



日本IBM社は、日本における科学分野の学術研究の振興と若手研究者の育成に寄与することを目的に「日本IBM科学賞」を制定し、国内の大学ならびに公的研究機関に所属する45歳以下で物理、化学、コンピューター・サイエンス、エレクトロニクスの4分野における基礎研究で優れた研究活動を行っている研究者に褒賞を実施しています。

この度、「エレクトロニクス分野」において、エレクトロニクス研究部門の湯浅 新治が受賞しました。

湯浅 新治 yuasa-s@aist.go.jp
エレクトロニクス研究部門 スピントロニクスグループ長 (つくばセンター)

【受賞の功績】

トンネル磁気抵抗効果とその応用に関する研究

研究の背景

トンネル磁気抵抗効果 (TMR効果) とは、2つの強磁性体電極と薄い絶縁膜 (トンネル障壁) からなる素子 (TMR素子) に磁界を加えると素子抵抗が変化する現象で、電子の持つ電荷とスピン (磁気) の両方を活用する「スピントロニクス」分野の最重要技術です。この現象は1975年に低温で初めて観測されましたが、その後注目されることはありませんでした。しかし、1980年代後半に巨大磁気抵抗 (GMR) 効果が発見され (発見者のA. Fert (仏) とP. Grünberg (独) は2007年ノーベル物理学賞を受賞)、ハードディスク (HDD) の磁気ヘッドへの応用研究が盛んになるにつれて、TMR効果にも再び注目が集まるようになりました。1995年に宮崎照宣 (東北大)、J. Moodera (米) は、絶縁膜にアモルファス酸化アルミニウム (Al₂O₃) を用いて室温でGMR効果を上回る磁気抵抗変化率 (MR比: 磁気抵抗素子の性能指数) を実現し、TMR効果が一躍脚光を浴びました。アモルファスAl₂O₃のTMR効果は大容量HDDの磁気ヘッドや不揮発性メモリMRAMなどで既に広く実用化されていますが、より高性能・高集積な次世代デバイスを実現するために、さらに高性能なTMR素子 (より高いMR比) の実現が切望されてきました。一方、2001年に鉄 (Fe) などの単結晶強磁性体電極の間に単結晶の酸化マグネシウム (MgO) 絶縁膜を挟みこんだ素子では、電子状態の対称性がトンネル現象に支配的に寄与するため、極めて大きなMR比が得られることが理論的に予想されました。

研究の概要

単結晶強磁性電極をもつ磁気トンネル接合の可能性に早くから着目し、まず2000年には、アモルファスAl₂O₃絶縁膜を用いた磁気トンネル接合のMR比が、単結晶電極の面方位に大きく依存することを見出しました。さらに、単結晶の強磁性体/非磁性体金属構造を形成することによ

り、非磁性体金属の膜厚に対して磁気抵抗比が振動することを示し、金属中のスピン偏極した共鳴準位の形成をトンネル磁気抵抗効果により初めて観測しました。これらの研究を基盤として、単結晶MgO絶縁膜のTMR効果の研究に取り組み、2004年に従来のアモルファス絶縁膜を用いた素子よりも大きな室温TMR効果が結晶MgO絶縁膜で得られることを初めて実験的に示しました。その後、内外の研究者による一連の研究が急進展し、この系における極めて大きなTMR効果は技術的にも確立されました。今回の成果は応用上有用だけでなく、基礎学術的にも絶縁膜のバンド構造を反映したトンネル現象を磁性金属と絶縁体の組み合わせで実験的に実現した点において意義深いものです。

今後の展望

結晶MgO絶縁膜を用いた高性能HDD磁気ヘッド (MgO-TMRヘッド) は既に製品化が始まっています (NEDOナノテク・チャレンジプロジェクト)。また、結晶MgO絶縁膜を用いた次世代の大容量MRAM (スピンRAM) の研究開発も世界規模で進められています (NEDOスピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクトなど)。さらに、同技術を用いた新規デバイス (マイクロ波発振素子など) の実現を目指した基礎研究も始まっており、将来的にさまざまな応用分野の開拓に繋がることが期待されています。

