

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 強關聯系統中的相分離、電荷有序與 Kondo 效應(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2112-M-009-032-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學物理研究所

計畫主持人：林俊源

計畫參與人員：張維仁，劉俐君，黃家堯

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 31 日

**【中文摘要】：**

過去十個月，我們用 X 光吸收光譜的方法，研究了強關聯系統中的相分離現象。我們也發現了  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  電子摻雜的強烈證據，也對其電子結構有更進一步的了解。我們也發現 CMR 系統中的表面與整體電子結構的差異。在  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  系統中，我們觀察到 stripe phase 形成引起的電子結構變化，在硬體方面，我們正在進行 He3 低溫系統的架設。

**【Abstract】：**

In the past ten months, we have deployed x-ray absorption spectroscopy to investigate the phase separation in the strongly correlated systems. Our results provide strong evidence of electron doping in  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$ , and show that  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$  is a majority-spin ferromagnetic metal. We have also observed the differences in the surface and bulk electronic structures in CMR manganites. In  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  cuprates, we observed the electronic structure changes due to the stripe phase. As for the instrumentation, we are now setting up the He3 system.

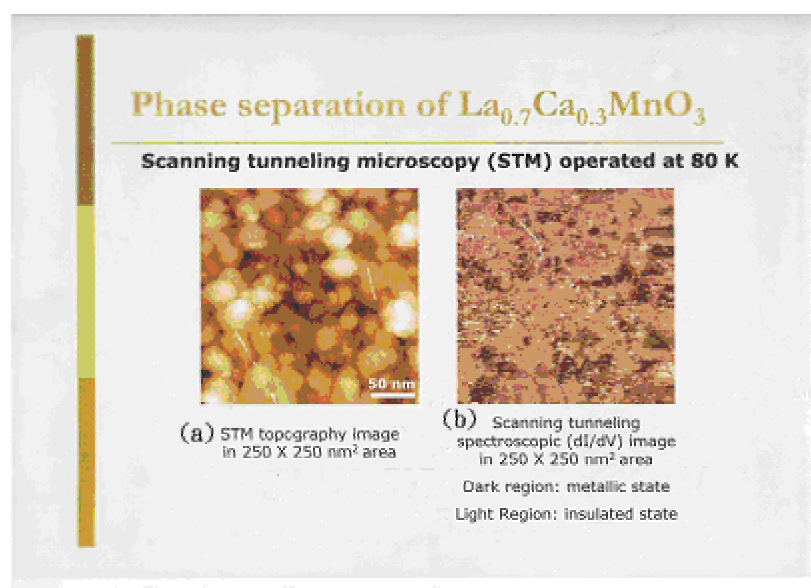
## 一、 研究工作進度

在本多年計劃的前十個月，我們已努力的進行了在強關聯系統中相分離與 stripe phase 的研究。主要的研究對象是錳氧化物磁性系統與銅氧化物超導系統。這些研究的初步成果已被國際知名期刊授受 [ 1 , 2 ]，更完整的結果將於近期送往國際期刊發表。

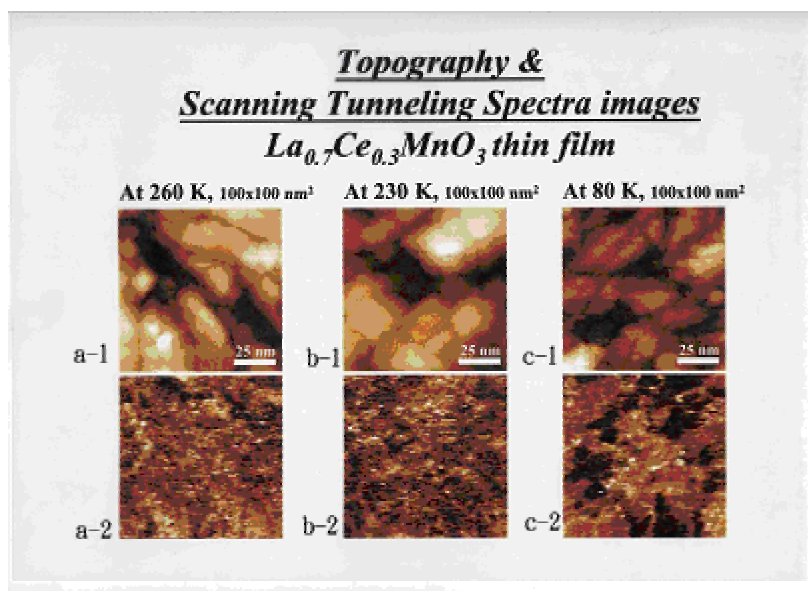
茲將目前最新結果略述如下：

### (一) $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ ，電子 CMR 系統

相對於電洞 CMR 材料如  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ ，我們已經成功的製備較罕見的電子 CMR  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜。詳細的 X 光繞射分析顯示其為高品質的磊晶薄膜。我們發現與  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  相近，此電子系統在居里溫度以下也有相分離的現象，如圖一、二。

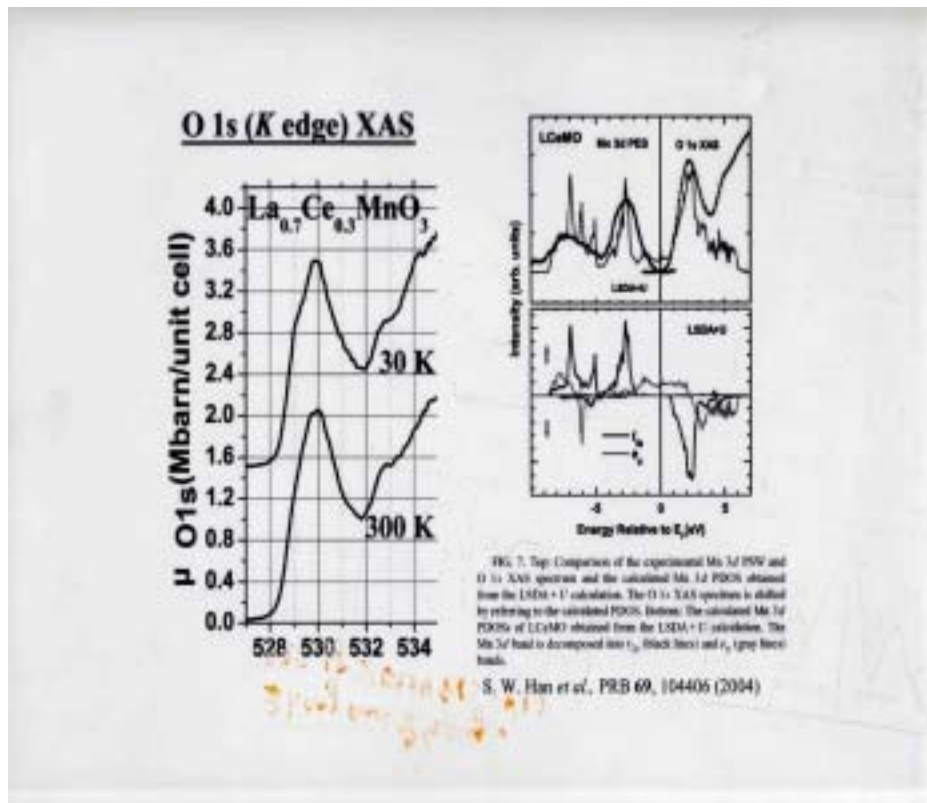


圖一 (a)  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜表面影像。(b)  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜表面(與 a 同一區域)電導率( $dI/dV$ )影像。在居禮溫度( $T_c \sim 260\text{K}$ )以下，觀察到金屬態(暗區)與絕緣態(亮區)在空間上明顯的分離。



圖二 a-1, a-2, a-3 為  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$  在不同溫度下的薄膜表面影像。b-1, b-2, b-3 為  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$  在不同溫度下的薄膜表面(分別與 a-1, a-2, a-3 同一區域)電導率( $dI/dV$ )影像。在居禮溫度( $T_c \sim 250\text{K}$ )以下，觀察到金屬態(暗區)與絕緣態(亮區)在空間上明顯的分離。

X 光吸收光譜提供了充分的證據顯示(如圖三)在  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$  中的確有電子摻雜的現象發生，且放進的電子是處於  $e_g^2 \uparrow$  的能帶中。



圖三 O K-edge 光譜顯示在  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$  中確實有 hole filling 的現象發生。光譜的結果也符合能帶理論計算。

## (二) 錳氧化物的表面與整體(bulk)的電子結構

相分離的現象在許多強關系統中，均被觀察到。因此相分離是否一種在強關聯的系統中，普遍存在的現象？這是一個正被熱烈討論的問題。然而，有許多相分離的證據皆來自探討表面性質的實驗，如掃描穿隧顯微鏡。然而在此類系統中，表面的性質真的可以代表整體的性質嗎？

我們也用了兩種不同的吸收光譜技術研究 CMR 錳氧化物的表面與整體電子結構，發現了其中的差異性。見圖四、五。

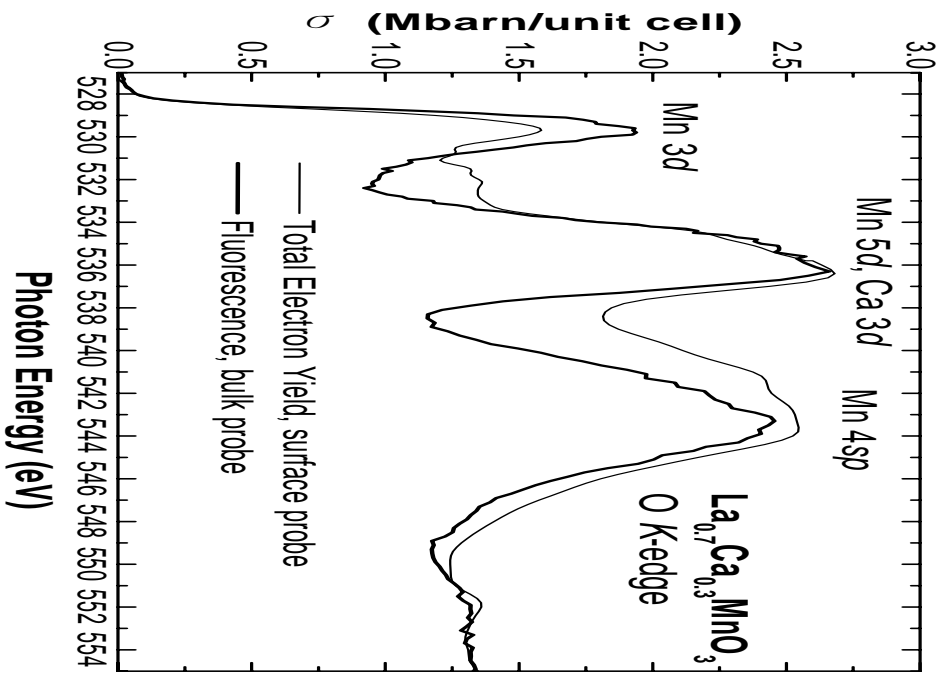


Fig. 2 Liu et al.

圖四 LCMO 的 O K-edge X光吸收光譜。細線為 Total Electron 光譜而粗線為 Fluorescence 光譜。

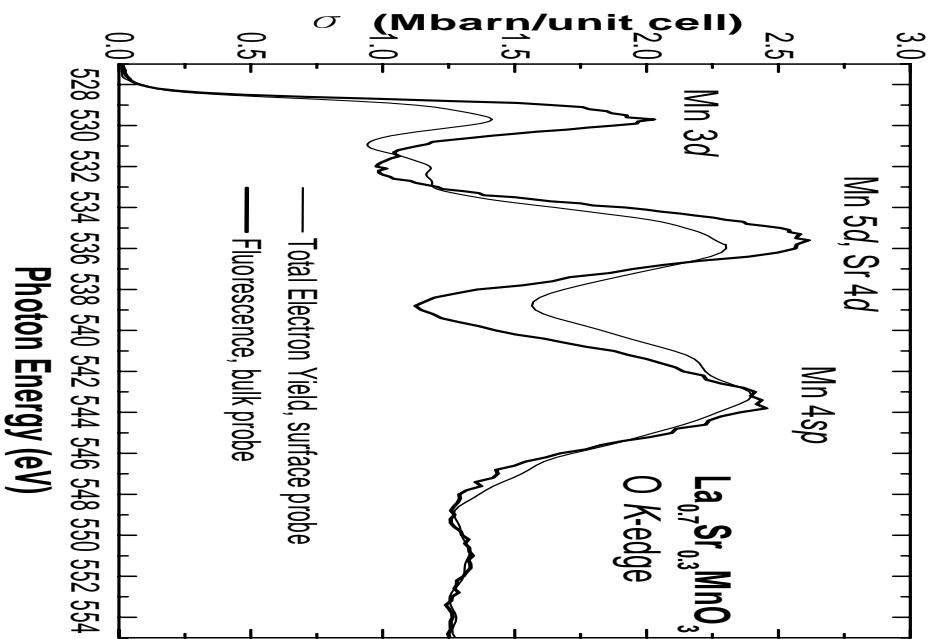


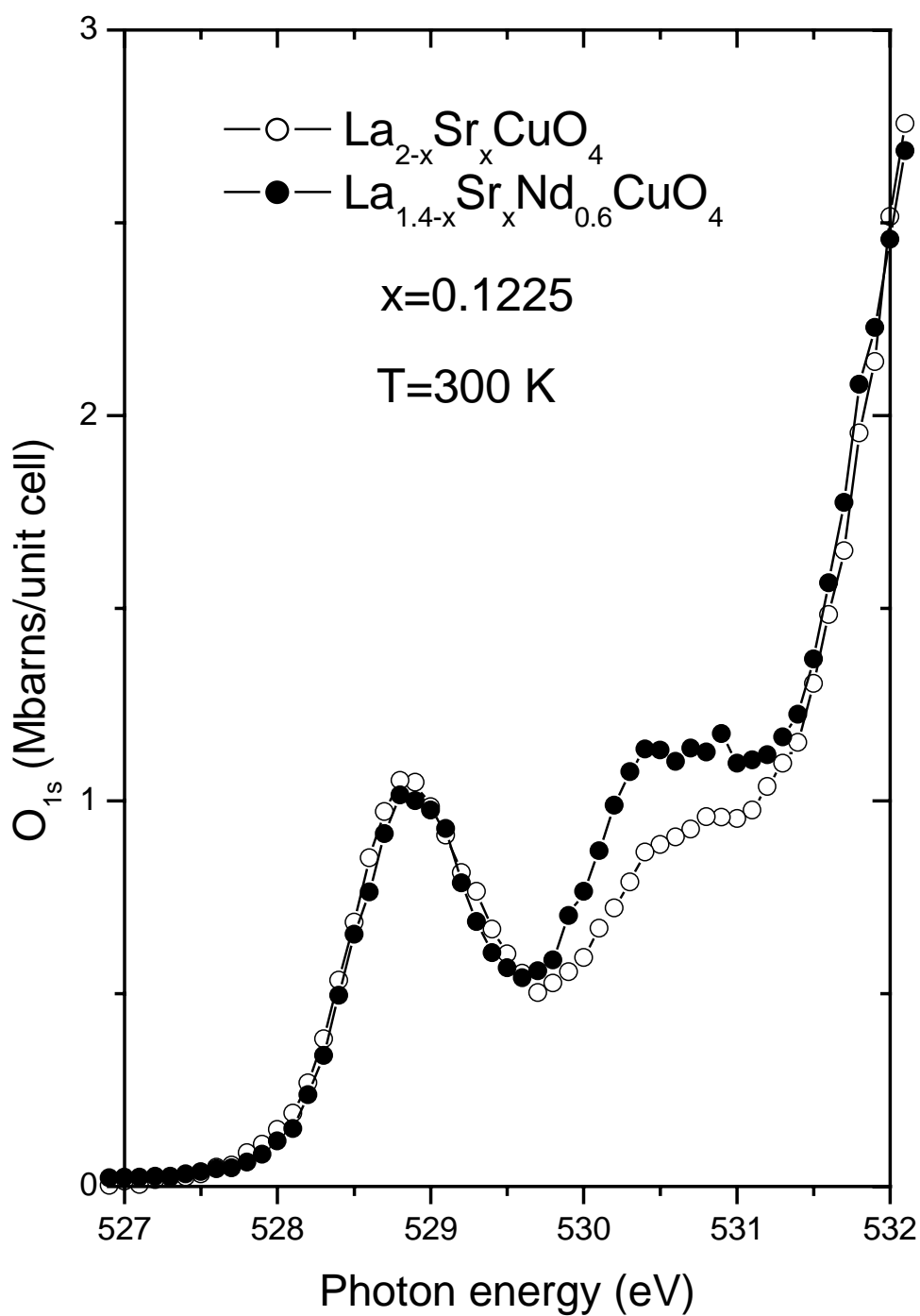
Fig. 3 Liu et al.

圖五 LSMO 的 O *K*-edge X 光吸收光譜。細線為 Total Electron 光譜而粗線為 Fluorescence 光譜。

### (三) 銅氧化物中因 Stripe phase 引起的電子結構改變

一般認為，當  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) 中的電洞濃度在  $x=1/8$  時，會有 stripe phase 的 charge ordering 發生。LSCO 的電性與超導將有極大的變化，如從二維的電子傳輸行為轉變到一維系統。

我們也用了 X 光吸收光譜探討  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  與  $\text{La}_{1.4-x}\text{Nd}_{0.6}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  的電子結構，發現在  $x=1/8$  時，電子結構發生了變化，如圖六。這些觀察到的變化符合理論上的預測。



圖六 在 530eV 到 531eV 之間的光譜差異來自於 stripe phase 的電子結構。

## 二、 儀器架設

我們已完成 He3 低溫系統的採購，近期將可在實驗室組裝完



成。希望能在暑假期間完成系統測試，並開始從事 0.5K 以下的實驗。

### 三、 明年展望

除了繼續進行上述的相分離研究外，並將利用 He3 系統，探討相分離的 ground state。我們也將研究新的超導體  $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ ，這是另一個有趣的強關聯系統。

### References

- [1] J.-Y. Lin, C. W. Huang, P. H. Lin, C. P. Sun, J. M. Lee, J. M. Chen, and H. D. Yang, “the electronic structure change induced by stripe phase formation in cuprates”, *Physica C*, in press.
- [2] J.-Y. Lin, W. J. Chang, J. Y. Juang, T. M. Wen, K. H. Wu, Y. S. Gou, J. M. Lee, J. M. Chen, “Spectroscopic evidence of electron doping in  $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.3}\text{MnO}_3$ ”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, in press.