

# 論文審査の結果の要旨

氏名 佐藤 弘樹

近年、遷移金属酸化物において薄膜成長技術が向上し、その複合薄膜やヘテロ界面は、新たな機能性デバイス構築の舞台として、また、新規物性開拓の舞台として注目を集めている。パルスレーザー堆積法 (PLD 法) は、高融点、多元素化合物である遷移金属酸化物のエピタキシャル薄膜の作製に適しており、頻繁に使用される手法である。しかし、一般に、得られた薄膜の物性は作製条件によって大きくばらつくことが知られている。特に、僅かな不純物や欠陥の存在によって、その性質が敏感に変化するヘテロ界面や極薄膜構造においては、その品質の制御が大きな課題となっている。

以上の背景のもと、本論文では、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ構造及び  $\text{SrMoO}_3$  薄膜を対象として、その作製条件と界面・薄膜の品質、及び、伝導物性との相関を明らかにした。具体的には、作製条件に関して、温度、酸素分圧といった薄膜成長の一般的な条件に加え、蒸着源のレーザー励起密度、蒸着源へのレーザー集光方法、アブレーションプラズマの形状等を吟味し、条件の最適化を行った。得られた  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ構造界面、及び、 $\text{SrMoO}_3$  薄膜について、作製条件と伝導物性の相関を系統的に精査するとともに、様々な手法でその伝導物性を議論した。

本論文は 8 章からなる。第 1 章には、序論として研究の背景と論文の概要・構成が述べられている。第 2 章には、本論文の対象である 2 つの系に関する背景と研究の目的が記されている。第 3 章には、実験手法が記されている。

第 4 章では、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ界面の伝導特性が、 $\text{LaAlO}_3$  薄膜の化学量論比によって大きく変調されることが記されている。励起レーザーのパラメータを精密に制御することで、 $\text{LaAlO}_3$  薄膜内の  $\text{La}/\text{Al}$  比を幅広く変化させることに成功するとともに、化学量論比からの乖離に応じて薄膜格子が拡張し、界面に蓄積される電子密度が急激に減少することが述べられている。この結果は、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  極性界面で生じる  $\text{LaAlO}_3$  薄膜内の静電ポテンシャルの発散を防ぐ界面再構成が高伝導性の起源であることを支持している。

第 5 章では、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ界面の作製条件を広く変化させることで極めて低電子密度、高電子移動度状態を実現し、強磁場下において明瞭な量子振動を観測したことが記されている。伝導層の電子密度の減少に従って、量子振動とホール効果からそれぞれ見積られる電子密度の乖離は 3 倍以下に

減少することを見出している。

第6章では、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ界面に強磁性秩序が存在することを走査型 SQUID 磁束計と X 線磁気円二色性測定より見出した結果が記されている。強磁性秩序が伝導性を担う電子とは独立に界面に局在した電子に由来することが指摘されている。

第7章では、PLD 法におけるアブレーションプラズマの形状を制御することで、これまでの報告を上回る電気伝導性を示しかつ平坦な表面を有する  $\text{SrMoO}_3$  エピタキシャル薄膜の作製に成功したことが記されている。

第8章では、本研究の総括が述べられている。

なお、第4章は C. Bell (SLAC)、疋田育之 (SLAC)、S. Zhu (Cornell 大学)、D. G. Schlom (Cornell 大学)、H. Y. Hwang (Stanford 大学) 各氏、第5章は M. Kim (ソウル国立大学)、Y. W. Xie (Stanford 大学)、C. Bell (SLAC)、疋田育之 (SLAC)、J.-W. Kim (Los Alamos 国立研究所)、M. Jaime (Los Alamos 国立研究所)、R. D. McDonald (Los Alamos 国立研究所)、H. Y. Hwang (Stanford 大学) 各氏、第6章は C. Bell (SLAC)、Y. W. Xie (Stanford 大学)、細田雅之 (SLAC)、J. A. Bert (Stanford 大学)、B. Kalisky (Stanford 大学)、K. C. Nowack (Stanford 大学)、H. Noad (Stanford 大学)、J. R. Kirtley (Stanford 大学)、E. M. Spanton (Stanford 大学)、K. Moler (Stanford 大学)、J.-S. Lee (SLAC)、C.-C. Kao (SLAC)、疋田育之 (SLAC)、H. Y. Hwang (Stanford 大学) 各氏、第7章は疋田育之 (SLAC)、C. Bell (SLAC)、H. Y. Hwang (Stanford 大学) 各氏との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を遂行したもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上から、本論文は、酸化物薄膜及びヘテロ構造の電子物性の開拓に大きく貢献するものである。したがって、博士 (科学) の学位を授与できると認める。

(1996字)