

Study of spin-dependent thermal transport and thermoelectric effects across ferromagnetic/nonmagnetic metal hybrid nanostructures

アサム, ナガルジュナ

<https://hdl.handle.net/2324/2236022>

---

出版情報 : 九州大学, 2018, 博士 (理学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名	Asam Nagarjuna			
論 文 名	Study of spin-dependent thermal transport and thermoelectric effects across ferromagnetic/nonmagnetic metal hybrid nanostructures (強磁性金属/非磁性金属複合ナノ構造における スピン依存熱伝導と熱電効果に関する研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教 授	木村 崇
	副 査	九州大学	教 授	松山 公秀
	副 査	九州大学	准教授	光田 暁弘
	副 査	九州大学	准教授	佐藤 琢哉

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

強磁性金属内では、スピン偏極した伝導電子が運動するため、電気の流れに対応する電流だけでなく、スピン角運動量の流れに対応するスピン流も生成される。スピン流は、電場を加えて電子を操作することで制御するのが一般的であるが、近年、熱を用いることでも、スピン流の制御が可能であることが分かってきた。しかしながら、これまでの研究では、熱により生成されたスピン流の検出、及びその生成効率に着目した実験が大半であり、熱的に生成されたスピン流が、電気的に生成されたスピン流と同様に、スピントルクなどの局在磁化に対して有効なトルクを作用させるか、また、スピン依存型の熱伝導現象が発現するかなどに関しては、十分な実験的研究がなされていない。このような観点から、本論文では、熱的に生成されたスピン流が織りなすいくつかの具体的現象に関して実験を行い、それらを定量的に明らかにしている。

本研究者は、まず最初に、高効率な熱スピン注入が可能な  $\text{CoFeAl}$  を用いて、 $\text{NiFe}$  ナノドットに熱的に生成したスピン流を注入することで、ナノドットの強磁性共鳴周波数を変調できることを見出している。さらに、この変調は、スピン流によって生じる有効磁場による効果で、定量的に説明できることを示している。次に、強磁性/非磁性/強磁性の三層構造をナノ細線化したスピバルブ型ナノ細線にナノサイズの熱電対を組み込んだ素子を作製し、スピバルブの熱伝導率が、電気伝導率と同様、平行、反平行に対応して変化することを見出している。また、本現象について  $\text{NiFe/Cu/NiFe}$  および  $\text{Co/Cu/Co}$  構造を用いて系統的に精査することで、電氣的スピバルブ効果と熱的スピバルブ効果の相関を明らかにし、スピバルブ効果に伴う熱伝導率の変化率は、マグノンなどの寄与により、電気伝導率の変化率に比べ、大きくなることを示している。最後に、 $\text{CoFeAl/Cu}$  で構成される横型スピバルブ素子を用いた熱スピン注入特性の実験から、スピバルブ信号に特徴的な非対称変化が観測されることを見出し、この変化が検出端子の異常ネルンスト効果と注入端子の熱流異常ホール効果で、系統的に説明できることを示している。

以上の結果は、熱的に生成されたスピン流と局在磁化との相互作用、及び、局在磁化がもたらす熱流への影響等を初めて定量的に明らかにした研究であり、スピントロニクス分野において価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。