

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫五：用晶圓接合與溼式蝕刻方式來剝離側向覆蓋生長 之氮化鎵磊晶層(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2216-E-009-026-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學材料科學與工程學系

計畫主持人：吳耀銓

計畫參與人員：彭顯智，彭偉智，林沛彥，劉柏均

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 5 月 27 日

一、摘要

1. 中文摘要

關鍵詞：氮化鎵，藍寶石，晶圓接合，異質磊晶，側向覆蓋生長，選擇性濕式蝕刻。

本計畫主要的目的在於解決氮化鎵(GaN)薄膜異質磊晶(heteroepitaxial)於藍寶石(sapphire)基材所衍生的許多問題。期望藉由晶圓接合(wafer bonding)搭配濕式蝕刻(wet etching)於側向覆蓋生長磊晶片(ELOG GaN)上，轉移氮化鎵磊晶層於它種基板上。

在第一年的計畫中，我們發現由於在ELOG GaN上之遮罩層(mask)僅剩300-500埃(Å)，蝕刻液很難有效的移除遮罩層。藉著超音波震盪可增加其蝕刻的效應。

2. 英文摘要

Keywords : gallium nitride, sapphire, wafer bonding, heteroepitaxial, mask layer, epitaxial lateral overgrowth, epitaxy layer transfer.

This project was designed to solve the heteroepitaxial growth of GaN on the sapphire substrate. By selective wet etching of mask of the epitaxial lateral overgrowth (ELOG) GaN and bonding with other handle wafers, the ELOG GaN layers were transferred to handle wafers.

二、前言及研究目的

氮化鎵由於在材料特性上適合於製作藍光發光二極體(Light Emitting Diode)、藍光雷射(Laser Diode)、場效電晶體(FET)或高輸出功率放大器(Power Amplifier)等元件，且在某些應用上仍具有相當程度的不可替代性，造成近年產官學界均投入大量的資源進行相關的研究。

然而，受限於熱力學需高溫高壓生長的先天限制，截至目前，大尺寸品質良好的氮化鎵塊材晶體，尚很難取得。因此目前商業用途的氮化鎵材料都是經由氣相沈積(vapor phase deposition)於非氮化鎵之他種材料上獲得。其中以氧化鋁基板為最主要材料。但氧化鋁基板的導電性和導熱性卻不佳，使氮化鎵元件之製作與表現產生諸多的難處和限制。若透過晶圓接合技術，則可以將氮化鎵薄膜轉移到導電性和導熱性較佳的其他材料基板上。

本實驗室在上一期的計畫中，已利用雷射剝離技術成功的將氮化鎵薄膜轉移到導熱性質良好且具導電性的銅基板上。然而，雷射移除法雖然能成功的轉移氮化鎵磊晶基板，但仍有很多缺點有待改進。其中最難克服的因素是雷射分離法是一種利用物理(局部加熱氮化鎵)方式作用於氮

化鎵磊晶層上達到分離氮化鎵磊晶層與基板目的的方法。這個分離方法本身即是一種破壞磊晶層的步驟。此外，對於大面積的磊晶層，其也無法大量生產。為了能成功轉移氮化鎵磊晶層，並避免使用物理方式來去除氧化鋁基板，我們利用化學原理，於不損害氮化鎵磊晶層的前提下分離氮化鎵磊晶層與生長基板。利用化學選擇性蝕刻技術（chemical selective etching）搭配側向覆蓋生長法生長之氮化鎵磊晶層與晶圓接合技術來轉移氮化鎵磊晶層的新方法。氮化鎵側向覆蓋成長磊晶層的圖示如圖一（b），其側向覆蓋成長法有別於傳統磊晶成長方式【圖一（a）】。

三、研究方法

在氮化鎵側向覆蓋成長法當中，會鍍覆數百至一千埃（Å）的非晶系薄膜材料，由於該遮罩層(mask)通常採條狀方式塗佈，選擇適當化學蝕刻液，將晶圓接合後之試片浸泡於蝕刻遮蔽層，但不蝕刻氮化鎵磊晶層的蝕刻液中。藉由不同的方式促進選擇性濕式蝕刻的進行至遮罩層完全去除。在去除遮罩層之後的試片，其磊晶層與下方緩衝層中即產生條狀的簍空區域，亦即，氮化鎵磊晶層與下方緩衝層的接觸面積隨之減少。此時即可利用應力集中之物理特性直接藉拉伸的方式將氮化鎵磊晶層與基板分離。

試片依其材質，可分為二組。第一種是尤其他單位提供的 ELO GaN，另一種適用其他材質來模仿晶圓接合及剝離過程。

四、結果與討論研究方法

1. ELO GaN 之晶圓接合及分離

其中遮罩層是由 SiO₂ 所構成。在長 ELO GaN 前，其原始的厚度為 1000 埃。在與矽晶圓接合後，以這樣的遮罩層厚度，應可藉著化學蝕刻液將 SiO₂ 遮罩層去除掉，並分離 ELO GaN 與 sapphire 基板。如圖二所示，我們是可在局部地區，得到局部剝離的 ELO GaN。可惜的是，這只是局部剝離的 ELO GaN，我們一直都無法有效完整的剝離整個 ELO GaN 層。檢視其原因，主要是因為在長完 ELO GaN 後，1000 埃的 SiO₂ 遮罩層只剩下 300-500 埃（Å）。大部分的 SiO₂ 層，在長完 ELO GaN 時，都被消耗光了。由於毛細現象，蝕刻液無法有效的進去被挖空（腐蝕）的 SiO₂ 層（通道），以繼續去除 SiO₂。而只能形成局部的 under cut。所以剝離時，只能得到局部剝離的 ELO GaN。且由於應力的關係，所剝離的 ELO GaN 性質有一點下降。

這部分解決的方法有二。一方面我們正在與合作的單位商談，希望他們可以提供較厚的 SiO₂ 遮罩層之 ELO GaN。一方面，我們也想辦法聯若廠商，SiO₂ 遮罩層之厚度大於 1000 埃之 ELO GaN。

2. 其他材質來模仿晶圓接合及剝離過程

在未得到夠厚的 SiO_2 遮罩層之 ELO GaN 前，由於 ELO GaN 不易成長且價格昂貴，我們因此就用其他材質來模仿晶圓接合及剝離過程。藉著一系列的 SiO_2 ，amorphous Si (α -Si) 與 Glass 模擬試片的製備與實驗流程如圖三所示。

1. 先在 SiO_2/α -Si/Glass 試片上利用微影製程定義出寬度 $500\mu\text{m}$ 的長條形圖案 (圖三 1)，隨後移除第一層暴露的 SiO_2 (圖三 2)。
2. 將上步驟的試片浸入複晶蝕刻液用作除去 α -Si (圖三 3)。
3. 除去最上層光阻 (圖三 4)。再將試片浸入溶液移除殘餘 Poly-Si (圖三 5)。此時試片結構僅剩 Patterned α -Si/Glass 兩層。
4. 利用高分子膠將上述試片與另一玻璃基板接合，完成模擬試片。

其中高分子膠的部份為模擬 ELO GaN 的區域， α -Si 則是用作模擬遮罩層材料，玻璃基板則是模擬氧化鋁基板。

礙於 ELO GaN 之 SiO_2 遮罩層的厚度甚薄 (500\AA)，毛細現象具有很大程度的影響。因此實驗上的首要目的，除了等待較厚的 SiO_2 遮罩層之 ELO GaN 時，即為移除遮罩層在遭受蝕刻後殘留在 500\AA 通道上的產物。這將不易在一般條件下完成，因此必須改變實驗的環境與參數，以下分別為各種不同環境下的實驗：

(a) 單純利用 KOH：

經過 20 小時後的蝕刻， α -Si 通道的清除如圖四所示。雖經過 20 小時的蝕刻，也僅有靠近表面的 α -Si 被蝕刻。主要的原因應是 KOH 蝕刻液與蝕刻產物進出通道的不易。也再次的證明毛細作用是我們蝕刻 α -Si 通道的最大障礙。

(b) 利用超音波震盪器：

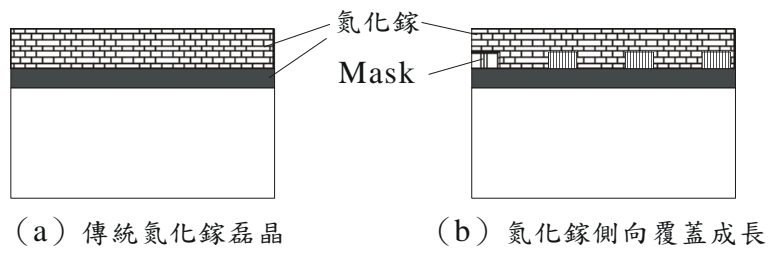
將浸泡在 KOH 蝕刻液的試片，放在超音波的振盪器中。在經過 1.5 小時後，如圖五，我們確實可看到部分 α -Si 通道的清除。但當我們拉長振盪時間，並未發現有更好的效果。也就是說，超音波振盪也有其限制，要更深入 α -Si 通道需要更長的時間。這樣的結果，表示整個 α -Si 的蝕刻，也許已經變成是擴散 control。若是這樣，KOH 蝕刻液與蝕刻產物，要經過擴散分別到達 α -Si 或排到通道外，蝕刻的速度當然很慢。

(c) 利用電場：

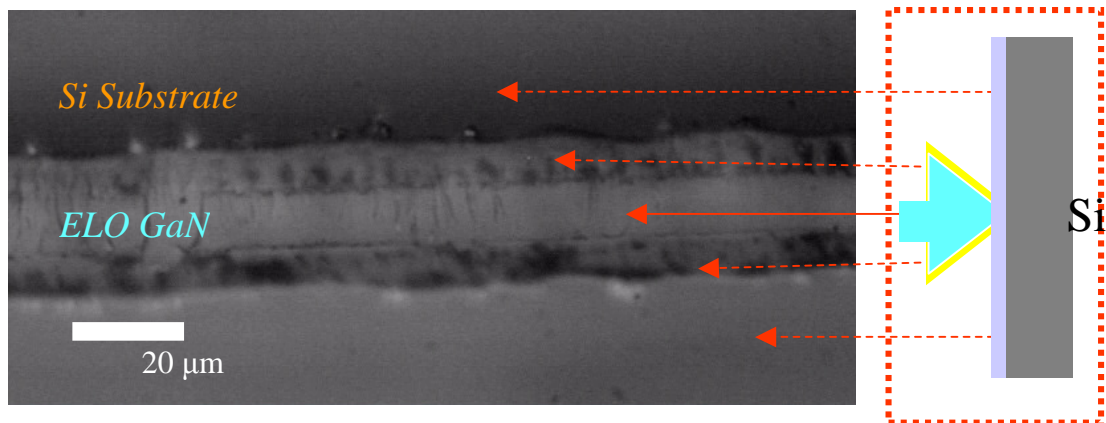
為了加強 KOH 蝕刻液與蝕刻產物在 α -Si 通道上的流通，我們也嘗試用電場來加強其擴散過程。可惜的是，其效果尚未明朗化。試片不容易用 OM 觀察。效果尚未定論。

五、未來的方向

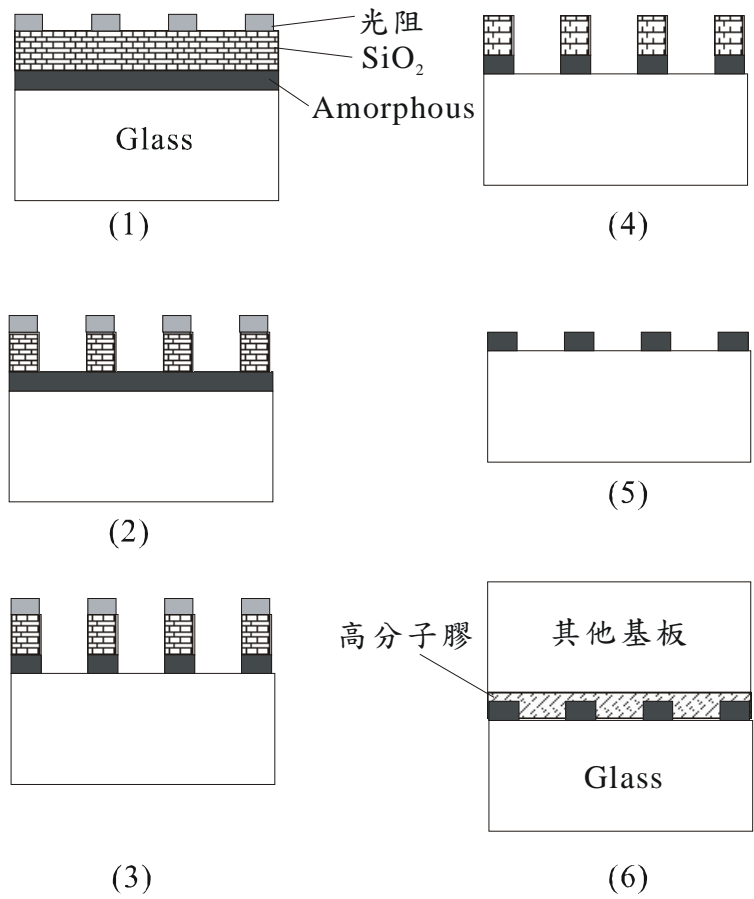
- (1) 請合作的單位商提供較厚的 SiO_2 遮罩層之 ELO GaN。或想辦法聯
若廠商， SiO_2 遮罩層之厚度大於 1000 埃之 ELO GaN。
- (2) 結合超音波震盪與電場
- (3) 先將 ELO GaN 之遮罩移除後再做晶圓接合的動作



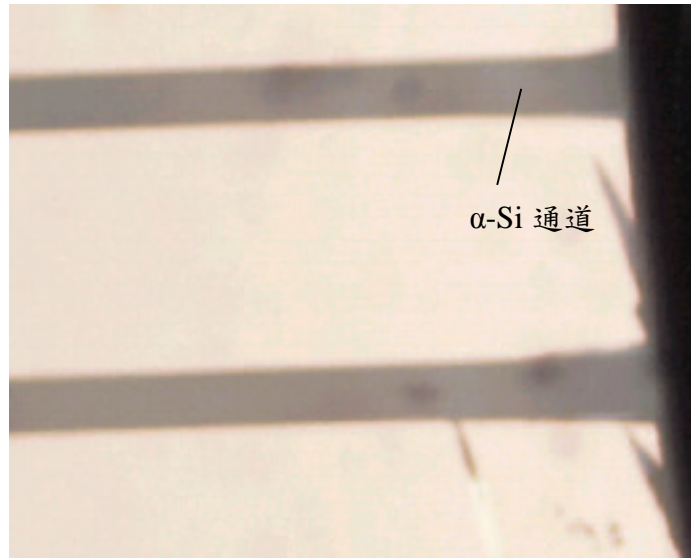
圖一 氮化鎵側向覆蓋成長磊晶層示意



圖二 局部剝離的 ELO GaN



圖三 模擬氮化鎵側向覆蓋成長遮罩層示意



圖四 經過 20 小時的 KOH 蝕刻後， α -Si 通道的蝕刻不多， α -Si 通道的寬度為 500 μ m



圖五 經過 1.5 小時的 KOH 的超音波的振盪，部分 α -Si 通道清除