

輸送特性による遷移金属酸化物界面の特性評価 Electronic Characteristics of Transition Metal Oxide Interfaces

澤彰仁
Akihito Sawa

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki 305-8562, Japan.

*e-mail: a.sawa@aist.go.jp

1. はじめに

遷移金属酸化物の多様な電子相を外場により制御する新機能デバイスの開発を目指して、遷移金属酸化物ヘテロ接合の輸送特性や磁気特性が精力的に研究されている。特に、 n 型酸化物半導体の Nbドープ SrTiO₃ (Nb:STO) と他のペロブスカイト型遷移金属酸化物を組み合わせたヘテロエピタキシャル接合は、ショットキーや p - n 接合同様の整流性に加えて、磁気抵抗効果の電場変調[1]、磁気静電容量効果[2]、光キャリア注入による伝導特性の変化[3]、電界誘起抵抗スイッチング効果[4]などの現象が発現することで注目されている。これらの現象は界面電子状態と密接に関係していると考えられ、その詳細を理解するためには、まずは界面電子状態を明らかにする必要がある。

そのような観点から、本研究では様々な遷移金属酸化物と Nb:STO から成る強相関酸化物ヘテロ接合の材料横断的に作製し、その電流-電圧 (I - V)、静電容量-電圧 (C - V) 特性から界面バンド構造を評価した[5]。また、遷移金属酸化物ヘテロ界面の電子状態を電界や磁場などの外場により制御することを試みた[6]。

2. 実験

遷移金属酸化物ヘテロ界面のバンド構造を評価する試料として、遷移金属酸化物 La_{1-x}Sr_xMO₃ (LSMO: M =Mn, Fe, Co, Ni) と Nb:STO (Nb: 1at%) から成るヘテロエピタキシャル接合を作製した。作製方法は、パルスレーザー堆積法により LSMO エピタキシャル薄膜を Nb:STO (100) 単結晶基板上に作製し、フォトリソグラフィと Ar イオンミリングにより接合へと加工した。4 軸 X 線回折の結果から、LSMO 膜は面内の格子定数が基板と揃ったコヒーレント成長をしており、格子不整合に起因する欠陥が少ない界面が形成されていることを確認した。

3. 酸化物ヘテロ界面のバンド構造

図 1 は LSFEO/Nb:STO 接合の異なる Sr 置換量(x)における典型的な I - V 、 C - V 特性である。 I - V 特性は良好な整流性を示しており、この接合界面にバンド不連続と空乏層が存在していることを示唆している。また、低電圧領域 C - V 特性は $1/C^2$ が V に対して線形に変化しており、ショットキーまたは p - n 接合が形成されていることが分かる。高電圧領域で $1/C^2$ - V が線形関係からずれるのは、Nb:STO の誘電率が電界依存性を有するためである。他の遷移金属酸化物 LSMO (M =Mn, Co, Ni) 接合についても同様に整流性と $1/C^2$ - V の線形関係が観測

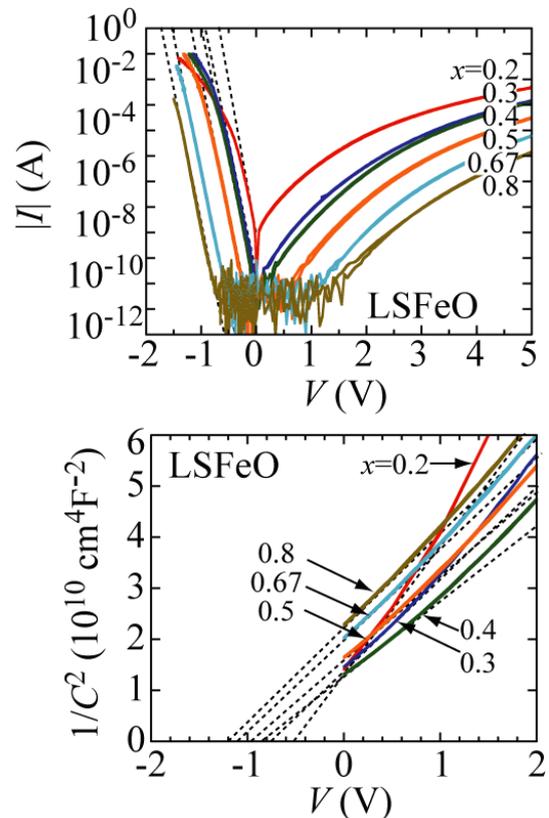


図 1 La_{1-x}Sr_xFeO₃/Nb:STO 接合 ($x=0.2$ - 0.8)の I - V 、 $1/C^2$ - V 特性[5]。

された。

図 2(a)は、 I - V 、 C - V 特性から求めた LSMO/Nb:STO 接合のショットキー障壁 (ϕ_B)とビルトインポテンシャル(V_{bi})の Sr 置換量(x)依存性である。すべての LSMO において、 x が増加すると ϕ_B 、 V_{bi} が単調増加している。この結果は、 x の増加、即ち LSMO のホールキャリアの増加にともない LSMO のフェルミレベルがシフトしていることを示唆している。図 2(b)は、 $x=0.5$ における ϕ_B 、 V_{bi} を基準として見積もった LSMO のフェルミレベルの x 依存性である。 x に対するフェルミレベルの変化は、強相関酸化物によらず同じであり、 x が 0 から 1 まで変化すると約 1eV 変化する。この変化量は、光電子分光により評価した LSMO ($M=Mn, Fe$)のホールキャリア濃度に対する化学ポテンシャルの変化[7]と定量的に一致していることから、本研究で用いた LSMO/Nb:STO ヘテロエピタキシャル接合では ϕ_B 、LSMO のフェ

ルミレベルの変化に対応して ϕ_B 、 V_{bi} が変化していると考えられる。また、このことは LSMO/Nb:STO ヘテロエピタキシャル界面ではフェルミレベルのピン止め効果が無視できるくらい小さいことを示しており、高品質のヘテロエピタキシャル界面が形成されていることを示唆している。

この様なフェルミレベルのピン止め効果が小さい整流性界面では、遷移金属酸化物の電子相の変化は Nb:STO の界面バンド構造も変化させ、それにより界面輸送特性が大きく変化する可能性がある。この可能性を検証するため、Nb:STO と酸化物超伝導体や外場印加により金属-絶縁体転移を Mn 酸化物のヘテロエピタキシャル接合を作製し、電場や磁場印加による界面電子状態と輸送特性の変化を評価した。それらの結果については当日報告する。

本研究成果は藤井健志、山本晃生、山田浩之、松野丈夫、中村優男、川崎雅司、十倉好紀の諸氏との共同研究によるものである。

References

- [1] H. Tanaka *et al.*: Phys. Rev. Lett. **88**, 027204 (2002).
- [2] N. Nakagawa *et al.*: Appl. Phys. Lett. **86**, 082504 (2005).
- [3] T. Muramatsu *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. **44**, 7367 (2005).
- [4] T. Fujii *et al.*: Appl. Phys. Lett. **86**, 012107 (2005).
- [5] A. Yamamoto *et al.*: Appl. Phys. Lett. **90**, 112104 (2007); A. Sawa *et al.*, *ibid.* **90**, 252102 (2007).
- [6] M. Nakamura *et al.*: Phys. Rev. B **75**, 155103 (2007); J. Matsuno *et al.*: Appl. Phys. Lett. **92**, 122104 (2008).
- [7] A. Fujimori *et al.*: J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **124**, 127 (2002).

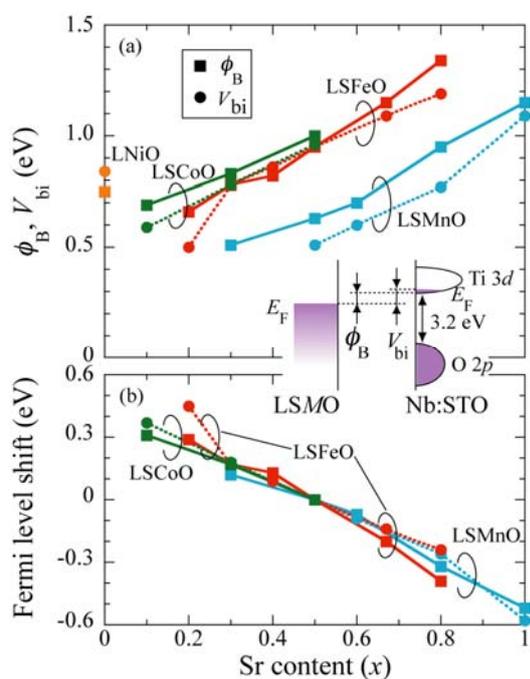


図 2 (a)LSMO ($M=Mn, Fe, Co, Ni$)の ϕ_B 、 V_{bi} の Sr 置換量(x)依存性。(b) $x=0.5$ における ϕ_B 、 V_{bi} を基準として見積もった x に対する LSMO ($M=Mn, Fe, Co$)のフェルミレベルの変化[5]。