

酸化物トンネル磁気抵抗素子界面に形成される界面ダイポール層の 深さプロファイリング

Depth profiling for spin tunneling junctions based on perovskite oxide using hard x-ray photoemission spectroscopy

組頭広志^{a,b,c}, 簗原誠人^d, 吉松公平^a, 安原隆太郎^a, 堀場弘司^{a,b,c}, 尾嶋正治^{a,b,c,d}
Hiroshi Kumigashira^{a,b,c}, Makoto Minohara^d, Kohei Yoshimatsu^a, Ryutarō Yasuhara^a,
Koji Horiba^{a,b,c}, and Masaharu Oshima^{a,b,c,d},

^a 東京大学大学院工学系研究科 応用化学専攻

^b 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業

^c 東京大学放射光連携研究機構

^d 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系

^a Department of Applied Chemistry, The University of Tokyo

^b Core Research for Evolutional Science and Technology, Japan Science and Technology

^c Synchrotron Radiation Research Organization, The University of Tokyo

^d Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃/SrTiO₃ スピントネル接合界面における界面ダイポール形成とそれに伴う内蔵ポテンシャル分布を「検出長が長い」硬 X 線光電子分光法により直接プロファイリングする技術確立することを目的として、硬 X 線光電子分光測定を行った。また、高効率で硬 X 線光電子分光スペクトルの角度依存性を測定する機構を開発した。

We have developed the analytical procedure to directly determine the potential distribution in depth of oxide heterointerfaces using hard x-ray photoemission spectroscopy. The developed method was adopted for La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃/SrTiO₃ spin tunneling junctions where the interface dipole is formed at the interface.

キーワード：強相関エレクトロニクス、硬 X 線光電子分光、深さプロファイリング

完全スピン偏極強磁性材料であるペロブスカイト Mn 酸化物 La_{1-x}Sr_xMnO₃ (LSMO) を SrTiO₃ (STO) で隔てたトンネル磁気抵抗 (TMR) 素子の性能は、LSMO の高いスピン偏極率から期待される値に比べてほど遠いのが現状である。この原因として、LSMO/STO ヘテロ界面におけるスピン偏極率が低下した劣化層の形成が指摘されている。一方で、遍歴強磁性体である SrRuO₃/STO スピントネル接合では LSMO/STO の界面の様なスピン偏極率の低下は見られていない。近年、LSMO/STO 界面においては「界面ダイポール層」が形成されていることが報告された [1]。SrRuO₃/STO 界面では理想的なショットキ

ー接合が形成されていることから、この「界面ダイポール層」が劣化層の一因と考えられる。しかしながら、界面ダイポール層の厚さ、および空乏層の厚さなどの情報がないため、界面ダイポール形成の機構解明、および素子設計へのフィードバックには至っていない。

そのため、本研究では、検出長 (λ) が大きいと行った特徴をもつ硬 X 線光電子分光 (HXPES) を用い、LSMO/STO 界面に形成される界面ダイポールの深さプロファイリングを試みた。斜入射配置で測定を行う硬 X 線光電子分光において角度分解測定時の検出効率を損なわないために、図 1 に示すような試料配置での測定

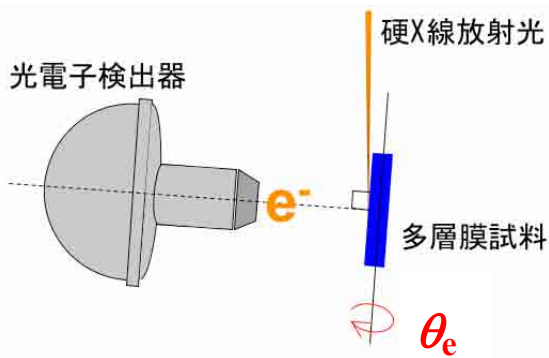


図1. 本実験における測定配置



図2. 作製した硬X線光電子分光角度依存性測定用試料ホルダー

を行った。ここで、この配置では、試料表面に対する光の入射角度が変わらないことから、どの角度でも原理上おなじ効率での測定が可能である。また、検出角度は、図2に示すような試料ホルダーを作製することで制御した。

え 図3(a)に LSMO/STO ショットキー接合界面における Ti 2p 内殻スペクトルの角度依存性の結果を示す。また、図2(b)は軟X線光電子分光 (SX PES) の結果[1]を元に HXPES 角度依存性をシミュレーションしたものである。このシミュレーションにおける 85度の HXPES スペクトルは、ほぼ同じ λ をもつ SX PES (0度) の結果を非常に良く再現していることから、実験結果はこのような角度依存性を示すと予想された。しかしながら、実際の HXPES スペクトルにおいては、放出角度が小さいときには実験結果と良い一致を示すものの、放出角度が大きくなるにつれてシミュレーションと実験結果との違いが顕著になる。特に、放出角度 70度以降においては HXPES スペクトルにほとんど角度依存性がみられない。このことは、検出

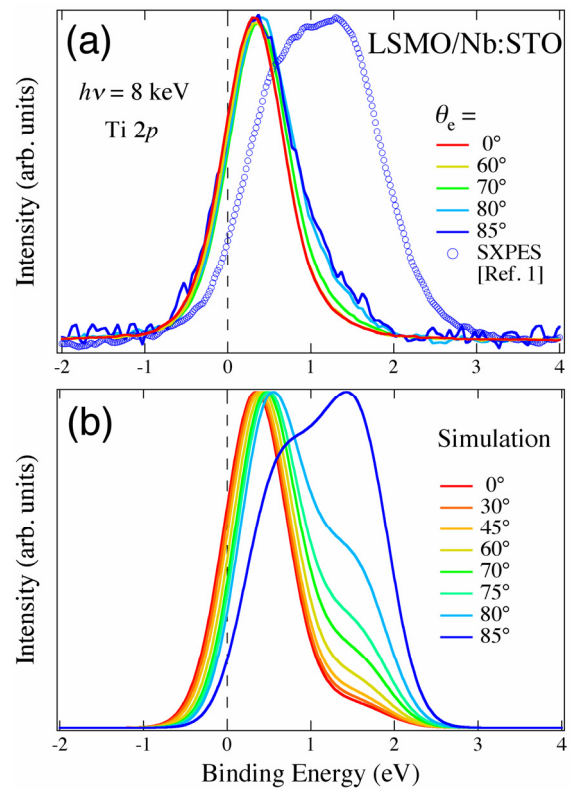


図3. (a) HXPES により測定した LSMO/STO 接合界面の Ti 2p 内殻スペクトルの角度依存性。参考のために SX PES の結果を示してある。(b) HXPES スペクトルの角度依存性のシミュレーション結果

角度を大きくしても光電子の脱出深さは変わらないことを示しており、硬X線光電子分光を用いた深さプロファイリングにおいても光電子の弾性散乱の影響を取り入れる必要があることを示している[2]。この弾性散乱の影響は高角度において顕著になるため、浅い領域 ($\lambda < 1$ nm) を含めた深さプロファイリングのためには、HXPES と SX PES の相補的なデータ解析が重要であることを示している。

References

1. M. Minohara, I. Ohkubo, H. Kumigashira, and M. Oshima, Appl. Phys. Lett. **90**, 132123 (2007).
2. C.J. Powell, W.S.M. Werner, and W. Smekal, Appl. Phys. Lett. **89**, 252116 (2006).