

國立交通大學

電子物理系

博士論文

量子系統的多鐵相變與低能激發能譜

Multiferroic Transitions and Low-Energy Excitations of
Quantum Spin Systems



研究生：黃詩雯

指導教授：黃迪靖 教授

中華民國九十九年七月

量子系統的多鐵相變與低能激發
Multiferroic Transitions and Low-Energy Excitations of
Quantum Spin Systems


研究生：黃詩雯

Student : Shih-Wen Huang

指導教授：黃迪靖 教授

Advisor : Prof. Di-Jing Huang

國立交通大學
電子物理系
博士論文



A Dissertation
Submitted to Department of Electrophysics
College of Science
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy
In
Electrophysicsphysics

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

Multiferroic Transitions and Low-Energy Excitations of Quantum Spin Systems

Student: Shih-Wen Huang

Advisors: Prof. Di-Jing Huang

Department of Electrophysics

National Chiao Tung University

Abstract

The physical properties of transition metal oxides have received much attention for decades. The interplay among spin, charge and orbital degrees of freedom coupled with the lattice of these materials results in interesting phenomena. In this thesis, we performed measurements of resonant soft x-ray scattering to investigate the electronic properties and multiferroic transitions of quantum spin systems.

We studied the magnetic transition as well as the ground-state properties of LiCu_2O_2 . The results of soft x-ray scattering indicate that the spin coupling along the c axis is essential for inducing electric polarization. We also found that CuO exhibits a long-range magnetic ordering which is incommensurate with the lattice for temperature between 213 and 230 K. With further cooling, an incommensurate-commensurate transition sets in and the commensurate magnetic order appears.

In addition, a soft x-ray beamline was successfully commissioned for resonant inelastic soft x-ray scattering. With this new technique, we unraveled the dd excitations of multiferroic LiCu_2O_2 and CuO to understand their detailed electronic structure

量子系統的多鐵相變與低能激發能譜

學生:黃詩雯

指導教授:黃迪靖教授

國立交通大學

電子物理系

中文摘要

近數十年來，過渡金屬氧化物中的物理性質備受矚目。在這些材料中，電子的自旋、電荷與軌道等自由度與晶格緊密的結合，產生了許多豐富而有趣的物理現象。本論文，藉由共振軟X光散射研究量子系統 LiCu_2O_2 以及 CuO 的多鐵相變與電子結構。

第一個研究主題是， LiCu_2O_2 的磁相轉變與基態的性質，從共振軟X光散射結果顯示，沿著 c 軸方向磁矩間的相互耦合是產生鐵電性不可或缺的元素。接著，在 CuO 方面實驗結果指出，溫度低於230 K以下，長程磁有序形成。溫度介於213 ~ 230 K之間，此磁性結構與晶格不相稱；隨著溫度的降低，磁結構週期變為晶格的整數倍。

同時，一座新的軟X光非彈性散射儀亦被成功的測試完成。我們利用這項新的實驗技術，研究多鐵材料-- LiCu_2O_2 與 CuO 的電子低能激發能譜，進而瞭解這類材料的細部的電子結構。

Acknowledgements

誌謝

本論文可以譜下句點要感謝的人真的很多。我的指導老師黃迪靖教授。感謝黃老師在我博士班最危急的伸出援手，讓我可以順利完成學位。我知道沒有這些老師的幫忙，我無法學會這麼多東西，我也永遠不知道自己的潛力，這本論文更是不可能完成。

回想起我的博士班生涯可以說是非常坎坷，不是三言兩語就可以形容！這一路走來，很感激淡江大學所有給我支持、期待和鼓勵的老師，因為你們的問候，常使我心中倍感溫暖。特別是陳憬燕老師和林大欽老師，這些年中，不僅在學業上更在生活處世上給予我正確的觀念，使我這一生都受用不盡；並在我幾次最失意的時候給我莫大的幫助和鼓勵，讓我有勇氣面對現實與挑戰。感謝同步輻射中心的許火順博士、徐嘉鴻博士兩人不斷在實驗上和生活上給我的幫助與關心，沒有你們，我想我無法度過這充滿挑戰的博士生涯。

感謝大師兄鄭澄懋博士，總是在各個方面給我開導與建議，並時常講笑話，讓我緊繃的心情得以舒緩。感謝實驗室的所有學弟妹以及助理，因為你們的存在使我的博士生生涯並不孤寂。

最後我要感謝在背後支持我的爸爸，從小提供我良好的環境與充分的資源，讓我完成各階段的學業；以及我的哥哥、嫂嫂和姊姊，因為你們默默的付出與祝福，讓我並不寂寞。還有我可愛的小姪女辰寧，妳甜美的問候總讓失落的我又精神百倍。特別感謝我的未婚夫振民，時時刻刻陪伴在我身邊，關心我生活的一切，給我加油打氣，使我倍感幸福。

再次感謝所有曾經幫助過我和關心我的每一個人。我要將此篇論文與我的學位獻給在天上的母親，希望現在的我能令您感到光榮。結束也是另一個開始，相信在經歷這一段風雨之後，我已經變的更堅強，更有勇氣面對未來的挑戰。

黃詩雯 於新竹 國家同步輻射中心