

平成31年2月28日





豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学専攻
学位審査委員会
委員長 櫻井 庸司



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	吉本 拓矢		学籍番号	第123299号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学専攻	
博士学位 論文名	スピン波素子用磁性ガーネット薄膜の形成と特性 (Fabrication and properties of magnetic garnet thin films for spin wave device)			
論文審査の 期間	平成31年 1月17日 ~ 平成31年 2月28日			
公開審査会 の日	平成31年 2月12日	最終試験の 実施日	平成31年 2月12日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士學位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 内田 裕久</p> <p>委員 大平 孝 中村 雄一</p> <p style="text-align: center;">    印 </p> <p style="text-align: right;"> 松田 厚範  印 </p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

スピン波は、磁気モーメント間の結合によって磁性体中を伝わる波動であり、ジュール熱を伴わずに情報を伝達可能なため、低消費電力な情報キャリアとして注目されている。本論文は、スピン波導波路として優れた特性を持つイットリウム鉄ガーネット(YIG)を用いたスピン波論理素子に着目したものである。素子の小型化に必要な薄膜導波路の作製と評価を行い、それを用いた干渉素子の動作実証を行うとともに、基板との格子不整合を利用して磁気異方性を変調した YIG 導波路を作製し、その評価を行った。さらに、スピン波素子の光による入出力を可能にする光マグノニクスの実現に向け、スピン波素子の作製プロセスにも適用可能な磁気光学マイクロキャビティ用誘電体ミラー材料の開発を行った。

第1章では、本研究の背景を述べている。第2章では、本研究の実験結果の解析に必要な理論などについて説明している。第3章では、スピン波論理素子の小型化に必要な YIG 薄膜の形成と評価を行い、薄膜素子の実現に必要な特性を明らかにするとともに、電極を一体化した三端子位相干渉器を作製し、膜厚約 50 nm の YIG 薄膜を用いた素子でも従来の膜厚 10 μ m の YIG を用いた素子と同等の性能が得られることを示している。第4章では、YIG と単結晶基板間の格子不整合を利用して磁気異方性を変調し、スピン波励起に必要な磁界を半分以下に低減した結果について述べている。第5章では、光を用いてスピン波の励起・検出を行う光マグノニクスを実現するため、YIG の形成温度を経ても特性の劣化の無い誘電体ミラー材料の開発を行い、高耐熱性の光マイクロキャビティを有する磁性フォトニック結晶を作製した結果について述べている。第6章では全体を総括している。

審査結果の要旨

CMOS 素子の微細化限界を背景に、従来の CMOS とは動作原理の異なる新しい素子の実現が求められている。スピン波を用いた素子はそうしたビヨンド CMOS 素子の1つであり、導波路として磁性絶縁体を用いることで、ジュール熱が発生しない、消費電力の小さな素子の実現が期待される。

本論文では、スピン波素子を CMOS 素子に匹敵するレベルまで小型化するために、レーザー蒸着法で異なる膜厚の YIG 薄膜を形成し、その特性を評価した。その結果、約 10 nm 厚の膜では飽和磁化が低下しており、この原因として単結晶基板との界面 4 nm 程度に Ga 拡散による特性劣化層が存在する可能性があることを実験的に示した。一方、膜厚約 50 nm の YIG 導波路は、液相エピタキシー法による膜厚約 10 μ m の YIG 単結晶膜と同等の低ダンピング定数を有することを示している。この YIG 薄膜を用いて構築したスピン波位相干渉器を評価した結果、安定して動作可能なことを示している。また、磁界印加機構が不要なスピン波導波路の実現に向け、YIG と基板の格子不整合を利用して弾性磁気異方性を変調することで、スピン波励起に必要な磁界を半分以下に低減できることを実験的に示している。さらに、光マグノニクスで利用可能な光スピン波検出器の実現に向けて、誘電体ミラーに Y 添加 Ta₂O₅ を用いた光マイクロキャビティを形成することで、YIG 薄膜の形成温度を経ても特性が劣化しない磁性フォトニック結晶を実現し、スピン波素子との一体化への道を開いた。

本論文で示された YIG 薄膜の評価とそれを用いた小型位相干渉器の実証は、実際のスピン波素子を構築していく上で不可欠な知見ならびに要素である。格子不整合を利用した磁気異方性の変調を利用することで、スピン波励起に必要な磁界を半分以下に低減できる垂直磁気異方性を有する低ダンピング導波路の開発が期待される。YIG 薄膜の形成温度でも特性劣化のない高耐熱性光マイクロキャビティは、スピン波の検出だけではなく、光によるスピン波励起にも利用できることと期待される。このように本論文は、スピン波による論理演算素子の実現に向けて課題となる幾つかの重要な要素技術を提供しており、スピン波を用いたビヨンド CMOS 素子の実現に貢献するものと期待できる。

以上により、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)