

強相関酸化物の界面磁性制御

強相関電子酸化物では、電子間の強い反発により、「高温超伝導」や「巨大磁気抵抗」といった劇的な物性がしばしば発現する。本センターでは、強相関電子系の多彩な電子相の競合と超高速の相変化を活用した電子技術の創出を目標に研究を行っている。今回は強相関酸化物金属強磁性体を用いた磁気トンネル接合(MTJ)について新たな知見を得た。

MTJは、電源の供給を止めても磁化の向きとして情報を蓄積し、電気抵抗として情報を読み出すことが可能な素子で、磁気メモリとしての実用化に向けた開発競争が激化している。このようなMTJの性能を示すトンネル磁気抵抗率は、原理的には電極である金属強磁性体のスピン偏極率、即ちスピンの向きの揃い具合、で決まる。強相関電子系酸化物であるペロブスカイトマンガン酸化物はスピン偏極率100%の金属強磁性体であり、磁気抵抗率の非常に大きなMTJの実現が期待される。しかしその強相関性ゆえに、絶縁体との界面で強磁性磁気秩序が変調されやすいという欠点がある。磁気トンネル現象はトンネル障壁層のごく近傍の磁気状態を強く反映するため、この界面磁性の問題を解決しなければ十分な性能は発揮できない。

我々は、レーザー光を利用した磁化誘起第二高調波発生(MSHG: Magnetization Induced Second Harmonic Generation)により、界面

磁性のみを選択的に検出することに成功した(図1)。強磁性体界面に光を照射すると二倍の振動数をもつ光(第二高調波)が発生し、その偏光面が磁化により回転する(非線形磁気光学カー効果)。その回転を与える成分がMSHGであり、界面磁性の大きさに比例する。一方界面以外の強磁性体内部はこのような現象は全く起こさない。

MSHG測定の結果、トンネル障壁層に用いられるSrTiO₃(STO)とLa_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃(LSMO)界面ではMSHGが極めて弱く、界面では強磁性が消失していることを実証した。我々は界面での電荷移動がその原因と考え、電荷移動を相殺するようにSTOとLSMOの間に二分子層(8Å)のLaMnO₃(LMO)を挿入した。このSTO/LMO/LSMO界面では巨大なMSHGが室温付近まで観測でき、強靱な界面強磁性が実現できた(図2)。この界面の原子配列新構造をMTJに適用したところ、磁気抵抗率は従来の50%が170%に巨大化した(温度は10K)。

本研究の意義は、単にMTJの性能を向上しただけではなく、界面での電子物性の擾乱という強相関電子の宿命ともいえる命題に、それを観察し制御する切り口を見つけ、明確に実証したことであり、様々なデバイス開発を推進する上で意義深い。

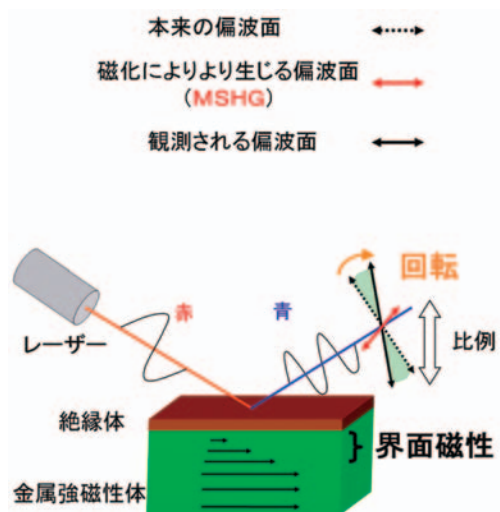


図1 MSHGを用いた界面磁性測定原理

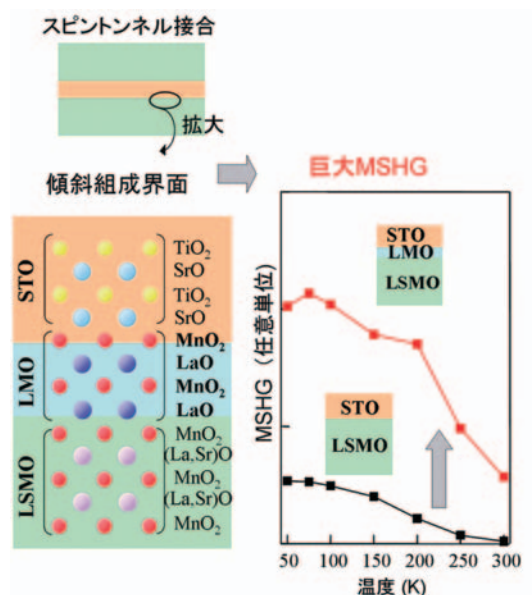
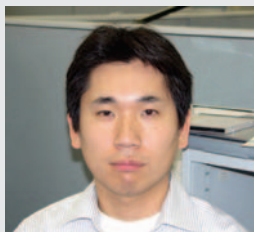


図2 傾斜組成界面の原子配列構造と巨大MSHG



やまだひろゆき
山田浩之
hiroyuki.yamada@aist.go.jp
強相関電子技術研究センター

関連情報

- 特願 2003-302614 「磁気センサー」.
- H. Yamada et. al.: Science, 305, 646 - 648 (2004) .