



2012 中技社科技研究獎學金

CTCI Science and Technology Research Scholarship

利用表面修飾之鍺奈米線做為負極材料，開發高效能鋰離子電池之研究

Alkanethiol-Passivated Ge Nanowires as High-Performance Anode Materials for Lithium-Ion Batteries: The Role of Chemical Surface Functionalization

國立清華大學 化學工程學系 博士班五年級 袁芳偉

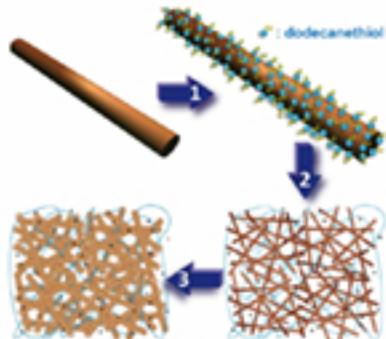
指導教授：段興宇 教授

研究重點

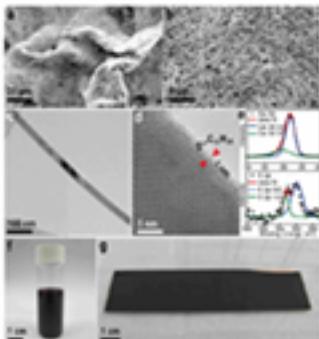
本研究將鍺奈米線的表面以十二碳硫醇進行修飾後，做為負極材料應用於鋰電池上，而此方式也是目前第一個利用表面化學修飾的鍺做為鋰電池負極的研究，並且說明表面化學修飾對於影響鋰電池效能的重要性。此研究主要著重於幾個重點，第一，將材料表面化學技術的重要性及可行性實際用於鋰電池領域，同時也證明透過表面化學的修飾，對於鋰電池效能有明顯的幫助。第二，實際開發出全電池，並且製做出商業化使用的鋰型鋰電池。

研究成果

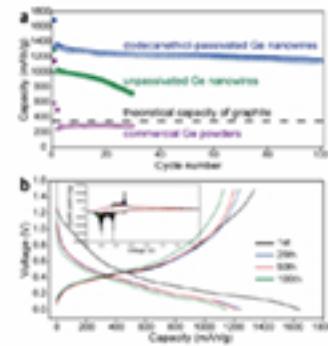
本研究概念如圖一所示，將鍺奈米線表面利用十二碳硫醇修飾後，做為鋰電池負極材料，且與碳黑、黏著劑(PVDF)形成網狀結構，而在充放電之後，此網狀結構依然完整，因此可維持電池的電容量以及循環壽命。表面修飾後的鍺奈米線分析如圖二所示，而製作的負極極片表面非常均勻。圖三為改質前、後的鍺奈米線以及市售鍺粉末的循環曲線圖及等電流循環曲線圖，表面修飾後的鍺奈米線以0.1 C的充放電速率進行100次充放電測試後，其電容量依然可維持於1130 mAh/g，此數值更為石墨理論電容(372 mAh/g)的3倍，我們也測試了不同充放電速率的影響，如圖四所示，分別以0.5、1、2.5、6.5及8 C的充放電速率進行50次循環電容量的測試，於50次測試後的電容量分別為1090 mAh/g (0.5 C)、940 mAh/g (1 C)、865 mAh/g (2.5 C)、733 mAh/g (6.5 C)及644 mAh/g (8 C)，於8 C下電容量依然維持於644 mAh/g，幾乎為石墨理論值的2倍，此些結果也說明十二碳硫醇改質的鍺奈米線可應用於高能量輸出的鋰電池中。



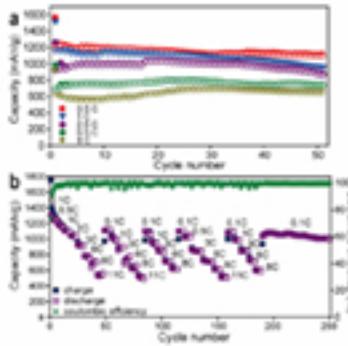
圖一



圖二

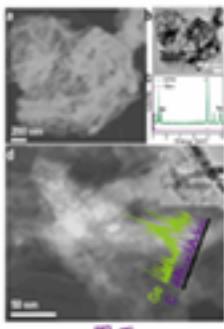


圖三

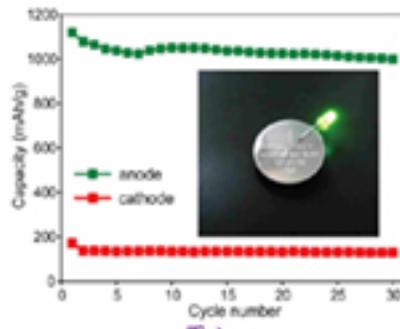


圖四

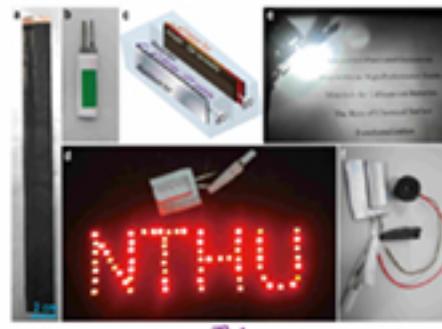
而後分析了經過長時間充放電測試後的鍺奈米線，如圖五所示，可清楚看到鍺奈米線與PVDF形成的3D網狀結構，透過元素分析，可證明結構中對比較強的綠狀為鍺奈米線，而對比較淡的則為PVDF。由此可證實改質後的鍺奈米線與PVDF所形成的網狀結構，可鞏固鍺奈米線於充放電過程不受體積變化的影響而使結構崩壞，使其可於長時間測試下依然維持良好的電容量。之後，將鍺奈米線負極以及LiFePO₄正極進行搭配後，所製作的細扣型全電池如圖六所示，經過30次的充放電測試後，鍺奈米線其電容量可維持於1000 mAh/g。同時，所製作的細扣型電池可點亮LED燈泡。另外，為了進一步達到商業化的價值，我們更製作了電量較大的鋰型鋰電池，所組裝的電池可點亮大量的LED燈泡、高亮度的白光LED燈泡以及蜂鳴器（圖六），此也說明我們所製作的鍺奈米線負極可用於商業化的流程，對於鋰電池材料研究是非常寶貴且重要。



圖五



圖六



圖七

研究生活及心得

進入清大化工系念博士班之後，開始接觸並學習奈米材料領域，我的研究主題為半導體奈米材料的合成與應用以及鋰離子二次電池，由於與過去所學相差甚遠，所以在學習初期碰上許多挫折與困難，更一度開始懷疑自我的能力，但秉持著不放棄的精神，不斷自我期許，如今已培養出此領域的專業知識及技能，並有不錯的研究成果，雖然過程艱辛，但付出的努力得到了很棒的收穫。十分榮幸、開心可獲得中技社的「科技研究獎學金」，感謝中技社，此殊榮對於我的研究是莫大的肯定。感謝父母、家人的支持與鼓勵，讓我可專心於研究上，感謝段興宇老師的付出與指導，讓我的研究有很好的成果，最後要感謝女友一路以來的陪伴與支持，默默地為我付出。