

有機半導体エレクトロニクスデバイス



平本 昌宏 (教授)

1980年大阪大学基礎工学部卒業 1984年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程中退、工学博士 1984年分子科学研究所文部技官 1988年大阪大学工学部助手 1997年大阪大学大学院工学研究科准教授 2008年4月より現職
TEL: 0564-59-5536
電子メール: hiramoto@ims.ac.jp

有機半導体は、分子研名誉教授である、井口洋夫先生によって創始され、すでに、有機ELディスプレイが実用化されている。研究段階にあるのが、有機トランジスタ、有機固体太陽電池である。このような有機半導体エレクトロニクスデバイスにおいてブレイクスルーを起こすには、金属/有機界面、純度、分子の配列制御、pn制御、等の、有機半導体の基礎科学を推進することが必要不可欠である。ここでは、我々のグループが行っている、有機固体太陽電池の研究、および、弾道電子放出顕微鏡による有機/金属界面の電子注入バリア計測について紹介する。

p-i-n 接合を持つ有機固体太陽電池の研究

有機固体太陽電池は、近年変換効率の向上が著しく、シリコン系セルの次に来る、次世代太陽電池の最も有力な候補である。有機半導体は、異種の有機半導体を混合することによって、はじめて光電流を発生できる。有機版 p-i-n 接合のコンセプトは、1991年に著者が提案した(図1)¹⁾これは、共蒸着による混合接合 i 層を持つという観点から、世界初のバルクヘテロ接合型電池であるとの位置づけがなされており、現在の有機太陽電池の主流となっている。なお、共蒸着混合層から、電子とホールを取り出すには、それぞれの取り出しルートを数ナノレベルの精度で、大規模(大面積)に設計・製作することが必要であり(図2)²⁾現在、ナノインプリント-蒸着融合プロセスによる、大規模ナノ構造設計技術の確立を行っている。

有機半導体も半導体であるので、その真の機能を引き出すには、シリコンと同レベルの超高純度化技

術の確立が必要である。我々は、C₆₀を単結晶としてとりだすことで、セブンナイン以上の超高純度化に成功し、それを p-i-n 太陽電池に組み込むことによって、シリコン系セルに匹敵する短絡光電流 20 mA/cm² と世界最高変換効率 5.3% を観測した。

有機/金属界面の電子注入バリア計測

有機デバイスには金属/有機界面が必ず存在し、デバイス特性を決定的に左右するが、金属/有機界面の電子注入バリア高さの実測例はなかった。著者は、弾道電子放出顕微鏡によって、この実測に初めて成功した。³⁾STM 探針を弾道電子源として用いれば、バリア高さの2次元マッピングもできる(図3)。電子注入バリア高さは、分子配向、結晶面、結晶表面ステップ、結晶粒界、蒸着金属の構造などの、様々な界面のナノ空間構造、さらには、有機-金属相互作用などの種々の因子が影響を及ぼしているのは確実であるが、これらの問題は、全く解明されていない。有機デバイスの真の実用化には、このような金属/有機界面の理解が必要不可欠である。

参考文献

- 1) M. Hiramoto, H. Fujiwara and M. Yokoyama, "p-i-n Like Behavior in Three-layered Organic Solar Cells Having a Co-deposited Interlayer of Pigments," *J. Appl. Phys.* **72**, 3781 (1992).
- 2) M. Hiramoto, T. Yamaga, M. Danno, K. Suemori, Y. Matsumura and M. Yokoyama, "Design of Nanostructure for Photo-electric Conversion by Organic Vertical Superlattice," *Appl. Phys. Lett.* **88**, 213105 (2006).
- 3) 平本昌宏、横山正明、公開特許2001-343318, 「金属・有機界面の電子注入エネルギーバリアの測定方法及び装置」, 2001.11.4.

