

平成 29年 2月 28日

豊橋技術科学大学長 殿

学位審査委員会
委員長

大平 孝



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	金澤 直輝		学籍番号	第103313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	Control of Spin Wave Flow and Its Application to Magnonic Devices using Yttrium Iron Garnet (イットリウム鉄ガーネットを用いたスピン波制御およびそのマグノニック素子への応用)			
論文審査の 期間	平成29年 1月19日 ~ 平成29年 2月28日			
公開審査会 の日	平成29年 1月23日	最終試験の 実施日	平成29年 1月23日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、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。				
委員長	福田 光男			
委員	大平 孝		若原 昭浩	
	中村 雄一			

※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

集積回路はCMOS素子の微細化によって発展してきたが、微細化や高速駆動の限界が示唆されており、新しい材料や素子の基礎研究が求められている。スピン波は、磁気相互作用によってスピンモーメントを輸送するキャリアであり、磁性体であれば酸化物中でも情報を伝送することができる。またスピン波は、マイクロ波帯にバンドを持ち、広い範囲で波長が操作できることから、波の干渉や非線形性を利用した情報処理の可能性も期待できる。本論文では、代表的な磁性酸化物であるイットリウム鉄ガーネット(YIG)に着目し、スピン波の伝送を制御するための導波路構造に関して検討を行うとともに、スピン波の位相干渉を利用した多数決論理を実験的に検証しており、スピン波によるビヨンドCMOS素子の実現へとつながる結果を得ている。

第1章では本研究の背景を述べている。第2章では本研究の基礎となる理論などについて述べている。第3章では、スピン波のバンド構造を制御するため、金属ストライプからなる周期格子を形成した結果について述べており、周期格子中に欠陥層を導入することで、スピン波の局在モードが発現することを示している。第4章では、局在ピーク近傍にて得られる急峻な利得変動およびバンドの磁界依存性に着目し、磁界センサへの応用に関する検討結果を述べている。第5章では、複数のスピン波の重ね合わせについて検討した結果を述べている。前進体積波モードのスピン波が導波路端面において反射することを抑制するため、金薄膜を表面に形成した吸収領域を導入することによって、安定した位相干渉が実現できることを示している。第6章では、スピン波の位相干渉を利用した多数決論理を実証するため、3入力位相干渉器を作製した結果について述べている。これはスピン波による論理の完全系の実証につながり、ビヨンドCMOS素子の新しい可能性を示唆している。第7章では全体を総括している。

審査結果の要旨

情報化社会を支える集積回路技術は、ムーアの法則に従ってCMOS素子を微細化することによって発展を続けてきたが、近年微細化や高速化の限界が示唆されており、新しい概念による素子の実現が求められている。その一つがスピン波デバイスであり、磁性ガーネットなどの磁性絶縁体を用いることでジュール発熱のない素子の実現が期待される。

本論文では、始めに金属周期構造をYIG表面に形成することによりスピン波のストップバンドが形成されること、および周期構造中に欠陥層を導入することによってスピン波局在モードが発現することを数値計算および実験で示している。またスピン波局在モードを利用した磁気センサへの応用についても検討し、YIGを伝搬するスピン波の周波数特性の磁界依存性、温度依存性などに関する基礎的評価の結果を得ている。次にスピン波論理回路の実現を目指し、前進体積波モードのスピン波を用いた位相干渉実験を行っている。その結果、安定した位相干渉を行うためには、導波路端部でのスピン波の反射の抑制が必要であり、スピン波の伝搬抑制には10~30nmの金薄膜をYIG表面に形成することが有効であることを数値計算と実験で示している。これらの成果をふまえて3入力位相干渉器を作製し、入力する3つのスピン波の位相を制御することで、位相干渉によって多数決論理が実現できることを初めて実験的に示している。

本論文は、スピン波による論理演算が実現できることを初めて実験的に示したものであり、スピン波を用いたビヨンドCMOS素子が実現可能であることを示唆している。今後のスピン波デバイスの実現に大きく貢献するものと期待できる。英語で記載された本論文の審査および英語による質疑応答を行った。以上により、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

(各要旨は1ページ以上可)