

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 氮化鎵晶圓接合及配合雷射移除藍寶石基板

### Wafer Bonding for GaN substrate and remove sapphire by Laser Lift-off

計畫編號：NSC 90-2216-E009-037

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：吳耀銓 交大材料系所

計畫參與人員：許晉源、劉柏均、盧昶鳴、林沛彥 交大材料系所

#### 1. 中文摘要

透過晶圓接合與雷射剝離基板技術的搭配，可以將氮化鎵薄膜轉移到導電性和導熱性較佳的銅基板上。可是在雷射剝離基板製程中因應而生的巨大熱應力和壓應力，卻使這個技術一直停滯不前，如何獲得均勻而高強度的接合界面儼然成為這個技術的最大挑戰。經過晶圓接合的研究，已經可以很成功的將氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅基板上。這個技術可發展以銅為基板的氮化鎵發光二極體、雷射二極體、場發射電晶體和異直接面雙極性電晶體，讓氮化鎵元件的特性和表現更好。

**關鍵字：**氮化鎵、晶圓接合、雷射剝離基板、薄膜轉移、銅基板、發光二極體

#### Abstract

We can transfer GaN thin film on copper substrate that good in electrical and thermal conductivity by wafer bonding and laser lift-off technology. However, large thermal and pressure stress would be a big problem during

laser lift-off substrate process. This problem makes the technology can't develop well. How to get the uniform and strong interface will be a big challenge. By our study, we can transfer GaN film on copper substrate very uniformly and completely. In this way, we can develop this technique in LED、LD、FET、HBT with copper substrate and make devices more useful and excellence in performance.

**Keywords:** GaN, Wafer Bonding, Laser Lift-off, Thin Film Transfer, Copper substrate, LED

#### 2. 緣由與目的

在最近幾年，以氮化鎵(GaN)為首的III-氮化物半導體材料被高度的關切和研究。III-氮化物和它們的合金都具有寬的直接能隙，並且可以用相同的結構產生晶體。做成混合晶體時能隙可以由1.9 eV 連續改變至6.2 eV，即獲得大部分可見光到紫外線範圍的光源。這些特性可以應用在發光二極體、雷射二

極體、和偵測器上<sup>1-3</sup>等光電元件上。此外由於III-氮化物半導體材料其崩潰電場高<sup>4</sup>、電子遷移率和電子飽和漂移速度很好，讓這種材料更適合作為高溫、高功率、和高頻電子元件的應用，如異質接面雙極性電晶體、場效電晶體。

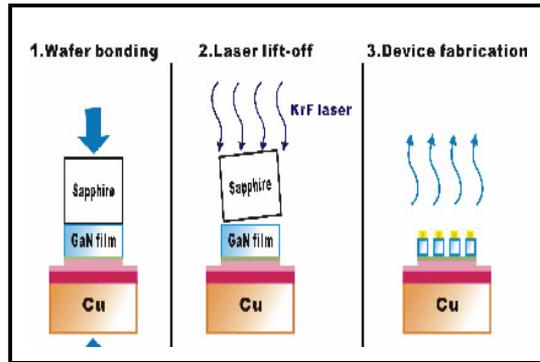
然而氮化鎵塊材難以製作<sup>5</sup>，導致沒有氮化鎵基板可供磊晶，因此異質磊晶是成長氮化鎵薄膜的必要手段。但是藍寶石為電的絕緣體，加上散熱性質差使的氮化鎵元件的製作與設計有很大的難處與限制<sup>6</sup>。再者藍寶石又硬又脆在晶圓切割時易發生不規則崩裂而使良率大降。

幸運的是藉由晶圓接合和雷射剝離基板技術的搭配<sup>7-8</sup>，可以將氮化鎵薄膜轉移到其它基板上。可惜的是這個技術在雷射剝離基板時因應而生的巨大熱應力和壓應力，讓薄膜轉移的均勻性和完整度受到很大的考驗。因此這個技術的解決之道在於加強接合界面的強度，於是本實驗室致力於晶圓接合的研究，目前已經可以成功的將氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅的基板上。這個突破性的進展，讓轉移後的氮化鎵薄膜可以順利的進行後續製程，例如可以製作以銅為基板的上下電極氮化鎵發光二極體、氮化鎵雷射二極體<sup>9</sup>、氮化鎵異質接面雙極性電晶體（HBT）、氮化鎵場效電晶體（FET）...等等。

### 3. 結果與討論

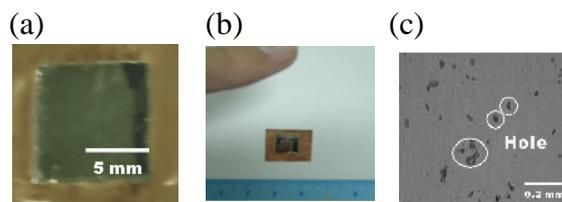
本國科會計畫的主要目是要讓晶圓接合搭配雷射剝離基板的技術可以實現，並延續此研究方法去發展以銅為基板的氮化鎵元件，讓元件的特性和表現更好。在計畫中著重於晶圓接合的研

究，使之能承受雷射剝離基板製程時因應而生的巨大應力，圖一為氮化鎵薄膜轉移至銅基板再製成元件的實驗流程。



圖一 氮化鎵薄膜轉移至銅基板再製成元件的實驗流程

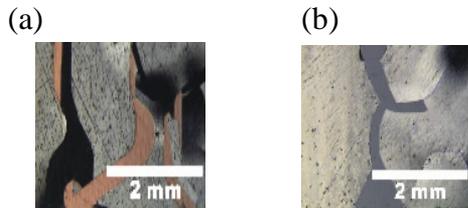
藉由晶圓接合與雷射剝離基板技術的配合可將氮化鎵薄膜轉移到銅基板上，圖二(a)氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅基板上。圖二(b)如鏡面般可以照出手指的模樣。圖二(c)用光學顯微鏡觀察，看到因藍寶石表面粗造不平而使雷射散射，讓在藍寶石界面處的氮化鎵產生一些孔洞。



圖二 (a) 轉移在銅基板上的氮化鎵薄膜 (b) 如鏡子般可這照出手指的模樣 (c) 用光學顯微鏡觀察氮化鎵轉移薄膜。

為了讓大家更為瞭解接合強度與薄膜轉移均勻度與完整性的關連，於是採用一對照組說明之。如果使用快乾來

作為接合媒介層將氮化鎵與矽或銅基板黏在一起，然後接受雷射剝離基板的考驗，可以發現氮化鎵轉移薄膜無法大面積均勻而完整的轉移到矽或銅基板上。究其原因這樣的接合界面不均勻且強度不夠，當進行雷射剝離基板製程時，因應而生的巨大熱應力和壓應力會讓接合不好的地產生多處破裂。這就是此研究的最大瓶頸，在諸多研究團體中一直無法獲得一個很好的接合技術，可以讓大面積的氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅基板上，使的後續製程無法進行。圖三(a)為用快乾將氮化鎵薄膜黏貼在銅基板上，然後進行雷射剝離基板所得到的結果，並用光學顯微鏡觀察，而圖三(b)則是將氮化鎵薄膜黏貼在矽基板上，然後進行雷射剝離基板所得到的結果。可以很清楚的看出與圖二不同之處。

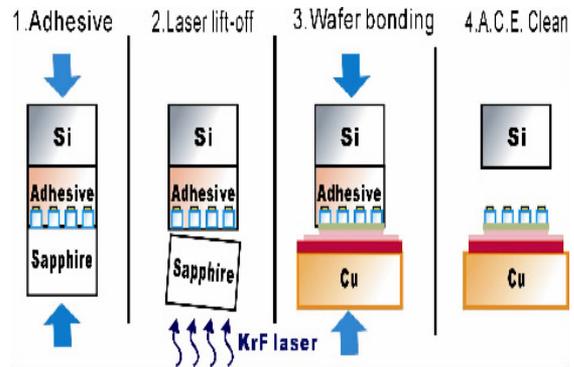


圖三 用快乾作為媒介物然後進行雷射剝離基板。將氮化鎵黏貼在(a) 銅基板上和(b) 矽基板上

藉由晶圓接合技術的研究，可以讓氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅基板上。之後本實驗室和本校光電所合作欲將轉移到銅基板的氮化鎵發光二極體薄膜製成上下電極的發光元件，可惜的是還未完成可以放入成果報告中。

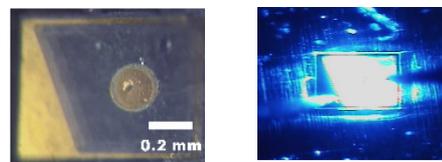
此外本實驗室將傳統製程的氮化鎵發光二極體元件，利用晶圓接合與雷

射剝離基板的技術做出無基板的氮化鎵發光二極體元件。然後利用二次轉移，將元件轉移到銅基板上。圖四是將傳統製作的氮化鎵發光二極體元件由藍寶石轉移至銅基板的實驗流程。



圖四 氮化鎵發光二極體元件轉移到銅基板上的實驗流程

利用晶圓接合與雷射剝離基板的技術做出無基板的氮化鎵發光二極體元件，圖五為無基板的氮化鎵發光二極體元件用光學顯微鏡觀測的結果和用 20 mA 驅動發光的情形。

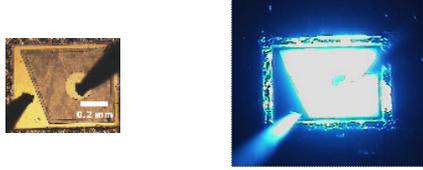


圖五 無基板的氮化鎵發光二極體元件和用 20 mA 驅動發光的情形。

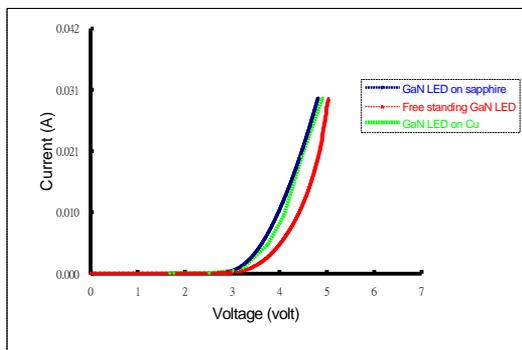
利用二次轉移的技術將傳統製程做好的氮化鎵發光二極體元件轉移到銅基板上。與無基板和在藍寶石基板的氮化鎵發光二極體在 I-V 電性做比較，可看出在低電流下其電性沒有很大的差別，可是當電流加大時，沒有基板

支撐的氮化鎵發光二極體開始不穩，不過和在銅基板的氮化鎵發光二極體一樣由於沒有 joule heating 的問題，所以在電性上有變好的趨勢。

(a)



(b)



圖六 (a) 轉移到銅基板的氮化鎵發光二極體和用 20 mA 驅動發光的情形。(b) 為與無基板和在藍寶石基板的氮化鎵發光二極體在 I-V 性質的比較。

因此藉由晶圓接合與雷射剝離基板技術的搭配，可以將氮化鎵薄膜轉移到導電性和導熱性較佳的銅基板上，解決藍寶石基板性能不足的地方，使氮化鎵元件的特性和表現可以更好。

#### 4. 計畫成果自評

在此計畫中本實驗室做出兩點成果。第一是研發出氮化鎵晶圓接合的方法，使氮化鎵薄膜均勻而完整的轉移到銅基板上，讓此技術得以發展以銅為基板的氮化鎵發光二極體、雷射二極體、場發射電晶體和異直接面雙極性電晶

體，讓氮化鎵元件的特性和表現更好。第二的成果為將傳統製程的發光二極體將其生長基板去除，以及再轉移到銅基板上，藉此研究一些特性。

#### 5. 參考資料

1. H. Morkoc, S. Strite, G.B. Gao, M.E. Lin, B. Sverdlov, M. Burns, J. Appl. Phys. 76, 1363 (1994).
2. S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, Appl. Phys. Lett. 64, 1689 (1994).
3. S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Mat-sushita, Y.Sugimoto, and H. Kiyodo, Appl. Phys. Lett. 70, 868 (1996).
4. T.P. Chow, R. Tyagi, IEEE Trans. Electron. Dev. 41 1481 (1994).
5. N. Newman, J. Ross, and M. Rubin, Appl. Phys. Lett. 62, 1242 (1993).
6. A.T. Ping, Q. Chen, J.W. Yang, M.A. Khan, I. Adesida, IEEE Electron Device Letters 19, 54 (1998).
7. W.S. Wong, T. Sands, and N.W. Cheung, Appl. Phys. Lett. 72, 599 (1998).
8. T. Detchprohm, H. Amano, K. Hiramatsu, and I. Akasaki, J. Cryst. Growth 128, 384 (1993).
9. W. S. Wong, M. Kneissl, P. Mei, David W. Treat, M. Teepe and N. M. Johnson, Appl. Phys. Lett. 78, 1198 (2001).