行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

探討同時穿越兩片超導體磁通子移動之相關性
研究成果報告(精簡版)

計 畫 類 別 ：個別型
計 畫 編 號 ：NSC 97-2112-M-032-006-
執 行 期 間 ：97 年 08 月 01 日至 99 年 01 月 31 日
執 行 單 位 ：淡江大學物理學系

計畫主持人：陳偉正

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：江正雄
博士班研究生-兼任助理人員：鄧光佑

處 理 方 式 ：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 99 年 03 月 17 日

報告內容

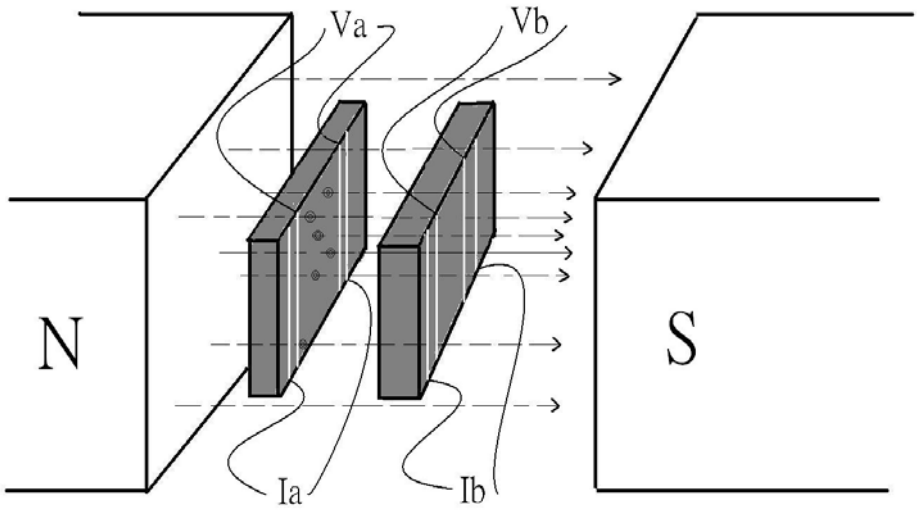
前言

高溫超導體發現至今還未被人類廣泛運用，因其運用的條件有很多限制，除了我們所熟知的溫度、電流、磁場等物理條件之外，還有許多的條件必須克服才能更有效的運用超導體，例如:結構本身能承受的外力，是否會受環境的潮解，受到溫度變化熱脹冷縮而變質，兩種材質之間的表面附著度等等，其中還有個最令人擔心嚴重的問題，我們知道當超導體轉換成超導態時，電阻會瞬間消失，同理,由超導態變回正常態時會瞬間產生巨大的電阻，因而帶出大量的電熱能，當局部熱能瞬間產生時會很迅速影響周遭超導環境，使整個超導態立即瓦解，這也是運用超導材料要注意的條件，所以本計劃所探討的主題在超導轉換區電阻的現象，其中磁通子的運動能適當的解釋電阻效應的產生，也是目前想更廣泛使用高溫超導體在節能上首要的課題。

研究目的

本計劃研究的目的在於了解超導體在轉換溫區中，由磁通子在雙層超導樣品運動的影響，觀察所測量出的電壓值變化，藉此討論磁通子是否能由其中一層樣品移動時，影響至另外一層樣品磁通子運動的行為。

將樣品置放在低溫系統中，外側加上永久磁鐵使磁力線同時穿透兩層樣品，樣品與樣品之間利用絕緣層相隔開，如圖(一)，希望能由控制其一樣品的電流，使本身磁通子變動，進而帶動另一片樣品的磁通子，由測量其電壓來了解磁通子的運動情況。



圖(一)

文獻探討

我們首先參考了文獻[1]上的實驗，兩層低溫超導金屬薄膜磁通子相互牽動運動的構想，運用在兩層高溫超導 YBCO 塊材之上，結果發現兩層塊材磁通子相互運動並不易測量出，在其他論文中發現[2]、[3]、[4]，有利用單一高溫超導塊材的上下兩面分別作上接腳，直接給上層通電流，測量下層電壓所產生的變化，其結果得知在轉換區間中，磁通子互相的牽引，僅發生在 R-T 圖中較低的轉換溫度上。除了釔鋇銅氧材料之外鉍鍶銅氧也有相關的文獻討論[5]、[6]、[7]。

參考文獻

[1] I. Giaever, *Phys. Rev. Lett.* 15, 825 (1965).

[2] H. Safar, E. Rodriguez, F. de la Cruz, P. L. Gammel, L. F. Schneemeyer, and D. J. Bishop, *Phys. Rev. B* 46, 14238 (1992)

[3] Y. Eltsev, W. Holm, and Ö. Rapp, *Phys. Rev. B* 49, 12333 (1994)

[4] Ö. Rapp, T. Björnängen, Yu. Eltsev and A. Rydh Journal of Low Temperature Physics Volume 131, Numbers 5-6 (2003)

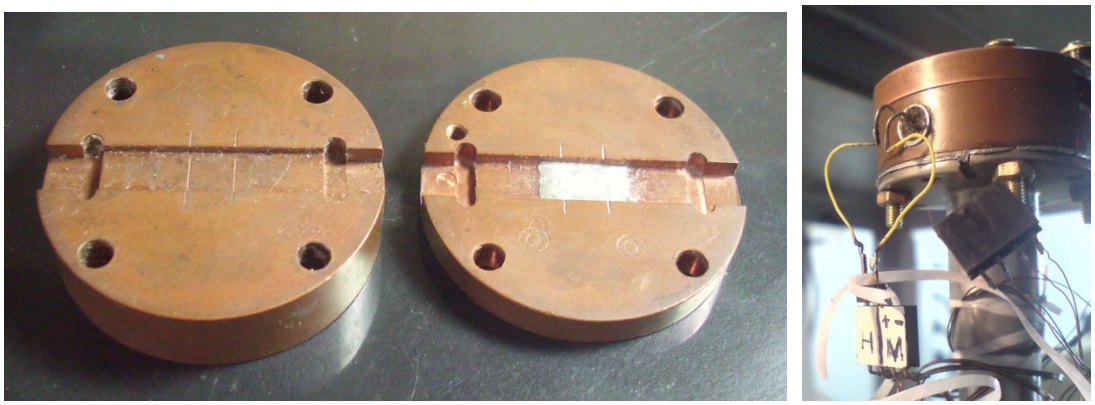
[5] G. Briceno, M. F. Crommie, and A. Zettl, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2164 (1991)

[6] R. Busch, G. Ries, H. Werthner, G. Kreiselmeyer, and G. Saemann-Ischenko, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 522 (1992)

[7] D.T. Fuchs, R.A. Doyle, E. Zeldov, D. Majer, W.S. Seow, R.J. Drost, T. Tamegai, S. Ooi, M. Konczykowski, and P.H. Kes, *Phys. Rev. B* **55**, R6156 (1997)

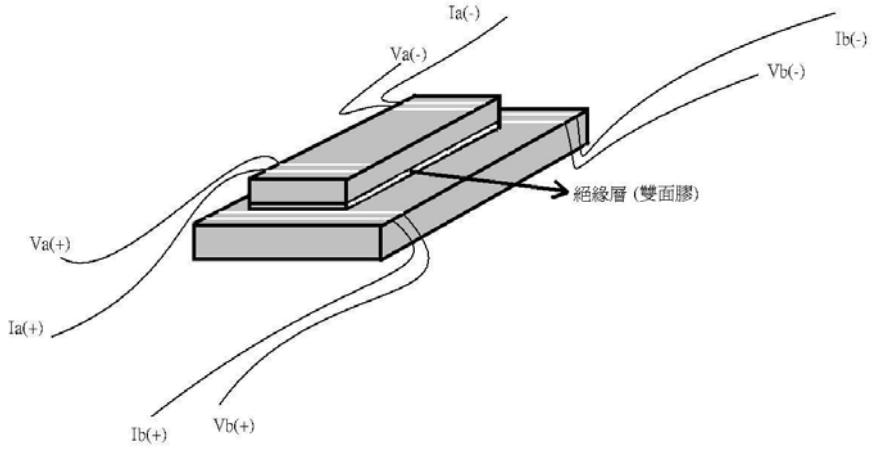
研究方法

由於希望使兩片超導體能同時在轉換溫區中產生磁通子運動與互相影響，在樣品的置放座用了這樣的設計如圖(二)，



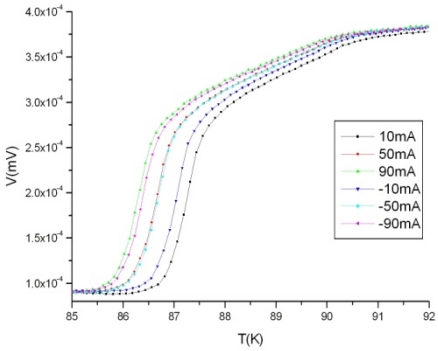
圖(二)

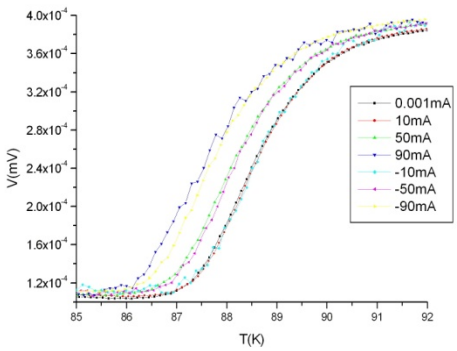
將樣品分別放在圓形銅座的溝槽中，利用銦填補在接觸的部份加強熱的傳導，避免電流的熱效應而測量出非由磁通子牽動所造成的電壓值，樣品部分利用四點量測法如圖(三)，



圖(三)

在 B 樣品給予一個電流訊號,試圖在此電流下能觀察出 A 樣品所受到的電壓變化，初步實驗結果發現超導在轉換區電阻驟變時，由於 B 電流產生的熱效應可能遠遠大於我們實驗的測量結果如圖(四 a)、圖(四 b)

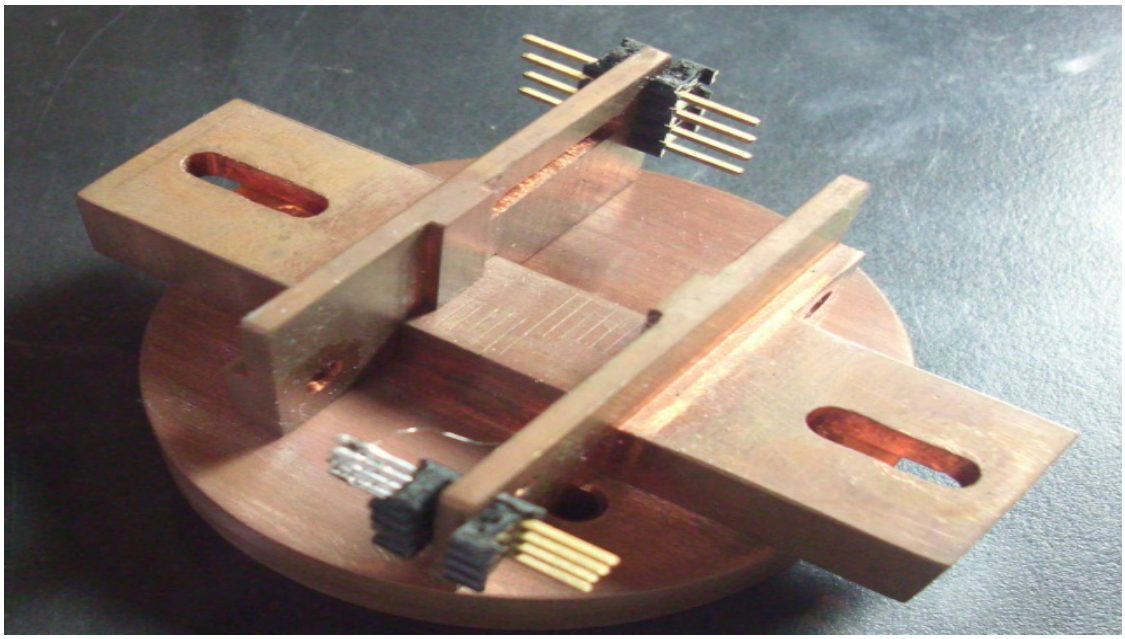




圖(四 a)　　圖(四 b)

以上二圖 左圖為無外加磁場，右圖為外加 5000 高斯磁場之比較結果。我們將下層樣品外加不同大小與方向的電流，Ib=10mA、-10mA、50mA、-50mA、90mA、-90mA 利用四點量測法測量上層樣品電壓，觀察其結果與電流大小有關係，但與電流方向無顯著差異，判斷是與電流產生之熱效應有關。

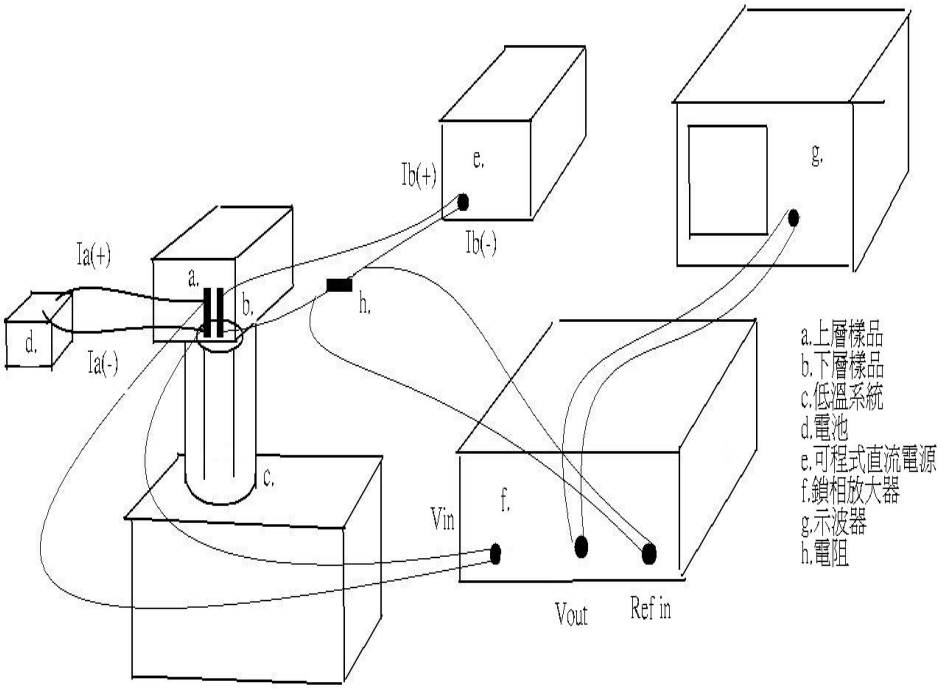
因此我們設計了能使樣品與銅座接觸更良好的裝置如圖(五)



圖(五)

此銅座特色在於置放樣品的兩片銅板,能調動前後位置確實將樣品夾緊在兩平板之間,之後鎖緊在低溫系統的冷頭上達到我們所需要的溫度控制效果

再利用鎖相放大器，給予 B 樣品脈衝式電流，減少熱的產生，利用此脈衝電流頻率，作為測量 A 樣品的參考頻率，鎖住此頻率下讀出的電壓值儀器之連接如圖(六)



圖(六)

在線路配接上，我們利用可程式電流源輸出一個固定頻率的脈衝電流流經樣品B，接著在此電路上串接一個固定電阻產生壓降，將此訊號頻率先由鎖相放大器鎖住,測量在此頻率下樣品 A 所受到的電壓變化，並在樣品 A 上利用電池外加載流改變 Ia 數值大小，最後將鎖相放大器放大的電壓連接至示波器上觀察。

經由示波器上觀察到的電壓值發現,當溫度經過超導溫區時，由樣品 B 上流經的固定頻率電流，在此頻率下並未對樣品 A 造成明顯的電壓值改變。

結果與討論

經過實驗結果的分析，我們並未在轉換溫區中明顯觀察出兩個樣品相互影響的狀況.討論的結果主要為下列因素，第一:YBCO 單晶塊材樣品臨界電流密度較大，因此所使用的永久磁鐵(約 0.5T)較難增加樣品處於轉換區型態的溫區大小，要同時控制兩塊樣品都在轉換區內作業較不容易，第二:絕緣層厚度大於磁通子能相互影響的距離，根據文獻[2],對高溫超導體磁通子相互影響的距離只有少於650Å,遠少於我們所用的絕緣厚度 60μm，因此導致我們在測量上看不出兩層磁通子的移動有相互影響。

計畫成果自評

在本計劃內, 我們打算討論當外加磁場同時穿透兩片超導體. 以附加電流使其中一片超導體之磁通子移動, 量測另一片由於磁通子移動時所產生之電壓, 從而得知兩片磁通子移動時之關連性, 實驗結果顯示, 在兩片超導體之間的絕緣層厚度為 60μm 時, 則在兩片內移動之磁通子互不影響, 其原因主要是由於高溫超導體之同調長度(coherence length)短於我們所用絕緣層之厚度, 不過, 由此實驗使我們對單晶高溫超導體 R-T 曲線圖為何在轉換區有 shoulder 之出現有所了解, 因為, 在超導轉換區低溫的區域, 超導體的同調長度較長, 讓磁通子移動時, 多了互相牽動的部分, 使電阻增加, 至於實驗技術方面, 我們設計了不同的基座, 以冷卻樣品, 亦學會了以鎖相放大器, 減少電流對樣品所產生熱的影響, 使學生對低溫系統之操作有更深入的了解