

さまざまな中心金属を有する金属錯体を用いた 有機電界効果トランジスタ

東工大・物質理工学院

○北森俊貴, 劉東昊, 飯嶋広大, 森健彦

Ambipolar Organic Field-Effect Transistors based on various Metal Complexes

○Toshiki Kitamori, Dongho Yoo, Kodai Iijima, Takehiko Mori

Department of Materials Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Japan

【 Abstract 】 We have reported Ni, Co and Pt complexes of bis(o-diiminobenzosemiquinonate) exhibit ambipolar transistor characteristics when fabricated on tetratetracontane (TTC).^[1] In this study, we show the Pd complex and the substituted Ni complexes exhibit ambipolar transistor characteristics as well. The Pd complex shows higher performance ($\mu_h/\mu_e = 0.11/0.066 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) than the Ni complex ($\mu_h/\mu_e = 0.035/7.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$). While the unsubstituted Ni complex shows slightly hole-dominant ambipolar characteristics, the methyl complexes show more hole-dominant ambipolar characteristics. The difluoro complex shows balanced ambipolar characteristics and the tetrafluoro compound exhibits electron-dominant ambipolar characteristics. We can observe gradual shift from mainly hole transporting to mainly electron transporting properties with the systematical shift of the threshold voltages.

【序】 Fig. 1 に示した無置換の Ni 錯体は強いドナーであると同時にエネルギーギャップが小さい (HOMO/LUMO = -4.44/-3.50 eV) という純有機物では実現不可能な電子状態をもつが、通常はホール伝導を示し^[2]、Ca 電極を用いることによってアンバイポーラ特性が報告されている^[3]。一方、近年不活性なテトラテトラコンタン (TTC) 上に有機薄膜を形成することによって良好なアンバイポーラトランジスタが作製できることが報告されている^[4]。そこで本研究では Fig. 1 に示した Ni、Pd および Pt 錯体のトランジスタを TTC 上に作製した。また、メチルおよびフルオロ置換体の Ni 錯体を合成し、トランジスタ特性の連続的変化を調べた。

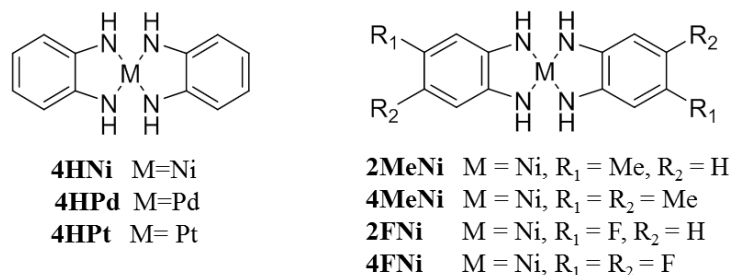


Fig. 1. Molecular structures of the metal complexes

【方法】 活性層となる金属錯体を合成し、昇華精製後、TTC を 20 nm 真空蒸着した Si/SiO₂ 基板上に活性層として真空蒸着した。電極 (W/L = 1000 μm/100 μm) として金を蒸着したトップコンタクト型の薄膜トランジスタを作製した。トランジスタ特性は真空中 (10⁻³ Pa) で評価し、薄膜の評価は XRD、AFM で行った。

【結果・考察】 Ni 錯体は CV 測定からエネルギーレベルを求め、その他の錯体は CV 測定と光学ギャップからエネルギーレベルを算出した (Table 1)。一般に HOMO が -5.6 eV 以上であればホール伝導が、LUMO が -3.2 eV 以下であれば電子伝導が観測されるといわれているが^[5]、これらの錯体はすべてアンバイポーラ特性を示した。

2MeNi のトランジスタ特性を Fig. 2 に示す。飽和領域で見積もった移動度の値を Table 1 にまとめた。Pd 錯体は Ni 錯体よりも高い性能を示した。無置換体 **4HNi** ではややホール優勢であるが、**2MeNi** では、さらにホール優勢となった。**4FNi** では、電子優勢のアンバイポーラ特性となった。**2FNi** では、ホールと電子がほぼバランスした。これに伴って移動度の相対的大きさばかりでなく、しきい電圧も大きくシフトする。このようにこの系ではエネルギーレベルとトランジスタの極性を非常に細かく制御できることが分かった。

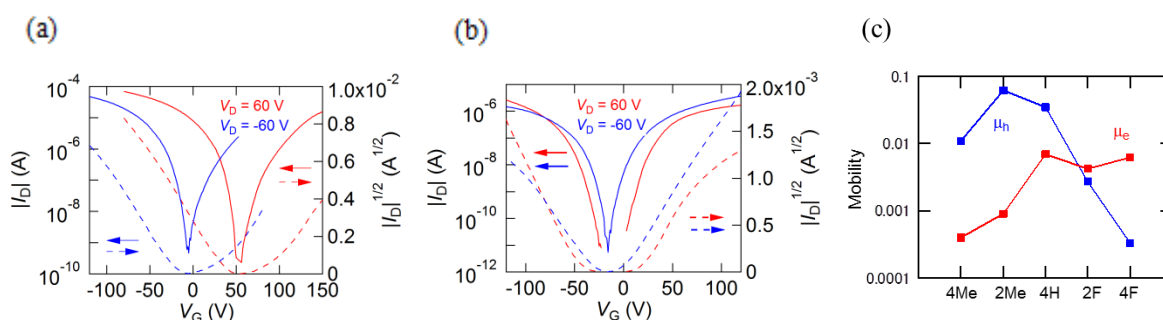


Fig. 2. (a) Transfer of **4HPd**, (b) transfer of **2FNi**, and (c) mobility shift of Ni complexes

Table 1. HOMO and LUMO levels as well as the hole and electron mobilities.

| | μ_h (cm^2/Vs) | V_{th} (V) | I_{on}/I_{off} | μ_e (cm^2/Vs) | V_{th} (V) | I_{on}/I_{off} | HOMO (eV) | LUMO (eV) |
|--------------|--|--------------|-------------------|--|--------------|-------------------|--------------|--------------|
| 4HNi | 0.035 | 16 | 6.6×10^6 | 7.0×10^{-3} | 88 | 3.1×10^7 | -4.44 | -3.50 |
| 4HPd | 0.11 | -14 | 1.0×10^5 | 6.6×10^{-2} | 87 | 1.7×10^5 | -4.45 | -3.08 |
| 4HPt | 0.020 | 30 | 4.7×10^5 | 7.8×10^{-3} | 99 | 2.5×10^5 | -4.51 | -2.97 |
| 2MeNi | 0.062 | 10 | 3.1×10^5 | 9.8×10^{-4} | 109 | 4.8×10^7 | -4.36 | -2.94 |
| 4MeNi | 0.011 | -4.7 | 4.2×10^6 | 4.2×10^{-4} | 95 | 8.5×10^4 | -4.27 | -2.87 |
| 2FNi | 2.7×10^{-3} | -45 | 3.6×10^7 | 4.2×10^{-3} | 17 | 3.6×10^7 | -4.51 | -3.07 |
| 4FNi | 3.3×10^{-4} | -74 | 5.7×10^4 | 6.2×10^{-3} | -37 | 7.3×10^7 | -4.51 | -3.08 |

【参考文献】

- [1] 北森俊貴, 劉東昊, 飯嶋広大, 佐藤諒之介, 川本正, 森健彦, 第 11 回分子科学討論会, 3P026 (2017).
- [2] S. Noro *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 10012 (2005).
- [3] S. Noro *et al.*, *Adv. Mater.*, **20**, 3399 (2008).
- [4] O. Pitayatanakul *et al.*, *J. Mater. Chem. C*, **2**, 9311 (2014).
- [5] M. L. Tang *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 5264 (2009).