

スピンプンピングによる蒸着分子薄膜のスピンプン輸送特性

Spin Transport Characteristic of Thermally Evaporated Pentacene Films by Using Spin Pumping

H28海自38

派遣先 International Union of Materials Research Societies –
International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM)
2016 (シンガポール・シンガポール)
期間 平成28年7月3日～平成28年7月9日 (7日間)
申請者 大阪市立大学 大学院工学研究科 電子情報系専攻
前期博士課程2年 谷 泰 雄

海外における研究活動状況

研究目的

電子デバイスの極微細化に伴い、ジュール熱が問題になっている。本研究では電子のスピンプン角運動量のみを伝達する純スピンプン流に着目した。純スピンプン流では正味の電流が流れないためジュール熱が発生せず、省エネ化も期待できる。純スピンプン流を使った素子創製における課題の一つはスピンプン情報の効率的輸送であり、輸送材料中でのスピンプン輸送の達成及びスピンプンの輸送距離等の評価が必要不可欠である。本研究ではp型有機半導体のペンタセン分子薄膜中のスピンプン輸送の達成及び、そのスピンプン輸送特性を評価することを目的とする。

海外における研究活動報告

近年スピントロニクス分野において分子材料が注目されている。一般に軽元素で構成される分子材料はスピンプン軌道相互作用が小さく、スピンプンを輸送する材料として期待できるためである。本研究ではペンタセンという分子材料に着目した。ペンタセンは広く知られるp型有機

半導体である。ペンタセンは、真空蒸着法において高い結晶性と導電性を有する薄膜を得ることができるため、スピンプン輸送材料として期待できると考えた。また光導電性を持つため、それを活かしたデバイスが期待できる。以前に電気的なスピンプン注入法によりペンタセン薄膜中でのスピンプン輸送達成が報告されている。しかし電気的な手法では物質間の電気抵抗差がスピンプン注入効率を減少させるコンダクタンスミスマッチ問題の影響を受けてしまう。これを解消するためには低温で実験することが挙げられるが、デバイス化においては室温で動作することが望ましい。後述するスピンプンポンピングというスピンプン注入法では室温下においてこのコンダクタンスミスマッチ問題の影響は無視できる。そこでスピンプン流注入方法であるスピンプンポンピングと後述するスピンプン流検知方法である逆スピンプンホール効果を用いて室温下におけるペンタセン分子薄膜のスピンプン輸送特性の評価を行うことを本研究の目的とする。

ペンタセンのスピンプン輸送特性の評価においては強磁性体 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (パーマロイ) 薄膜、輸送材料ペンタセン薄膜、非磁性体Pd薄膜からな

る三層積層構造試料を用いた。この試料に静磁場と高周波磁場を印加すると、高周波磁場からのエネルギーを吸収しパーマロイ内部の磁化が静磁場方向を軸とした歳差運動を起こす。この状態を強磁性共鳴と呼び、この条件下ではペンタセンを介してPdへと純スピンの注入される。このスピン流注入法をスピンポンピングと呼ぶ。ペンタセンを介してPdへと注入された純スピン流はPd中のスピン軌道相互作用により電流へと変換される。このスピン流から電流への変換現象を逆スピンホール効果と呼ぶ。逆スピンホール効果で生成された電流はPdの電気抵抗を介して起電力として観測できるので、この起電力の観測によってペンタセン中でのスピン輸送特性を評価することができる。本研究ではスピンポンピングを用いてペンタセン中のスピン輸送を初めて達成し、ペンタセンの膜厚と逆スピンホール効果による起電力との関係性からスピン輸送距離であるスピン拡散長の算出に成功した。この実験は本学理学部の手木芳男教授に電子スピン共鳴装置をお借りして行われた。この研究の成果を貴財団の海外派遣援助によりこの度参加した International Union of Materials Research Societies – International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM) 2016において“Spin transport characteristic of thermally evaporated pentacene films by using spin pumping”という題目で研究成果の口頭発表を行った。IUMRS-

ICEMは1999年に組織され、シンガポールだけではなくアジアをはじめとした様々な研究者たちが電子材料についての研究を発表・議論する場である。

発表の質疑応答においてはスピン輸送特性評価のための膜厚依存性の起電力の測定結果についての質問をいただいた。また学会中に知り合ったグラフェンを使ったスピン輸送の研究をしているシンガポール大学の学生や、日本でスピンについて研究されている教授の方々と互いの研究やスピン輸送に関する活発な議論を行った。研究へのモチベーション獲得及び興味深い発表の場で様々な知見を得ることのできた有意義な渡航であった。この場を借りてご支援いただいた村田学術振興財団の皆様方に深く御礼申し上げます。

この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目

[原著論文]

Yasuo Tani, Yoshio Teki, Eiji Shikoh, “Spin-pump-induced spin transport in a thermally evaporated pentacene film.”, *Applied Physics Letters*, Vol. 107, pp. 242406-1 - 242406-4, 2015年12月.

[学会発表]

谷泰雄, 手木芳男, 仕幸英治 “スピンポンピングによるペンタセン蒸着膜のスピン輸送特性”, 2015年第76回秋季応用物理学会学術講演会, 名古屋国際会議場, 名古屋市, 2015年9月13日.