

研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) FS ステージ (シーズ顕在化) 事後評価報告書

プロジェクトリーダー (企業責任者) : 新日本製鐵 (株)

研究責任者 : 三重大学 畑 浩一

研究開発課題名 : ナノ領域スピントロニクス応用に供する電界放出型高輝度スピン偏極電子源の開発

1. 研究開発の目的

材料研究の分野では近年、電子スピンによる物性制御を目的としたスピントロニクスに大きな関心が集まっている。現在スピン物性評価に用いられつつあるスピン偏極電子源は、GaAs/GaAsP 歪超格子からの光電子放出を利用したフォトカソードであるが、偏極度は高いものの短寿命で、またソースサイズが大きいため極微小径の集束電子線プローブを形成することが困難である。そこで本研究は、ナノ領域でのスピン物性研究に供する高輝度スピン偏極電子源の新規開発を目的に、ハーフメタル特性を持つ単結晶マグネタイトからの電界放出電子のスピン偏極度を精密測定し、室温で 50%以上の偏極度、かつ $1 \times 10^8 \text{A/cm}^2 \text{sr}$ 以上の輝度を持つスピン偏極電子ビーム形成を目標とする。

2. 研究開発の概要

①成果

三重大学では、電界放出型スピン偏極電子源の一つとして有望視されているマグネタイトウイスキー陰極の精密測定を行った。新規開発した電場・磁場重畳 90° セクター型スピン回転器を用いて、スピン偏極度の全方向成分測定を行った。その結果、15%の偏極度の方向はマグネタイトの結晶磁気異方性に由来しており、陰極軸に垂直な面内方向成分が支配的であることが判った。新日鐵では、マグネタイトウイスキーの接着法の改善と組成・結晶構造評価を行った。マグネタイトウイスキー陰極表面には、接着時の Ga イオンビーム照射誘起のコンタミネーションが堆積していた。清浄表面を得るために、1200 K でアニールを超高真空中で施しても、ウイスキーの組成および構造変化が無いことを明らかにした。

②今後の展開

本研究開発事業では、室温で 15%の偏極度かつ $5 \times 10^7 \text{A/cm}^2 \text{sr}$ の輝度をもつ偏極電子ビーム形成を実現するマグネタイトウイスキー陰極を開発した。偏極度は当初目標値に至らぬものの、十分な輝度を有する本電子源は、既存電子顕微鏡に容易に搭載できるスピン偏極電子源として期待される。今後、開発した電子源を既存電子顕微鏡への搭載を視野に、偏極度の安定性評価と長寿命化を図るため動作条件 (温度, 印加電圧) を最適化する。また、偏極度測定を優先するために見送った表面原子構造およびエネルギー選別偏極度測定を行う。

3. 総合所見

当初の目標に対して、期待したほどの成果は得られなかった。

フォトカソードスピン偏極電子源の欠点克服として、単結晶マグネタイトウイスキーが検討されたが、達成偏極度は低く、電極としての組み込み技術の進展にとどまる。作製したウイスキーの欠陥、不純物などのキャラクタリゼーションを十分に行うと共に、ハーフメタル特性発現の可能性検討も含め基本的なブレイクスルーを目指しての研究が望まれる。