

# Co<sub>2</sub>MnSi ハーフメタル電極と MgO 障壁層を用いた強磁性トンネル接合の作製と評価

東北大学・大学院応用物理学専攻・安藤康夫

東北大学・大学院応用物理学専攻・大兼幹彦

東北大学・大学院応用物理学専攻・常木澄人

東北大学・金属材料研究所・桜庭裕弥

東北大学・金属材料研究所・高梨弘毅

## 1. はじめに

スピン分極率とはフェルミ準位におけるアップとダウンスピン電子数の差分によって定義される物理量であり、伝導電子スピンの偏極の度合いを示す。スピン分極率が大きい材料を用いることにより、巨大な磁気抵抗効果やスピントルクによる磁化制御など電子のスピン依存の伝導現象が顕在化するため、磁気ランダムアクセスメモリ、超高感度磁気ヘッドなど次世代スピントロニクスデバイスを実現する上で、高スピン分極強磁性材料を開発することは極めて重要なテーマである。Co 基フルホイスラー合金 (Co<sub>2</sub>MnSi, Co<sub>2</sub>MnGe etc.) は第一原理計算によってハーフメタル (スピン分極率が1) であることが予測される材料であり、近年多くの注目を集める。本共同研究の目的は、高梨研究室が有する高度な磁性薄膜技術を利用することにより界面終端面まで制御した良質なCo 基フルホイスラー合金薄膜を電極とした強磁性トンネル接合(MTJ)を作製、その磁気伝導特性を評価することにより、ハーフメタル性を反映した巨大なトンネル磁気抵抗比 (TMR 比を室温において実現すること、またこのような高スピン偏極源を利用することによりスピン注入磁化反転の反転閾値電流 ( $J_c < 1 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ ) を低減することである。

## 2. 研究経過

超高真空スパッタ装置を用いて MgO(001)単結晶基板上に Co<sub>2</sub>MnSi(CMS)のエピタキシャル下部電極を作製した。この際、バッファー層として MgO のホモエピタキシャル層を用いることにより、Co<sub>2</sub>MnSi 電極のアニールを行った際に問題となった相互拡散を改善した。その後、MgO トンネル障壁層を EB 蒸着によって成膜し、上部強磁性層として CoFe を成膜した。成膜した膜はフォトリソグラフィと Ar イオンミリングによって微細加工を行い、直流 4 端子法によってトンネル伝導特性を評価した。また下部 Co<sub>2</sub>MnSi と MgO 障壁層界面に極薄の CoFeB 層を挿入した試料を同様に作製し、界面挿入層の伝導特性への影響について詳細に評価した。

## 3. 研究成果

作製した CMS/MgO/CoFe の試料において、室温で最大 217%、低温で 758% の TMR 比を観測することに成功した。この値はホイスラー合金系ハーフメタルを用いた MTJ における報告値として最も大きなものである。またトンネル分光法による測定の結果、低バイアス領域においてマグノン励起に由来すると思われるコンダクタンスの増大が確認され、CMS と MgO の界面においては、局所的な交換結合エネルギーの低下が生じていることが分かった。このような界面の交換スティフネスの改善を目的とし、CMS/MgO の界面に CoFeB 層を 0.3-2.0nm の厚さで挿入することによるトンネル特性の変化を調べた。その結果、CoFeB 層の 0.5 nm の試料においては、室温の TMR 比が未挿入時の 2 倍近くまで増大した。また、室温と低温の TMR 比の比率はおおよそ 0.45 であり、未挿入時の 0.33 から大きく改善することができた。この結果は極薄 CoFeB を挿入することによって、界面の交換エネルギーを改善するとともに、CMS のハーフメタル性を反映した TMR 比が得られたことを示唆する。

## 4. まとめ

本共同利用研究ではホイスラー合金系ハーフメタル Co<sub>2</sub>MnSi と MgO 障壁層を用いたフルエピタキシャル構造の強磁性トンネル接合を作製した。その結果、室温で最大 217% という大きな TMR 比を実現することに成功した。また、界面に CoFeB を挿入することにより、TMR 比の温度依存性が改善できるという重要な知見を与えることができた。

# X線光電子分光法による光触媒 TiO<sub>2</sub> の UV 照射反応の解析

研究代表者名

北見工業大学・機器分析センター・大津直史

研究分担者名

東北大学・金属材料研究所・正橋直哉、水越克彰、我妻和明

## 1. はじめに

光誘起による TiO<sub>2</sub> の親水化現象は、光触媒の酸化還元分解作用とは異なる新しい機能として注目されており、医療器具、自動車用・浴室用ミラーなどに既に実用されている。光誘起親水化のメカニズムとしては、光触媒作用による吸着炭素の分解、および照射により生成される酸素空孔上への水酸基の吸着が提案されている。X線光電子分光法 (XPS) は、固体表面の化学状態を調べることにより、メカニズム解明に有用な分析手法であるが、その分析領域は極表面である。従って、試料を大気に晒すと、空気中成分が表面に吸着し、精確な解析結果が得られない。本研究では、真空または酸素雰囲気中にて紫外線 (UV) 照射した TiO<sub>2</sub> を大気に晒すことなく XPS 測定し、吸着炭素および水酸基の UV 照射による変化を解析した。

## 2. 研究経過

TiO<sub>2</sub> 薄膜は、化学研磨した JIS 一種 Ti を、0.02M 硫酸水溶液中で陽極酸化して作製した。我々は、電解浴組成、化成電圧、熱処理などの処理条件を変えることで、薄膜の親水性を制御できることを明らかにしている。作製した薄膜は、雰囲気制御可能な真空チャンバに封入し、真空 (2.0×10<sup>-6</sup> Pa) または酸素 (10 kPa) 雰囲気下で、サファイア製ビュー・ポートから導入した光量約 30 mW/cm<sup>2</sup> の紫外線 (λ=365 nm) を照射した。照射後、真空チャンバを減圧し、トランスファー・ロッドを用いて大気に晒すことなく試料を分析チャンバまで搬送し、XPS 測定をおこなった (Fig. 1)。この間、照射終了から測定まで要した時間は約 15 分であった。

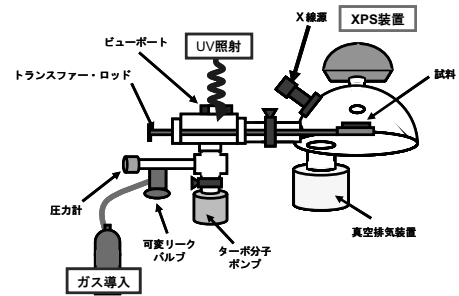


Fig. 1 XPS 測定システムの概略図

## 3. 研究成果

親水性を示す TiO<sub>2</sub> は、酸素雰囲気下 UV 照射により吸着炭素が減少するが、親水化しない TiO<sub>2</sub> では減少しない (Fig. 2)。一方、真空雰囲気下においては、吸着炭素の減少は観察されない。親水性を示す TiO<sub>2</sub> は、光触媒特性にも優れることから、吸着炭素の減少は、光触媒による分解であると考えられる。また水酸基に起因するピーク強度は、試料の親水性に関わらず、酸素雰囲気下 UV 照射により増加した (Fig. 3)。

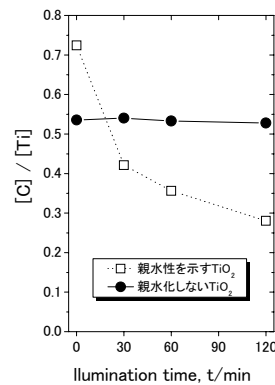


Fig. 2. 酸素雰囲気下 UV 照射時間の増加に伴う [C]/[Ti] 比の変化

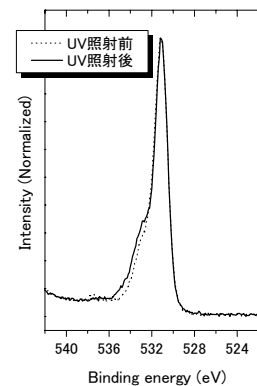


Fig. 3. 酸素雰囲気下 UV 照射による O 1s スペクトルの変化

## 4. まとめ

本研究により、親水性を示す TiO<sub>2</sub> 表面においては、UV 照射により吸着炭素が分解されることが明らかとなった。光誘起親水化現象は複雑であるので、本解析結果のみにより、親水化現象のメカニズムを議論することは困難であると考えられる。しかし、親水性の発現には、光触媒作用による吸着炭素分解が深く関与しているということは明らかである。