



(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 I694627 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 05 月 21 日

(21) 申請案號：108110340

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 25 日

(51) Int. Cl. : *H01L51/50 (2006.01)**H01L33/06 (2010.01)**C09K11/06 (2006.01)*

(71) 申請人：光磊科技股份有限公司 (中華民國) OPTO TECH CORPORATION (TW)

新竹科學工業園區創新一路 8 號

(72) 發明人：何宜霖 HO, YI-LIN (TW)；林俊傑 LIN, JUN-JIE (TW)；彭隆瀚 PENG, LUNG-HAN (TW)

(74) 代理人：祁明輝；葉明源

(56) 參考文獻：

TW 201027809A

TW 201721902A

CN 102217114A

US 2018/0083070A1

US 2019/0081120A1

審查人員：鄭美莉

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：6 共 20 頁

(54) 名稱

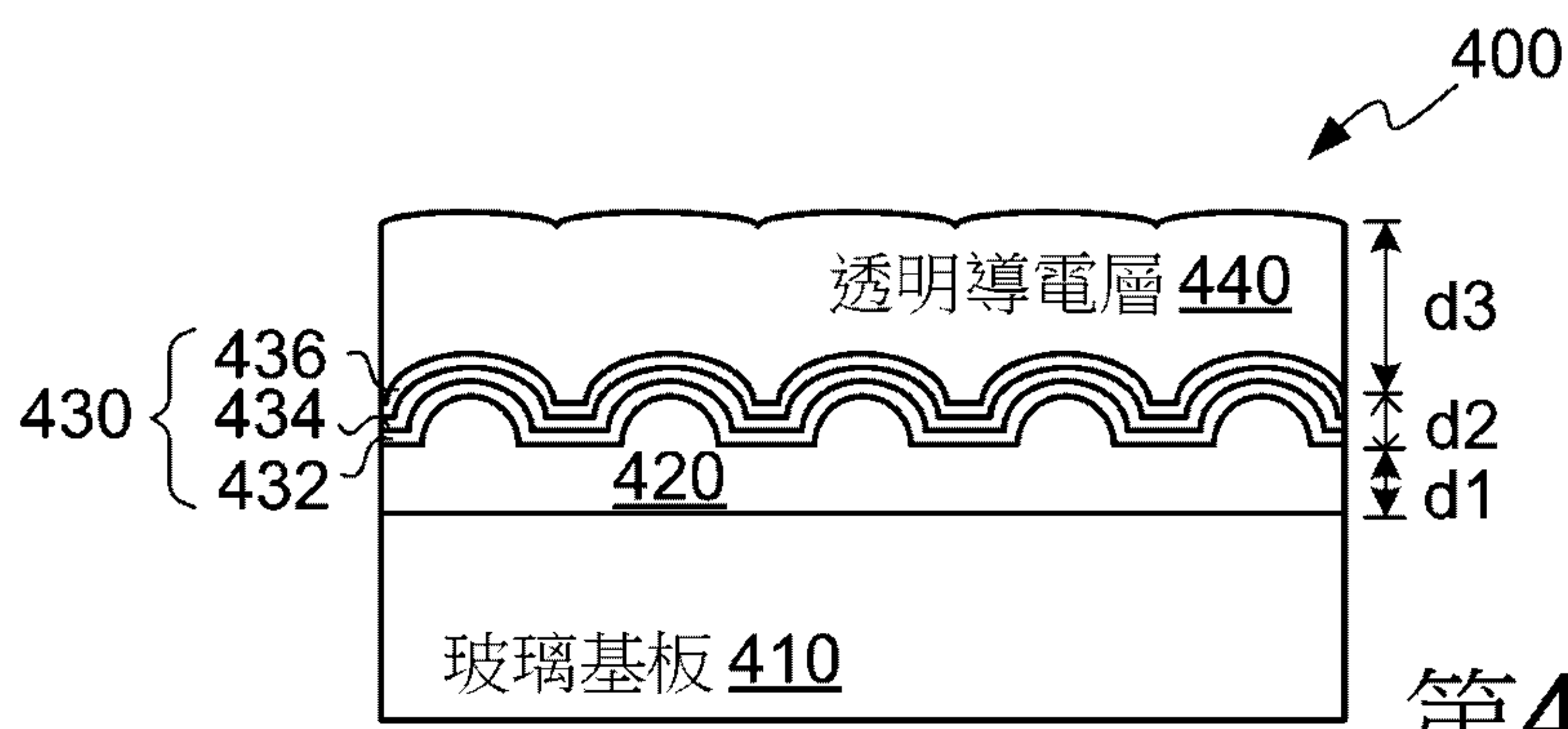
正面發射型發光二極體元件

(57) 摘要

一種正面發射型發光二極體元件，包括：一玻璃基板；一多晶矽層，形成於該玻璃基板的一第一表面，且該多晶矽層的表面包括周期性排列的複數個次波長結構；一白光發光層，覆蓋於該多晶矽層以及該些次波長結構；以及一透明導電層，覆蓋於該白光發光層上。

A top emitting light-emitting diode (LED) device comprises: a glass substrate; a polysilicon layer formed on a first surface of the glass substrate, wherein the polysilicon layer includes a plurality of sub-wavelength structures arranged periodically on the surface of the polysilicon layer; a white light emitting layer covered on the polysilicon layer and the sub-wavelength structures; and a transparent conductive layer covered on the white light emitting layer.

指定代表圖：



第4D圖

符號簡單說明：

400:LED 元件

410:玻璃基板

420:多晶矽層

430:白光發光層

432:第一位障層

434:量子井層

436:第二位障層

440:透明導電層

I694627

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 正面發射型發光二極體元件**【英文發明名稱】** TOP EMITTING LIGHT-EMITTING DIODE

DEVICE

【中文】

一種正面發射型發光二極體元件，包括：一玻璃基板；一多晶矽層，形成於該玻璃基板的一第一表面，且該多晶矽層的表面包括周期性排列的複數個次波長結構；一白光發光層，覆蓋於該多晶矽層以及該些次波長結構；以及一透明導電層，覆蓋於該白光發光層上。

【英文】

A top emitting light-emitting diode (LED) device comprises: a glass substrate; a polysilicon layer formed on a first surface of the glass substrate, wherein the polysilicon layer includes a plurality of sub-wavelength structures arranged periodically on the surface of the polysilicon layer; a white light emitting layer covered on the polysilicon layer and the sub-wavelength structures; and a transparent conductive layer covered on the white light emitting layer.

【指定代表圖】 第（ 4D ）圖。**【代表圖之符號簡單說明】**

- 400：LED 元件
- 410：玻璃基板
- 420：多晶矽層
- 430：白光發光層
- 432：第一位障層
- 434：量子井層
- 436：第二位障層
- 440：透明導電層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 正面發射型發光二極體元件

【英文發明名稱】 TOP EMITTING LIGHT-EMITTING DIODE

DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種發光二極體(light-emitting diode, 簡稱 LED), 且特別是有關於一種正面發射型(top emitting)發光二極體元件。

【先前技術】

【0002】 請參照第 1 圖, 其所繪示為習知正面發射型有機發光二極體(organic light-emitting diode, 簡稱 OLED)元件示意圖。其揭露於 2018 年 9 月 26 日的 SID 期刊第 555 頁(Journal of SID 26/9, 2018 555)。

【0003】 於基板 110 上形成多個陽極(anode), 例如陽極(G)122、陽極(B)124、陽極(R)126。再者, 在陽極(G)122、陽極(B)124、陽極(R)126 上方, 覆蓋厚度不同的電洞傳輸層(hole transport layer)130。接著, 電洞傳輸層 130 上依序堆疊白光發光層(white emission layer)140、電子傳輸層(electron transport layer)150、陰極(cathode)160 以及封裝層(encapsulation)170。之後, 即形成 OLED 元件 100。

【0004】 此 OLED 元件 100 可由白光 OLED 的正面發射出紅光、綠光、藍光，以作為顯示器用途。利用電子束蒸鍍(e-beam evaporation)製程來控制 OLED 元件 100 的電洞傳輸層 130 厚度來形成 RGB 微腔結構(RGB microcavity)用以調整振盪長度(resonator length)。因此，利用微腔模式選擇(microcavity-based mode selection)，可在白光頻譜(white spectrum)中選擇出紅光、綠光、藍光。

【0005】 請參照第 2 圖，其所繪示為習知另一正面發射型 OLED 元件示意圖。其揭露於 2007 年的 Current Applied Physics 7 期刊第 300-304 頁(Current Applied Physics 7 (2007) 300-304)。

【0006】 於玻璃基板(Glass substrate)210 依序形成銀反射層(reflective Ag)220、銦錫氧化膜(ITO)層 230、白光發光層(white light emitting layer)240、鋁半透明層(semi-transparent Al)250 與銀半透明層(semi-transparent Ag)260。之後，即形成 OLED 元件 200。

【0007】 OLED 元件 200 係以銀反射層 220 來做為反射器(reflector)，以 ITO 層 230 作為調整層(adjusting layer)。再者，陰極是由鋁半透明層 250 與銀半透明層 260 所組成，白光發光層 240 由 Alq:DCJTb/TBADN:TBPe/Alq:C545 所組成。經由適當地調整 ITO 層 230 的厚度，可使得微腔結構的光學長度(optical

length)改變，並改變 OLED 元件 200 所發出的顏色。因此，可達成 RGB 三顏色(tricolor)的 OLED 元件 200。

【0008】 請參照第 3 圖，其所繪示為習知再一正面發射型 OLED 元件示意圖。其揭露於 2009 年 5 月 11 日的 OPTICS EXPRESS 期刊第 17 卷，編號 10，第 8005 頁(11 May 2009/Vol. 17. No. 10/OPTICS EXPRESS 8005)。

【0009】 於玻璃基板(Glass substrate)310 上形成多個濾光器(color filter, CF)，例如紅光濾光器(CF-R)322、綠光濾光器(CF-G)324、藍光濾光器(CF-B)326，並形成保護樹脂層(protection resin layer)328 覆蓋於該些濾光器。接著，於保護樹脂層 328 上形成分散式布拉格反射層(distributed Bragg reflecting layer, DBR)330。

【0010】 再者，於於分散式布拉格反射層(DBR)330 上形成不同厚度的多個 ITO 層，例如紅光用 ITO 層(ITO-R)342、綠光用 ITO 層(ITO-G)344、藍光用 ITO 層(ITO-B)346，用以形成不同的 ITO 微腔結構空間(ITO microcavity spaces)。並且，形成導電高分子層(PEDOT)348 覆蓋於該些 ITO 層。之後，於導電高分子層(PEDOT)348 上形成白光發光層 350，並於白光發光層 350 形成金屬層 360 以形成 OLED 元件 300。

【0011】 基本上，OLED 元件 300 中金屬層 360 作為陰極，ITO 層除了做為陽極外，也形成不同的微腔結構空間

(microcavity spaces)，並使得 OLED 元件 300 發出 RGB 三個顏色。

【0012】 當然，除了正面發射型 OLED 元件之外，也有底面發射型 OLD 元件(bottom emission OLED)。例如，揭露於 2009 年 2 月 17 日的 SID 期刊第 151 頁(Journal of SID 17/2, 2009 151)的底面發射型 OLD 元件。

【發明內容】

【0013】 本發明的目的在於設計出一種正面發射型發光二極體元件。該發光二極體元件中具有微腔結構，可用來調整發光二極體的發射光的波長。

【0014】 本發明提出一種正面發射型發光二極體元件，包括：一玻璃基板；一多晶矽層，形成於該玻璃基板的一第一表面，且該多晶矽層的表面包括周期性排列的複數個次波長結構；一白光發光層，覆蓋於該多晶矽層以及該些次波長結構；以及一透明導電層，覆蓋於該白光發光層上。

【0015】 為了對本發明之上述及其他方面有更佳的瞭解，下文特舉實施例，並配合所附圖式詳細說明如下：

【圖式簡單說明】

【0016】

第1圖至第3圖為習知正面發射型OLED元件示意圖。

第4A圖至第4D圖為本發明正面發射型LED元件的製作流程示意圖。

第5A圖為白光LED的光譜圖。

第5B圖與第5C圖為LED元件的透明導電層厚度不同時，其波長的變化關係示意圖。

第6A圖為本發明正面發射型LED元件的第二實施例。

第6B圖為第一實施例LED元件與第二實施例LED元件的亮度比較。

【實施方式】

【0017】 請參照第4A圖至第4D圖，其所繪示為本發明正面發射型LED元件的製作流程示意圖。如第4A圖所示，在玻璃基板410上形成一多晶矽層(polysilicon layer)420。

【0018】 如第4B圖所示，利用雷射光束週期性地照射於多晶矽層420，以進行雷射熱退火製程(laser annealing process)。由於自聚集效應(self-assembly effect)，於多晶矽層420形成周期性排列的次波長結構(sub-wavelength structure)422。其中，次波長結構422的排列周期約為300nm，高度約為30nm。另外，多晶矽層420可為n型多晶矽層或者p型多晶矽層。

【0019】 如第4C圖所示，於多晶矽層420上形成一白光發光層430。根據本發明的實施例，白光發光層430為單一量子井/雙位障結構(single well/double barriers structure)。舉例來說，

白光發光層 430 為堆疊結構，其包括第一位障層(barrier layer)432、量子井層(quantum well layer)434 與第二位障層 436。此堆疊結構的材料可為氮氧化鋁鎵層/氮氧化銦鎵層/氮氧化鋁鎵層層(AIGaON/InGaON/AIGaON)、氮氧化鈣層/氮氧化鋁鎵層/氮氧化鈣層(HfON/AIGaON/HfON)、氮氧化鋁鎵層/氮氧化鋅層/氮氧化鋁鎵層(AIGaON/ZnON/AIGaON)。當然，白光發光層 430 也可以為多量子井/位障結構(multi-well/double barriers structure)，例如，氮氧化鋁鎵層/氮氧化銦鎵層/氮氧化鋁鎵層/氮氧化銦鎵層/氮氧化鋁鎵層(AIGaON/InGaON/AIGaON/InGaON/AIGaON)。

【0020】 如第 4D 圖所示，於白光發光層 430 上形成一透明導電層 440 後，即完成本發明 LED 元件 400。其中，透明導電層 440 可為銦錫氧化膜(ITO)層或者為銦鋅氧化膜(IZO)層。

【0021】 根據本發明的實施例，多晶矽層 420、白光發光層 430、透明導電層 440 組成 LED 元件 400 的微腔結構。再者，多晶矽層 420 的厚度為 d_1 、白光發光層 430 的厚度為 d_2 、透明導電層 440 的厚度為 d_3 。其中，多晶矽層 420、白光發光層 430、透明導電層 440 的總厚度 $t(t=d_1+d_2+d_3)$ 不大於 $2\lambda/n$ ，其中 λ 為介於 500-600nm 的波長， n 為微腔結構對應 500-600nm 波長之折射係數。在較佳的情況下，可以設計總厚度 $t=\lambda/n$ 或者 $t=\lambda/2n$ 。

【0022】 以下詳細介紹本發明 LED 元件的特性。請參照第 5A 圖，其所繪示為白光 LED 的光譜圖。其中，白光 LED 係將白光發光層(AIGaON/InGaON/AIGaON)形成於 p 型矽基板上的光譜圖。如第 5A 圖所示，當偏壓電流為 45mA 時，白光 LED 的亮度約為 175(a.u)，波長 λ 約為 581nm。再者，當偏壓電流為 65mA 時，白光 LED 的亮度約為 225(a.u)，波長 λ 約為 581nm。

【0023】 請參照第 5B 圖與第 5C 圖，其所繪示為 LED 元件的透明導電層厚度分別為 30nm 與 70nm 時，其波長的變化關係示意圖。其中，二 LED 元件的白光發光層皆為 10nm 厚度之下，二 LED 元件的光譜中皆呈現數個峰值。

【0024】 由第 5B 圖可知，LED 元件的峰值波長會隨著銦錫氧化膜(ITO)層的厚度縮減而減小，並且輻射強度增加的現象。換言之，隨著微腔結構的厚度縮減，LED 元件發出的光會偏藍化(blue shift with reduced microcavity thickness)。再者，波長 470nm 的藍光與波長 500nm 的綠光提升輻射強度約 4 倍，而波長 590nm 的橘光與波長 650nm 的紅光則無明顯地改變。上述的現象即為玻璃基板 410 上呈現微腔結構的光場增益(optical gain)。

【0025】 相同地，如第 5C 圖所示，當銦錫氧化膜(ITO)層的厚度由 70nm 減少至 30nm 時，LED 元件的最大峰值波長會由約 590nm 降低至約 550nm。

【0026】 為了增加 LED 元件的亮度，請參照第 6A 圖，其所繪示為本發明正面發射型 LED 元件的第二實施例。相較於第 4D 圖的第一實施例，第二實施例 LED 元件 600 更增加了一反射層 410 覆蓋於玻璃基板 410 的底部，用以增加 LED 元件 600 正面的發光強度。

【0027】 請參照第 6B 圖，其所繪示為第一實施例 LED 元件與第二實施例 LED 元件的亮度比較。於二 LED 元件的銦錫氧化膜(ITO)層厚度為 70nm，且偏壓電流為 5mA 下，具有反射層 650 的第二實施例 LED 元件 600 的發光強度相較於第一實施例 LED 元件 400 的發光強度，增加了約 20%。

【0028】 再者，由於多晶矽層 420 的折射係數 n 很大(約為 $n=4.0$)，且遠大於錫氧化膜的折射係數(約為 $n=1.8$)。因此，低階與基模的共振腔模態(fundamental and low order transverse mode)會集中在多晶矽層 420。因此，設計厚度較薄的多晶矽層 420(例如 50nm~75nm)搭配 50nm 的銦錫氧化膜(ITO)層以及 10nm 的白光發光層 430，將使得微腔結構侷限在基模(fundamental mode, $m=1$)的共振腔模態，並使得 LED 元件同時具備 RGB 三色分立之單基模白光源。

【0029】 另外，搭配上多晶矽層 420 上周期性排列的次波長結構 422，將可以提高 LED 元件 400 的出光效率。

【0030】 由於 LED 元件 400 具備 RGB 三色分立之單基模白光，所以可以進一步在透明導電層 440 上進行蝕刻用以形成空間

頻率不同的多個光柵圖案(*grating pattern*)，其適用於 RGB 三色光。舉例來說，第一光柵適用於紅光，第二光柵適用於綠光，第三光柵適用於藍光。因此，紅光由第一光柵繞射出 LED 元件 400，綠光由第二光柵繞射出 LED 元件 400，藍光由第三光柵繞射出 LED 元件 400。

【0031】 由以上的說明可知，本發明提出一種正面發射型 LED 元件。利用改變透明導電層的厚度來調整微腔結構，並改變 LED 元件的峰值波長。另外，在多晶矽層 420 的厚度很薄(例如 50nm~75nm)時，可使得 LED 元件同時具備 RGB 三色分立之單基模白光源，並利用光柵由 LED 元件的正面發射出 RGB 三色。

【0032】 綜上所述，雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。本發明所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾。因此，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0033】

100、200、300：OLED 元件

110：基板

122、124、126：陽極

130：電洞傳輸層

140、430：白光發光層

- 150：電子傳輸層
- 160：陰極
- 170：封裝層
- 210、310、410：玻璃基板
- 220：銀反射層
- 230：ITO 層
- 240：發光層
- 250：鋁半透明層
- 260：銀半透明層
- 322、324、326：濾光器
- 328：保護樹脂層
- 330：分散式布拉格反射層
- 342、344、346：ITO 層
- 348：導電高分子層
- 350：金屬層
- 400、600：LED 元件
- 420：多晶矽層
- 422：次波長結構
- 432：第一位障層
- 434：量子井層
- 436：第二位障層
- 440：透明導電層
- 650：反射層

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種正面發射型發光二極體元件，包括：

一玻璃基板；

一多晶矽層，形成於該玻璃基板的一第一表面，且該多晶矽層的表面包括周期性排列的複數個次波長結構；

一白光發光層，覆蓋於該多晶矽層以及該些次波長結構；以及

一透明導電層，覆蓋於該白光發光層上。

【第2項】 申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該多晶矽層、該白光發光層與該透明導電層形成一微腔結構。

【第3項】 申請專利範圍第2項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該微腔結構的總厚度不大於 $2\lambda/n$ ，其中 λ 為介於500-600nm的波長，且 n 為該微腔結構對應500-600nm波長之折射係數。

【第4項】 申請專利範圍第3項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該多晶矽層、該白光發光層與該透明導電層形成的總厚度為 λ/n ，或者 $\lambda/2n$ 。

【第5項】 申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，其中利用一雷射光束週期性地照射於該多晶矽層以進行一雷射熱退火製程，並於該多晶矽層表面形成周期性排列的該些次波長結構。

【第6項】 如申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，更包括一反射層，形成於該玻璃基板的一第二表面。

【第7項】 如申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，更包括複數個光柵形成於該透明導電層的表面。

【第8項】 申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該一多晶矽層為一n型多晶矽層或者一p型多晶矽層。

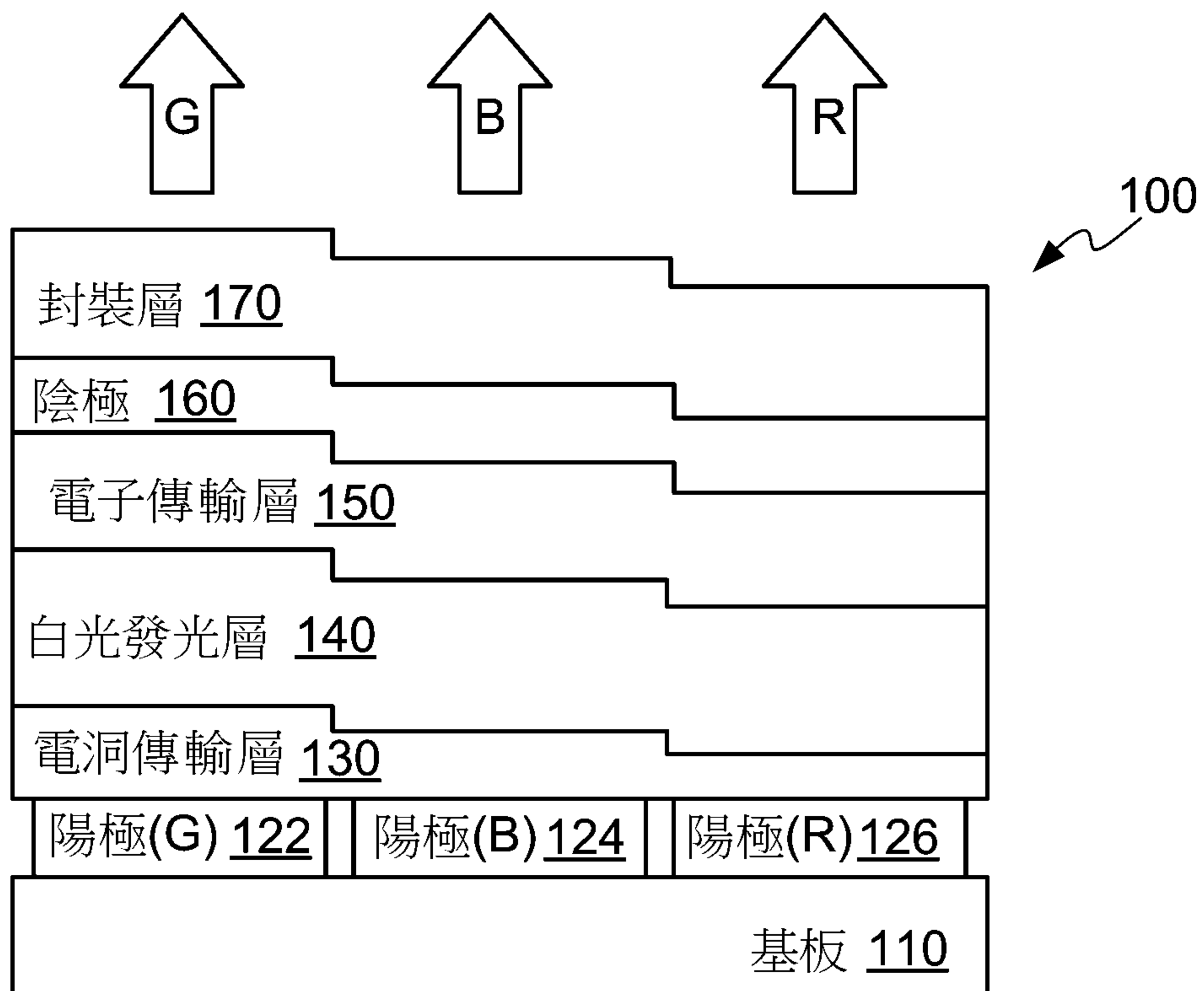
【第9項】 如申請專利範圍第1項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該白光發光層包括一堆疊結構，且該堆疊結構包括：一第一位障層、一量子井層與一第二位障層。

【第10項】 如申請專利範圍第9項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該第一位障層、該量子井層與該第二位障層為一氮氧化鋁鎵層、一氮氧化銦鎵層與一氮氧化鋁鎵層。

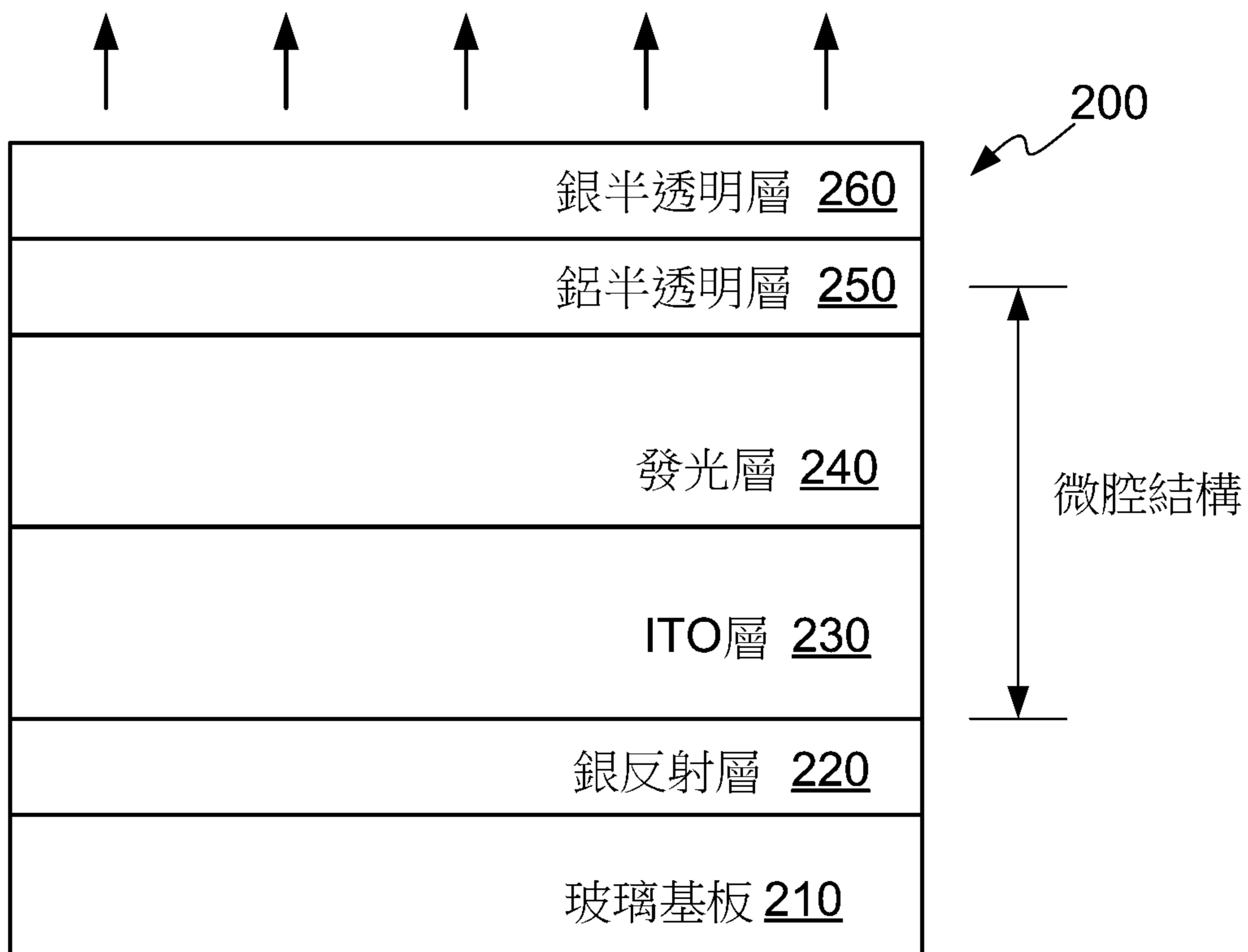
【第11項】 如申請專利範圍第9項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該第一位障層、該量子井層與該第二位障層為一氮氧化鉛層、一氮氧化鋁鎵層與一氮氧化鉛層。

【第12項】 如申請專利範圍第9項所述之正面發射型發光二極體元件，其中該第一位障層、該量子井層與該第二位障層為一氮氧化鋁鎵層、一氮氧化鋅層與一氮氧化鋁鎵層。

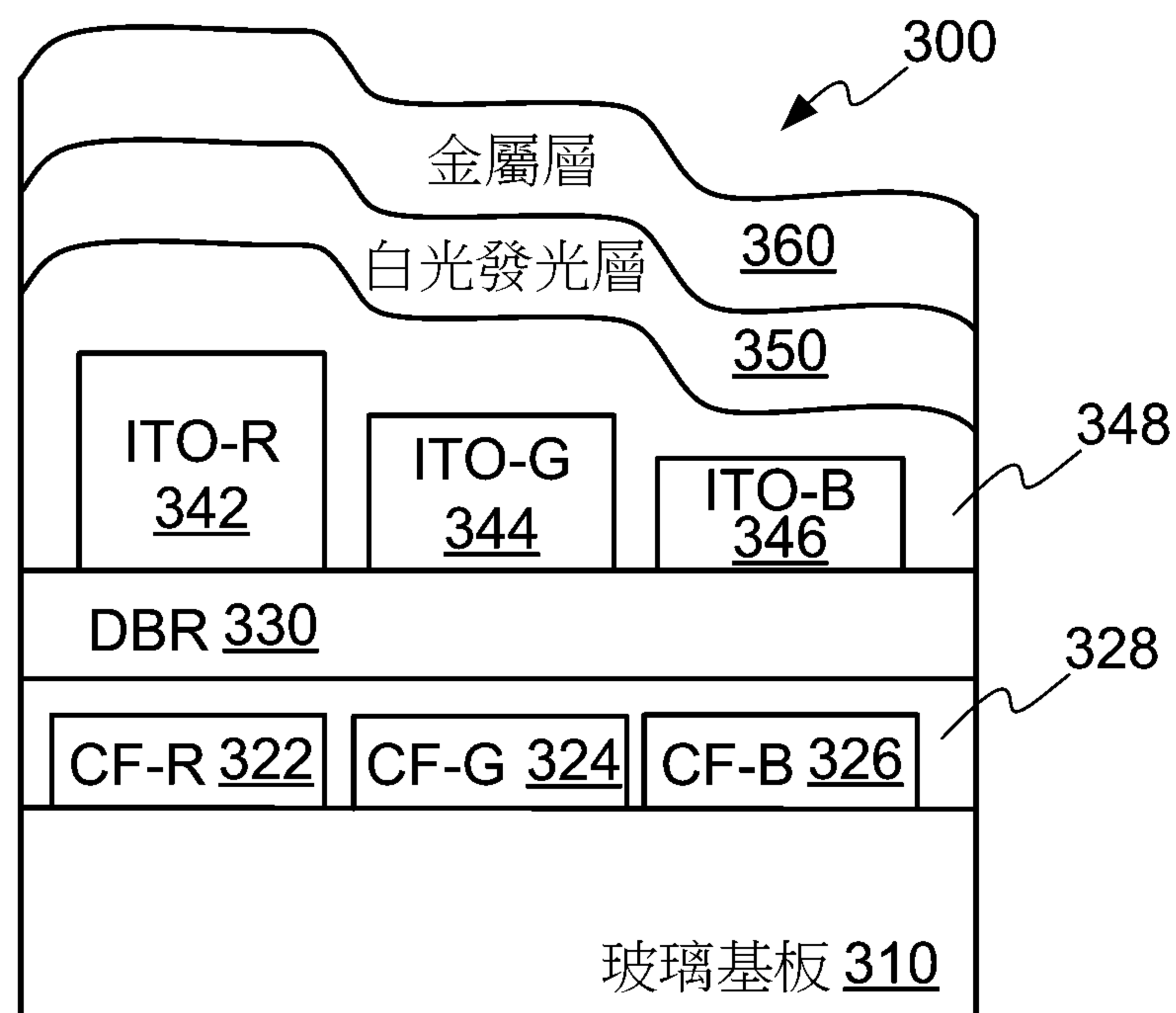
【發明圖式】



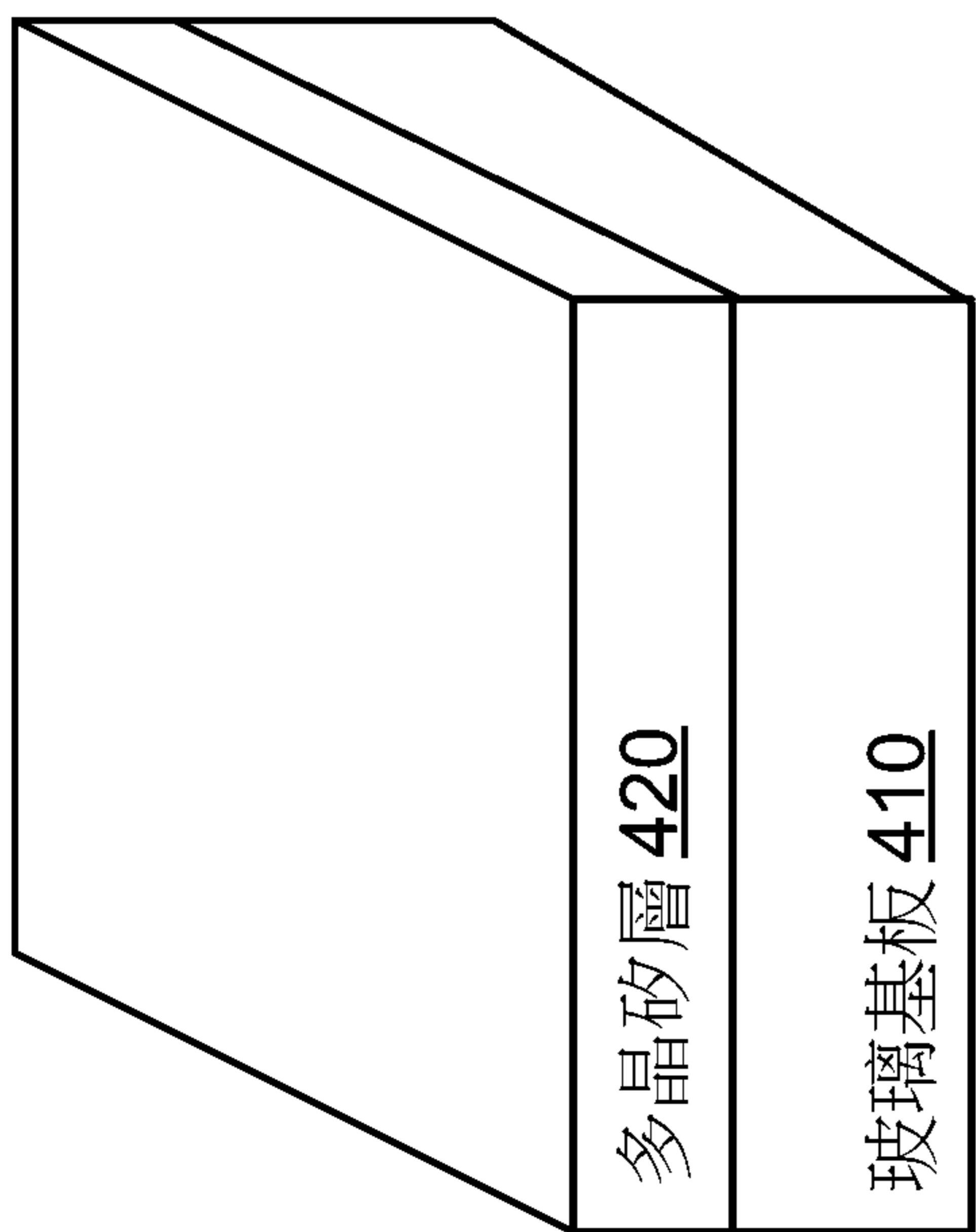
第1圖



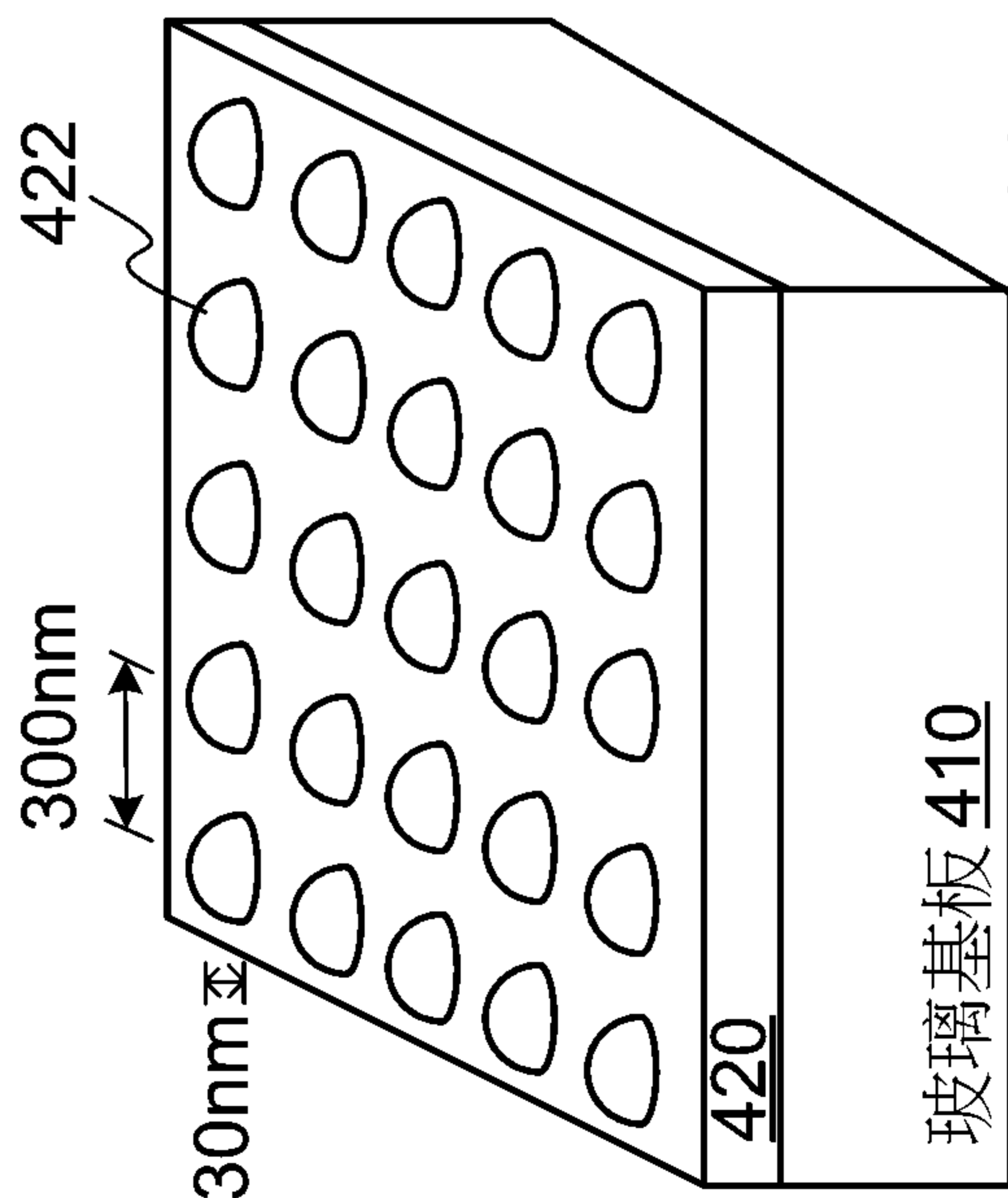
第2圖



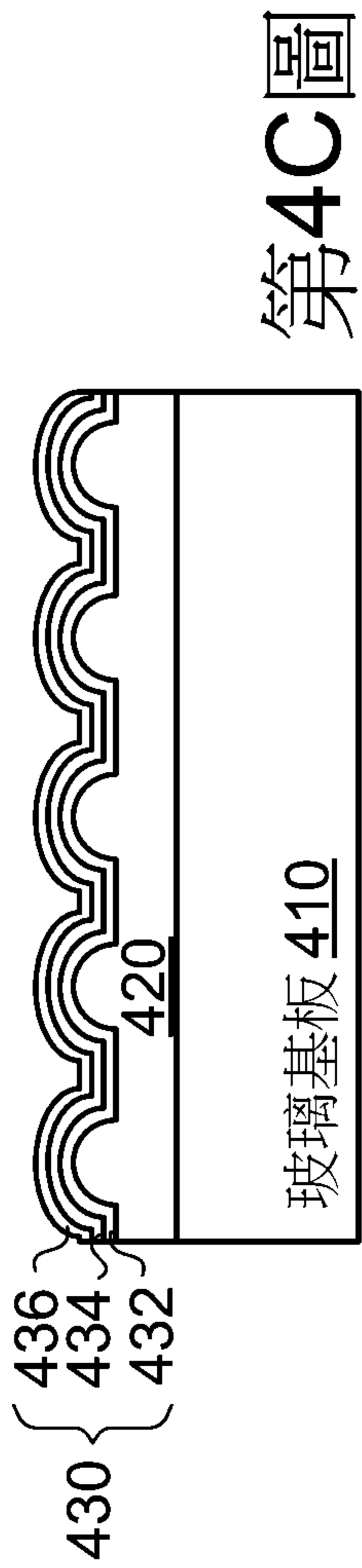
第3圖



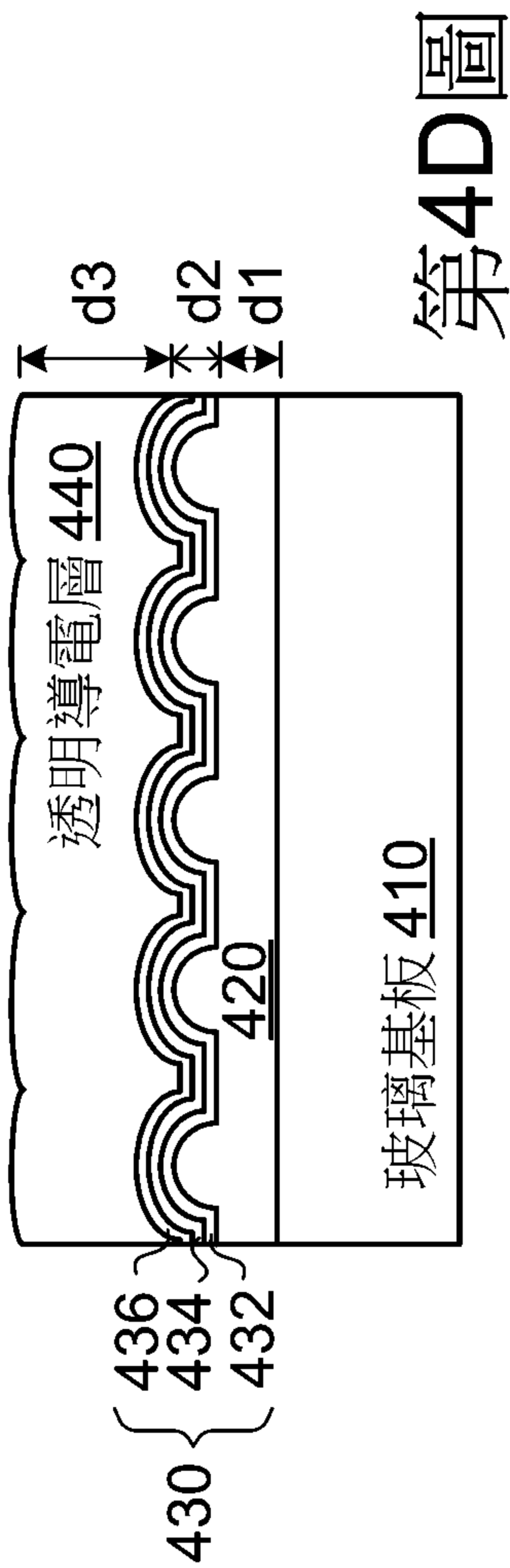
第4A圖



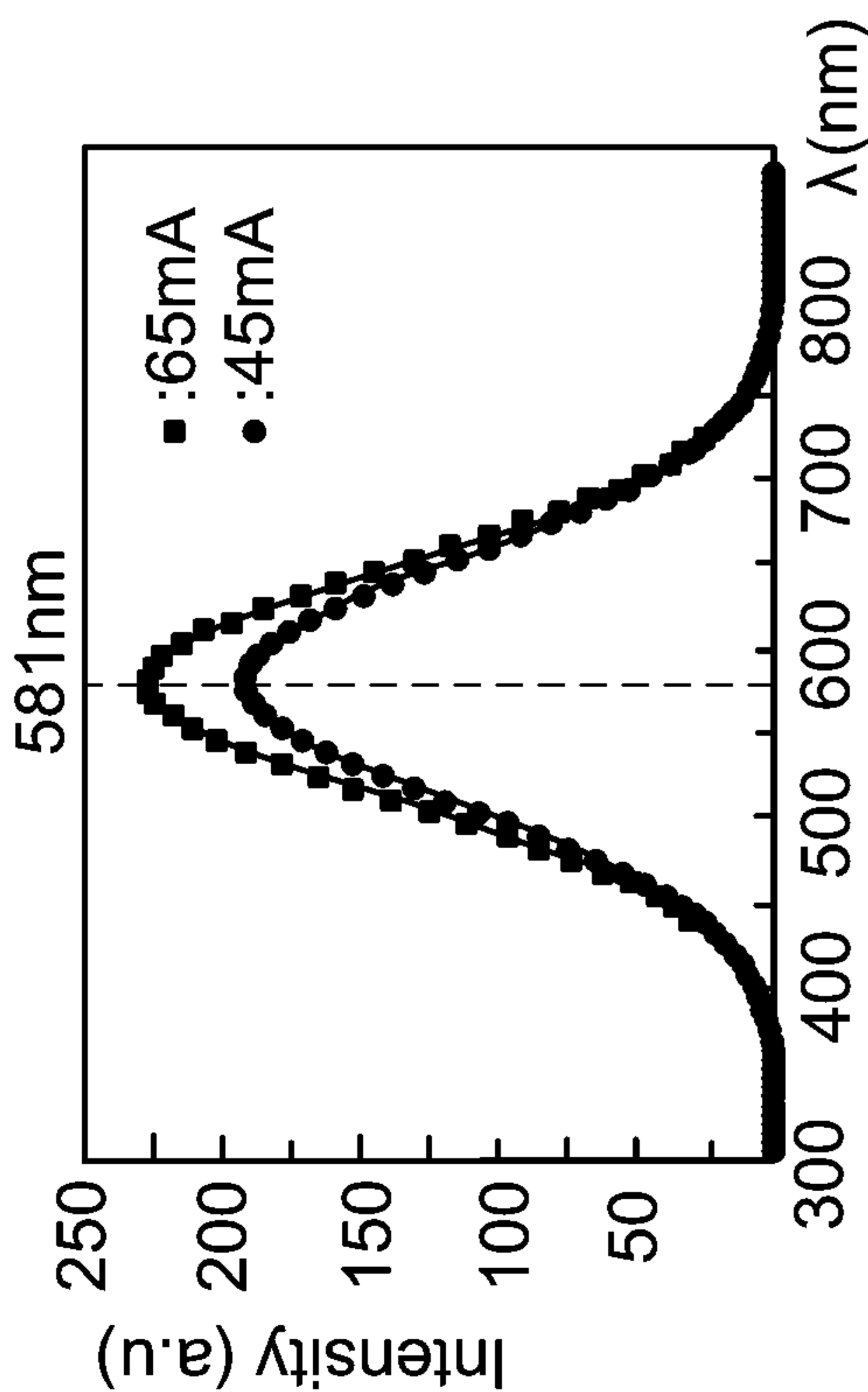
第4B圖



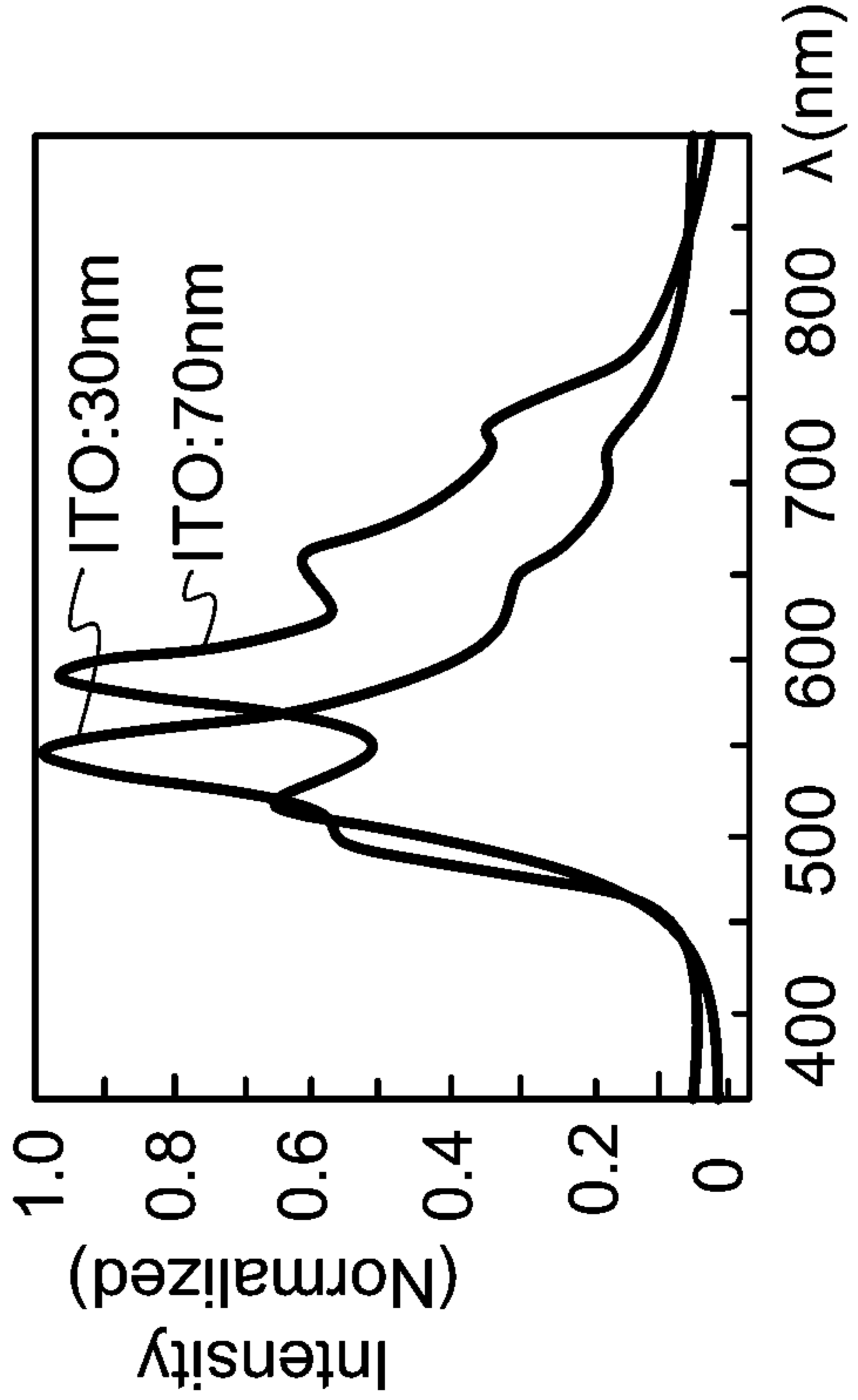
第4C圖



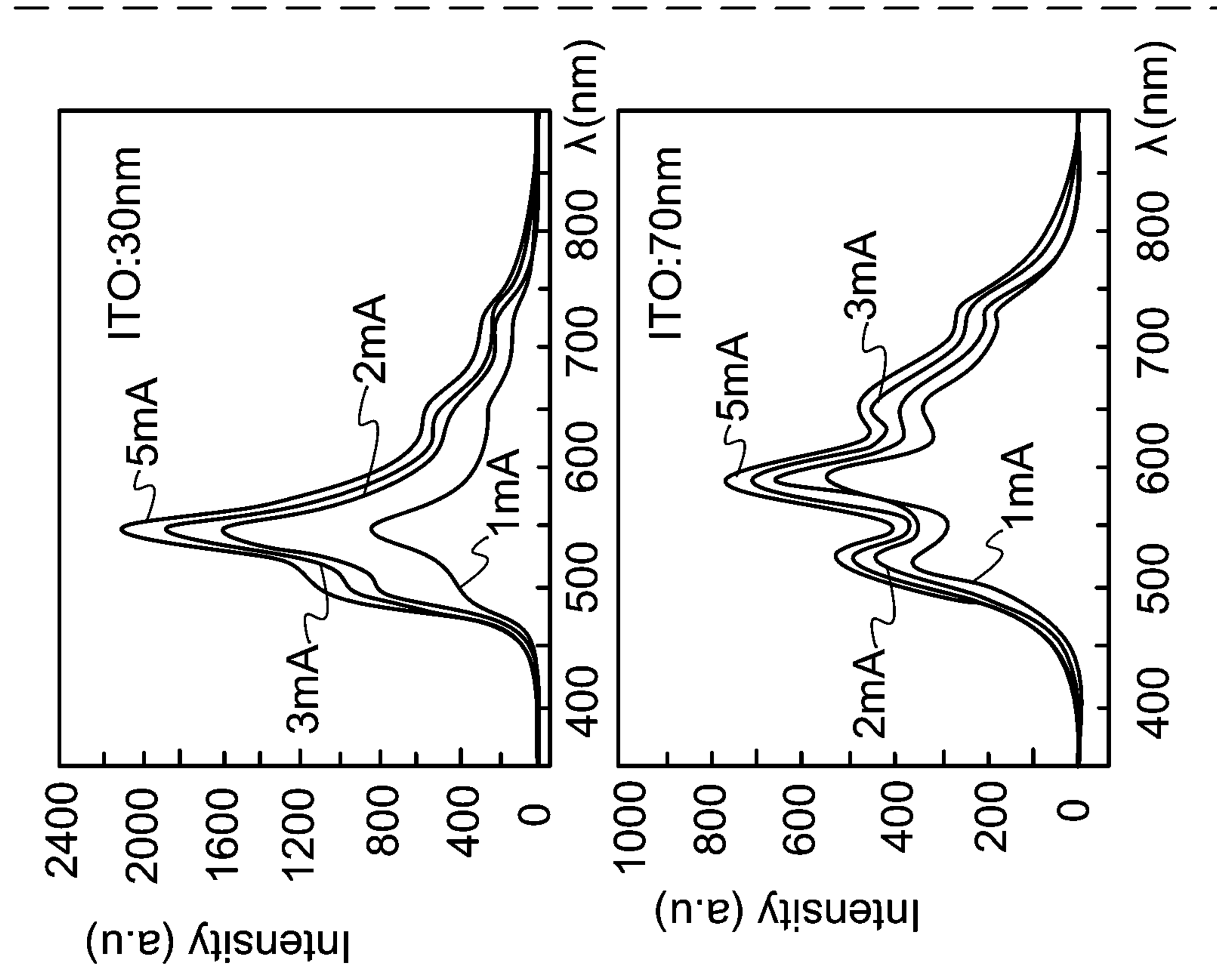
第4D圖



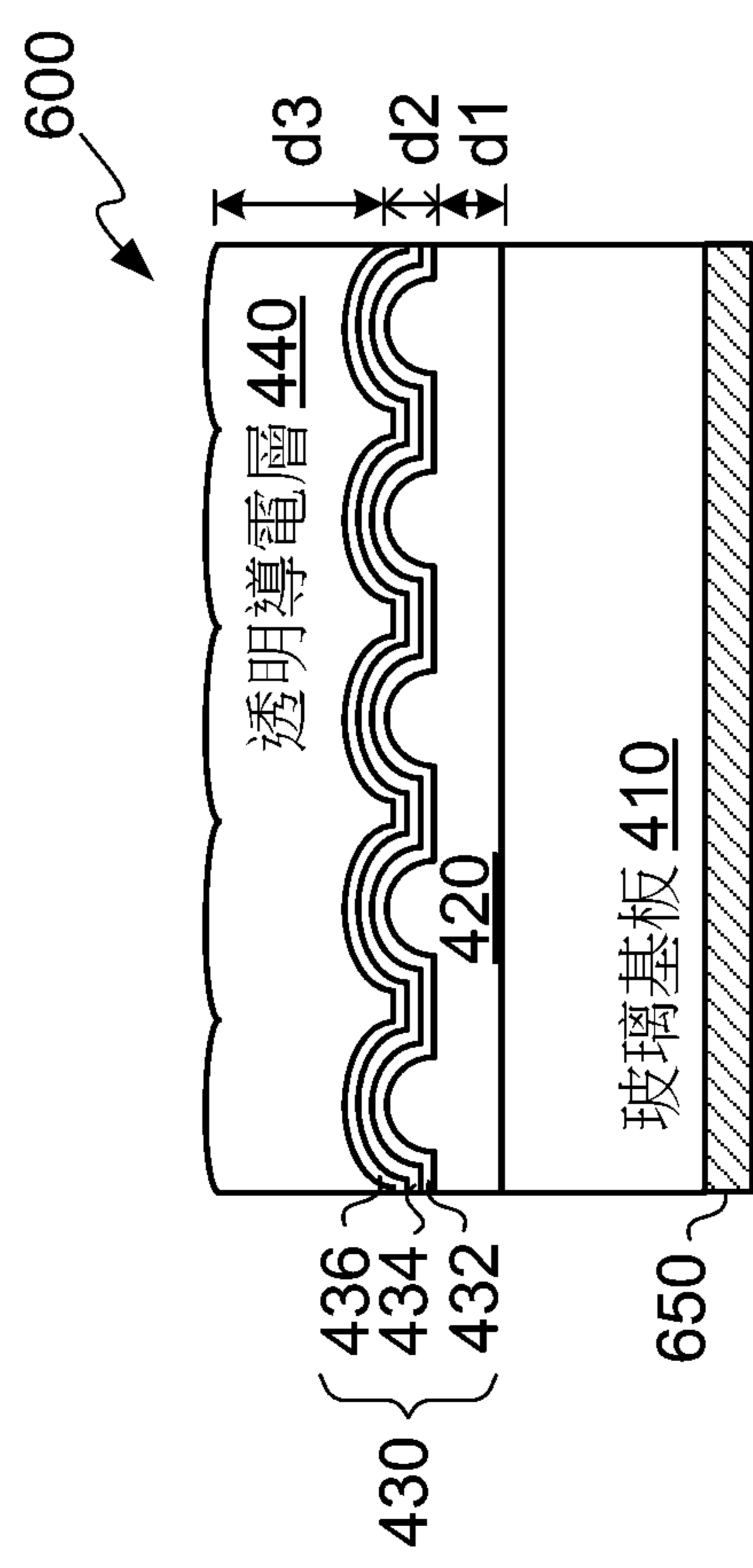
第5A圖



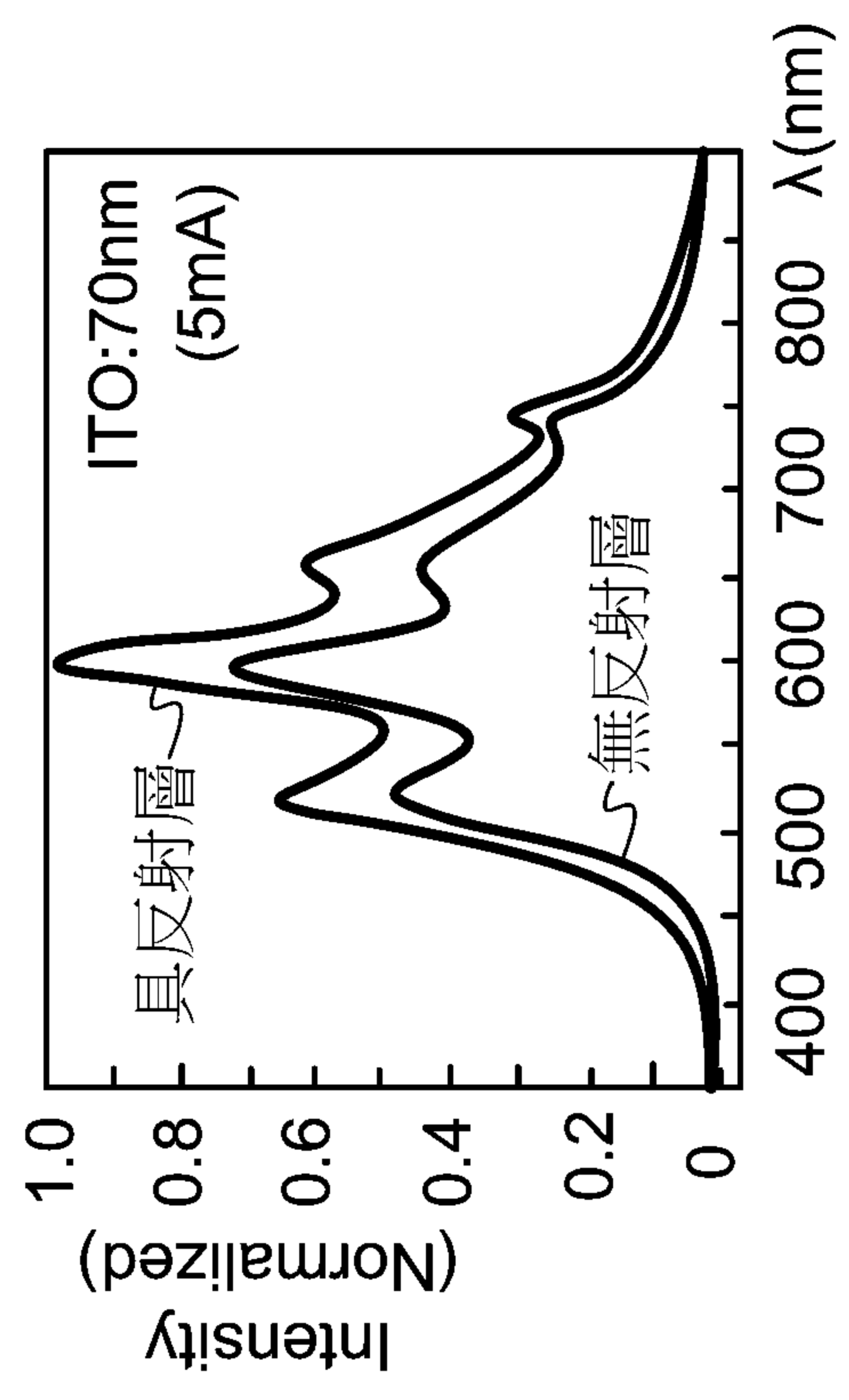
第5C圖



第5B圖



第6A圖



第6B圖