

附錄二 奈米平板鑽石場發射特性

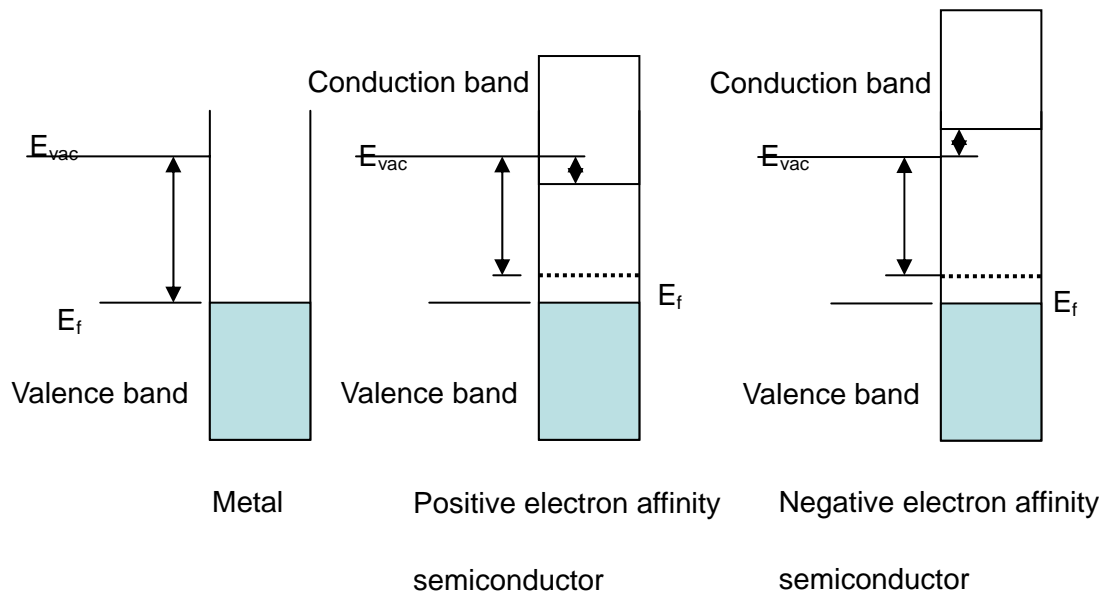
鑽石由於透過 H_2-CH_4 的化學氣相沉積法成長，因此在鑽石面上定然會吸附大量的氫原子。這些由於氫原子，會使得在鑽石表面會形成一個 surface dipole。由於 surface dipole 會造成鑽石表面能階的位移 (energy shift)，使得鑽石表面會出現負電子親合性 (negative electron affinity)，見圖一。可以預期，由於負電子親合性，材料表面傳導帶的能階會高於 vacuum level，因此電子會非常容易從表面被激發到真空中。在奈米平板鑽石中，根據側向 TEM 的觀察，可以發現奈米平板鑽石側面結構是由 $\{100\}/\{111\}$ 面所構成的凸角結構，理論上是非常利於場發射激發。可以藉由奈米平板鑽石邊射 (edge emission) 來激發電子。以下將介紹，我們初步將不同形貌及密度的平板鑽石來進行場發射的研究。在本場發射研究，是利用中研院凝態中心陳貴賢研究員實驗室中的場發射量測裝置來進行量測。場發射裝置，是以 ITO 玻璃作為陽極。透過黃光微影製程可以畫場發射區在 ITO 玻璃面積上。上面圖案面積大小決定場發射的面積，其面積大小為 $0.57 \times 0.48 \text{ cm}^2$ 。場發射間隙為 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 。量測時的真空約 $<10^{-6} \text{ Torr}$ 。

量測場發射的試片是採用奈米平板鑽石在奈米晶粒鑽石基材上成長的試片。試片選用兩種形狀較規則及不規則的平板鑽石來作為量測場發射的試片。形狀規則的試片，其成長條件是功率 1000 W ，壓力是 60 Torr ，甲烷濃度是 3% ，成長 15 min 。而形狀不規則的試片，則是功率 1000 W ，壓力是 60 Torr ，先以甲烷 3% 成長 5 min ，之後以甲烷 1% 成長 25 min ，兩階段成長，可以獲得較為規則整齊的晶形。

圖二是純粹鑽石奈米晶粒基材的場發射 J-E 曲線及

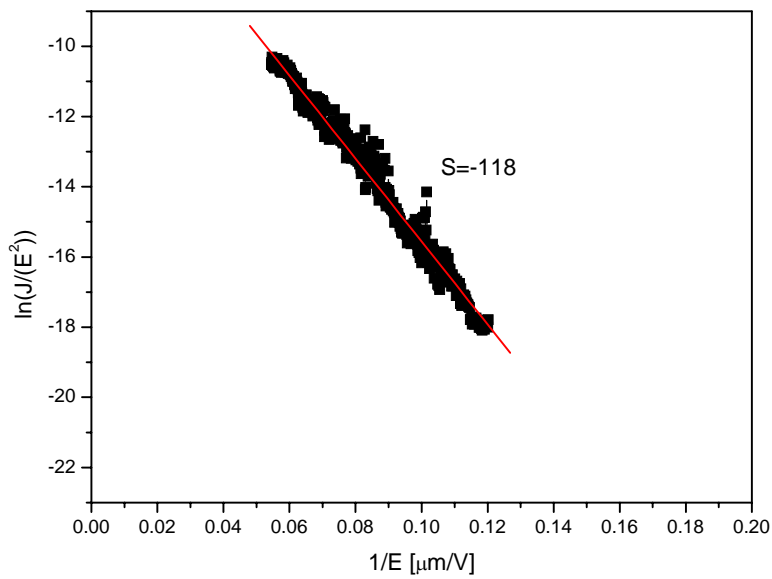
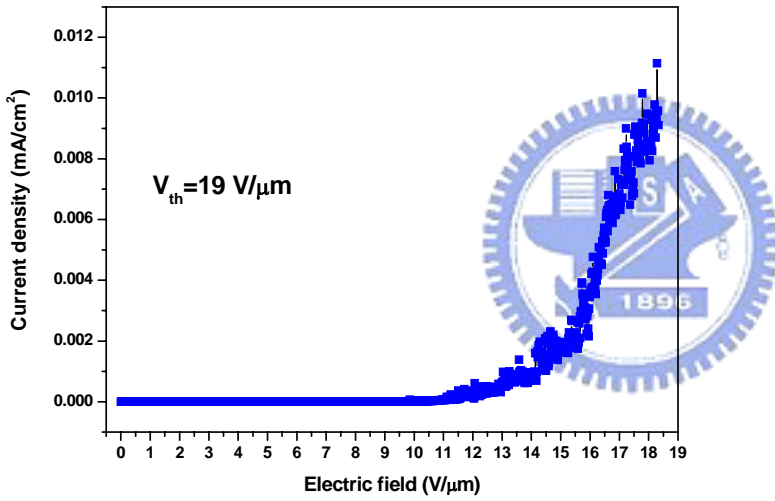
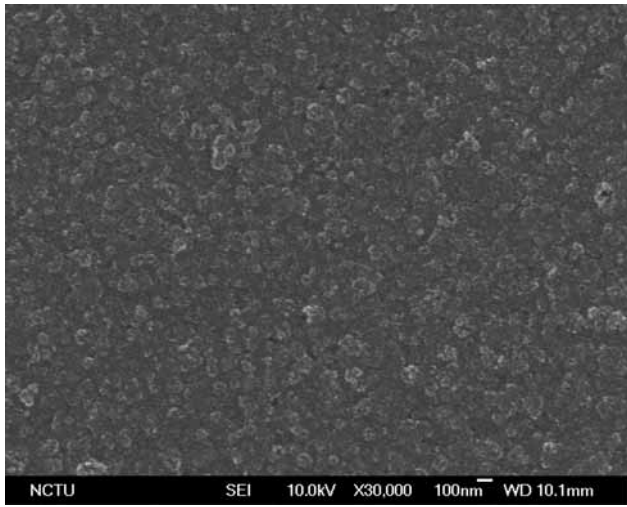
Fowler-Nordheim (F-N plot)。圖三及圖四分別是針對不同形貌的奈米平板鑽石進行場發射的 J-E 及 F-N plot。可以發現，有成長奈米平板鑽石的試片其場發射的起始電壓(我們設定當電流密度到達 0.01 mA/cm^2 時的電壓值)都大幅降低。另外，在較規則晶體形貌的奈米平板鑽石的場發射特性表現較形狀不規則的奈米平板鑽石還要佳。可以發現，在圖三中，形狀較整齊的奈米平板鑽石的起始電壓是 $4.58 \text{ V}/\mu\text{m}$ 左右。鑽石奈米平板在場發射的性質仍然存在許多疑點。除了平板形貌密度會大幅影響場發射特性外，在第三章中曾經提到，在有些奈米平板鑽石外圍實際上有包覆石墨層。至於這層石墨層會使整體場發射結果變的更為複雜。另外，從圖三及圖四的 F-N plot 可以發現，出現轉折，奈米平板鑽石不像奈米晶粒鑽石基材一樣遵守 Fowler-Nordheim 場發射行為(呈現單純負斜率直線)。以上許多疑點仍有待未來進一步的研究來釐清。



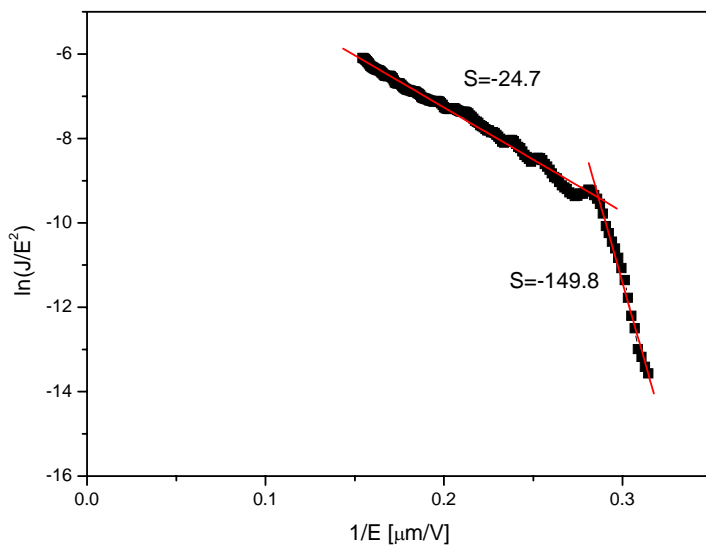
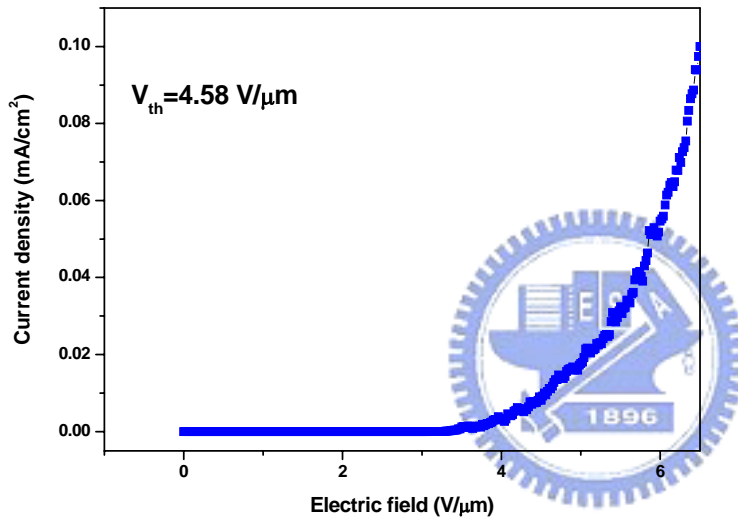
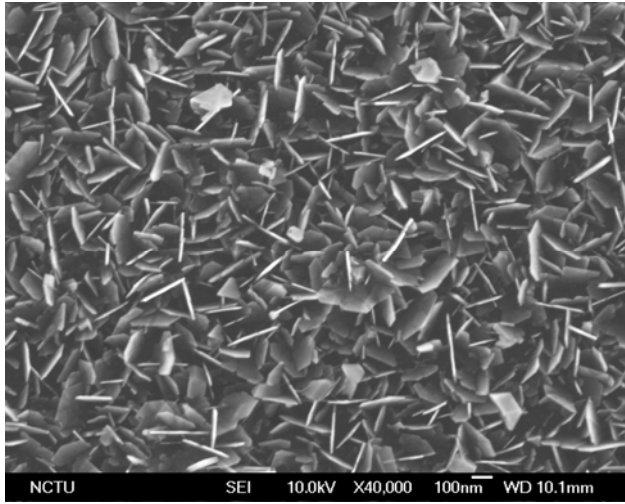


圖一 為一般金屬以及正電子親合性及負電子親合性半導體能階示意圖。

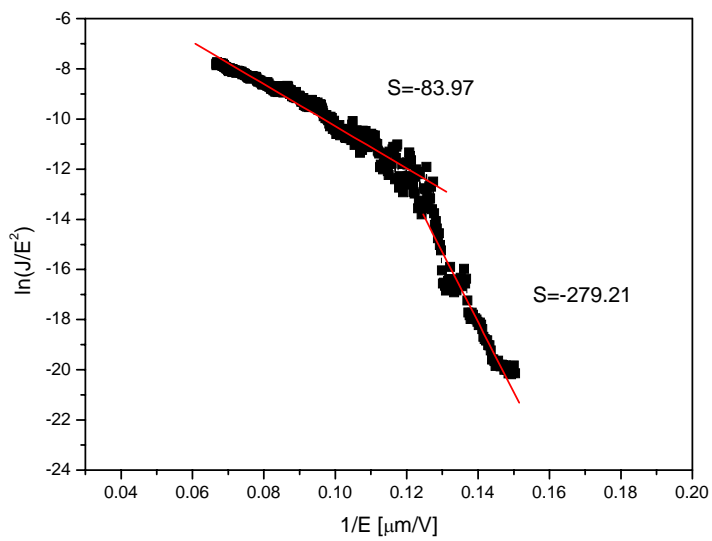
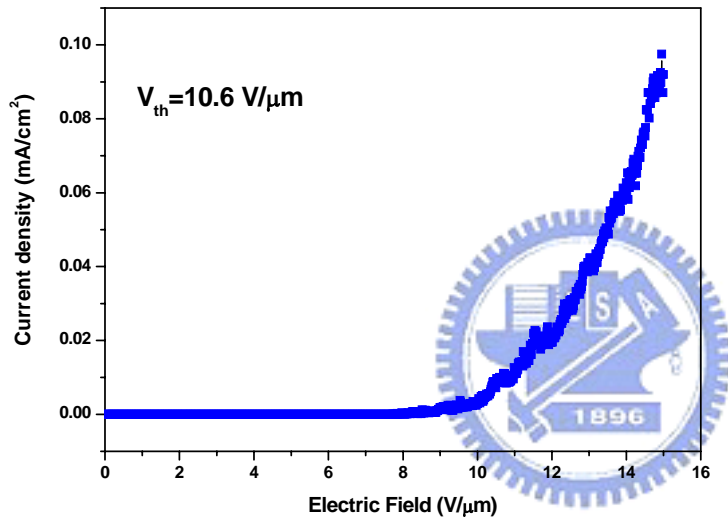
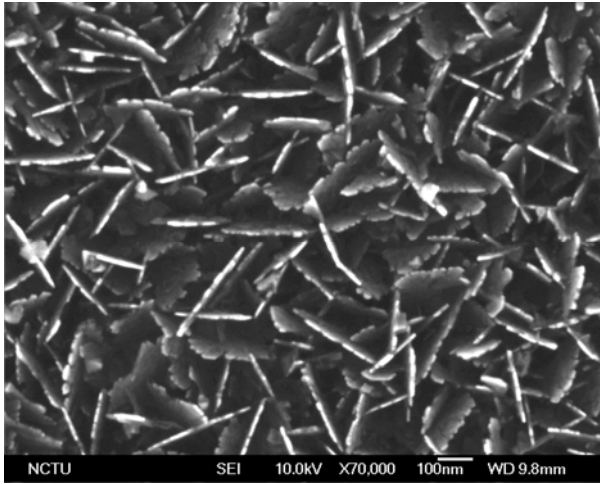




圖二 為奈米晶粒鑽石基材場發射 J-V 曲線。



圖三 形狀較為規則的奈米平板鑽石場發射 J-E 及 F-N 曲線。



圖四 形狀較不規則的奈米平板鑽石場發射 J-E 及 F-N 曲線。