

## 使用有機金屬化學氣相沉澱裝置高產量合成鍍銻奈米線與其表面性質探討和應用

## High-yield synthesis of germanium nanowires by metal-organic chemical vapor deposition and their functionalization and applications

國立清華大學化學工程學系 博士班四年級 楊鴻傑

指導教授：程興宇博士

## 研究重點

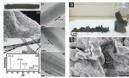
使用簡易且安全的化學合成方法去獲取我們所要的產物，不論在奈米材料，高分子合成或其他領域中，都是大家無時無刻所追求的目標。本研究中我們提供一種新穎的合成方法，不需使用危險易燃的鍍銻，我們使用穩定的液態diphenylgermane為前驅物來合成鍍銻奈米線，並且改善了一般氣相合成法低產率的缺點。此外我們也對鍍銻奈米線的表面性質進行探討，並將其製作成鍍銻奈米線電晶體與鍍銻奈米線結構。

## 研究成果

圖一為我們的反應裝置圖，我們於反應器前端裝置一個閥，此閥可裝載液態前驅物與表面已改質的金奈米粒子，於合成鍍銻奈米線時，直接經由液體流量控制器將液態的溶劑，前驅物和金奈米粒子直接注入反應器中於常壓下成長鍍銻奈米線。此裝置可以降低設備成本，實現安全，快速，大量且簡易的氣相合成法來成長鍍銻奈米線。圖二為使用diphenylgermane為前驅物所合成出的鍍銻奈米線影像圖，SEM，TEM，XRD和HRTEM分析圖，從這些分析我們可以知道我們的產物為鑽石立方結構的鍍銻奈米線，其成長方向主要為<111>方向（75%），平均直徑為47 nm，長度可達40  $\mu\text{m}$ ，產量均為15-20 mg，產率為30%。之後我們更使用此裝置去放大生產我們的鍍銻奈米線，圖三為將樣品迴路增大且注射體積為30 mL所生產出的鍍銻奈米線，其產量為0.2 g，產率為30%。



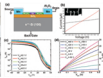
圖一



圖二



圖三



圖四



圖五



圖六

完成鍍銻奈米線的合成部分後，我們亦對其電性以及表面性質進行探討，電性方面，我們製作的鍍銻奈米線場效電晶體示意圖如圖四所示（與陳力俊老師實驗室合作成果），量測出來的單根鍍銻奈米線電阻率均為  $4 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ （圖四），從汲極電流與閘極電壓的特性曲線圖可得知其為P型電晶體，電流閘極比均為  $10^5$ 。表面性質方面，我們使用十二烷基磺醇去改質我們的鍍銻奈米線，圖五FTIR分析圖確定了鍍銻奈米線表面的確有磺醇化，從圖五XPS比較圖中又可得如表面磺醇化的鍍銻奈米線抗氧化性質能大大提升，這些表面磺醇化後的鍍銻奈米線可以良好的分散於非極性有機溶液中（如圖五插圖所示），可製作成鍍銻奈米線原料，能進一步與許多溶液製成結合。圖六即是使用鍍銻奈米線原料與簡易的抽氣過濾裝置組合所製作的鍍銻奈米線結構，其厚度均為30  $\mu\text{m}$ ，此外這個由鍍銻奈米線所組成的結構是十分可彎曲的。

## 研究生活與心得

於五年多的研究生生活中，我主要是進行無機奈米材料的合成與性質探討，還記得第一次找指導教授時看到老師展示量子點給我時，我所感到的驚訝與新奇，也讓我因此投入了這個領域，奈米材料是一塊相對新奇的領域，在研究過程中常常會遇到許多問題是從文獻或是書本中無法找到方法解決的，也因此遇到了不少挫折，但是在堅持與努力之下所解決的困難問題或是成功的完成實驗讓我感受到的喜悅可以讓我忘記那些挫折，而在經歷了這些才漸漸知道，雖然努力不一定會成功，但是不努力的話一定無法成功，也希望自己可以把握每個機會。最後要謝謝指導老師與實驗室的同學，有他們的幫忙才会有這些成果。