

硬 X 線光電子分光法による強相関電子系強磁性酸化物ヘテロ構造の 界面電状態評価

Interfacial electronic structure of strongly correlated oxide heterostructures investigated by hard X-ray photoemission spectroscopy

田中秀和^a、大西正敏^a、柳田 剛^a、佐藤一成^a、石川瑞恵^a、池永英司^b
Hidekazu Tanaka^a, Masatoshi Ohnishi^a, Takeshi Yanagida^a, Issei Satoh^a, Mizue Ishikawa^a,
Eiji Ikenaga^b

^a 大阪大学産業科学研究所、^b 高輝度光科学研究センター

^a ISIR-Sanken, Osaka University, ^b JASRI

(La,Ba)MnO₃/Nb-SrTiO₃ 酸化物 p-n ヘテロ構造の硬 X 線光電子分光測定を行い、20nm 厚さの薄膜を通して、n 型酸化物半導体層の界面電子状態（エネルギーシフトの系統的なキャリア濃度、深さ方向依存性を観測する事に成功した。

The Hard X-ray Photoemission Spectroscopy measurements were conducted on (La,Ba)MnO₃/Nb-SrTiO₃ oxide p-n heterojunction, and revealed that systematic energy level shift of Sr 2p core level near interface in n-type Nb-SrTiO₃ layer on carrier concentration dependence and depth dependence even though 20nm thickness over layer.

背景と研究目的

バルク敏感な硬 X 線を用いた光電子分光法により強相関電子系強磁性酸化物ヘテロ構造デバイスの界面付近の電子状態（深さ依存性）を明らかにする。遷移金属酸化物は、強磁性、超巨大磁気抵抗等の多彩な物性（強相関電子物性）が室温以上で発現する興味深い物質であり、電場や光などの外場に応答する半導体、強誘電体酸化物とナノスケールで組み合わせ、キャリア・スピン濃度を制御するヘテロ構造素子作製により高機能なスピndeデバイスが作

成できると考えられる。対象として、n 型の亜バンド半導体である Nb ドープ SrTiO₃ 単結晶基板上に形成した p 型強相関電子系酸化物強磁性体(La_{0.85}Ba_{0.15})MnO₃(LBMO)薄膜(濃度 $6 \times 10^{20}/\text{cm}^3$)のバルクおよび界面電子状態測定を行った。

実験

光電子分光法(SPring-8、BL29XU および BL47XU : 8KeV)の X 線源を用いて接合界面付近に生ずる静電ポテンシャルによる光電子

スペクトルのエネルギーシフトの観測を行った。測定サンプルは以下の様である。

(1)Nb[0.5wt%]STO/LBMO[20nm],(2)Nb[0.5wt%]STO/LBMO[5nm],(3)Nb[0.01wt%]STO/LBMO[5nm], (4)Nb[0.01wt%]STO/LBMO[20nm]の計 4 種を用いた。

n 型 Nb ドープ SrTiO₃ 層

Sr2p_{3/2} スペクトルを用いて n 型層側のエネルギーシフトの検出を行った。このスペクトルの比較は、Nb-STO 基板の Sr2p_{3/2} スペクトルと LBMO 層を透過した Sr2p_{3/2} スペクトルとを用いて行った。20nm 厚さの薄膜を通して猶、Fig. 1 に示す様に明確なエネルギーシフトが観測する事に成功した。また、エネルギーシフトの STO 基板の Nb ドープ量依存

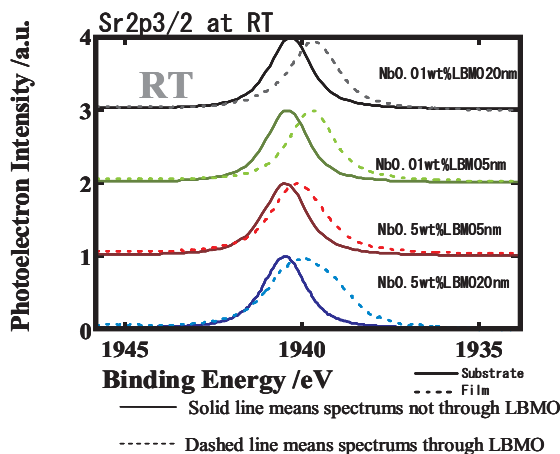


Fig.1 Dependence of energy shift of Sr 2p core level on LBMO thickness and Nb doping ratio.

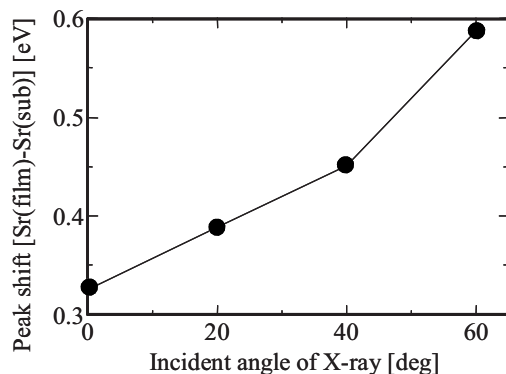


Fig.2 Dependence of energy shift of Sr 2p core level on the incident angle of X-ray.

性も確認された。さらに X 線入射角を変えることにより、表面からの深さ方向の解析を行うことができる。角度依存性を示すための実験にはサンプル(2)を用いて行った。エネルギーシフトの X 線入射角度依存性は明白に観測する事に成功した (Fig. 2)。この結果は、接合界面に近づくにつれて静電ポテンシャルが増加することに対応している。

p 型 (La_{0.85}Ba_{0.15})MnO₃ 層

Mn2p_{3/2} 内殻スペクトルに関しては、X 線入射角を変化させ深さ依存性についての測定を行ったところ、今回の実験では、明確なスペクトルの変化を確認することができなかった。これは p 型界面付近での遮蔽距離が短い事に起因する。今後光電子の脱出深さを考慮に薄膜厚さを最適化することにより検出を試みたい。またこれまでまた、硬 X 線光電子スペクトルの Mn : 2p に現れるサテライトピークの強度がバルク磁化の二乗に比例していることを見出しているが、強磁性転移温度が系統的に変化している (すなわちホール濃度が系統的に変化している) 様々な (La_{0.85}Ba_{0.15})MnO_{3-δ} 薄膜に対しより系統的に評価することに成功した 1)。また更に n 型強相関電子系強磁性と期待される (Nd,Ce)MnO₃ に於いても Mn2p_{3/2} の測定を行い電子状態を規定した [1]。

結論・考察

基板の Nb ドープ量を変化させた pn 接合の界面付近から放出される Sr2p_{3/2} 光電子スペクトルに於いて、明確な基板濃度・光電子脱出角度依存性を 20nm 厚さの薄膜を通して観測する事に成功した。

参考文献

- 1) H. Tanaka, Y. Takata, K. Horiba, M. Taguchi,
A. Chainani, S. Shin, D. Miwa, K. Tamasaku,
Y. Nishino, T. Ishikawa, E. Ikenaga, M. Awaji,
A. Takeuchi, T. Kawai, K. Kobayashi, Phys.
Rev. B, Phys. Rev. **B 73** (2006), 094403

論文発表状況・特許状況

- [1] T. Yanagida, H. Tanaka, T. Kawai, E. Ikenaga,
M. Kobata,, J.-J. Kim, K. Kobayashi, Phys.
Rev. B , in press