

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

化學輔助機械研磨在氧化鋁與氮化鎵上的應用研究

Study on the application of CMP for Al_2O_3 and GaN

計畫編號：NSC XX-XXXX-X-XXX-XXX

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：施敏

一、摘要：

本計畫之主要目的在於以化學輔助機械研磨方式研磨氧化鋁基板以及拋光氮化鎵表面，以利後續製作氮化物光電元件。在研磨方面，利用不同轉速，不同鑽石粉粒徑，已成功地將厚度 $450\ \mu\text{m}$ 之氧化鋁基板研磨至 $100\ \mu\text{m}$ 以下；在拋光方面，基板的表面粗糙度 Rms 約達 1nm 。

關鍵字：化學輔助機械研磨、氧化鋁基板、表面型態、表面粗糙度

Abstract：

The main purpose of the project is polishing the Al_2O_3 and GaN by CMP so that fabricate the GaN based optoelectronic devices in the future. The sapphire which thickness is $450\ \mu\text{m}$ original was successfully polished with different rotation rates and different size of diamond powder, so that its thickness was below $100\ \mu\text{m}$ and its roughness of surface, Rms, was about 1nm .

Key word：CMP、sapphire、GaN、roughness of surface

二、簡介：

三族金屬氮化合物的磊晶成長研究由來已久，其優點在於可以有各種不同比例的三元及四元化合物，可以調整能隙寬度、晶格常數及折射率

等，故在光電元件及高速元件的應用有相當的潛力，在短波長方光二極體及雷射二極體都有不錯的表現，並有達到量產程度的元件開發出來。

但其缺點在於無晶格匹配的基板，目前最常使用之基板為氧化鋁基板，但其價格昂貴，造價偏高，且絕緣性及硬度皆高，在製作氮化物光電元件時，不易切割劈裂，因此如何將基板厚度磨薄拋光，以利後續切割劈裂製程，便成一重要之課題。

故本計畫之主要目的在於以化學輔助機械研磨方式，利用不同轉速、不同鑽石粉粒徑，研磨氧化鋁基板，以其降低基板厚度，進而將研磨後的表面拋光，以利後續切割製程。

三、實驗：

本計畫使用自行組裝的研磨系統，本實驗分為研磨與拋光二部份，分別敘述如下：

1. 研磨：又分粗磨與細磨，使用研磨盤轉速為 $0\sim 60\text{RPM}$ ，鑽石粉粒徑為 $3\sim 50\ \mu\text{m}$ ，研磨時間為 $0\sim 60$ 分鐘。
2. 拋光：使用絨布研磨盤轉速為 $0\sim 60\text{RPM}$ ，拋光時間為 $0\sim 60$ 分鐘。

研磨拋光後的基板以光學顯微鏡及電子顯微觀察其表面型態，再以原子力顯微鏡觀察其表面粗糙度。

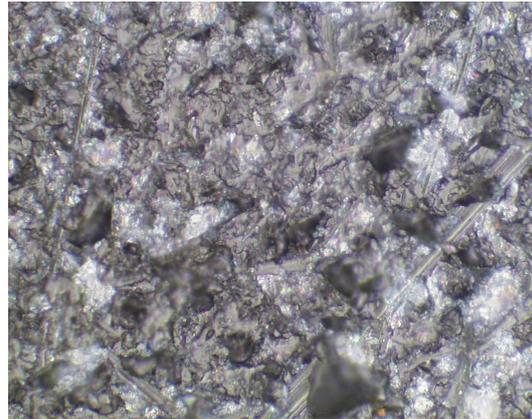
四、結果與討論：

本實驗以 Al_2O_3 為基板，利用有機金屬化學氣相沈積法，在其上成長一氮化物磊晶層，而後將此 Al_2O_3 基板背面朝上，黏著在研磨台上，利用不同研磨台轉速，不同研磨時間，不同粒徑的鑽石粉，將氧化鋁基板厚度磨薄。經光學顯微鏡及原子力顯微鏡觀察其表面型態與粗糙度，結果如後：

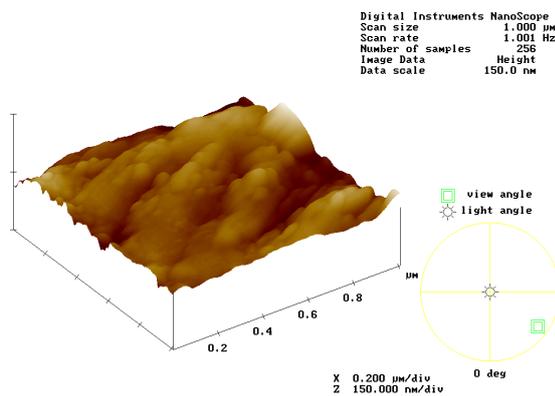
圖一、圖二、圖三、圖四分別為使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 的鑽石粉，研磨盤轉速為 $45\ \text{rpm}$ ，研磨時間分別為 20 分鐘與 30 分鐘之表面型態及表面粗糙度照片。圖一、圖二是由光學顯微鏡放大 200 倍而得，由圖可看出，研磨時間對表面型態並無太大影響。更進一步，以原子力顯微觀察其表面粗糙度，如圖三、圖四所示，其表面粗糙度 Rms 分別為 $10.924\ \text{nm}$ 與 $10.753\ \text{nm}$ ，並無太大差別。但研磨時間為 20 分鐘之 Al_2O_3 基板厚度約為 $300\ \mu\text{m}$ ，研磨 30 分鐘之基板厚度約為 $250\ \mu\text{m}$ ，因此可推論，在粗磨過程中，不改變鑽石粉粒徑與研磨盤轉速的情況下，隨著研磨時間增長，試片厚度減少，但並不會改善其表面型態與粗糙度。



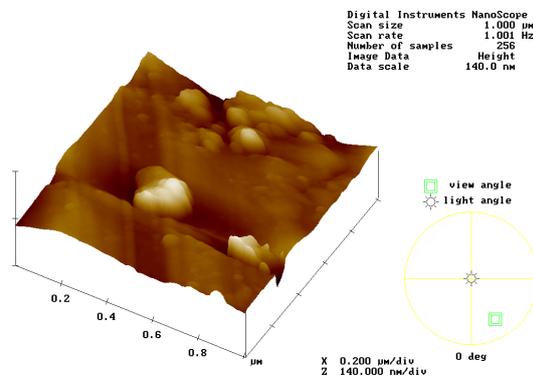
圖一 使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 的鑽石粉，研磨盤轉速為 $45\ \text{rpm}$ ，研磨時間為 20 分鐘之表面型態圖



圖二 使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 的鑽石粉，研磨盤轉速為 $45\ \text{rpm}$ ，研磨時間為 30 分鐘之表面型態圖



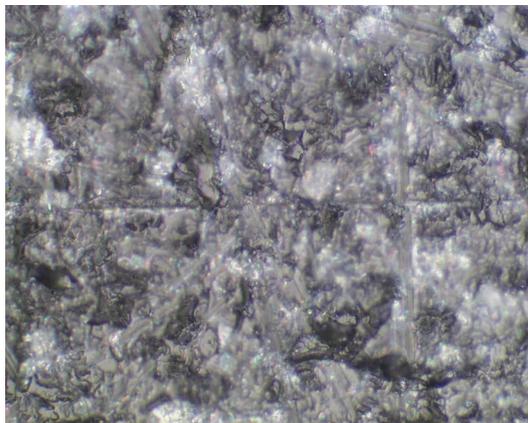
圖三 使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 的鑽石粉，研磨盤轉速為 $45\ \text{rpm}$ ，研磨時間為 20 分鐘之表面粗糙度圖



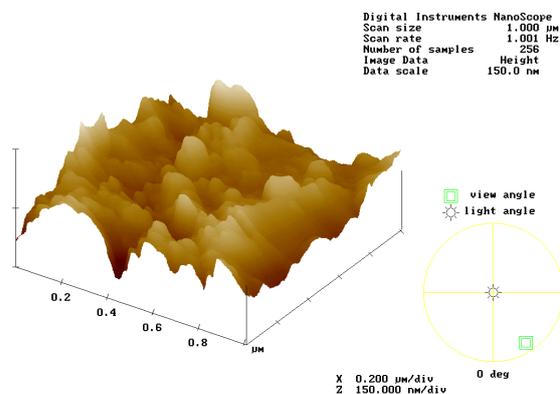
圖四 使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 的鑽石粉，研磨盤轉速為 $45\ \text{rpm}$ ，研磨時間為 30 分鐘之表面粗糙度圖

圖五、圖六分別為使用粒徑為 $30\ \mu\text{m}$

μm 的鑽石粉，研磨時間為 30 分鐘，研磨盤轉速為 55 rpm 之表面型態及表面粗糙度照片。圖五是由光學顯微鏡放大 200 倍而得，與圖二比較，發現當研磨盤轉速提高時，鑽石粉與基板界面磨擦時間相對變短，而且較不均勻，其表面型態相對變得較不平整。進一步，以原子力顯微觀察其表面粗糙度，如圖六所示，其表面粗糙度 Rms 為 23.7 nm，與使用轉速 45 rpm 的 Rms 10.753 nm 相差了一倍多，因此控制研磨盤轉速必須得宜，轉速過高或過低，均會影響基板表面型態及粗糙度。在本實驗中，最佳化的粗磨轉速為 45 rpm，對 Al_2O_3 基板而言，研磨速度約每分鐘可磨掉 5 \sim 10 μm 。

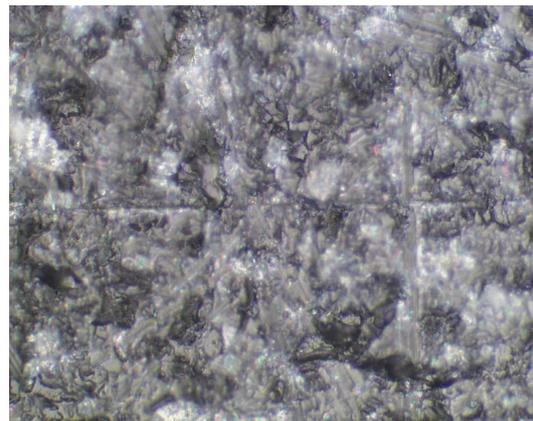


圖五 使用粒徑為 30 μm 的鑽石粉，研磨時間為 30 分鐘，研磨盤轉速為 55 rpm 之表面型態圖

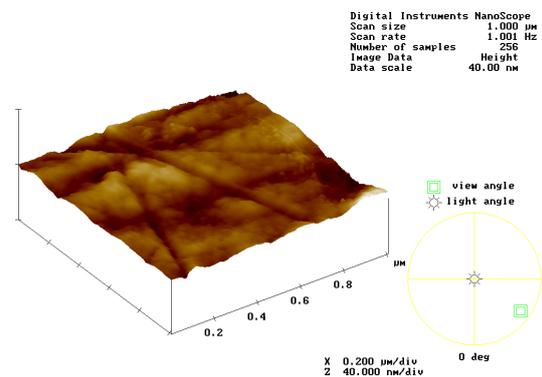


圖六 使用粒徑為 30 μm 的鑽石粉，研磨時間為 30 分鐘，研磨盤轉速為 55 rpm 之表面粗糙度圖

由於粗磨僅能將 Al_2O_3 基板磨薄，並無法改善其表面型態及粗糙度，故粗磨後，基板須再經過細磨程序以改善其表面型態。圖七、圖八分別為基板粗磨後，再以粒徑為 3 μm 之鑽石粉細磨後之表面型態及表面粗糙度照片。圖七是由光學顯微鏡放大 200 倍而得，由圖可看出基板經過細磨後之表面型態相當平整。再以原子力顯微鏡觀察，如圖八所示，其表面粗糙度 Rms 為 1.635 nm，與粗磨比較，後者已改善相當多。



圖七 使用粒徑 3 μm 之鑽石粉細磨後之表面型態圖



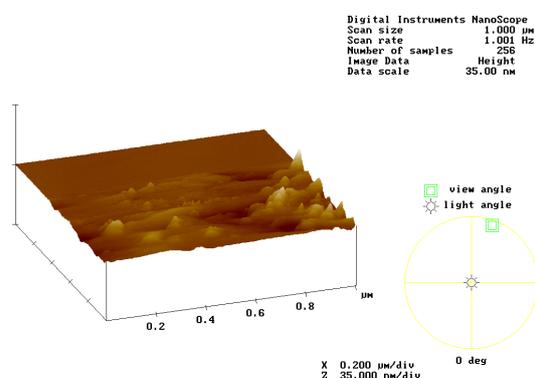
圖八 使用粒徑 3 μm 之鑽石粉細磨後之表面粗糙度圖

Al_2O_3 基板細磨後，為了進一步改善其表面型態，所以再以絨布研磨盤進行拋光，圖九、圖十分別為經絨布拋光後的表面型態及表面粗糙度照片。圖九是由光學顯微鏡放大 200 倍

而得，由圖七與圖九比較，除了經細磨後的基板，仍有鑽石粉之刮痕外，其表面明態並沒有明顯之差異。但以原子力顯微鏡觀察，如圖十所示，發現其表面粗糙度 Rms 僅為 1.054 nm，較細磨後之表面粗糙度(1.635)來的平整。



圖九 經絨布拋光後的表面型態圖



圖十 經絨布拋光後的表面粗糙度圖

五、結論：

本計畫僅以機械研磨方式，利用不同研磨盤轉速，不同鑽石粉粒徑，經過粗磨、細磨二道程序，已成功地將厚度 450 μm 之氧化鋁基板研磨至 100 μm 以下，研磨速度可控制在 5 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ ；在改善基板表面型態及粗糙度方面，利用絨布研磨盤，將研磨後的基板拋光。拋光後的表面粗糙度 Rms 約達 1nm。若需將表面粗糙度降至更低，未來可藉由化學輔助機械研磨來達成此目標。

六、參考文獻：

1. C. R. Miskys, M. K. Kelly, O. Ambacher, and M. Stutzmann, Phys. Status Solidi A 176, 443 (1999).
2. Weyher, J.L.; Müller, S.; Grzegory, I.; Porowski, S., J. Cryst. Growth 182, 17 (1997).
3. H. Katscher, B. Mohsin(Eds.), Gmelin Handbook of Inorganic and Organometallic Chemistry, Suppl. V. C2, Springer, Berlin, 1996, 181-186.
4. M. D. Drory, J. W. Ager III, T. Suski, I. Grzegory, Appl. Phys. Lett. 69, 4044 (1996).
5. N. V. Edwards, M. D. Bremser, T. W. Weeks Jr., R. S. Kern, R. F. Davis, D. E. Aspnes, Appl. Phys. Lett. 69, 2065 (1996).
6. M. S. Minsky, M. White, E. L. Hu, Appl. Phys. Lett. 68, 1531 (1996).
7. C. Teichert, J. F. MacKay, D. E. Savage, M. G., Lagally, Appl. Phys. Lett. 66, 2346 (1995).
8. Steigerwald, J.M.; Murarka, S.P.; Gutmann, R.J.; Duquette, D.J., Mat. Chem. and Phys. V41 217 (1995).