

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	海 住 英 生
主 論 文 題 目 :				
磁気抵抗効果素子を用いた発振制御型高感度磁気センシングに関する研究				
(内容の要旨)				
<p>近年、磁気力顕微鏡による磁化状態観察等の基礎研究分野から高記録密度磁気カードセンサ等の応用研究分野に至るまで、直流から数 kHz 磁場における高感度磁気センシングが要求されている。その要求を満たすため、高感度磁気センシング素子として大きな磁気抵抗変化率を示すスピントンネル素子が期待できる。しかし、素子抵抗が大きいと、大きなセンス電流を流すことができない。そのため、センス電流を通電し抵抗による電圧変化を検出する従来の磁気センシング方法では、高出力電圧が得られず、S/N 比の向上が困難とされている。そこで、本論文ではスピントンネル素子を用いた新しい高感度磁気センシングを提案し、その応用可能性を検討することを目的とした。</p> <p>本論文は、6 章より構成されている。</p> <p>第 1 章は、序論で、本研究の背景と目的について述べた。</p> <p>第 2 章では、発振制御型磁気センシングの原理、及び、理論について述べた。スピントンネル素子をハートレー発振回路の帰還部に設置し、磁場によるインピーダンス変化を発振に対応させる新しい方法を提案した。その提案に基づいて磁気センシング回路を設計し、発振条件、発振電圧、ノイズ、及び、S/N 比を計算した。これにより、磁場によるインピーダンス変化を発振に対応させることが可能であること、及び、高 S/N 比を得られる可能性があることを確認した。</p> <p>第 3 章では、スピントンネル素子の作製方法、特性評価方法、及び、その結果について述べた。スピントンネル素子 Co/Al-oxide/Co の作製にはイオンビームスパッタ装置を用いた。絶縁層 Al-oxide は、スパッタ Al 膜を純酸素雰囲気中で室温にて酸化することで形成した。絶縁層の膜厚評価、及び、酸化状態分析には X 線光電子分光法を、電子状態計算には第一原理バンド計算を用いた。リーク電流密度は、素子の全電流をトンネル電流とショットキー効果による電流の和と仮定したモデルで評価した。磁気抵抗変化に関しては、スパッタ Al 膜の膜厚依存性、及び、熱処理の効果を検討した。</p> <p>第 4 章では、スピントンネル素子における交流インピーダンス特性を調べた。磁場によりインピーダンスの実部だけでなく虚部も変化することがわかった。これは、磁場により直流抵抗が変化すること、及び、スピントンネル素子が抵抗とコンデンサの並列等価回路モデルで表されることから説明できた。磁気インピーダンス比の実部は、低周波においてトンネル磁気抵抗比を示し、高周波においてトンネル磁気抵抗比の負の値を示す。また、トンネル磁気インピーダンス比の虚部は、低周波においてトンネル磁気抵抗比の 2 倍程度を示し、高周波においてゼロに漸近する。以上の磁気インピーダンスを示すスピントンネル素子が発振制御型磁気センシングに用いると、磁場によるインピーダンスの実部、及び、虚部の変化を相殺することなく検出できることが可能であることがわかった。</p> <p>第 5 章では、発振制御型磁気センシングの実験結果について述べた。スピントンネル素子、及び、スピントンネル素子の等価回路である磁気抵抗素子とコンデンサの並列回路を用いて、磁気センシング回路の発振出力電圧、ノイズ、S/N 比、時間応答、及び、エラーレートを調べた。その結果、磁場変化を発振の有無に対応させることが可能となった。出力発振電圧の磁気抵抗変化依存性は、F-matrix 法による回路理論計算の結果とほぼ一致した。回路の出力部から生じるノイズは、出力インピーダンスを熱ノイズ、及び、ショットノイズ理論式に適用した計算結果とほぼ一致した。これらの検討により、従来よりも高感度の S/N 比を有する磁気センシングが可能となった。また、エラーレートの磁気抵抗変化依存性は、熱ノイズとショットノイズの波高値、及び、判定閾値を正規分布に適用した計算結果により説明ができ、低エラーレート磁気センシングが実現できることを明らかにした。</p> <p>第 6 章では、本論文で得られた結論を示す。</p>				