

垂直型氧化鋅奈米線之奈米壓印特性研究

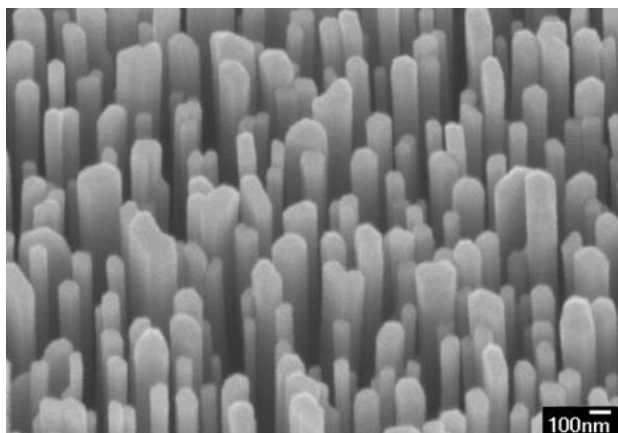
張守進*、楊勝州

國立成功大學微電子工程研究所

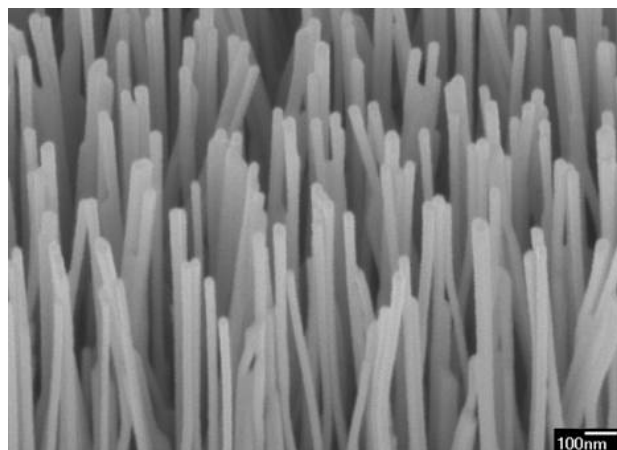
Nanotechnology, 18, 225603 (2007)

隨著奈米科技的日新月異，奈米線 (nanowires)、奈米帶 (nanobelts) 以及奈米管 (nanotubes) 等一維 (one-dimensional) 結構近年來頗受重視。這些奈米結構在光、電、熱或是機械的特性上，都呈現出優越的表現，所以無論是現今的半導體產業或者是未來相當熱門的機電化整合系統都紛紛往奈米尺度來發展。

一維奈米材料的種類繁多，目前最常被用來研究的有：奈米碳管 (carbon nanotubes)、氧化鋅 (ZnO)、氧化鈦 (TiO_2) 以及氧化銦錫 (ITO) 等材料。其中氧化鋅是近年來相當熱門的奈米半導體材料，屬於直接能隙，在室溫下能隙值約為 3.37 eV，其晶格結構與傳統的二、五族氮化鎵材料類似，皆屬六方晶系結構。與氮化鎵材料相比，氧化鋅材料的優勢是具有較大的激子束縛能 (exciton binding energy)，約為 60 meV，氮化鎵則約只有 24 meV，因此在室溫下氧化鋅材料具有較高的激子放射效率，所以在短波長的發光二極體、雷射二極體及光檢測器上極具發展潛力。除了優越的光電表現外，氧化鋅材料也具備壓電效應的特性，可應用在壓電元件的製作上，因此深入的研究氧化鋅材料本身的機械特性也是相當重要的一環。然而，有關氧化鋅奈米線在此方面的文獻，屈指可數，也因此引發了我們研究氧化鋅奈米線機械效應的動機，早先其他研究團隊發表的文獻，在基板的選用上都是以砷化鎵 (Nanotechnology, 15, 254-259, 2004) 或者是藍寶石基板 (Jpn.J.Appl.Phys., 40, 6024-6028, 2001) 為主，本研究團隊則是選用價格更低廉的玻璃基板來成長，利用在玻璃基板上所成長的氧化鋅奈米線來研究其機械效應更是首創。



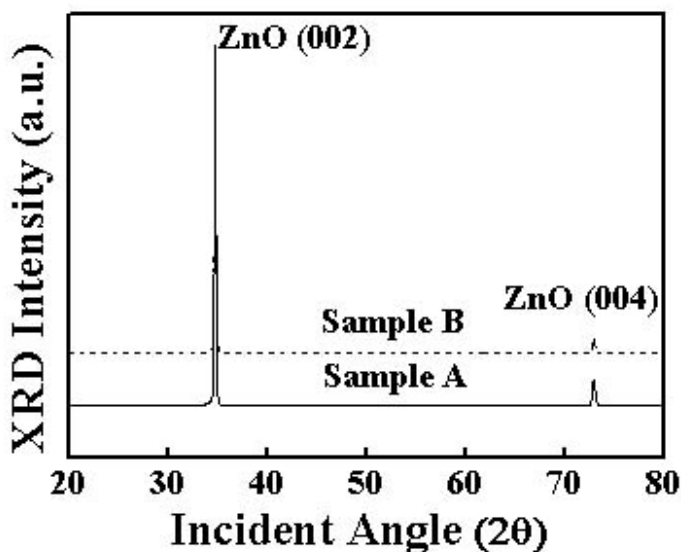
圖一 (a)、直徑100奈米的氧化鋅奈米線。



圖一 (b)、直徑30奈米的氧化鋅奈米線。

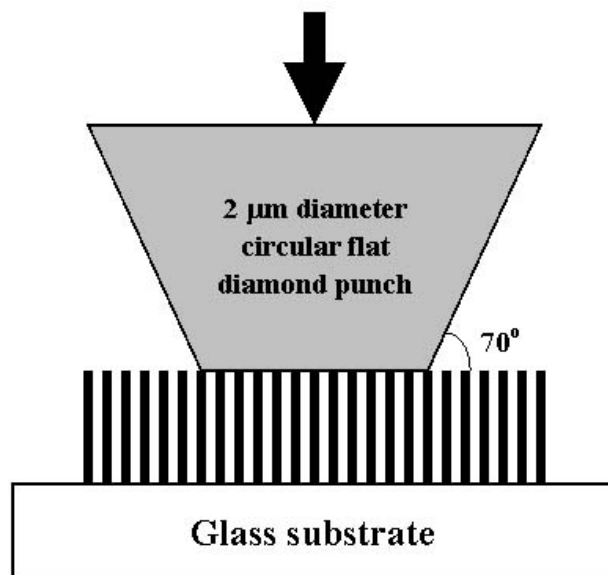
此篇研究中我們所使用的氧化鋅奈米線是利用爐管經由自組式的固液氣 (self-catalyzed vapor-liquid-solid, VLS) 方式在玻璃基板上所成長。並藉由控制不同的氧流量來得到粗細與長度不同的氧化鋅奈米線，在此將此研究所使用的兩種氧化鋅奈米線取名為樣本A與樣本B。圖一(a)為利用場發射式的電子掃描顯微鏡 (Field-emission scanning electron microscope, FESEM) 在角度30度下所量測到的表面圖，由圖中可以得知樣本A中的氧化鋅奈米線直徑約100奈米，高度約2000奈米。圖一(b)則為直徑30奈米，高度800奈米的樣本B氧化鋅奈米線。此外，從SEM圖可以觀察到我們所成長的氧化鋅奈米線具有相當不錯的垂直性且均勻的分布在玻璃基板上。進一步的利用X光繞射儀來分析氧化鋅奈米線的晶體結構，所得到的頻譜圖如圖二所示。在入射角 (2θ) 為 34.3° 左右的角度下，無論是樣本A或樣本B都有一個很強的峰值，經過與X光的繞射頻譜資料庫分析對照之後，得知它是由(002)面的氧化鋅所造成的峰值，由此結果得知，我們的氧化鋅奈米線是延著c軸方向

成長且具有極佳的品質。

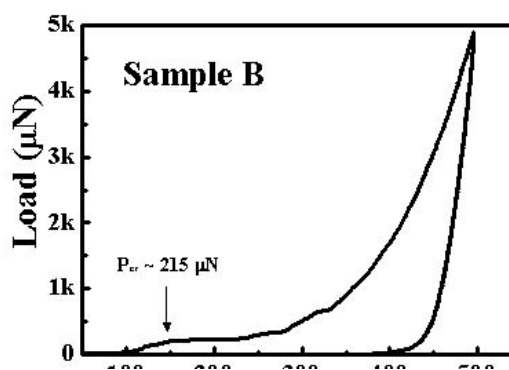
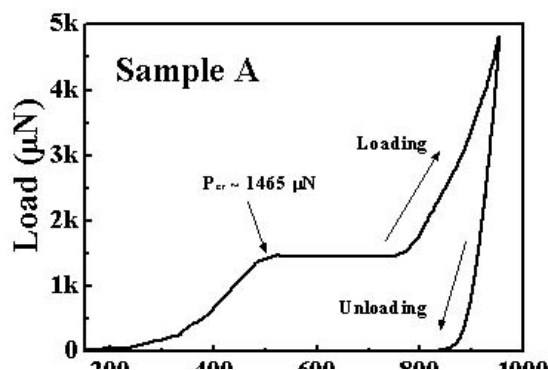


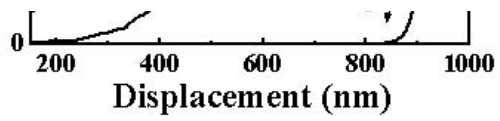
圖二、氧化鋅奈米線之X光繞射頻譜圖。

接著將我們的氧化鋅奈米線樣本進行奈米壓印實驗。此篇研究所使用的奈米壓印量測機台其型號為 Hysitron Triboscope, Hysitron Inc., Minneapolis, MN。圖三為此實驗系統的概要圖。經由奈米壓印所量得的實驗結果如圖四(a)與(b)所示。一開始隨著施加在氧化鋅奈米線上的應力增加,使得氧化鋅奈米線產生正常的形變,當施加更大的應力時,則會有挫曲的現象發生,如圖四中曲線平坦的部分所示。發生挫曲的應力大小由氧化鋅奈米線的長短粗細比例來決定。由於樣本B的長寬比例比樣本A大,所以施加比較小的應力就可發生挫曲的現象。最後再以尤拉公式為基礎利用理論計算的方式獲得氧化鋅奈米線的楊氏模數 (Young's modulus) 介於117~454 GPa間。一般材料承受正向應力時會產生正向應變,而楊氏模數是定義為正向應力對正向應變的比值。

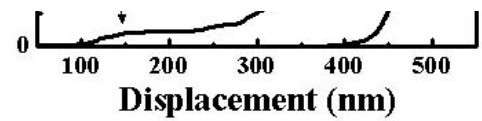


圖三、奈米壓印實驗概要圖。





圖四 (a)、樣本A之應力對位置關係圖。



圖四 (b)、樣本B之應力對位置關係圖。

本研究，我們進行氧化鋅奈米線機械特性之量測與分析，其研究結果對於未來氧化鋅奈米線的應用頗具意義。

Copyright 2009 National Cheng Kung University