



申請日期： P1.10.16	案號： P1126272
類別： Holl 33/20	

(以上各欄由本局填註)

# 發明專利說明書

561637

一、 發明名稱	中文	具有雙雜質態接觸層之發光二極體	
	英文		
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 歐震 2. 張家榮 3. 徐宸科 4. 井長慧	
	姓名 (英文)	1. 2. 3. 4.	
	國籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國 4. 中華民國	
	住、居所	1. 新竹市科學工業園區園區二路48號 2. 新竹科學工業園區園區二路48號 3. 新竹科學工業園區園區二路48號 4. 新竹市科學工業園區園區二路48號	
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 晶元光電股份有限公司	
	姓名 (名稱) (英文)	1.	
	國籍	1. 中華民國	
	住、居所 (事務所)	1. 新竹市科學工業園區園區二路48號	
	代表人 姓名 (中文)	1. 葉寅夫	
代表人 姓名 (英文)	1.		



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

## 五、發明說明 (1)

## 發明之領域

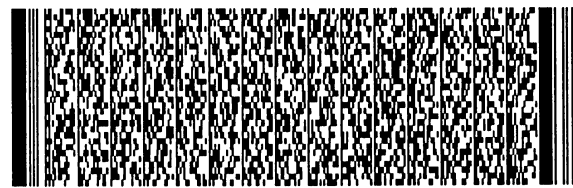
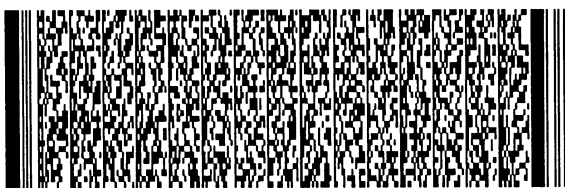
本發明係關於一種發光二極體(LED)，尤其關於一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體。

## 相關技藝之說明

發光二極體之應用頗為廣泛，例如，可應用於光學顯示裝置、交通號誌、資料儲存裝置、通訊裝置、照明裝置、以及醫療裝置。在此技藝中，目前技術人員重要課題為改善發光二極體之電性以及提高發光二極體之亮度。

在美國專利第5,563,422號中揭露一種發光二極體構造，其中在一p型接觸層上形成一極薄之Ni/Au透明導電層，以達到電流擴展之效果，而改善發光二極體之發光特性。然而實質上，以此類材料製成之透明導電層，其穿透率僅約60%~70%，因此不僅影響LED之發光效率，且因厚度多在10nm左右，故電流擴展效果亦不甚理想。

為改進此問題，在美國專利第6,078,064號（其與本案具有相同受讓人）揭露一種發光二極體構造，其中存在一透明氧化物導電層形成於一高濃度p型接觸層上，因透明氧化物導電層具有較高之穿透率，且因透光率好，可具較厚之厚度，故電流擴展效果亦較佳，因此能改善發光二極體之發光特性，提升其發光亮度。惟此高濃度p型接觸層之p型載子濃度需大於 $5e^{18}/\text{cm}^3$ 以上，才能與此透明氧化物導電層形成較好的歐姆接觸。然而就傳統技藝而言，要製得此高載子濃度之p型接觸層實屬不易，因p型摻雜層中

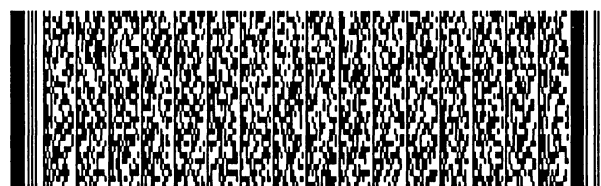


## 五、發明說明 (2)

通常具有較多的缺陷，加上製備時有氫氣鈍化效應之影響，故即使加入高濃度的p型摻雜體，仍然不易獲得相對應的高濃度p型導電載子，因此利用此技藝雖然可以有效提高LED之發光亮度，卻容易造成p型接觸層與透明氧化物導電層間之接觸電阻偏高，使得LED之順向操作電壓增大，而對LED之電性產生不良影響。

在台灣專利第144415號（其與本案具有相同受讓人）揭露另一種反向穿隧層之技藝，其在透明電極層與半導體發光疊層間，加入一n+反向穿隧接觸層，利用穿隧之機制來達到歐姆接觸之目的，以取代先前技藝之高濃度p型接觸層，降低元件製備上的困難。然實際上，此反向穿隧層之效果對於厚度與n型載子之濃度較為敏感，當載子濃度太低（例如小於 $5e^{19}/\text{cm}^3$ ），或厚度太厚時，易造成穿隧機制之阻礙，故在元件製作時需較嚴苛之掌控。

本案發明人於進一步思考如何提高此等先前技藝發光二極體之亮度、降低此類接觸層與透明氧化物導電層間之高接觸電阻問題，並解決元件製作時之嚴苛限制時，獲得一發明靈感，認為在透明氧化物導電層層與發光二極體之半導體疊層間，提供一n型、p型雜質共同存在之雙雜質態接觸層，可有效降低透明氧化物導電層與發光二極體之半導體疊層間之接觸電阻，以取代先前技藝之高濃度p型接觸層之問題。由於此雙雜質態接觸層中同時具有n型與p型雜質態，故在其能隙間同時存在有n型雜質態能階與p型雜質態能階，當對LED提供一順向操作偏壓時，導電載子可



## 五、發明說明 (3)

將此共同存在之雙雜質態能階作為能隙間之傳輸中心，而在透明氧化物導電層與p型束縛層間進行傳導，進而使透明氧化物導電層與發光二極體之半導體疊層間形成良好之歐姆接觸。利用此傳輸機制，並不需要有高濃度之p型載子存在，即可改善前述技藝之高濃度之p型載子接觸層製備不易之問題，而避免使發光二極體順向操作電壓增大，並達到提昇發光亮度之效果。

## 發明概要

因而，本發明之主要目的在於提供一種具有具有雙雜質態接觸層之發光二極體，使得其中之透明氧化物導電層在不要求接觸層中有高濃度之導電載子，僅需該接觸層中同時存在有n型與p型之雜質，即可改善該透明氧化物導電層與該接觸層間之不良電性。另外在製備該具有雙雜質態接觸層之發光二極體時，可利用磊晶成長時之共同摻雜方式製得；或是於製程中先成長p型層，再成長n型層，接著於降溫過程或退火過程當中使其交互擴散之方式而製得；故其在製備上較先前技藝更為容易，且製備方式亦有較多之選擇性。

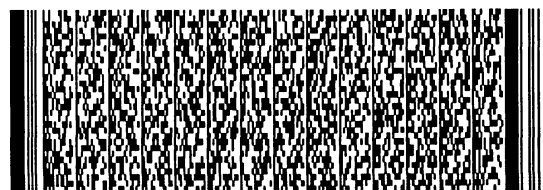
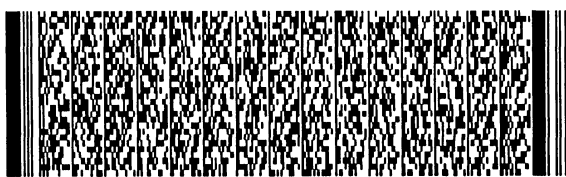
如圖1所示，依本發明一較佳實施例具有雙雜質態接觸層之藍光發光二極體，發光波長在468nm，其結構包含一由藍寶石形成之絕緣基板10、形成於該絕緣基板10上之



## 五、發明說明 (4)

一緩衝層11、形成於該緩衝層11上之一n型接觸層12，其中，該n型接觸層之上表面包含一第一表面區域與一第二表面區域、形成於該第一表面區域上之一多重量子井發光層13、形成於該發光層13上之一p型束縛層14、形成於該p型束縛層14上之一p型接觸層15、形成於該p型接觸層15上，且具有n型與p型共同存在之雙雜質態接觸層16、形成於該雙雜質態接觸層16上之一透明氧化物導電層17、形成於該透明氧化物導電層17上之一p型前電極18、以及形成於該n型接觸層之第二表面區域上之一n型後電極19。

在此實施例中，n型與p型共同摻雜之雙雜質態接觸層之雜質摻雜濃度為 $10^{19}/\text{cm}^3$ ，厚度約為60埃。如表1所示，在20 mA之定電流下實驗結果顯示，依此實施例在20mA之順向電壓僅較使用傳統Ni/Au透明導電層之技藝略增0.01V，而其晶粒之軸向發光亮度，卻可由傳統Ni/Au技藝之25.7mcd提升至34.5mcd，提升約34.2%。此外，我們也針對先前之反向穿隧接觸層技藝做一比對實驗，結果顯示以反向穿隧接觸層技藝確能提高亮度，但其順向操作電壓則會有較明顯之提高。由此觀之，本發明之技藝確可使在操作電壓不增高之情況下，對於亮度之提高，顯然屬有價值之增進功效，較傳統Ni/Au透明導電層技藝及反向穿隧接觸層技藝皆有明顯之進步性。



## 五、發明說明 (5)

表 1

方法	Vf(V) @20mA	Intensity (mcd)
傳統 Ni/Au 透明導電層	3.15	25.7
反向穿隧接觸層+氧化物透明電極	3.41	36.3
本發明(雙雜質態接觸層+氧化物透明電極)	3.16	34.5

依本發明之另一較佳實施例具有雙雜質態接觸層之綠光發光二極體，發光波長在526nm，其結構與第一較佳實施例相同，包含一由藍寶石形成之絕緣基板、形成於該絕緣基板上之一緩衝層、形成於該緩衝層上之一n型接觸層，其中，該n型接觸層之上表面包含一第一表面區域與一第二表面區域、形成於該第一表面區域上之一多重量子井發光層、形成於該發光層上之一p型束縛層、形成於該p型束縛層上之一p型接觸層、形成於該p型接觸層上，且具有n型與p型共同存在之雙雜質態接觸層、形成於該雙雜質態接觸層上之一透明氧化物導電層、形成於該透明氧化物導電層上之p型前電極、以及形成於該n型接觸層之第二表面區域上之一n型後電極。此實施例中之雙雜質態接觸層之製法與前例不同之處，在於此雙雜質態接觸層之形成，是利用在形成p型接觸層之後，先形成一氮化銦鎵之n型摻雜之接觸層，厚度約為20埃，在成長完此n型摻雜接觸層後，利用在降溫過程以一小於40°C/min緩慢之降溫速率，使此n型摻雜接觸層中之n型雜質、與之前之p型接觸層中之p型雜質相互擴散，進而使此原本之n型接觸層轉



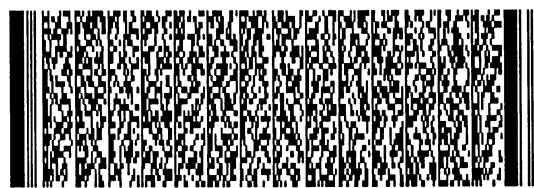
## 五、發明說明 (6)

變為同時存在有n型與p型雙雜質態，而形成此一雙雜質態接觸層，此雙雜質態接觸層之n型濃度為 $8 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ，p型雜質摻雜濃度約為 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 。如表2所示，在20 mA之定電流下實驗，結果顯示，依本發明此實施例發光二極體，與傳統 Ni/Au 透明導電層技藝比較，其晶粒之軸向發光亮度，可由傳統之137.6mcd提升至178.4mcd，較傳統 Ni/Au 透明導電層技藝發光二極體發光功率可提升29.8%。同樣地，我們也比較了先前之反向穿隧接觸層技藝，其對於發光強度與本技藝有同樣提升之效果，但其20mA之順向操作電壓卻較傳統Ni/Au 透明導電層技藝之發光二極體提升約0.45V，相較於本技藝其電壓僅由3.11V略增至3.2V，上升0.09V。由此觀之，本技藝確能保持操作電壓不大幅提高，而對於亮度之提高，顯然屬有價值之增進功效。

表2

方法	Vf(V) @20mA	Intensity (mcd)
傳統 Ni/Au 透明導電層	3.11	137.6
反向穿隧接觸層+氧化物透明電極	3.56	171.6
本發明(雙雜質態接觸層+氧化物透明電極)	3.20	178.4

請參閱圖2，其顯示依本發明又一較佳實施例之混光式發光二極體，其與圖1所示結構之差異處在於：以磊晶生長所形成之各化合物半導體層21至27係在一n型導電基板20之一主要表面上形成，而n型後電極29係與n型導電基



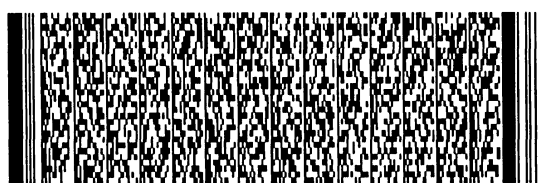


## 五、發明說明 (7)

板20之另一主要表面接觸。且由於基板20具有導電性，故結晶生長各化合物半導體層21至27後，無需進行前述之蝕刻程序。n型導電基板30包含選自於GaN、SiC、Si、AlN、ZnO、MgO、GaP、GaAs及Ge所構成材料群組中的一種材料。

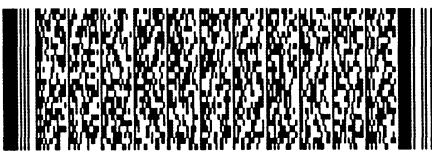
前述絕緣基板，係包含選自於藍寶石、LiGaO<sub>2</sub>、及LiAlO<sub>2</sub>所構成材料群組中的一種材料；前述緩衝層，係包含選自於GaN系材料製成；前述接觸層，係包含選自於GaN與AlGaN所構成材料群組中的一種材料；前述氮化銦鎵多重量子井發光層，係包含r個氮化銦鎵量子井與r+1個氮化銦鎵障壁層，使得每一個氮化銦鎵量子井上下二側皆有一氮化銦鎵障壁層，其中， $r \geq 1$ ，每一氮化銦鎵量子井係由In<sub>e</sub>Ga<sub>1-e</sub>N構成，每一氮化銦鎵障壁層係由In<sub>f</sub>Ga<sub>1-f</sub>N構成，且 $0 \leq f < e \leq 1$ ；前述p形束縛層，係包含Al<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>N，其中， $0 \leq z \leq 1$ ；前述透明氧化物導電層，係包含選自於氧化銦錫、氧化鎘錫、氧化銻錫、氧化鋅以及氧化鋅錫所構成材料群組中的一種材料；前述雙雜質態接觸層係包含選自於氮化鎵系材料所構成材料群組中的一種材料；前述n型雜質，係包含選自於Si、Ge、Sn、Te、O、S、C所構成材料群組中的一種材料；前述p型雜質，係包含選自於Mg、Zn、Be、Ca所構成材料群組中的一種材料。

雖然本發明之發光二極體已以較佳實施例揭露於上，



## 五、發明說明(8)

然本發明之範圍並不限於上述較佳實施例，應以下述申請專利範圍所界定為準。因此任何熟知此項技藝者，在不脫離本發明之申請專利範圍及精神下，當可做任何改變。



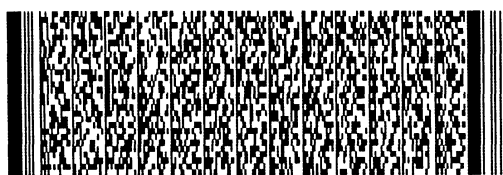
## 圖式簡單說明

圖1 為一示意圖，顯示依本發明一較佳實施例具有雙雜質態接觸層之發光二極體構造；

圖2 為一示意圖，顯示依本發明又一較佳實施例具有雙雜質態接觸層之發光二極體構造。

## 符號說明

10	絕緣基板
11	緩衝層
12	n型接觸層
13	多重量子井發光層
14	p型束縛層
15	p型接觸層
16	雙雜質態接觸層
17	透明氧化物導電層
18	p型前電極
19	n型後電極
20	n型導電基板
21	緩衝層
22	n型接觸層
23	多重量子井發光層
24	p型束縛層
25	p型接觸層



## 圖式簡單說明

- |    |          |
|----|----------|
| 26 | 雙雜質態接觸層  |
| 27 | 透明氧化物導電層 |
| 28 | p型後電極    |
| 29 | n型後電極    |



四、中文發明摘要 (發明之名稱：具有雙雜質態接觸層之發光二極體)

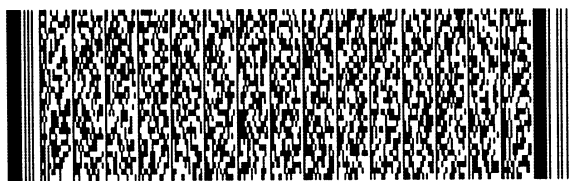
一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，包含一基板、形成於該基板上之一發光疊層、形成於該發光疊層上之一雙雜質態接觸層、以及形成於該接觸層上之一透明氧化物導電層。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



## 六、申請專利範圍

1. 一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，至少包含：  
一基板；  
形成於該基板上之一發光疊層；  
形成於該發光疊層上，且至少具有一n型與一p型共同存在之一雙雜質態接觸層；以及  
形成於該接觸層上之一透明氧化物導電層。
2. 一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，包含：  
一絕緣基板；  
形成於該絕緣基板上之一緩衝層；  
形成於該緩衝層上之一n型接觸層，其中，該n型接觸層之上表面包含一第一表面區域與一第二表面區域；  
形成於該第一表面區域上之一多重量子井發光層；  
形成於該發光層上之一p型接觸層；  
形成於該p型接觸層上，且至少具有一n型與一p型雜質共同存在之一雙雜質態接觸層；  
形成於該雙雜質態接觸層上之一透明氧化物導電層；  
形成於該透明氧化物導電層上之p型前電極；以及  
形成於該n型接觸層之第二表面區域上之一n型後電極。
3. 一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，包含：  
一n型後電極；  
形成於該n型後電極上之一n型導電基板；



## 六、申請專利範圍

形成於該 n 型導電基板上之一緩衝層；

形成於該緩衝層上之一 n 型接觸層；

形成於該 n 型接觸層上之一多重量子井發光層；

形成於該發光層上之一 p 型接觸層；

形成於該 p 型接觸層上，且至少具有一 n 型與一 p 型共同存在之一雙雜質態接觸層；

形成於該雙雜質態接觸層上之一透明氧化物導電層；以及

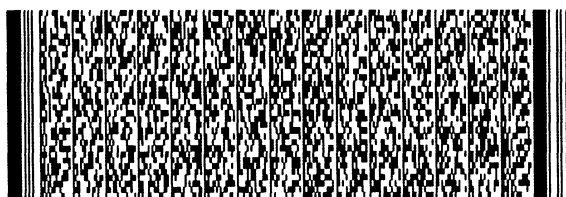
形成於該透明導電層上之一 p 型電極。

4. 依申請專利範圍第2項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該絕緣基板包含選自於藍寶石、 $\text{LiGaO}_2$ 、及 $\text{LiAlO}_2$ 所構成材料群組中的一種材料。

5. 依申請專利範圍第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該 n 型導電性基板包含選自於 $\text{GaN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{GaAs}$ 、 $\text{InP}$ 及 $\text{GaP}$ 所構成材料群組中的一種材料。

6. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該緩衝層包含選自於 $\text{AlInGaN}$ 系及 $\text{II-nitride}$ 系材料所構成材料群組中的一種材料。

7. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸



## 六、申請專利範圍

層之發光二極體，其中該p型接觸層包含選自於GaN、AlGa<sub>N</sub>及InGa<sub>N</sub>所構成材料群組中的一種材料。

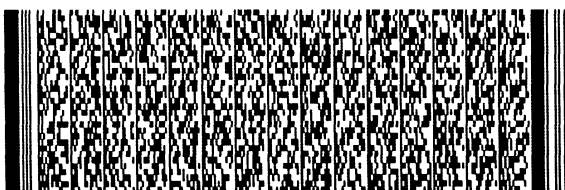
8. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該n型接觸層包含選自於Ga<sub>N</sub>、AlGa<sub>N</sub>及InGa<sub>N</sub>所構成材料群組中的一種材料。

9. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該多重量子井發光層包含r個氮化銦鎵量子井與r+1個氮化銦鎵障壁層，使得每一個氮化銦鎵量子井上下二側皆有一氮化銦鎵障壁層，其中， $r \geq 1$ ，每一氮化銦鎵量子井係由In<sub>e</sub>Ga<sub>1-e</sub>N構成，每一氮化銦鎵障壁層係由In<sub>f</sub>Ga<sub>1-f</sub>N構成，且 $0 \leq f < e \leq 1$ 。

10. 依申請專利範圍第1項、第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該雙雜質態接觸層係包含選自於AlInGa<sub>N</sub>系材料所構成材料群組中的一種材料。

11. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該雙雜質態接觸層之n型雜質包含選自於Si、Ge、Sn、Te、O、S及C所構成材料群組中的一種材料。

12. 依申請專利範圍第2項或第3項之一種具有雙雜質態接





## 六、申請專利範圍

觸層之發光二極體，其中該雙雜質態接觸層之p型雜質包含選自於Mg、Zn、Be及Ca所構成材料群組中的一種材料。

13. 依申請專利範圍第1項、第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該透明氧化物導電層包含選自於氧化銦錫、氧化銦鋅、氧化鎘錫、氧化銻錫、氧化鋅以及氧化鋅錫所構成材料群組中的一種材料。

14. 依申請專利範圍第2項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中更包含形成於該n型接觸層及該多重量子井發光層之間之一n型束縛層。

15. 依申請專利範圍第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中更包含形成於該n型接觸層及該多重量子井發光層之間之一n型束縛層。

16. 依申請專利範圍第2項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中更包含形成於該p型接觸層及該多重量子井發光層之間之一p型束縛層。

17. 依申請專利範圍第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中更包含形成於該p型接觸層及該多重量子井發光層之間之一p型束縛層。



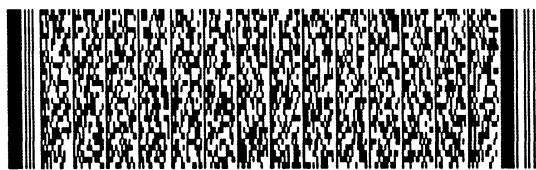
## 六、申請專利範圍

18. 依申請專利範圍第14項或第15項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該n型束縛層，係包含  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中， $0 \leq x \leq 1$ 。

19. 依申請專利範圍第16項或第17項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該p形束縛層包含  $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ，其中， $0 \leq z \leq 1$ 。

20. 依申請專利範圍第1項、第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該雙雜質態接觸層是由磊晶成長時共同摻雜至少一n型及一p型雜質而形成。

21. 依申請專利範圍第1項、第2項或第3項之一種具有雙雜質態接觸層之發光二極體，其中該雙雜質態接觸層是以小於  $40^\circ\text{C}/\text{min}$  緩慢之降溫速率而形成。



圖式

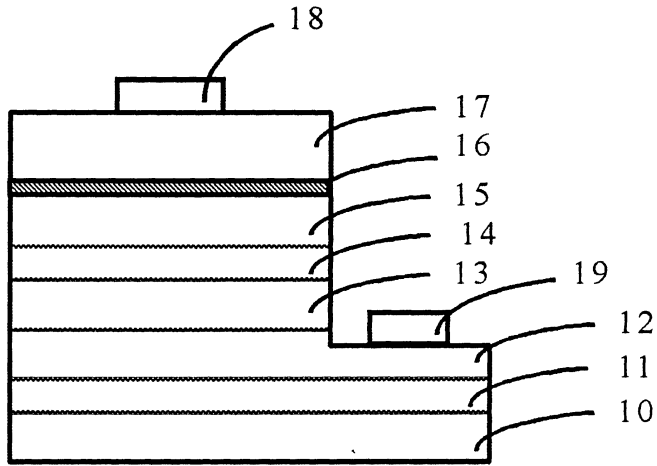


圖 1

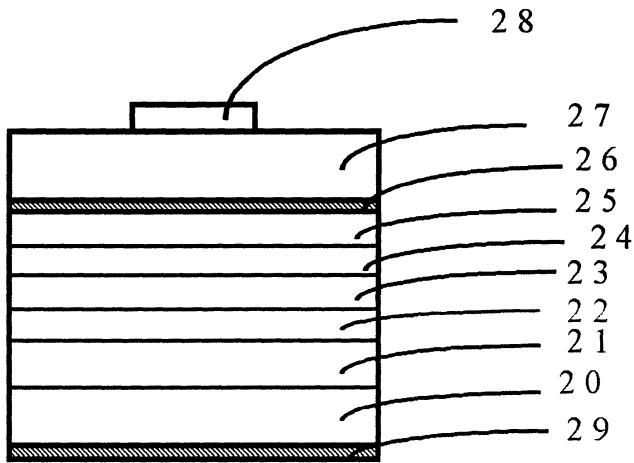


圖 2