

高溫超導體之製備

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗第 16 版，國立臺灣大學化學系：台北，民國 113 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組陳妍秀助教（2007.03）、佘瑞琳講師（2024.09）。

一、目的：學習以固態反應法製備鈣鋇銅氧高溫超導體（superconductor）並測定其磁浮特性。

二、實驗技能：學習研磨、壓片、煅燒（calcination）、藥品稱量等實驗技能及使用液態氮。

三、原理：

超導體處於超導臨界溫度（superconducting critical temperature, T_c ）時具有反磁性（diamagnetism）及零電阻的超導特性。零電阻是指電流通時無阻力之現象，亦即產生永久電流（persistent current）。反磁性則是將超導體放入磁場中，會將其內部的磁場完全排除，使其內部磁通量（magnetic flux）保持為零，此即所謂的麥斯納效應（Meissner effect），使超導體具有磁浮特性。物質必須同時具備以上兩種特性，才可稱為超導體。由於超導體具有零電阻和反磁性，因此成為 21 世紀科技舞台的重要研究課題之一。

本實驗以氧化鈣、碳酸鋇及氧化銅為原料，經研磨、壓片與高溫煅燒的方式製備 T_c 約為 95 K 之 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ （簡稱 Y-123, $x \leq 0.25$ ）超導體，學習固態反應法並觀察超導體於液態氮溫度（77 K）下讓磁鐵磁浮之現象（圖 1）。

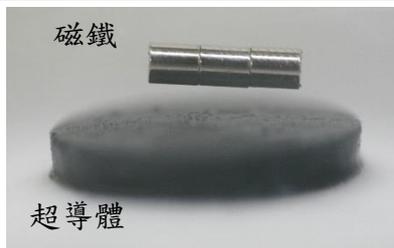


圖 1 Y-123 超導體於液態氮溫度讓磁鐵磁浮之現象

四、儀器與材料：

（一）製備：

塑膠藥匙、氧化鋁坩堝蓋、口罩（自備）。

共用：電子天平、瑪瑙研鉢、壓片機、壓片模具、塑膠鑷子、高溫爐、木漿棉。

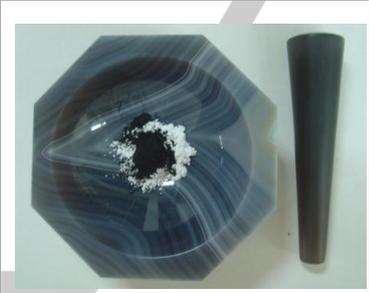
（二）測試：

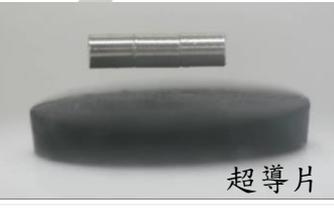
共用：玻璃培養皿、塑膠鑷子、鈦鐵硼強力磁鐵（Nd-Fe-B）、吹風機、杜瓦瓶、防凍手套。

五、藥品：

氧化鈮（yttrium oxide, Y_2O_3 ），碳酸鋇（barium carbonate, $BaCO_3$ ），氧化銅（copper(II) oxide, CuO ），液態氮（liquid nitrogen, $N_2(l)$ ），。

六、實驗步驟：

步驟	圖例
（一）高溫超導體之製備	
<p>1. 依化學計量比例（$Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3$），計算合成 0.004 莫耳之 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 高溫超導體所需原料 Y_2O_3、$BaCO_3$、CuO 之用量。</p> <p>註 1：於預習報告列出配方與計算，反應物的取量正確是合成的要件。</p> <p>註 2：本實驗藥品的純度高、價格昂貴，稱量時不要多取，避免浪費。</p>	
<p>2. 稱取並記錄 Y_2O_3、$BaCO_3$ 及 CuO 精確重量後，置於瑪瑙研鉢中。</p> <p>註 1：此實驗藥品與研磨後之粉末微細，操作時應戴口罩。</p> <p>註 2：瑪瑙研鉢價格昂貴，使用時應小心拿持。</p>	
<p>3. 以塑膠藥匙先將原料藥品混合均勻，再研磨至少 10 分鐘，使粉體充分混合及成為細緻粉末。</p> <p>註 1：使用塑膠藥匙，以避免金屬藥匙刮傷瑪瑙研鉢。</p> <p>註 2：瑪瑙研鉢使用後以清水及木漿棉洗淨、紙巾擦乾。</p>	

4.	<p>(1) 以塑膠藥匙將混合均勻之固體粉末轉置於乾淨的稱藥紙上。</p> <p>(2) 以模具及壓片機施加 1 ton/cm^2 之壓力約 1 分鐘，將粉末壓製成直徑 2 cm、厚度約 0.3 cm 之圓錠狀樣品。</p> <p>註 1：壓力不可超過 1 ton/cm^2，以免煅燒時裂開。</p> <p>註 2：使用後以木漿棉及水徹底清洗模具，除去表面附著的粉末，再擦乾。</p>	
5.	<p>(1) 使用塑膠鑷子將圓錠狀樣品小心夾放在氧化鋁坩堝蓋上，再放入方型高溫爐。</p> <p>(2) 電腦程溫控制以 $5^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 速度升溫至 930°C，高溫煅燒 10 小時，再以 $5^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 降至室溫後取出。</p> <p>註：登記個別試樣在高溫爐中位置，不需在坩堝上貼標籤或作記號，因高溫下均會灰化。</p>	 
<p>(二) 高溫超導體之性質測定</p>		
6.	<p>(1) 將所得圓錠狀成品放在玻璃培養皿中，以塑膠鑷子夾一顆釹鐵硼強力磁鐵放在上方，測試二者間作用力。</p> <p>(2) 加入適量液態氮使產物冷卻至液態氮溫度後，再夾放磁鐵於圓錠片上方，觀察磁鐵的磁浮現象並量測磁浮高度；可增加磁鐵數量，觀測磁浮性。</p> <p>注意：液態氮溫度極低，操作時應小心以避免凍傷。</p>	  <p style="text-align: right;">超導片</p>
7.	<p>磁浮性量測後，以吹風機將超導片吹乾，再收存於夾鍊袋中。</p>	