

具有高抗靜電放電能力的氮化物蕭特基能障感測器模組

蘇炎坤*和洪照俊

國立成功大學電機工程學系、微電子工程研究所、尖端光電中心

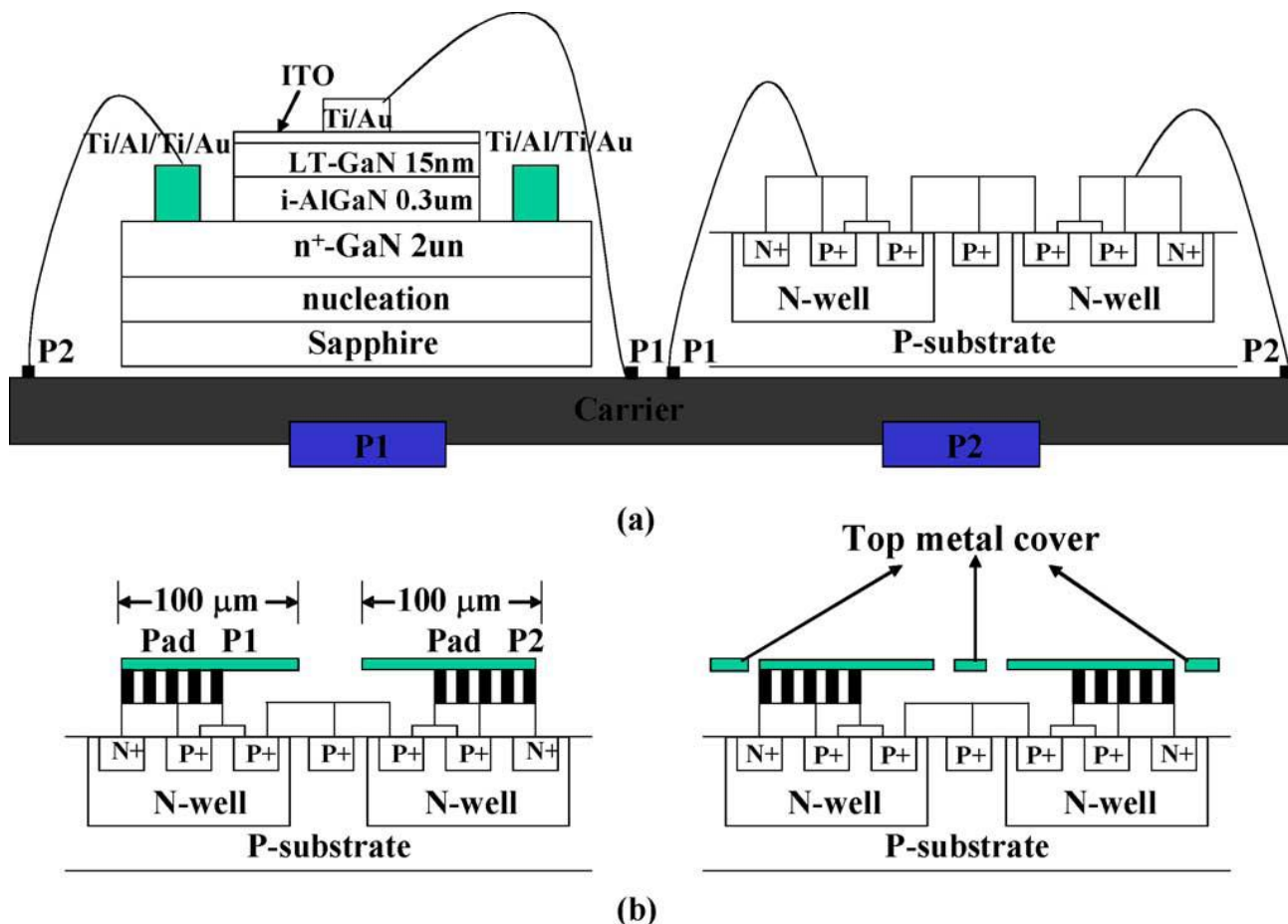
IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 19, no. 10, May 2007

氮

化鎵(GaN)是用來製作高靈敏度紫外光感測器的潛力材料之一，因為它具有相當大的直接能隙(在室溫3.41eV)和高飽和電子漂移速度(310cm/s)等特性。優異的抗輻射強度和高溫容忍度也使氮化鎵材料適合用來製作在極嚴苛環境下的紫外光感測器。在過去幾年來，各種結構的氮化物感測器被提出，例如：p-n接面光偵測器、p-i-n光偵測器、p-p-n光偵測器、蕭特基能障光偵測器和金半金光偵測器。相較於p-n接面光偵測器，蕭特基能障光偵測器的元件製程較為簡單，而且蕭特基能障光偵測器沒有少數載子儲存的問題，元件的反應速度更快。

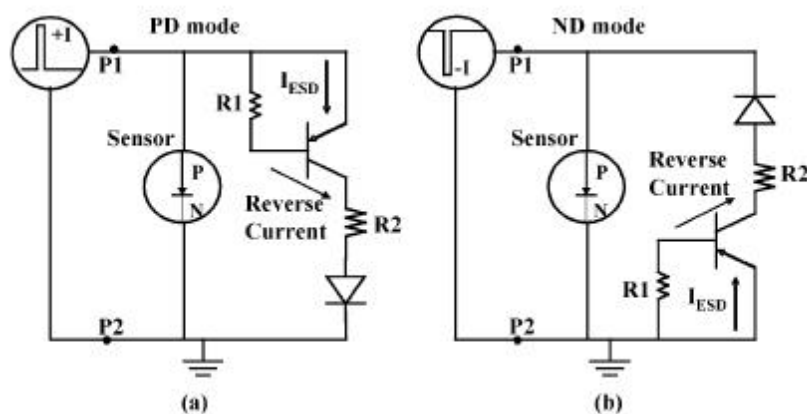


對成長在藍寶石基板上的氮化物元件來說，靜電放電是一個嚴重的問題。氮化物LED可以藉由增加並聯的氮化鎵蕭特基二極體或者矽二極體，來提供負向偏壓的靜電放電導通路徑，因而解決靜電放電問題。然而，這些方法並不適用於氮化物蕭特基能障感測器，因為感測器是以負向偏壓方式操作。



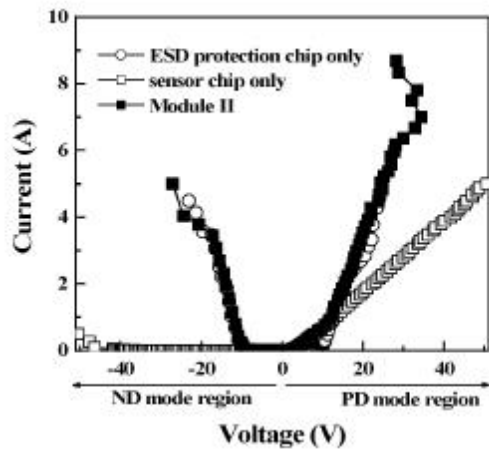
圖一 整個模組的示意圖

在這個研究裡，我們製作出矽金氧半晶片的靜電放電防護電路，然後我們把矽金氧半晶片和氮化鋁鎵蕭特基能障感測器結合在一起，形成一個氮化物蕭特基能障感測器模組，圖一是整個模組的示意圖。矽金氧半靜電放電防護晶片是由兩個P型金氧半場效電晶體所構成，氮化物蕭特基能障感測器模組的構成方式是把它其中一個P型金氧半場效電晶體的汲極、閘極和n井和氮化鋁鎵蕭特基能障感測器的n電極作連接(如圖一所示的P2)，同樣地也將另一個P型金氧半場效電晶體的汲極、閘極和n井和氮化鋁鎵蕭特基能障感測器的p電極作連接(如圖一所示的P2)，最後連接兩個P型金氧半場效電晶體的源極到p型矽基板。在正常操作下，因為閘極處於高電壓位階，靜電放電防護電路將不會被開啟，只有當一個大的靜電放電進到電路時，靜電放電防護電路才會被開啟，有兩種可能的模式對氮化鋁鎵蕭特基能障感測器作防護，分別是1) PD模式：正向靜電放電對感測器晶片破壞；2) ND模式：負向靜電放電對感測器晶片破壞。圖二(a)是模組操作在PD模式下的等效電路，從圖一和圖二(a)做比較，可知雙極性接面電晶體Q1是由橫向寄生p擴散層/n井/p擴散層所構成，R1是n井的內電阻，R2是p型基板的內電阻，而二極體D1是由p型基板/n井和p擴散層/n井並聯所構成，正常操作下，Q1是處於高阻抗(關閉)狀態下，因此模組將正常運作，然而，當PD模式的靜電放電破壞時，Q1將被觸發開啟並疏通靜電放電電流，因此能有效地保護感測器晶片免於PD模式的靜電放電破壞。圖二(b)是模組操作在ND模式下的等效電路，同樣地，在ND模式下也能有效地疏通靜電放電電流。



圖二 (a) 模組操作在PD模式下的等效電路 (b) 模組操作在PD模式下的等效電路

我們是第一個採用TLP方法(IEEE Trans. Electron. Packag. Manuf., vol. 24, no. 2, Apr. 2001.)去量測分析感測器模組的靜電放電特性，並分別量測出矽靜電放電防護晶片和氮化鋁鎵蕭特基能障感測器的電流電壓曲線。我們也量測出HBM的靜電放電破壞值，並和TLP結果作比較。量測結果如圖三所示，矽靜電放電防護晶片的崩潰發生在約 ± 11 V時，另外發現矽靜電放電防護晶片能夠承受4.2~5A的第二次崩潰電流(等同於HBM 7KV)；相反地，氮化鋁鎵蕭特基能障感測器在ND模式下很容易地被破壞，而在PD模式下時，氮化鋁鎵蕭特基能障感測器的開啟電壓約3V，能夠承載的電流為4.5A(等同於HBM 6kV)。圖示的模組II包含氮化鋁鎵蕭特基能障感測器和矽靜電放電防護晶片，模組II在PD和ND模式下都展示優異的靜電放電特性。相較於沒有靜電放電防護電路的感測器晶片，靜電放電特性的改善可歸因於靜電放電防護晶片，更進一步地，我們發現模組II在ND模式下可承載5A電流(等同於HBM 8KV)，而在PD模式下可承載9A電流(等同於HBM 8KV)，極大的靜電放電承載電壓可歸因於靜電放電防護晶片提供一條並聯的電流路徑。



圖三 矽靜電放電防護晶片、氮化物蕭特基能障感測器晶片和整個模組的靜電放電特性

總結來說，我們實現出具有高抗靜放電能力的氮化物蕭特基能障感測器模組，藉由加入矽靜電放電保護晶片到模組中，我們能大幅地增強在順向和逆向靜電放電破壞時的靜電放電承載電壓。

Copyright 2009 National Cheng Kung University