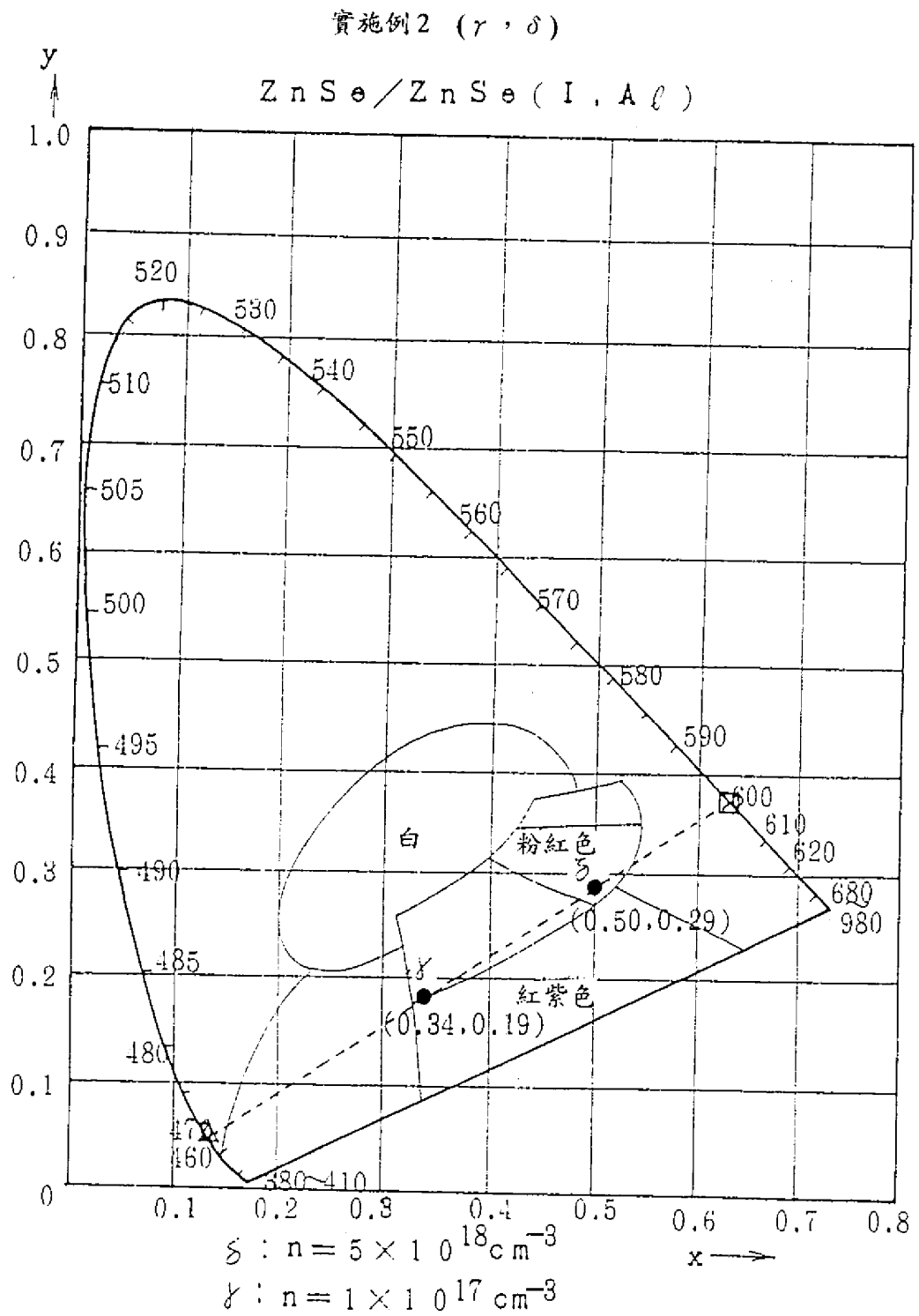


圖10

實施例3 (ε, ζ)ZnSSe·ZnCdSe/A ℓ GaAs (Si)

p 型 ZnTe/ZnSe 超晶格接觸層	45
p 型 ZnMgSSe 金屬包覆層	44
ZnSSe/ZnCdSe 多重量子阱活性層	43
n 型 ZnMgSSe 金屬包覆層	42
n 型 ZnSSe 緩衝層	41
n 型 A ℓ GaAs 層 47	} n 型 A ℓ GaAs 基板 40
n 型 GaAs 基板 46 (Si 摻雜)	

活性層之 ZnCdSe 中 Cd 之混晶比 $\varepsilon = 0.30$
 $\zeta = 0.40$

圖 11

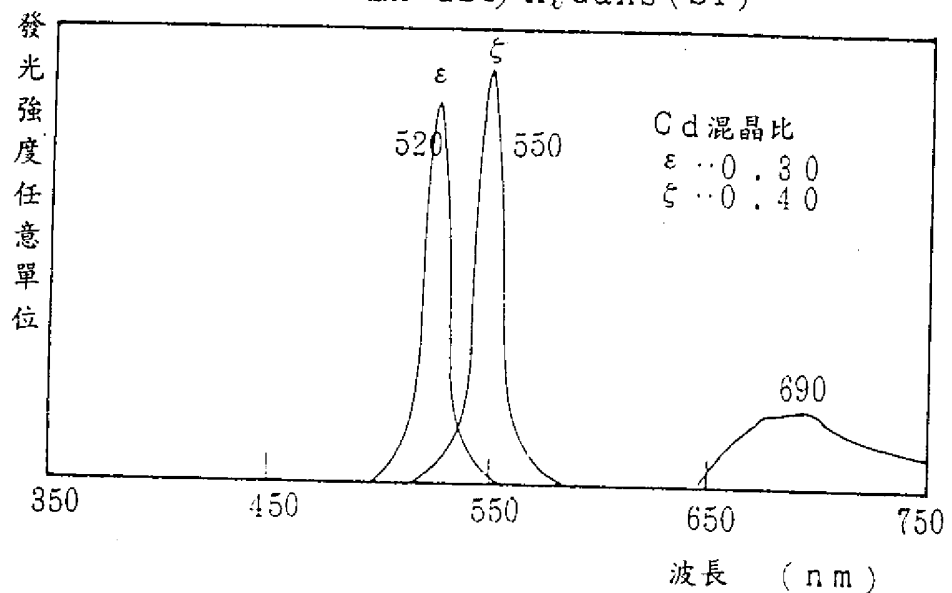
實施例3 (ε, ζ)ZnSSe·ZnCdSe/A ℓ GaAs (Si)

圖 12

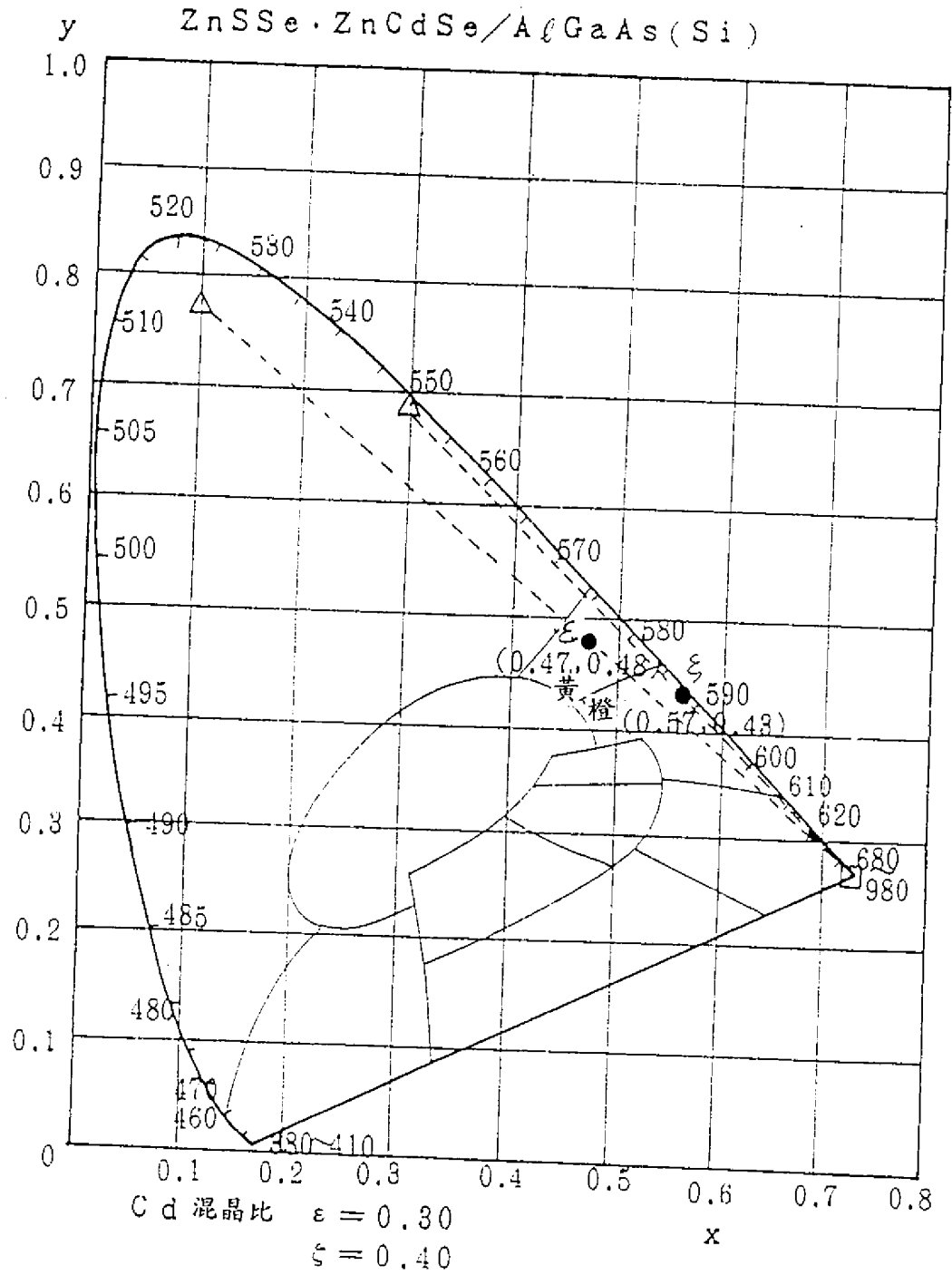
實施例3 (ε, ξ)

圖13

實施例4(η)

GaInN/GaP(Zn,O)

p 型 GaN 接觸層 55	55
p 型 AlGaIn 金屬包覆層	54
GaInN 雙雜活性層	53
n 型 AlGaIn 金屬包覆層	52
n 型 GaN 接觸層	51
半絕緣性 GaP 基板	50
(摻雜鋅, 氧)	

圖 14

實施例4(η)

GaInN/GaP(Zn,O)

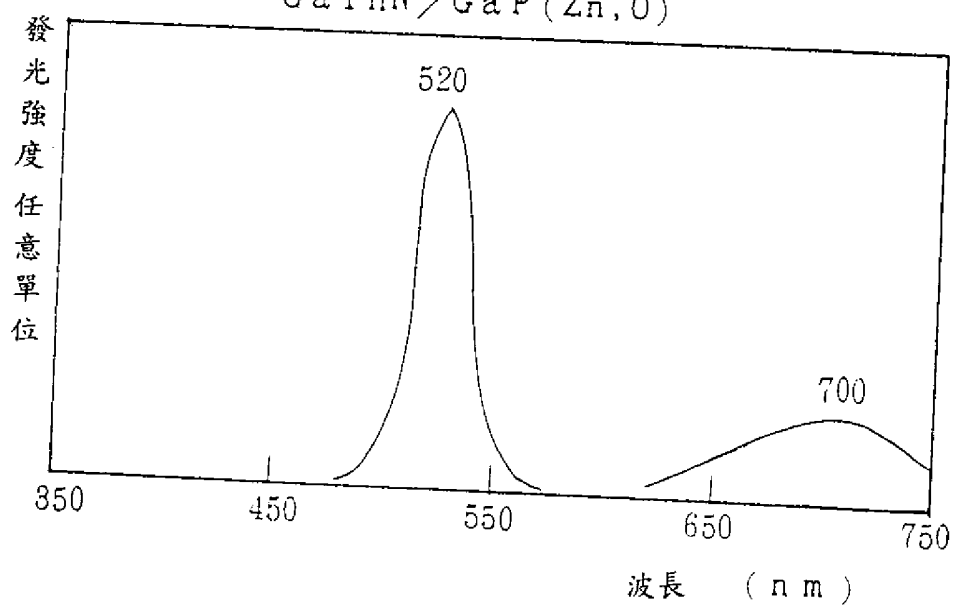
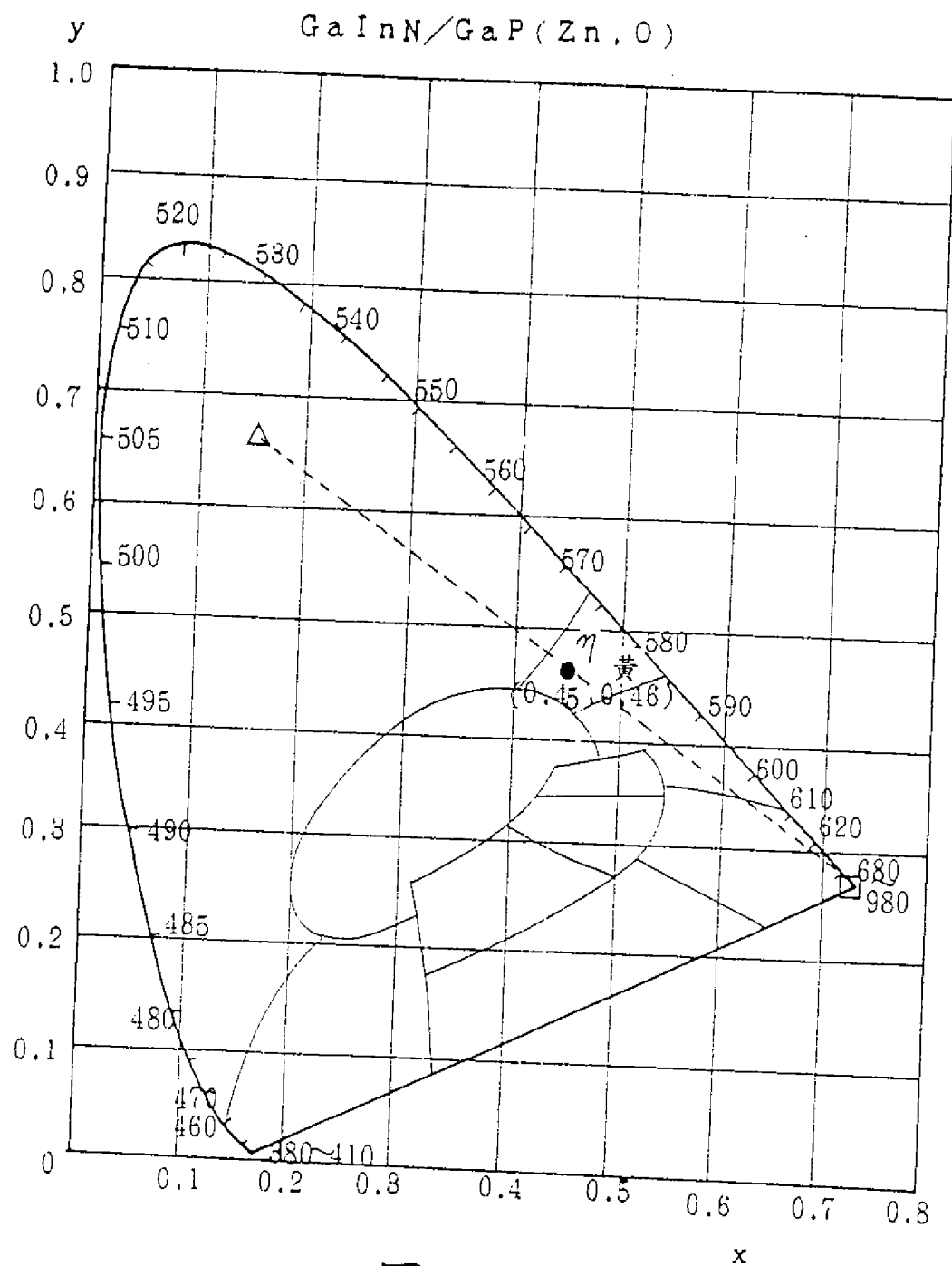


圖 15

實施例 4 (η)

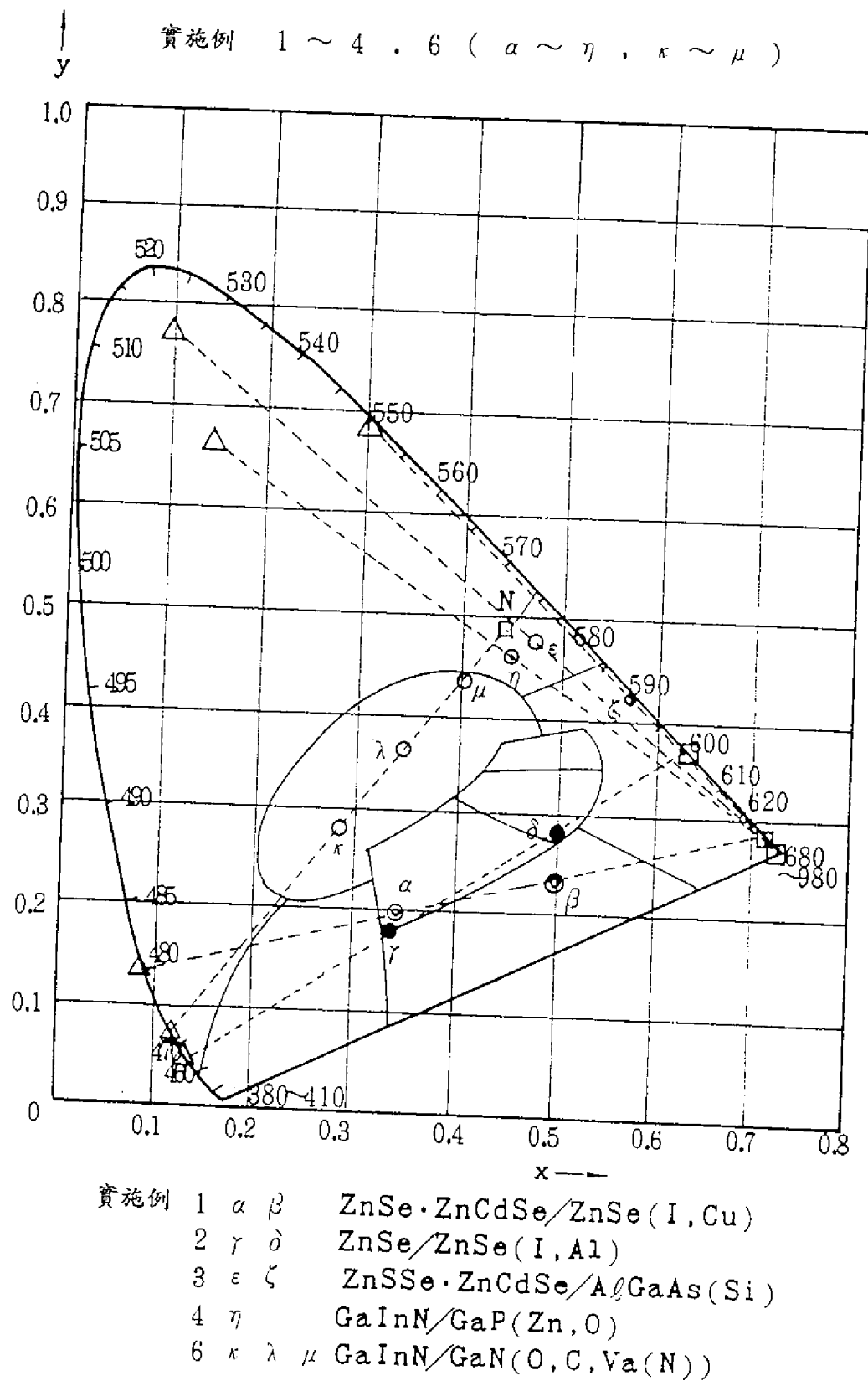


圖17

實施例1~6之基板材料、不純物、發光波長、磊晶活性層材料、發光波長、試料符號、色度、顏色之一覽表

實施例	基板發光		磊晶活性層	符號		相異點	色度		顏色
	基板	波長		波長	波長		x	y	
實施例1	I, Cu-ZnSe	630nm	ZnSe/ZnCdS _e	480nm	465nm	厚度 50 μ m	0.34	0.21	粉紅
實施例2	Al ₁ I-ZnSe	600nm	ZnSe	520nm	550nm	厚度 200 μ m	0.50	0.24	紅紫
實施例3	Si-AlGaAs	690nm	ZnSSe/ZnCdSe	520nm	550nm	$n \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$	0.34	0.19	偏藍之紅紫色
實施例4	Zn, O-Gap	700nm	GaInN	520nm	430nm	$n \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$	0.50	0.29	偏紅之粉紅色
實施例5	O, C, Va (N) - GaN	550nm	GaInN	460nm	460nm	Cd 0.30	0.47	0.48	黃
實施例6	O, C, Va (N) - GaN	580nm	GaInN	460nm	460nm	Cd 0.40	0.57	0.43	橙
						η	0.45	0.46	黃
						厚度 100 μ m	0.29	0.29	白色(藍)
						厚度 500 μ m	0.35	0.36	白色(藍)
						厚度 1000 μ m	0.42	0.45	白
									白色(黃)

圖18

色 度 圖

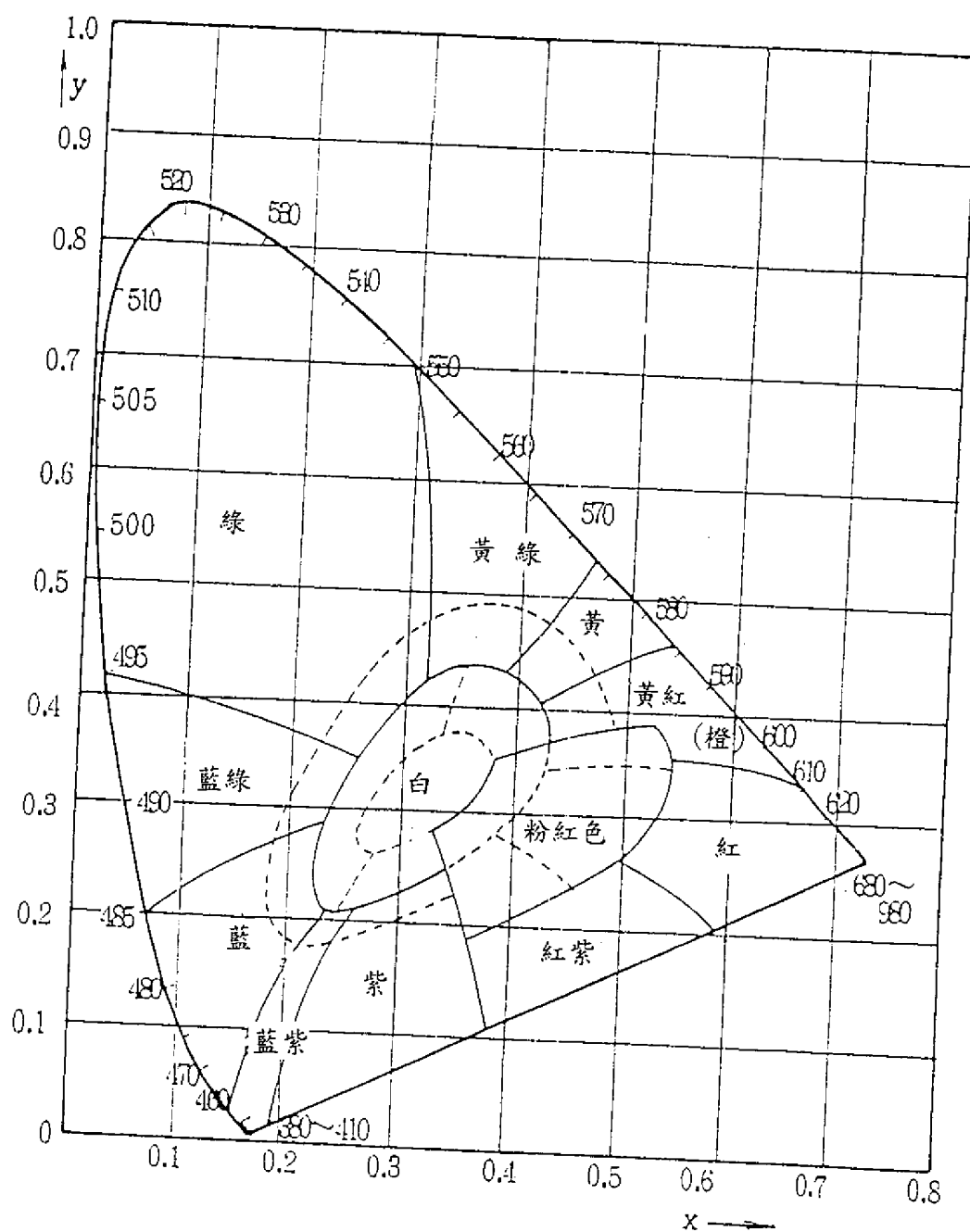


圖 19

實施例 5

60

p 型 GaN 接觸層	67
p 型 AlGaIn 金屬包覆層	66
GaInN 活性層	65
n 型 AlGaIn 金屬包覆層	64
n 型 GaN 緩衝層	63
n 型 GaN 基板	62

圖 20

實施例 5

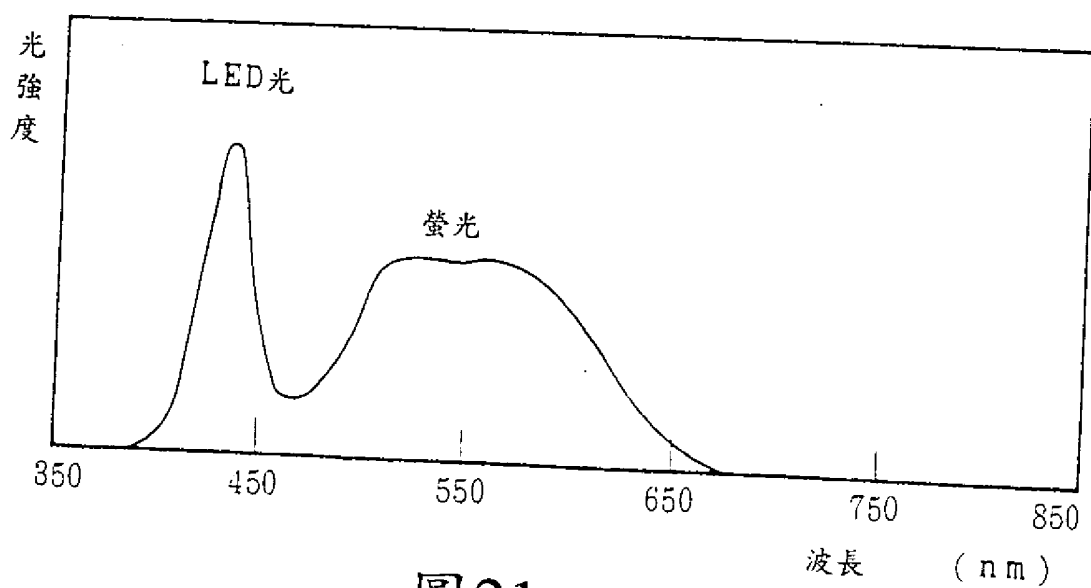


圖 21

實施例6

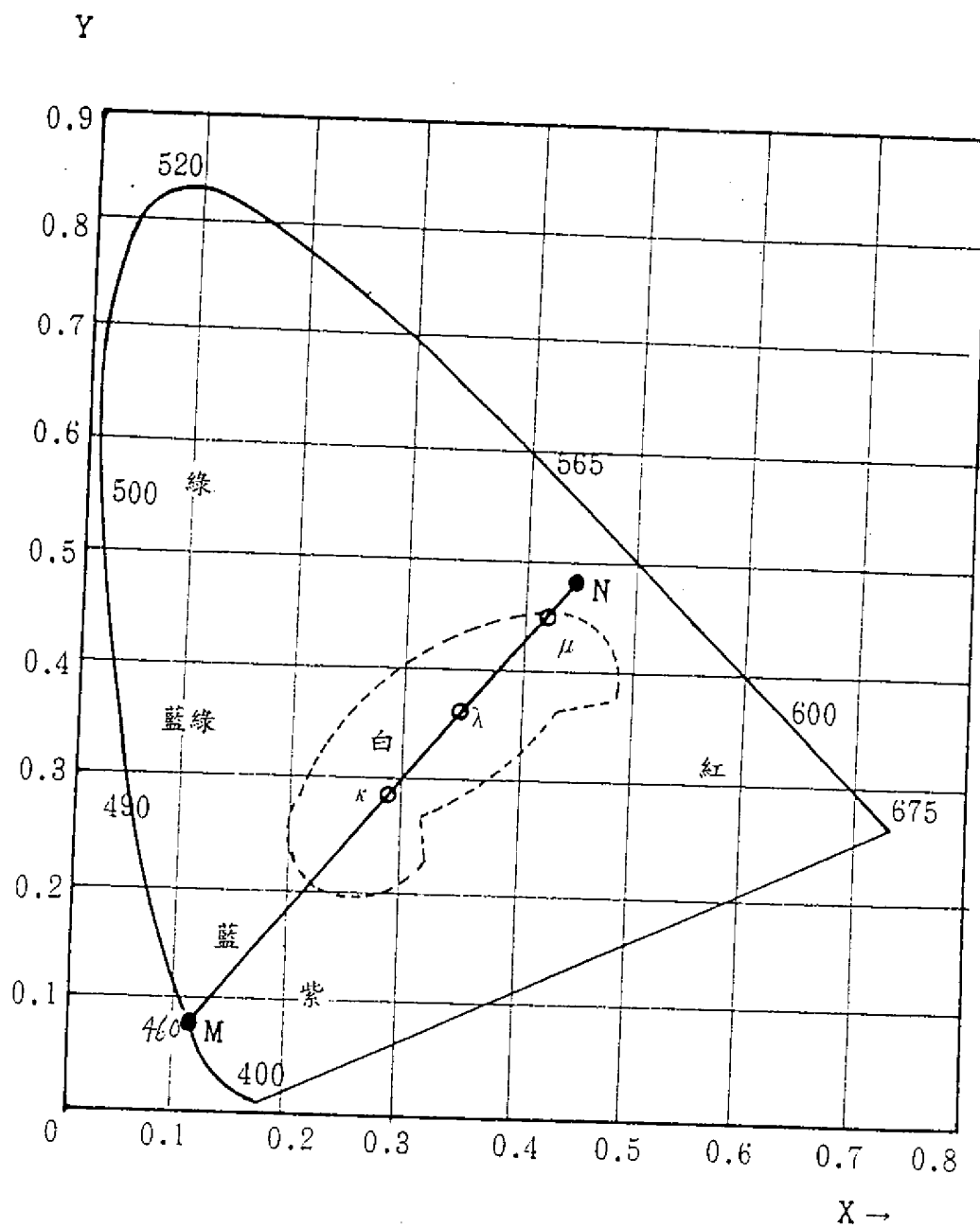


圖22