免焊料及助熔劑之高溫超導薄膜接合技術

Joining High Temperature Superconductor Films without any Solder and Flux

曾文彥
國立交通大學
電子物理系

蘇志祥
國立交通大學
電子物理系

羅志偉
國立交通大學
電子物理系

黃昆平
工研院機械所
先進機械技術組

張志振
工研院機械所
先進機械技術組

關鍵詞(Keyword)

- 高溫超導薄膜 high temperature superconductor film
- 釔鋇銅氧 yttrium barium copper oxide
- 微波 microwave

摘要(Abstract)

本研究利用微波將兩塊高溫超導釔鋇銅氧($YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$)薄膜，從室溫加熱至熔融狀態，並在施加適當壓力下，使兩塊高溫超導薄膜可以在不用焊料及助熔劑的情形下黏合在一起。經不同溫度下薄膜電阻的檢測，確認接合後的薄膜仍具高溫超導的特性。此研究結果將可進一步應用於製作無限長之高溫超導線材。

In this study, two high-T_c superconducting $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO) thin films were connected by microwave heating and applying proper pressure. This method can be performed without any solder and flux. After resistance-temperature measurements, the connected YBCO thin film still maintains the characteristic of high-T_c superconductivity as the originally individual films. This result can be further applied to the manufacture of long high-T_c superconducting tapes.

1. 前言

釔鋇銅氧化物($YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, YBCO)在 1987 年被朱經武博士及吳茂昆博士發現[1]，其電阻爲零的超導臨界溫度(T_c)可達 93 K。釔鋇銅氧化物被

發現之後，陸續有鉈鋇鈣銅氧化物(TBCCO, Tc= 127 K)、汞鋇鈣銅氧化物(HBCCO, Tc= 134 K)、鉍鍶鈣銅氧化物(BSCCO, Tc= 108 K)等超導臨界溫度更高的高溫超導體被發現。在釔鋇銅氧化物被發現之前，具有超導特性的物質，其超導臨界溫度都在液態氮沸點(77 K)以下，需使用液態氦冷卻，費用高昂。但對釔鋇銅氧化物而言，只需使用液態氮冷卻即可達到超導態，極具應用上的價值與潛力，而且其在超導態的優異電磁特性，持續吸引各個研究機構投入研究資源與人力。超導體在臨界溫度以下雖有電阻爲零特質，但無法無限制地承載電流，超導體在超導狀態下可承載電流最大值稱爲臨界電流，當通過超導體電流超過此值時會失去超導特性，所以臨界電流也是決定超導體是否具有應用價值的重要特性之一，上述高溫超導氧化物只有釔鋇銅氧化物同時具有高臨界溫度、高臨界電流及容易製作的特性。故雖然追求更高臨界溫度甚至是室溫超導的研究仍在進行中，仍有許多單位選擇釔鋇銅氧化物嘗試發展各方面的應用。就實際應用來說，目前可在核磁共振儀(MRI)、超導量子干涉磁量儀(SQUID)、故障電流限制器(FCL)等系統上發現高溫超導銅氧化物的蹤跡。此外，在電力輸送方面的應用也已進入測試階段[2]，這說明高溫超導線材(superconducting tape)的製作已接近商業化的目標[2-4]。

然而，高溫超導銅氧化物本身仍有許多缺點，造成廣泛應用上的限制。在物理特性方面，當高溫超導體處在過高的溫度、磁場或電流下時，會喪失其超導特性；在材料特性方面，釔鋇銅氧化物屬於陶瓷材料[5]，與一般陶瓷材料一樣易碎且不易黏合。這些問題都限制了高溫超導銅氧化物的應用範圍及其在線材上的製作。目前業界所利用的捲對捲(roll-to-roll)製程，一次可以生產大約數百公尺的高溫超導導線[2-4]，至於更長的高溫超導導線則需要利用接合的方式來實現，常見的做法是利用銅或銀來當作焊料將兩條高溫超導導線接起來[6]。而此類焊料皆非超導體，在實際操作時勢必產生額外的電阻，因此失去使用超導導線的原意(即零電阻)，同時也衍生許多應用上的問題。所以，如果可以發展出快速接合兩段高溫超導導線而又能完整維持其超導特性(例如:零電阻)的技術，則可爲高溫超導導線在電力傳輸工業及其他應用上帶來更多不一樣的思維及可能。

本研究於常溫常壓下利用微波可小範圍、局部且快速加熱物質的特性，成功將兩塊高溫超導薄膜接合，並且維持其原有之高溫超導特性。

2. 高溫超導薄膜之製備

目前工業上生產高溫超導薄膜的方式包括金屬氧化物沉積法(MOD)、有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD)、脈衝雷射濺鍍法(PLD)等方式，各有其優缺點。但所成長之薄膜品質並無明顯差異[7, 8]。在本實驗中，我們選擇速度較快的脈衝雷射濺鍍法來製備高溫超導釔鋇銅氧薄膜於鈦酸鍶($SrTiO_3$)基板上。透過脈衝雷射濺鍍法可製造出特性良好的釔鋇銅氧薄膜。此外，藉由調節濺鍍時的氧氣背景壓力，釔鋇銅氧薄膜的超導臨界溫度(T_c)可以被控制在 85 K 到 92 K 之間。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】350 期・101 年 5 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw