

SiC 襯底上外延石墨烯及其性能研究

取自中國科學院

石墨烯是由單層 sp^2 碳原子組成的六方點陣蜂巢狀二維結構，是繼碳納米管、富勒烯之後的又一重大發現。石墨烯呈現出新奇的物理特性：載流子是一種相對論粒子，遵循狄拉克方程；零能隙，可以通過摻雜或幾何構型調控使其表現為金屬或半導體特性；奇特的量子霍爾效應，其室溫載流子遷移率達到 $15000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，而且遷移率幾乎與溫度無關。對石墨烯本征特性的深入研究，有可能揭示新的物理現象並發現新的物理性質，並為驗證一些物理規律提供實驗載體和途徑。相關研究結果對凝聚態物理的發展具有深遠意義，並可能蘊含重大應用前景。

自 2009 年以來，研究組開展了在 SiC 襯底上生長石墨烯材料及其特性的研究，發展了兩種在 SiC 襯底上生長石墨烯的新技術(已申請國家發明專利 3 項)，並對所製備石墨烯的物理特性(結構特徵、應變、均勻性、非譜聲子效應和場發射等)進行了研究，取得了初步的結果：

(1) 採用脈衝電子輻照技術在 SiC 襯底上製備出了尺寸、厚度均勻一致且幾乎無應變的石墨烯材料，相關成果發表在 Chem. Commun. 46, 4917 (2010)和 Chin. Phys. Lett. 27, 046803 (2010)上。

(2) 採用物理氣相傳輸(PVT)法在不同取向的 SiC 襯底上生長出了連續、均勻的平躺石墨烯。圖 1 是在 Si 面和 C 面 SiC 襯底上外延生長石墨烯的 AFM 照片。利用 Si 面 SiC 襯底上外延生長的石墨烯材料研製出了場發射器件，獲得的最大截止頻率為 4 GHz (柵寬 1 微米)。

(3) 採用 PVT 法在 SiC 襯底上製備出了不同密度和高度的自由站立石墨烯，如圖 2 所示。研究了站立石墨烯的非譜聲子效應。發現其 G 聲子模隨溫度的變化規律與採用第一性原理計算的結果完美符合，澄清了早期其它實驗由於襯底的影響而與理論預言不符的原因。這一研究結果發表在 Phys. Rev. B 83, 125430 (2011)上。場發射實驗表明，自由站立石墨烯的場發射開啟電場只有 1.81 V/mm，場增強因數達 17000，且經歷 120 小時的連續發射其發射電流密度幾乎不變。這表明站立石墨烯的場發射性能非常穩定，在冷陰極器件中有潛在的應用價值，該研究結果發表在 Small 7, 450 (2011)上。

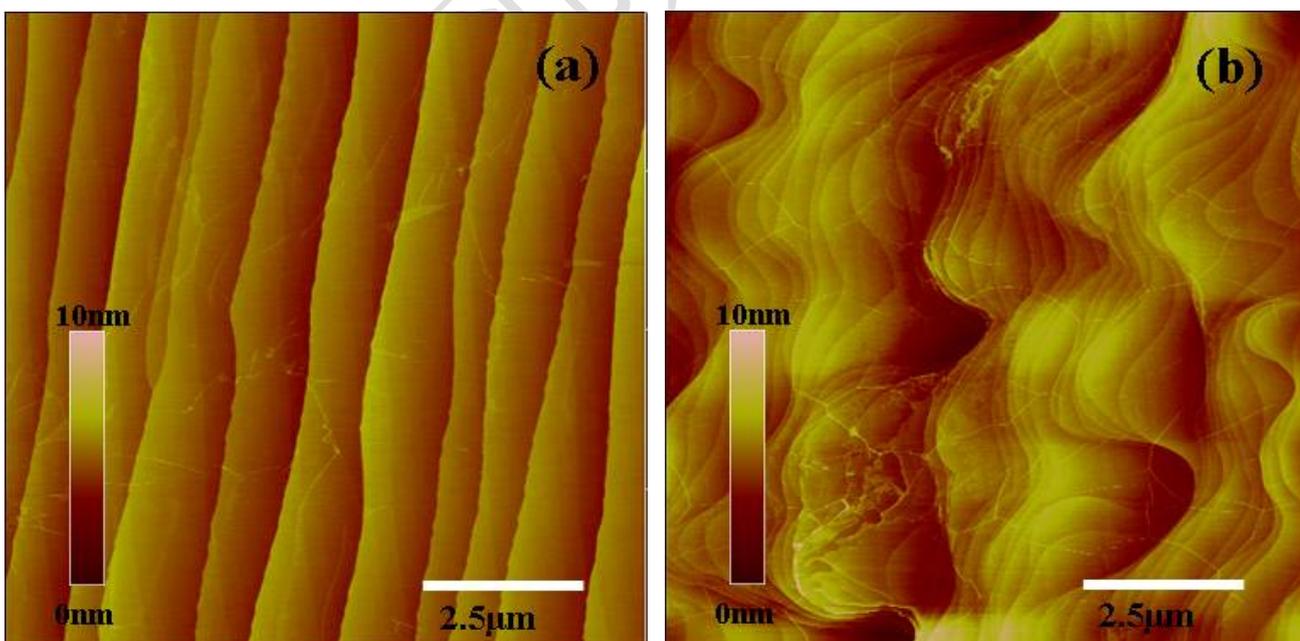


圖 1 SiC 襯底上(a) Si 面和(b) C 面上生長石墨烯的原子力顯微鏡形貌像。

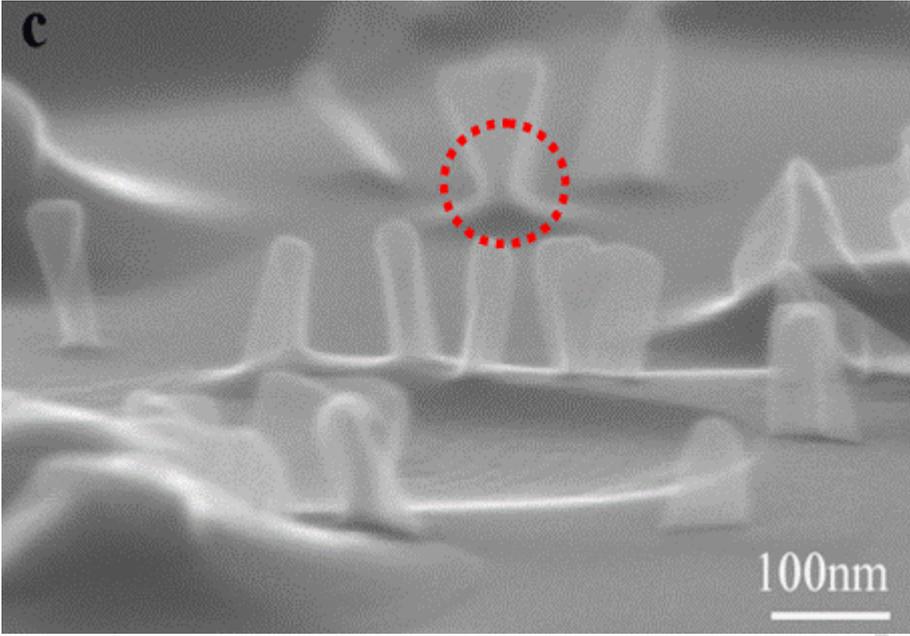


圖 2 不同氣氛壓力下製備的自由站立石墨烯。從(a)到(c)，氣氛壓力逐漸降低。

科豐國際有限公司