

# 分子システムエレクトロニクス研究ユニット Molecular System Electronics Research Unit

研究ユニットリーダー 塚越 一 仁  
TSUKAGOSHI, Kazuhito

当研究ユニットでは、ナノサイエンス・ナノテクノロジーを駆使して、ナノスケールでの制御によって分子あるいは分子システムの電気伝導を検出し、将来のエレクトロニクス展開のための基礎を確立することを目指す。分子あるいは分子システムを伝導体とする電子素子は素子内部の界面の特性で大きく変わり、従来から安定性および信頼性の制御が困難とされてきた。この界面を介した電気伝導を根本から理解し制御することが、分子あるいは分子システムを用いた電子素子の実現へ重要である。現在取り組んでいる具体的な研究では、分子や有機膜さらにグラフェンなどを中心とした有機トランジスタや炭素系エレクトロニクスの基礎伝導機構の解明とその制御を試みている。この研究の発展は現在のIT機器の形状や概念に変革をもたらす次世代のプラスチックエレクトロニクスへの基礎技術となる。

## 1. 有機トランジスタ

### (1) 有機トランジスタの動作原理解明と応用探究 (塚越, 宮寺<sup>\*1</sup>, 王<sup>\*1</sup>, 三成<sup>\*45</sup>, 瀬戸<sup>\*35</sup>, 青柳<sup>\*5</sup>)

有機薄膜にソース電極およびドレイン電極を作製し、ゲート電界を印加することでトランジスタとしてのスイッチングを得ることができる。この有機薄膜トランジスタはプラスチック基板上に作製することで、フレキシブルエレクトロニクスなどへの画期的な応用展開を可能とする。しかしながら、現時点では多くの課題を抱えており、これらの制御のためには、動作原理の解明に基づき、的確な改善を行う必要がある。これに対して本年度は、大きな課題の1つである電極金属から有機薄膜への電流注入プロセスの解明を目指した実験を進め、電流注入プロセスの詳細の解明を行っている。H19においては、有機フィルム/金属界面での電流注入が、単純なトンネル障壁ではなく、高密度トラップによる高抵抗領域の形成が界面抵抗をなしていることを初めて見出すことに成功した。

## 2. ナノ炭素エレクトロニクス

### (1) 超薄膜グラファイトフィルムを用いた電気伝導システムの開発と物性解明 (塚越, 小高<sup>\*3</sup>, 宮崎<sup>\*15</sup>, 青柳<sup>\*5</sup>)

ナノスケールグラファイト超薄膜を基板上の作製し、金属電極を形成して電気伝導を検出することができるシステムと作製プロセスを検討した。グラファイト超薄膜は既存の半導体に対して、大きな移動度を有することが実験によって見出されつつある。しかしながら、基本電子状態は半金属であり、電子とホール伝導を制御しなければならない。この基本特性を引き出して電子素子材料としての応用が可能となれば、現在の電子素子の製造プロセスや応用先の変革が起こる。このような展開をめざして、研究を進めている。本年度は、超薄膜グラファイトを絶縁基板上に作製し、これに対して精密に電極を作製するプロセスを検討し、電極材料の電子素子特性への寄与を調べた。電極材料の仕事関数と半金属特性の変化に着目し、仕事関数依存性を見出すことができた。電極の制御によって素子抵抗を減少させることができた結果、超薄膜グラファイトの電気伝導を直接観察することができるようになり、伝導特性の基礎解明を進めている。

<sup>\*1</sup> 協力研究員, <sup>\*2</sup> ジュニア・リサーチ・アソシエイト, <sup>\*3</sup> 研修生, <sup>\*4</sup> 基礎科学特別研究員, <sup>\*5</sup> 所内共同研究者

We explore molecular-based electronics for future plastic electronics. Transport properties in the molecular-based electronics strongly depend on the hetero-interfaces in the device. We have been trying to understand and control the hetero-interfaces in the device. The topics include single molecule electronics, organic film electronics, and carbon-based electronics. We like to establish basic device-sciences for future development of plastic electronics.

## 1 . Development of organic transistor

### ( 1 ) Organic thin film transistor

An organic film with source and drain electrodes can be operated as a transistor in a gate-voltage scan. The organic transistor can be directly formed on plastic substrate. The plastic transistor would create future electronics, such as flexible image devices. However, there are many problems to be solved in the transistor. Especially, an interface between metallic contact and organic film is one of the critical points to determine the transistor performance. So far, we have studied the current injection mechanism through the above metallic interface. We clarified the current injection process in our experiment. It was found that the current injection from the metallic contact to the organic film is dominated by high-density charge-traps at the interface. This indicates that the conventional understanding based on the tunneling barrier at the interface must be changed to control the organic transistor.

### ( 2 ) Nano-carbon electronics

Ultra-thin graphite film has been studied as nano-scale channel. The graphite film is semi-metallic electric property, and has high electron and hole mobilities. Because thin graphite films are by nature nanometer scale materials with remarkable electrical properties, they are expected to be an important element in nano-carbon electronics. As preliminary steps towards realizing the nano-carbon electronics, we have investigated the formation mechanism of metal contacts to thin graphite and precise device-fabrication by fabricating single electron device. In general, conduction of the graphite can be changed in gate voltage operation applied to the doped-Si substrate. Resistance observed in the gate-voltage change shows ambipolar behavior based on clear carrier polarity change. We carefully compared the contact metal dependence of the turning voltage at the carrier polarity change in the gate-voltage characteristic. We figured out a relationship between the work-function of the electrode metal and the turning gate-voltage. Based on this relationship, we selected the Pt/Au electrode for the further investigation. Consequently, we could establish the reproducible fabrication method of the low-resistance contact onto the ultrathin graphite film. The contact control enables us to observe the intrinsic properties of the ultrathin graphite film.

### *Staff*

#### *Head*

Dr. Kazuhito TSUKAGOSHI

#### *Members*

Dr. Tetsuhiko MIYADERA\*<sup>1</sup>

Dr. Sui-Dong WANG\*<sup>1</sup>

---

\*<sup>1</sup> Contract Researcher

### *in collaboration with*

Dr. Takeo Minari (Nano Science Technology Development and Support Team)

Dr. Hisao MIYAZAKI (Nano Science Technology Development and Support Team)

Ms Mari SETO (Nano Science Technology Development and Support Team)

Yoshinobu AOYAGI (Nano Science Technology Development and Support Team)

### *Trainees*

Mr. Shunsuke ODAKA (Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science & Engineering)