

有機半導体ナフチルジアミン蒸着薄膜中のスピンの輸送

大西裕一郎、手木芳男*、仕幸英治
(阪市大院工、*阪市大院理)

Spin transport in thermally-evaporated organic-semiconductor naphthyl diamine films

Y. Onishi, Y. Teki*, E. Shikoh
(Osaka City Univ. Eng., *Osaka City Univ. Sci.)

はじめに

近年、純スピン流の輸送材料として分子材料が注目され、先行研究では真空蒸着法で成膜した結晶性分子の薄膜でスピン輸送が達成されている¹⁾。本研究では、真空蒸着法で成膜した際にアモルファス構造をとる有機半導体ナフチルジアミン、*N,N'*-ジ-1-ナフチル-*N,N'*-ジフェニルベンジジン(alpha-NPD)に注目する²⁾。alpha-NPDは有機発光ダイオードの正孔輸送層として実用されている有機半導体であり、良好な電荷移動度を有する³⁾。このような発光素子への純スピン流の応用のため alpha-NPD におけるスピン輸送実験を行った。純スピン流の生成方法としては材料界面でのコンダクタンスミスマッチ⁴⁾を無視できる動力学的手法、スピンプンピングを用いて alpha-NPD 薄膜の室温におけるスピン輸送特性を評価した。

実験方法

真空蒸着装置を用いた電子ビーム蒸着、抵抗加熱蒸着によって Pd(10 nm)/alpha-NPD(*d*)/Ni₈₀Fe₂₀(25 nm)の三層構造の試料を作製した(Fig.1)。強磁性共鳴を用いたスピンプンピングによって強磁性層 Ni₈₀Fe₂₀ から輸送層 alpha-NPD に純スピン流 J_s が伝わり、さらに検出層 Pd に伝播される。純スピン流は Pd の大きいスピン軌道相互作用に由来した逆スピンホール効果(ISHE)⁵⁾によって起電力(V_{ISHE})に変換される。よって alpha-NPD 薄膜中のスピン輸送の達成は、Pd で起電力が観測され、それが逆スピンホール効果によるものであると確かめることで示される。強磁性共鳴の励起には電子スピン共鳴装置を、起電力の観測にはナノボルトメータを使用した。実験はすべて室温で行った。

実験結果

Fig.2 に $d = 50$ nm の試料における強磁性共鳴スペクトルと共鳴磁界付近における Pd の出力電圧特性を示す。マイクロ波の出力は 200 mW で、静磁界の印加角度は 0° と 180° の両方で評価した。共鳴磁界付近において静磁界方向の逆転に伴った起電力の反転が観測された。またこの出力電圧はマイクロ波パワーと正の相関を持っていることがわかった。またスピン軌道相互作用の影響を調べるため Pd を、その大きさが小さい Cu に変えて同様の実験を行ったところ起電力は Pd のときと比べ小さかった。以上のことから Pd の試料における出力電圧は主に逆スピンホール効果によるものと結論した。つまり alpha-NPD 薄膜中のスピン輸送を達成した。学会時には上記の詳細なデータに加えて起電力の alpha-NPD 膜厚依存性についても議論する。

参考文献

- 1) Y.Tani, et al., Appl. Phys. Lett., 107,242406, (2015).
- 2) José C.S.Costa, et al., J. Mater. Sci., 53,12974-12987, (2018).
- 3) 時任静士, et al., 有機 EL ディスプレイ, オーム社, (2004).
- 4) G. Schmidt, et al., Phys. Rev. B 67, R4790 (2000).
- 5) E. Saitoh, et al., Appl. Phys. Lett. 88, 182509 (2006).

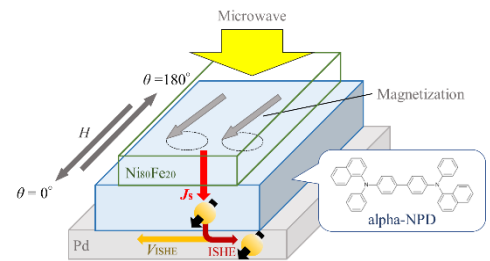


Fig. 1. sample structure and spin-pumping.

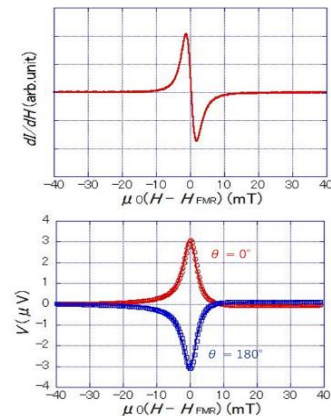


Fig. 2. (a) FMR spectrum. (b) Output voltage under the FMR.