

自己評価報告書

平成23年 5月16日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20550015

研究課題名 (和文) 有機半導体・強磁性金属界面の電子構造とスピン注入効率：有機スピン素子をめざして

研究課題名 (英文) Studies of the electronic structure of organic/metal interfaces in relation with spin injection

研究代表者

吉田 弘幸 (YOSHIDA HIROYUKI)

京都大学・化学研究所・助教

研究者番号：00283664

研究分野：物理化学、物性科学

科研費の分科・細目：化学・物理化学

キーワード：有機半導体，有機・金属界面，電子構造，角度分解 X 線光電子分光法，多変量解析，埋もれた界面，分子性固体

1. 研究計画の概要

有機半導体と金属の界面電子構造と有機薄膜構造を詳細に調べ、これを有機半導体へのスピン注入効率と関連付ける。このため、以下の3つの観点から研究を推進する。

(1) 有機薄膜と金属電極界面の電子構造

有機・金属界面の電子構造を光電子分光法により測定し、ホール・電子の注入効率を調べる。従来の研究手法を単純に適用するだけでなく、従来からの当該分野の本質的課題の解決をも視野に入れた研究を目指す。

(2) 薄膜の結晶構造

有機薄膜の伝導性や移動度などの物理パラメータは、大きな異方性を示し結晶構造にも依存することが知られている。そこで、金属表面上に作成した有機半導体膜の構造や分子配向を調べる。薄膜構造・分子配向、さらには有機薄膜の「質」を評価する測定法の検討や開発も行う。

(3) 有機・金属界面のスピン注入効率

有機薄膜と金属界面でのスピン注入効率を調べ、上記の界面電子構造・薄膜構造と関連付ける。

2. 研究の進捗状況

(1) 有機薄膜と金属電極界面の電子構造

強磁性金属と有機半導体界面でのキャリア注入障壁を光電子分光法により測定した。特に、ペンタセンとパーマロイの組み合わせでは、ホール注入障壁が 0.1 eV 程度と低いことがわかった。

一方で、これまで薄膜の膜厚を増やしながらか光電子分光法で電子準位を調べるという方法が、簡便で精度も良いため広く使われている。しかし、界面準位の代わりに表面準位

を膜厚の関数として調べるため、本来の界面電子準位を調べているわけではなく、エネルギー基準が定まらないなどの多くの問題点がある。

本研究では、角度分解 X 線回折法を応用し、データ解析に多変量解析を導入することで、電子準位を深さの関数として調べる方法の開発に成功した。この方法を有機薄膜と金属の「埋もれた界面」の電子準位、表面とバルクの電子準位の違いなど長年の当該分野の課題に適用し、注目すべき成果を上げつつある。

(2) 薄膜の結晶構造

薄膜の結晶構造は X 線解析 (面外・面内回折)、金属表面上の分子配向は赤外反射吸収分光 (IRRAS) で調べられるようにし、多くの有機薄膜と金属表面の組み合わせについて、結晶構造と分子配向の特徴を明らかにした。

一方で、伝導特性・スピン拡散長と関係する薄膜の「質」を精密評価する方法が求められている。本研究では、X 線回折の線幅をもとに結晶歪を検討するという方法を DNTT など高結晶性有機薄膜に適用し、既報のホール効果と良い相関があることを初めて明らかにした。このことは、結晶歪が有機薄膜の質の良い指標となることを示している。

(3) 有機・金属界面のスピン注入効率

強磁性金属としてパーマロイを選び、ギャップ長 50 nm 以下という現在の微細加工技術の限界に迫る電極を作製した。上記の測定でホール注入障壁が小さいことが分かっているペンタセンを選び、磁気抵抗測定を試みたが測定できなかった。

その後、検討を重ね、液体ヘリウムを使用した低温での測定、強磁性体表面の酸化を防

ぐための超高真空でのその場観測装置が、検出可能な程度のスピン注入効率を得るのに必須であることが分かってきた。これを解決する方法を模索中である。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している

有機薄膜と金属の界面電子構造の研究では、電子準位を深さの関数として調べる新しい実験手法の開発に成功した。また、有機薄膜の構造については、結晶歪解析が有機薄膜の質を議論する上で有用な指針となることを明らかにした。どちらの成果も、当該分野の重要課題を解決する新しい研究として注目されており、当初の研究予定をおおきく上回るものである。

一方で、スピン注入効率の測定は、超微細加工を使うなどの努力にもかかわらず成果が上がっていない。国内外の他のグループも同様の困難に直面しているため、必ずしも本研究の計画・推進に問題があったとはいえない。以上を総合して上記の評価をした。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 有機薄膜と金属電極界面の電子構造

本研究で開発した電子準位を深さの関数として調べる新しい実験手法の可能性と限界を探る。そして、調べた有機・金属界面電子構造をスピン注入効率と関連付けられるように発展させる。

具体的には、①金属・有機の埋もれた界面の測定、②有機固体表面とバルクの電子準位の違いという二つの課題の検討を進めていく。また、試料に金属単結晶上にエピタキシャル成長させた膜、厚さを精密制御したLB膜などを利用することで、測定データの向上を図る。

(2) 薄膜の結晶構造

これまでの研究に加えて、シンクロトロン放射光を利用したより高精度の測定に挑戦し、結晶歪、格子定数などをより精密に測定・分析する。

(3) スピン注入効率の測定

既存の装置を活用し、超高真空下での試料調製・測定を試みる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①吉田弘幸、佐藤直樹、
” The depth profile of core energy levels: Electronic structure of buried organic/metal interfaces examined by X-ray photoemission and target factor analysis” ,

Chem. Phys. Lett. (accepted) 査読有.

②吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
” Electronic structure of buried interface between organic semiconductor, N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenylbenzidine (TPD) and metals” ,
J. Nanosci. Nanotech. (accepted) 査読有

[学会発表] (計25件)

①吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
” Core-energy level difference in the surface and bulk regions of organic semiconductor films studied by X-ray photoemission spectroscopy with depth resolution” , 2011 European Materials Research Society (E-MRS) spring meeting, 2011年5月9日ニース、フランス(口頭講演)

② 吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
” A New Experimental Technique to Examine Electronic Structure at Buried Interface in Organic/Metal Contacts” , European Conference on Surface Science (ECOSS) 27, 2010年8月29日—9月3日グローニンゲン、オランダ(口頭講演)

③ 吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
” A New Experimental Technique to Examine Electronic Structure at Buried Interface in Organic/Metal Contacts” , International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010, 2010年7月6日、京都(口頭講演)

④ 吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
「角度分解X線光電子分光法による内殻準位の深さプロファイル：有機半導体と金属の埋もれた界面の電子構造」、第4回分子科学討論会、2010年9月15日 大阪(口頭講演)

⑤ 吉田弘幸、伊藤英輔、原正彦、佐藤直樹、
「角度分解X線光電子分光法による内殻準位の深さプロファイル：有機半導体と金属の埋もれた界面の電子構造」第71回応用物理学会学術講演会、2010年9月14日、長崎(口頭講演)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ

http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~yoshida/hiroyuki_yoshida/main.html