

第六章

結論

在本論文中：第一部分是對首次在化學氣相沉積製程中成長出的奈米平板狀的鑽石進行相關的成長研究，並配合 TEM 的分析及觀察來探討奈米平板鑽石的成長機制。第二部分是對於 Ni₃Al 基材晶向以及偏壓電場對於鑽石成核的影響進行探討。

在成長二維奈米平板鑽石方面，本研究是利用高溫電漿製程，分別在多晶鑽石、奈米晶粒鑽石基材及立方八面體鑽石晶粒上進行成長。在多晶鑽石基材上以高甲烷濃度條件成長，奈米平板鑽石的外形是由平行四邊形或是其他多邊形的小平板所構成，並且這些這些小平板構成了在平板鑽石表面平台及階梯的結構。奈米平板鑽石平均厚度約 20~30 nm。奈米平板鑽石面都是{111}晶面，平板輪廓邊緣平行於<110>晶向。從 TEM 影像及電子繞射分析結果顯示，這些小平板彼

此是以雙晶的方式結合。而在低甲烷濃度條件時，則可在多晶或是奈米晶粒鑽石上成長出規則六角形的奈米平板鑽石。另外，六角形的奈米平板鑽石可以在多晶鑽石基材以及在立方八面體鑽石晶粒上的{111}晶面上沿著鑽石基材 $\langle 110 \rangle$ 方向規則排列成長。

從一系列成長條件實驗結果，奈米平板鑽石必須要在高溫的電漿成長條件($> 1100^\circ\text{C}$)下進行成長。而高溫成長條件可以透過輸入高電漿功率並提高反應壓力來獲得高密度電漿使試片溫度增高，或是直接將試片伸入電漿內部，藉以電漿內部高溫加熱來獲得製程所需的溫度。另外，在觀察奈米平板鑽石在多晶鑽石基材及單獨在八面體鑽石晶粒上的成長，奈米平板鑽石都只集中在鑽石基材{111}面上成長；在奈米晶粒鑽石上則是均勻分佈。包含在鑽石基材內缺陷會絕對影響奈米平板鑽石在鑽石基材上的分佈及排列，因此鑽石基材所包含的缺陷(尤其是雙晶)對奈米平板鑽石的生成扮演關鍵的角色。

經由 TEM 觀察奈米平板鑽石的側向結構，發現有兩個以上的雙晶面平行奈米平板鑽石。另外觀察側面結構發現奈米平板鑽石的側面跟雙晶面形成由{100}/{111}晶面所構成的凸角結構，並不同於一般在傳統晶體成長理論所觀察到的{111}/{111}凹角及凸角結構的平板雙晶。雖然類似的{100}/{111}凸角結構的平板雙晶體在其他晶體中被發現。可是這種凸角的結構，卻是首次在鑽石晶體中以實驗觀察到。根據次階梯成長機制，在{100}/{111}晶面所構成的凸角結構及凹角附近，會產生一個次階梯結構。由於這些次階梯結構的產生，會加速平板側面成長速度。透過原子結構的分析證實透過在{100}/{111}跟雙晶

交界的凸角或是凹角處所產生的次階梯結構跟{111}/{111}凹角結構一樣，可以促使鑽石沿著側向成長而形成平板。

在鑽石在 Ni₃Al 基材成核的實驗方面，我們對多晶 Ni₃Al 基材分別施以正負偏壓，藉由 EBSD 及 TEM 的分析，來觀察鑽石在不同偏壓電場在不同晶向基材上成核的行為。根據結果，不論是在正偏壓還是負偏壓的前處理，基材的晶向對鑽石成核密度的影響非常大。根據 XTEM 的結果，負偏壓前處理的試片呈現粗糙的形貌及在表面散佈大量的奈米 Ni₃Al 的顆粒；然而，在正偏壓前處理的試片，鑽石跟基材間呈現平坦的介面。在負偏壓作用下，鑽石成核密度可以達到 $2 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 。而經過正偏壓作用的試片，利用 EBSD 技術鑑定出鑽石在 Ni₃Al {111} 晶面，擁有最高的成核密度 ($\sim 10^7 \text{ cm}^{-2}$)。然而鑽石在 {110} 及 {100} 晶面上則成核密度非常稀少。證實基材表面晶向會直接影響鑽石在基材表面的動力學反應，進而造成鑽石成核的差異。