

# 以p-型氮化鋁鎵作為阻擋層之氮化鎵高抗靜電能力系列異質結構p-i-n光檢測器

劉醇星<sup>1</sup>, 林建德<sup>2</sup>, 柯淙凱<sup>3</sup>, 張守進<sup>3,\*</sup>, 孫永興<sup>4</sup>

<sup>1</sup>南榮技術學院電子工程學系

<sup>2</sup>立德大學資訊傳播系所

<sup>3</sup>國立成功大學電機資訊學院微電子工程研究所、微奈米中心、尖端光電科技中心

<sup>4</sup>Department of Materials Science and Engineering, China University of Petroleum, Dongying City, Shandong 257061, China

q1895111@mail.ncku.edu.tw

Journal of The Electrochemical Society, 155(4) H232-H234 (2008)

## 對

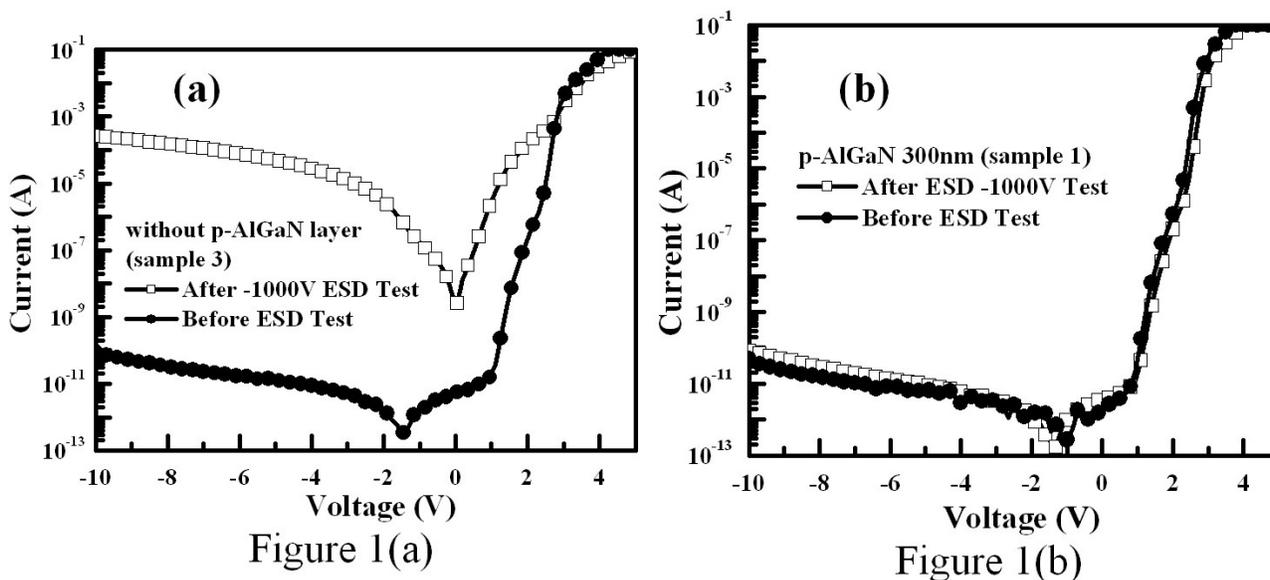
於製作於藍寶石基板上之氮化物元件，electrostatic discharge (ESD)現象是個嚴重的問題。氮化物之光檢測器操作於高溫或高濕度環境下[1]亦容易受到ESD之影響。近來，氮化物之蕭基光檢測器與矽CMOS晶片之結合，使得光檢測器對於ESD有較高之穩定性[2]。但這將會提高製造上之成本。其中使用異質結構為一可能之改善方法。因為異質結構能夠有效地限制載子，藉著形成二維之載子團，相對於縱向，在橫向產生更小之電阻率。當ESD脈衝發生於異質結構之p-i-n光檢測器，電流將輕易地朝側向[3]傳遞。因此我們可以避免主動區之損耗及加強元件之穩定性。



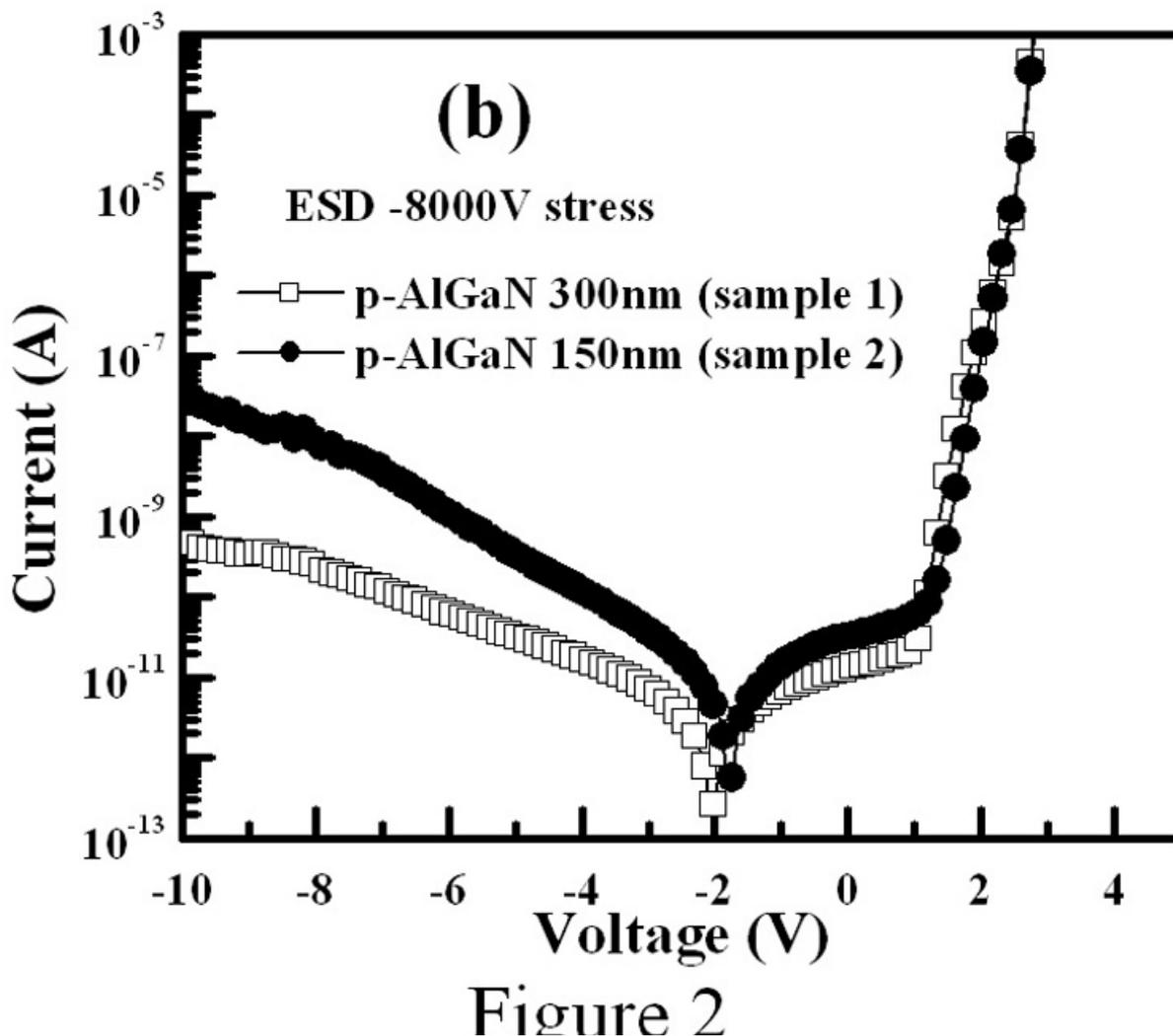
本次實驗中之樣品皆以MOCVD成長於(1110)藍寶石基板上。並以低溫成長30nm厚之氮化鎵中性層、4 μm厚之n<sup>+</sup>氮化鎵、0.5 μm厚之本質氮化鎵及p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N阻擋層與30 μm厚之p型氮化鎵覆蓋層。p-AlGaN阻擋層之厚度為300nm(即sample 1)或150nm(即sample 2)。我們也製作了無p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N阻擋層之傳統異質光檢測器(sample 3)作為實驗中之比較。接著，我們使用光學微影及感應耦合電漿(ICP)製作氮化物之p-i-n光檢測器，在蝕刻之後，我們沈積鈦/鋁(20nm/120nm)於n<sup>+</sup>-GaN上作為n型接觸。之後沈積半透明之鎳/金(50 Å /50 Å)，並置於爐管中，通氮氣(N<sub>2</sub>)於500 °C之環境下回火9分鐘，作為p型接觸。最後我們沈積鈦/金(400 Å /10000 Å)作為打線用之金屬層。

圖一(a,b)，為樣品三(無P型氮化鋁鎵層)、及樣品一(P型氮化鋁鎵層, 300 nm)之電流對電壓特性曲線圖。樣本三在無外加ESD電壓與外加ESD電壓-1000 V時，其電流電壓特性曲線有著極劇的差異。在反向電流方面，電壓為-5 V時，經過ESD-1000 V施加於元件後，將使得反向電流變大有七個級數之多(10<sup>-11</sup>->10<sup>-4</sup> A)，而在順向電流 (i.e., I<sub>F</sub> = 10 μA) 操作下，電壓從2.5 V降到1.3 V時，此結果顯示給予外加ESD電壓-1000 V時，確實造成了傳統光檢測器元件(i.e.樣本三)嚴重的損害。相反的，樣品一(圖一b)由於P型氮化鋁鎵層導致較小之橫向電阻，提供了電流橫向傳輸的機制，將大大增進元件抗靜電之特性[3]。圖二為外加ESD電壓-8000 V時，樣品二(P型氮化鋁鎵層, 150 nm)、樣品三(P型氮化鋁鎵層, 300 nm)之電流電壓曲線特性比較，從圖中我們不難發現較厚之P型氮化鋁鎵層將提供更好的元件抗靜電特性。從圖三中我們可發現在長波段時，有無外加ESD電壓(-1000 V)時，樣品三之響應圖有著相當的差異，這裡我們定義“比例值”(紫外光355 nm所量測之響應值除上可見光450 nm所量測之響應值)，樣本三在無外加ESD電壓-1000 V

時，比例值為1024，有外加ESD電壓-1000 V時，比例值為38，此結果再度顯示外加ESD電壓(-1000 V)對於無P型氮化鋁鎵層之傳統元件，將造成嚴重的損害。同樣的，我們運用P型氮化鋁鎵層當作側向導通層 [3]，圖四中顯示樣品一(P型氮化鋁鎵層, 300 nm)在有無外加ESD電壓(-8000 V)下，其比例值同樣都約為1028，此結果再次的證實了，有P型氮化鋁鎵電流阻擋層，確實能大大提升元件之抗靜電特性。

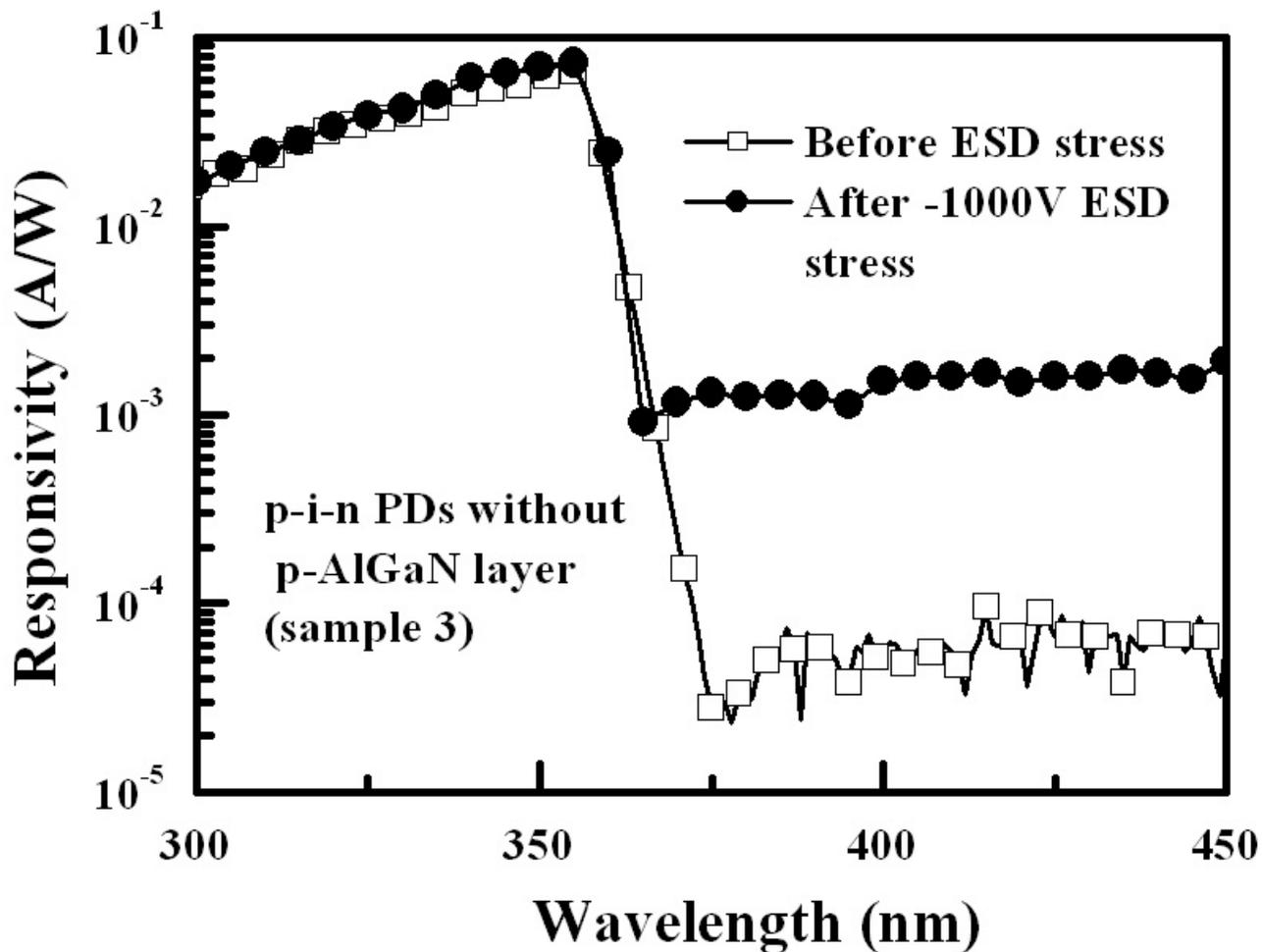


(圖一) 電流-電壓特性曲線(a)傳統同質結構光檢測器 (b) 插入p-Al<sub>0.10</sub>Ga<sub>0.9</sub>N電流阻擋層之異質結構光檢測器於施加ESD 電壓-1000V前後之特性



## Figure 2

(圖二) 施加ESD電壓-8000V於插入150 nm與300 nm之p-Al<sub>0.10</sub>Ga<sub>0.9</sub>N電流阻擋層異質結構光檢測之電流-電壓特性



## Figure 3

(圖三) 施加ESD電壓-1000V於傳統同質結構光檢測器之響應特性

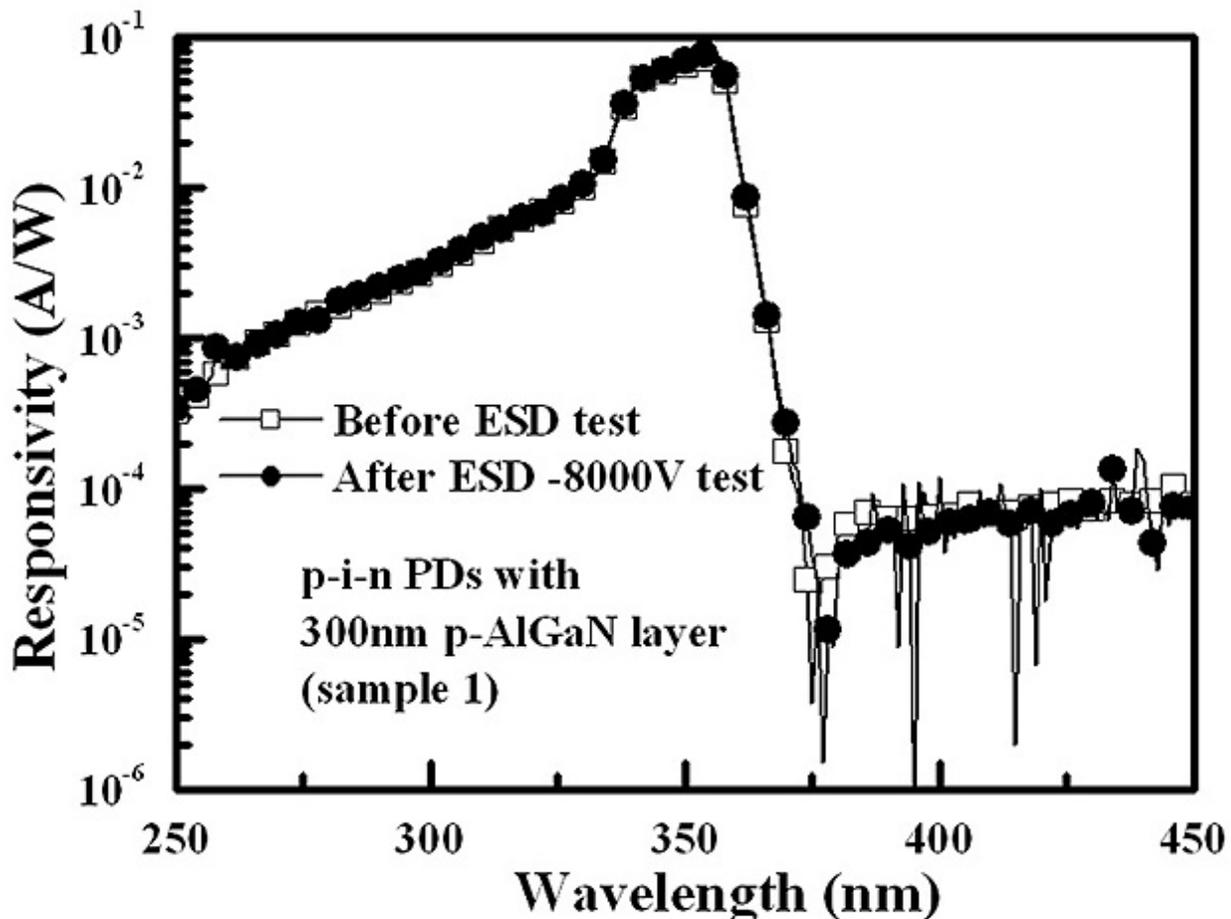


Figure 4

(圖四) 施加ESD電壓-8000V於插入300nm p-Al<sub>0.10</sub>Ga<sub>0.9</sub>N電流阻擋層之異質結構光檢測之響應

總結來說，我們成功地製作氮化物p-i-n光檢測器，其具備抗靜電之特性。藉著插入p型氮化鋁鎵之電流阻擋層，可以觀察到光檢測器對於ESD之穩定性有明顯之改善，並且與阻擋層之厚度有密切之關係。

## References

- [1] S. S. Liu, P. W. Li, W. H. Lan and W. J. Lin, "High-temperature high-humidity and electrical static discharge stress effects on GaN p-i-n UV sensor", *Mater. Sci. Eng. B*, vol. 121, pp. 29-33, 2005.
- [2] J. J. Horng, Y. K. Su, S. J. Chang, T. K. Ko and S. C. Shei, "Nitride-based Schottky barrier sensor module with high electrostatic discharge reliability", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 19, pp. 717-719, 2007
- [3] T. C. Wen, S. J. Chang, C. T. Lee, W. C. Lai and J. K. Sheu, "Nitride-based LEDs with modulation doped Al<sub>0.12</sub>Ga<sub>0.88</sub>N/GaN superlattice structures", *IEEE Tran. Electron. Dev.*, vol. 51, pp. 1743-1746, 2004