

氏名	Deka Angshuman (インド)
学位の種類	博士 (情報工学)
学位記番号	情工博甲第351号
学位授与の日付	令和2年 9月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Magnetoelectric effects in ferromagnetic metal oxide junctions via modulation of interfacial magnetic anisotropy. (強磁性金属酸化物接合における界面磁気異方性の磁電効果)
論文審査委員	主査 教授 福間 康裕 " 小田部 荘司 " 岡本 卓 " 浅田 裕法 (山口大学)

学位論文内容の要旨

電圧駆動型スピントロニクス素子の創出に向けて、誘電体/金属磁性体接合における界面磁気異方性の理解は重要な研究課題である。界面磁気異方性は接合界面の空間反転対称性の破れに起因しており、磁気異方性の容易軸は薄膜面直（垂直）方向となる。この磁気異方性エネルギーを外部電圧により変調することで、磁性体の磁化へとトルクを作用できる。しかしながら、面内磁化膜および垂直磁化膜においてはトルクがゼロ（作用しない）という問題がある。従来技術では、外部磁場により磁化方向を変化させ、電圧駆動型の磁化制御（磁化反転等）を実現している。微細化や素子設計自由度を向上するためには、外部磁場が不要の電圧駆動型磁化制御技術の創出が強く望まれている。本研究では、トンネル磁気抵抗効果素子等で利用される **CoFeB/MgO** 界面の界面磁気異方性の磁電効果について調査を行い、高次の磁気異方性や界面磁気異方性の対称性をうまく活用することで無磁場下にて電圧駆動型の磁化励起が可能であることを実証した。

第1章では、スピントロニクス技術を利用したメモリや論理演算素子の技術動向について概説し、電気信号を利用したナノスケール磁性体の磁化制御手法について述べた。電流駆動型の手法に比べて電圧駆動型の手法の利点を明らかにするとともに、現状技術の問題点を指摘し、本研究の目的を述べた。

第2章では、本研究で利用した薄膜試料の作製方法、微細加工技術によるデバイス作製方法、強磁性共鳴やスピンホール効果の計測方法、マイクロマグネティックシミュレーションや **COMSOL** を利用した電磁波分布シミュレーションについて述べた。

第3章では、**CoFeB/MgO** 接合における界面磁気異方性の磁場中熱処理効果について論じた。200~300°Cの熱処理温度にて、接合界面の結晶的な劣化を伴わずに誘導磁気異方性により一軸磁気異方性を誘起できることを明らかにした。

第4章では、CoFeB/MgO 接合における円錐型磁気異方性の電圧駆動型磁化反転について論じた。マイクロマグネティックシミュレーションを利用して、電圧パルスによる磁化反転現象を計算した。円錐型磁気異方性の容易軸角度が 41° 程度にて大きなトルクが作用し、より高速に磁化反転できることを明らかにした。

第5章では、第3章で得られた試料について、界面磁気異方性の電界効果について論じた。面内方向の誘導磁気異方性を付加することで、無磁場下にも関わらず、面内磁化膜の強磁性共鳴励起に成功した。電界トルクの大きさや方向を制御できることを明らかにした。

第6章では、第3章で得られた試料について、電圧駆動型のスピン流生成手法やパラメトリック励起によるスピン波の励起手法について論じた。面内方向の誘導磁気異方性から生じる電界トルクのデバイス応用に向けて、その有用性を明らかにした。

第7章では、本研究の成果をまとめた。

学位論文審査の結果の要旨

本論文では、電圧駆動型スピントロニクス素子の創出に向けて、誘電体／金属磁性体接合における界面磁気異方性の磁電効果に関する研究を行い、高次の磁気異方性や界面磁気異方性の対称性を利用することで、外部磁場が不要の電圧駆動型の磁化反転や磁気励起が可能であることを明らかにした。得られた研究成果は、次世代の磁気メモリや論理演算等の情報デバイス応用に向けて重要な要素技術となることが期待される。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、電圧と異方性磁場の相関、磁気メモリ応用に向けた熱安定性と低消費電力化に向けた技術的ジレンマ、マイクロ波領域のデバイス計測技術など、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。