

【11】證書號數：I533351

【45】公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 11 日

【51】Int. Cl. : H01L21/00 (2006.01) H01L33/00 (2010.01)

發明

全 8 頁

【54】名稱：高效能非極性第三族氮化物光學裝置之金屬有機化學氣相沈積生長  
METALORGANIC CHEMICAL VAPOR DEPOSITION (MOCVD)  
GROWTH OF HIGH PERFORMANCE NON-POLAR III-NITRIDE OPTICAL  
DEVICES

【21】申請案號：096147275

【22】申請日：中華民國 96 (2007) 年 12 月 11 日

【11】公開編號：200842931

【43】公開日期：中華民國 97 (2008) 年 11 月 01 日

【30】優先權：2006/12/11

美國

60/869,535

【72】發明人：馬修 C 史密特 (US) SCHMIDT, MATHEW C. ; 金光中 (KR) KIM, KWANG  
C. ; 佐藤均 (JP) SATO, HITOSHI ; 史帝芬 P 丹巴爾斯 (US) DENBAARS,  
STEVEN P. ; 詹姆士 S 史貝克 (US) SPECK, JAMES S. ; 中村 秀治 (US)  
NAKAMURA, SHUJI

【71】申請人：美國加利福尼亞大學董事會

THE REGENTS OF THE UNIVERSITY  
OF CALIFORNIA

美國

獨立行政法人科學技術振興機構

JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY  
AGENCY

日本

【74】代理人：陳長文

【56】參考文獻：

TW 200400675A

US 5793054

US 6233264B1

US 2004/0106222A1

US 2005/0161688A1

US 2005/0179130A1

US 2005/0214992A1

審查人員：郭德豐

## [57]申請專利範圍

1. 一種製造一第三族氮化物光電子裝置之方法，其包含：(a)在一第三族氮化物基板或模板之一非極性或半極性平面上或上方生長一第三族氮化物發光二極體(LED)或雷射二極體(LD)結構，其中：該 LED 或 LD 結構包含一或多個 p 型第三族氮化物層、一 n 型第三族氮化物層及在該等 p 型第三族氮化物層與該 n 型第三族氮化物層之間的一非極性或半極性第三族氮化物作用區域，生長該作用區域包括生長一或多個非極性或半極性第三族氮化物量子井及用於該等量子井之量子井障壁，該等量子井具有一或多個井厚度，且在一或多個井生長溫度下生長，該等量子井障壁具有一或多個障壁厚度，且在一或多個障壁生長溫度下生長，及該等 p 型第三族氮化物層具有在一或多個溫度下生長之一或多個厚度，且以一或多個 p 型摻雜劑摻雜；及(b)製造至該 LED 或 LD 結構之觸點；其中包括步驟(a)至(b)之該製造製造具有至少 35% 之一外部量子效率(EQE)之該裝置。
2. 如請求項 1 之方法，其中該第三族氮化物基板或模板為藉由一氮熱方法或藉由氫化物氣相磊晶法(HVPE)生長之一塊體第三族氮化物基板或模板。

(2)

3. 如請求項 1 之方法，其中該第三族氮化物基板或模板為藉由金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)或藉由氮化物氣相磊晶法(HVPE)生長之一非極性側壁橫向磊晶過度生長(SLEO)基板或模板。
4. 如請求項 1 之方法，其中該等量子井生長至大約 8 至 12 奈米厚度。
5. 如請求項 1 之方法，其中該等井生長溫度係在大約 845 至 890 之一範圍內。
6. 如請求項 1 之方法，其中該一或多個障壁厚度係在大約 10 至 18 奈米之一範圍內。
7. 如請求項 1 之方法，其中該一或多個障壁生長溫度係在大約 915 至 940 之一範圍內。
8. 如請求項 1 之方法，其中該等 p 型第三族氮化物層在該等障壁生長溫度下生長。
9. 如請求項 1 之方法，其中製造該等觸點包括將透明電極沈積於具有一或多個厚度之該裝置上。
10. 如請求項 9 之方法，其中該等電極中之一或多者包含氧化銦錫(ITO)。
11. 如請求項 1 之方法，其中該作用區域具有至少 8 奈米之一厚度。
12. 如請求項 1 之方法，其中該作用區域具有在大於 22.5 奈米至 198 奈米之一範圍內之一厚度。
13. 如請求項 1 之方法，其中該井厚度係在大於 2.5 奈米至 12 奈米之一範圍內。
14. 如請求項 1 之方法，其中該裝置係一 LED，及該 EQE 係在 35%至 41.4%之一範圍內。
15. 如請求項 1 之方法，其中包括步驟(a)至(b)之該製造製造具有至少 25 毫瓦特(mW)之一輸出功率之該裝置。
16. 如請求項 1 之方法，其進一步包含：使用金屬有機化學氣相沈積生長該 LED 結構，其中：該非極性平面係一氮化鎵(GaN)基板之一 m 平面，該 n 型第三族氮化物層包含 GaN，該一或多個量子井包含 InGaN，且具有在 8 至 12 奈米(nm)之一範圍內之該等井厚度，該等量子井障壁包含鎵及氮，且具有在 10 至 18 奈米之一範圍內之該等障壁厚度，及該等 p 型第三族氮化物層包含使用多重溫度級而生長且具有不同厚度之 p 型 GaN 層，其中該等溫度超過該一或多個井生長溫度 150 以內；在該量子井障壁上生長一 AlGaN 電子阻斷層，其中該 AlGaN 電子阻斷層中之一 Al 組成係在 12%至 20%之一範圍內；沈積該等觸點包含至該等 p 型 GaN 層中之一或多者之一觸點，及至 n 型 GaN 之一觸點，其中該等觸點包含氧化銦錫(ITO)及/或氧化鋅；及退火該等觸點。
17. 如請求項 16 之方法，其中該等觸點具有在 150 至 350 奈米之一範圍內之一厚度。
18. 如請求項 16 之方法，其中該等多重溫度級包括：一第一級，其中一第一 p 型 GaN 層在一第一溫度下生長至一第一厚度，且以一第一鎂摻雜程度摻雜；一第二級，其中一第二 p 型 GaN 層在高於該第一溫度之一第二溫度下於該第一 p 型 GaN 層上生長至較該第一厚度厚之一第二厚度，且以低於該第一鎂摻雜程度之一第二鎂摻雜程度摻雜；及一第三級，其中一第三 p 型 GaN 層在高於該第一溫度之一第三溫度下於該第二 p 型 GaN 層上生長至較該第二厚度薄之一第三厚度，且以高於該第二鎂摻雜程度之一第三鎂摻雜程度摻雜。
19. 如請求項 1 之方法，其進一步包含在該等量子井之生長期間控制該等井生長溫度及/或 TMI 流動以在該等量子井中獲得一銦組成，其中該裝置在一紫外波長範圍中以一峰值發射來發射。
20. 如請求項 9 之方法，其中該等觸點中之一或多者包括氧化鋅。
21. 如請求項 9 之方法，其中該等透明電極包括在該 n 型第三族氮化物層上之一第一透明導電氧化電極，及在該 p 型第三族氮化物層上之一第二透明導電氧化電極。

(3)

22. 如請求項 1 之方法，其進一步包含：在該 n 型第三族氮化物層及該 p 型第三族氮化物層之每一者上準備及沈積包含一透明導電氧化電極之該等觸點，該等透明導電氧化電極中之每一者具有一厚度、透明度及電導，其中該光電子裝置發射具有至少 35% 之一外部量子效率(EQE)的光；及生長具有在大於 22.5 奈米至 198 奈米之一範圍內之一厚度之量子井結構，其包含具有在大於 2.5 奈米至 12 奈米之一範圍內之一或多個厚度之一或多個量子井。
23. 如請求項 1 之方法，其中該等 p 型第三族氮化物層在超過量子井生長溫度 150 以內之該一或多個溫度下生長。
24. 如請求項 1 之方法，其中在該量子井結構中之量子井具有一非極性 m 平面定向，且在具有很低的包括疊差密度之缺陷密度之非極性 m 平面氮化鎵基板或模板上生長，以獲得至少 35% 之 EQE 及至少 5mW 之一輸出功率。
25. 如請求項 1 之方法，其中該非極性第三族氮化物基板或模板係一氮化鎵基板或模板。
26. 如請求項 1 之方法，其中該量子井結構包含發射紅色、綠色及藍色光之一三色作用區域。
27. 如請求項 1 之方法，其進一步包含：生長包含具有至少 8 奈米之一厚度之一或多個量子井之量子井結構，其中該光電子裝置係在 20 毫安培之一驅動電流下具有至少 41% 之外部量子效率(EQE)及至少 25mW 之一輸出功率之一發光二極體(LED)。
28. 如請求項 1 之方法，其中該製造係使該裝置可發射具有 25mW 之一輸出功率之光。
29. 一種使用如請求項 1 之方法製造之光電子裝置。
30. 一種第三族氮化物光電子裝置，其包含：在一第三族氮化物基板或模板上或上方之一第三族氮化物發光二極體(LED)或雷射二極體(LD)結構，其中：該 LED 或 LD 結構包含一非極性或半極性第三族氮化物作用區域，該非極性或半極性第三族氮化物作用區域包括具有一或多個厚度之一或多個非極性或半極性第三族氮化物量子井；及至該 LED 或 LD 結構之觸點，其中該裝置具有至少 35% 之一外部量子效率(EQE)。
31. 如請求項 30 之裝置，其中該第三族氮化物基板或模板為藉由氫化物氣相磊晶法(HVPE)或一氮熱方法生長之一塊體第三族氮化物基板或模板。
32. 如請求項 30 之裝置，其中該第三族氮化物基板或模板為一藉由金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)或氫化物氣相磊晶法(HVPE)生長之非極性側壁橫向磊晶過度生長(SLEO)模板。
33. 如請求項 30 之裝置，其中該等量子井中之一或多者生長至大約 8 至 12 奈米厚度。
34. 如請求項 30 之裝置，其中該等量子井在大約 845 至 890 之範圍內變化之溫度下生長。
35. 如請求項 33 之裝置，其中用於該等量子井之量子障壁生長至大約 10 至 18 奈米厚度。
36. 如請求項 30 之裝置，其中用於該等量子井之量子障壁在大約 915 至 940 之範圍內變化之溫度下生長。
37. 如請求項 30 之裝置，其中該 LED 或 LD 結構包括在用以生長用於該等量子井之量子障壁之一生長溫度下生長之一 p 型第三族氮化物層。
38. 如請求項 30 之裝置，其中該等觸點包括沈積於該裝置上之透明導電電極。
39. 如請求項 38 之裝置，其中該等觸點包括包含氧化銦錫(ITO)及/或氧化鋅(ZnO)之透明電極。
40. 如請求項 30 之裝置，其中該第三族氮化物基板或模板係具有很低的包括疊差密度之一缺陷密度之一塊體第三族氮化物基板或模板，以獲得至少 35% 之外部量子效率(EQE)及至少 5 毫瓦特(mW)之一輸出功率。
41. 如請求項 30 之裝置，其中該裝置係一 LED、該 EQE 係在 35% 至 41.4% 之一範圍內且該裝置具有至少 5 毫瓦特之一輸出功率。

(4)

42. 如請求項 30 之裝置，其中量子井結構中之一或多個量子井具有至少 8 奈米之一厚度。
43. 如請求項 30 之裝置，其中：該 LED 或 LD 結構包括在一 n 型第三族氮化物層與一 p 型第三族氮化物層之間的該作用區域，該等觸點包括沈積在該 n 型第三族氮化物層上之一透明導電電極，及在該 p 型第三族氮化物層上之一透明導電氧化電極，及該作用區域具有在大於 22.5 奈米至 198 奈米之一範圍內之一厚度，及該一或多個量子井具有在大於 2.5 奈米至 12 奈米之一範圍內之一或多個厚度。
44. 如請求項 30 之裝置，其中該等量子井包含 InGaN 量子井，該光電子裝置係在 20 毫安培之一驅動電流下具有在 35% 至 41% 之一範圍內之 EQE 及至少 25mW 之輸出功率之一 LED。
45. 如請求項 30 之裝置，其中：該光電子裝置係一 LED，該作用區域包含用於該等量子井之量子井障壁，該等量子井障壁具有一或多個厚度，及該 LED 結構包括在一 n 型第三族氮化物層與具有一或多個厚度及摻雜程度之一或多個 p 型第三族氮化物層之間的該作用區域，使得該 LED 在 20 毫安培之一驅動電流下具有至少 35% 之外部量子效率(EQE)及至少 25mW 之輸出功率。
46. 如請求項 30 之裝置，其中該等非極性量子井係非極性 m 平面量子井、該基板係塊體氮化鎵及非極性平面係 m 平面。
47. 如請求項 30 之裝置，其中該第三族氮化物基板或模板係一氮化鎵基板或模板。
48. 如請求項 30 之裝置，其中該第三族氮化物基板或模板係一非極性側壁橫向磊晶過度生長 (SLEO) 模板，且包含一發光二極體之該裝置使用包含下列步驟之方法而被製造：(a) 在一氮化鎵基板或模板之一 m 平面上或上方生長一 n 型第三族氮化物層；(b) 在該 n 型第三族氮化物層上或上方生長該非極性 m 平面作用區域，其中該等量子井在一或多個量子井溫度下生長，及用於該等量子井之障壁在一或多個量子井障壁溫度下生長；(c) 在該作用區域上生長一 AlGaIn 電子阻斷層，其中該 AlGaIn 電子阻斷層中之一鋁(Al)組成係在 12% 至 20% 之一範圍內；(d) 在該 AlGaIn 電子阻斷層上生長非極性 m 平面 p 型 GaN 層，其中該等非極性 p 型 GaN 層在超過該一或多個井生長溫度 150 以內之溫度下以多級生長，包括：一第一級，其中一第一 p 型 GaN 層在一第一溫度下生長至一第一厚度，且以一第一鎂摻雜程度摻雜，一第二級，其中一第二 p 型 GaN 層在高於該第一溫度之一第二溫度下於該第一 p 型 GaN 層上生長至較該第一厚度厚之一第二厚度，且以低於該第一鎂摻雜程度之一第二鎂摻雜程度摻雜，及一第三級，其中一第三 p 型 GaN 層在高於該第一溫度之一第三溫度下於該第二 p 型 GaN 層上生長至較該第二厚度薄之一第三厚度，且以高於該第二鎂摻雜程度之一第三鎂摻雜程度摻雜；(e) 製造至該 n 型第三族氮化物層及 p 型第三族氮化物層之該等觸點，其中該等觸點包括氧化鋅之一厚度；及(f) 退火該等觸點；及其中(a)至(d)之生長係使用金屬有機化學氣相沈積。
49. 如請求項 30 之裝置，其中該作用區域具有一組成，其中光在一紫外波長範圍中具有一峰值強度。
50. 如請求項 30 之裝置，其中該作用區域包含發射紅色、綠色及藍色光之一三色作用區域。
51. 如請求項 30 之裝置，其中該等觸點中之一或多者包括氧化鋅。
52. 如請求項 30 之裝置，其中該裝置發射具有至少 20mW 之一輸出功率之光。
53. 一種第三族氮化物光電子裝置結構，其包含：在一第三族氮化物基板或模板上或上方之一第三族氮化物發光二極體(LED)或雷射二極體(LD)結構，其中該 LED 或 LD 結構包含一非極性或半極性第三族氮化物作用區域；及至該 LED 或 LD 結構之觸點；其中該裝置結構具有至少 35% 之一外部量子效率(EQE)，且可發射具有 25 毫瓦特(mW)之一輸出功率之光。

(5)

54. 一種製造一第三族氮化物光電子裝置結構之方法，其包含：在一第三族氮化物基板或模板上或上方生長一第三族氮化物發光二極體(LED)或雷射二極體(LD)結構，其中該 LED 或 LD 結構包含一非極性或半極性第三族氮化物作用區域；及製造至該 LED 或 LD 結構之觸點；其中該裝置結構具有至少 35% 之一外部量子效率(EQE)，且可發射具有 25 毫瓦特(mW)之一輸出功率之光。

圖式簡單說明

圖 1 為利用厚 GaN 緩衝層、厚量子井層及三步 p - GaN 生長之生長原樣(as - grown)m 平面 GaN LED 之圖解。

圖 2 為使用退火 ITO p 觸點之經加工 m 平面 LED 之圖解。

圖 3 為使用 ZnO 作為 p 觸點之經加工 m 平面 LED 之圖解。

圖 4 為世界紀錄 m 平面 LED 之輸出功率及外部量子效率(EQE)之圖表。

圖 5 為輸出功率對量子井厚度之圖表，其展示厚井(8 - 12 nm)對 m 平面 LED 而言為最佳的。

圖 6 為說明根據本發明之較佳實施例執行之方法步驟的流程圖。

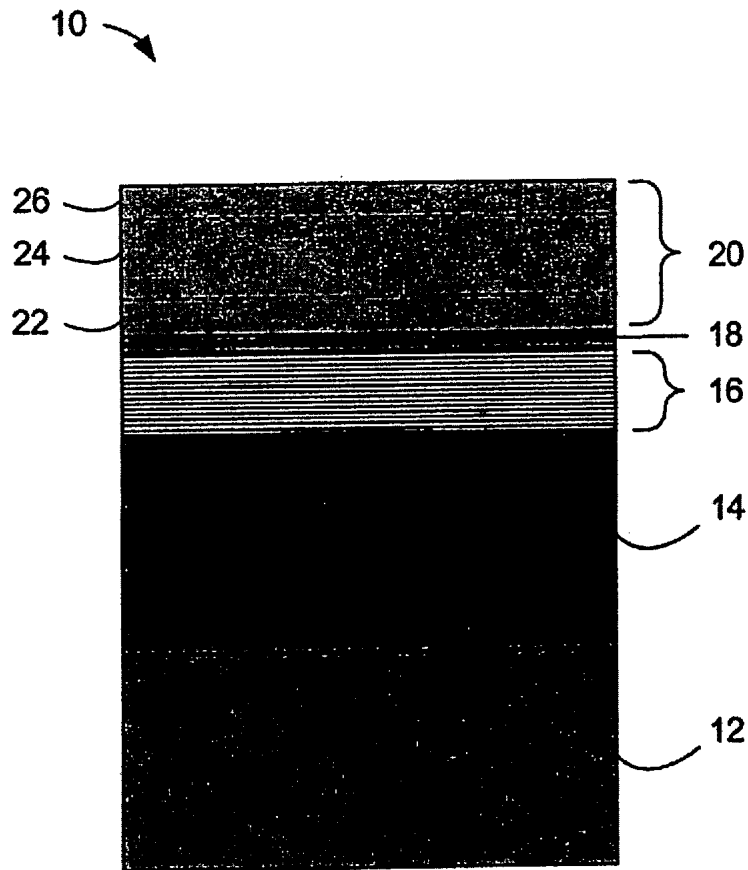


圖 1

(6)

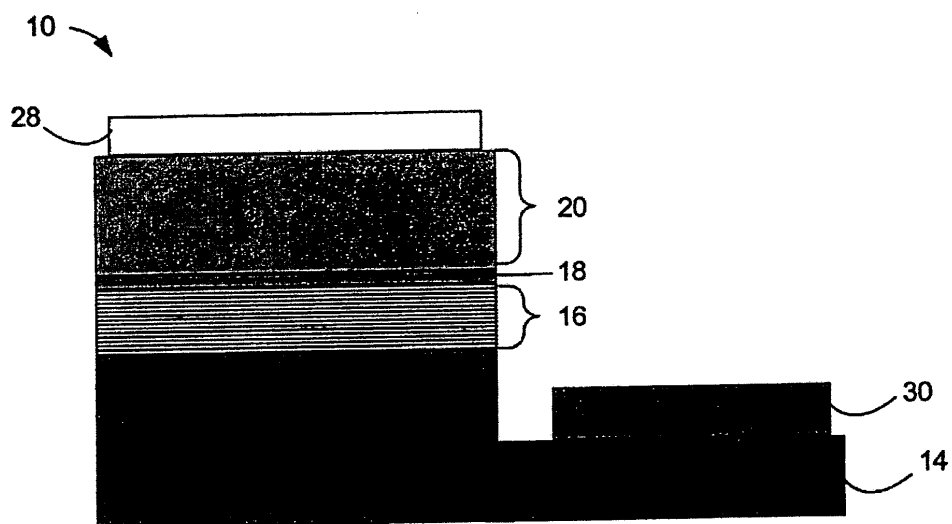


圖2

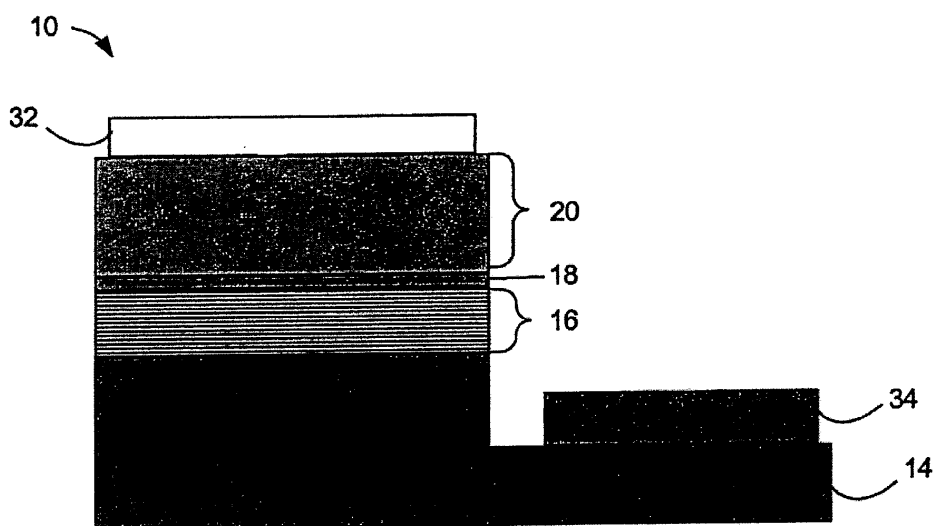


圖3

(7)

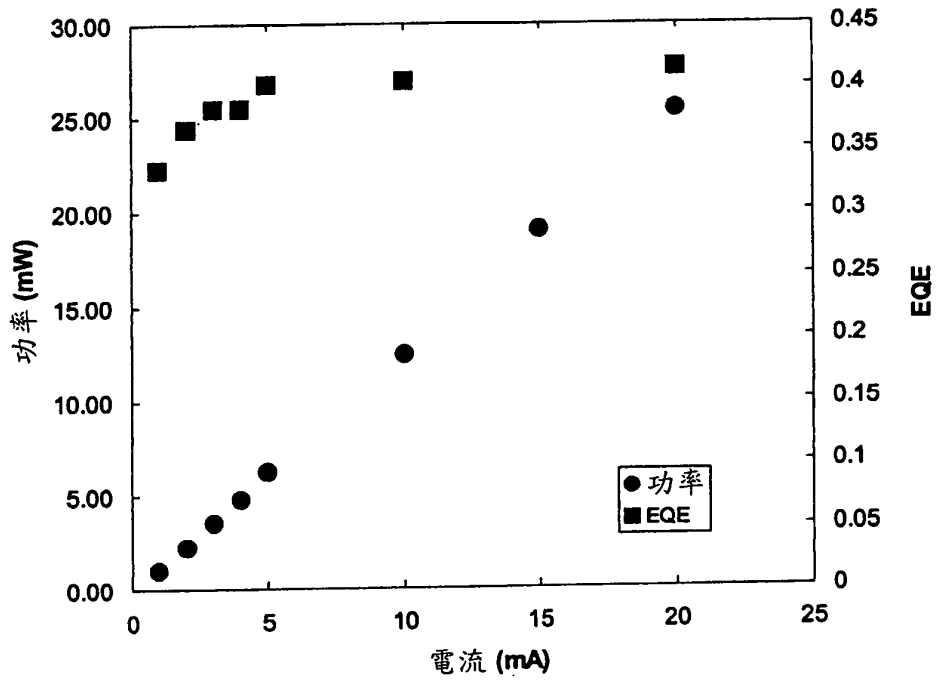


圖4

塊體m-GaN上之量子井厚度系列

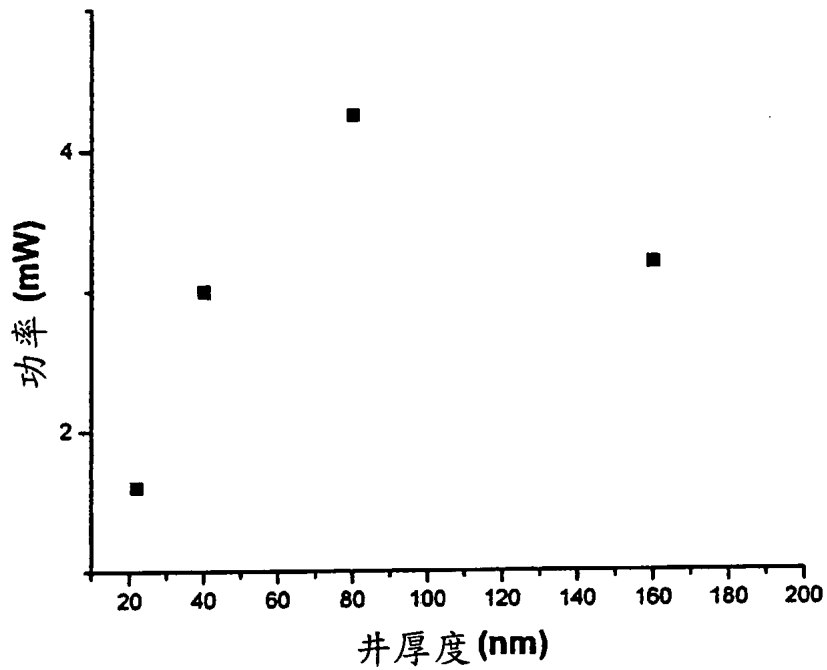


圖5

(8)

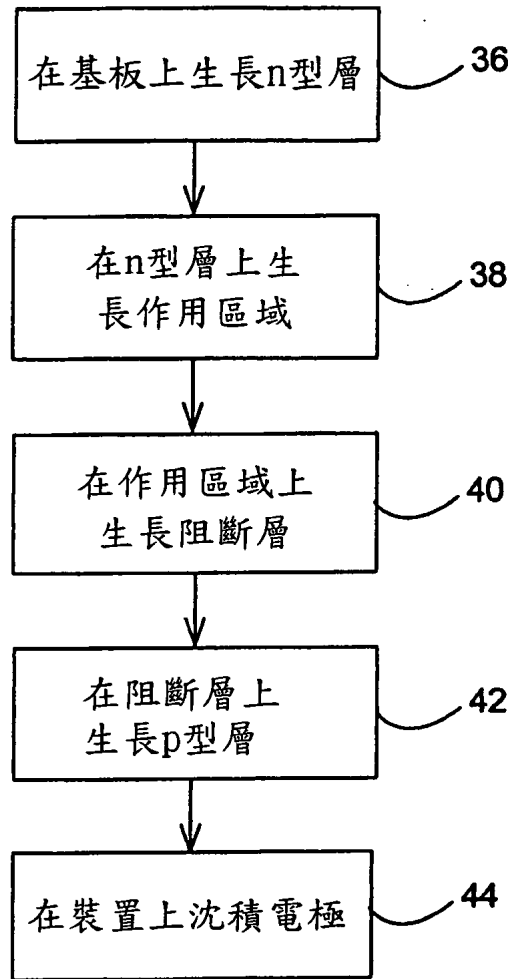


圖6