

科学研究費助成事業（基盤研究（S））研究進捗評価

課題番号	23226001	研究期間	平成23年度～平成27年度
研究課題名	高周波スピントロニクスの研究	研究代表者 (所属・職) (平成28年3月現在)	鈴木 義茂 (大阪大学・大学院 基礎工学研究科・教授)

【平成26年度 研究進捗評価結果】

評価	評価基準	
A+	当初目標を超える研究の進展があり、期待以上の成果が見込まれる	
A	当初目標に向けて順調に研究が進展しており、期待どおりの成果が見込まれる	
○	A-	当初目標に向けて概ね順調に研究が進展しており、一定の成果が見込まれるが、一部に遅れ等が認められるため、今後努力が必要である
	B	当初目標に対して研究が遅れており、今後一層の努力が必要である
	C	当初目標より研究が遅れ、研究成果が見込まれないため、研究経費の減額又は研究の中止が適当である

(意見等)

本課題は、高周波スピントロニクスの学理確立を目的として、トンネル磁気抵抗素子をベースとする、(1)スピントルクダイオード、(2)スピントルク発信器(STO)、(3)STOを用いた磁場センサーに取り組んでいる。(1)では、半導体ダイオードを超える高周波検波感度を達成し、詳細なノイズ解析により機構の理解が進んでいるが、目標とするシングルスピン磁気共鳴測定には、まだ距離が大きい。(2)で世界最高のSTO出力 $3\mu\text{W}$ と高いQ値の達成は、特筆すべき成果であるが、複数素子アレイ動作の成功には至らず、当初目標の $100\mu\text{W}$ にめどが立っていない。これを用いた磁場センサーについては、初期的な結果に留まっていて、新たに追加されたNVセンターを用いる磁気センサーの研究も位置づけ及び計画が明確ではない。研究成果は世界的な水準にあり、論文発表も高レベルだが、高い当初目標に照らすと、進捗が遅れが見られる。また、当初目的に掲げた学理構築に向けた体系化も残された課題である。今後は、これまでに得た知見を総合して一層の展開加速を期待する。

【平成28年度 検証結果】

検証結果	当初目標に対し、期待どおりの成果があった。
A	<p>当初目標は、(1)トンネル磁気抵抗素子(TMR素子)ベースの高性能スピントルク発信器(STO)において高出力($>100\mu\text{W}$)、高Q値(100, 000)、超100GHzを達成すること、(2)ナノサイズ(50nmφ)STO磁場センサーで10nTの感度、さらに単一スピン検出感度を達成すること、(3)半導体素子を超える検出感度とS/NのSTD実現と単一スピン磁気共鳴の測定と制御を通して、高周波スピントロニクスの学理を確立することである。</p> <p>研究成果報告書では(1)について、4つのボルテックス型STO素子の同期発振により$100\mu\text{W}$超えを達成し、ソンプレロ型単一STO素子で出力$3\mu\text{W}$、Q値4,000を達成した。(2)について、位相検出型STO磁界センサーで1mm素子換算で$20\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$という高感度を達成した。(3)について、半導体素子の3倍の$12,000\text{V/W}$という高感度、半導体を凌駕する高S/Nを達成した。</p> <p>単一スピン磁気共鳴は未達成であったが、全体として当初目標に対し、期待どおりの成果が得られたと評価できる。</p>