

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, 佐藤諒之介, 川本正, 森健彦

Organic Field-Effect Transistors based on Metal Complexes

○Toshiki Kitamori, Dongho Yoo, Kodai Iijima, Ryonosuke Sato, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori

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

【Abstract】 It has been reported that organic field-effect transistors (OFET) with indigo and phthalocyanine show ambipolar characteristics on tetratetracontane (TTC).^[1] Although the narrow energy gap of bis(o-diiminobenzosemiquinonate) nickel complex indicates the ambipolar characteristics, predominant p-type OFET characteristics ($\mu_h = 0.038 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) has been reported in the usual conditions.^[2,3] In this study, we have investigated OFETs of bis(o-diiminobenzosemiquinonate) nickel and platinum complexes on TTC.

From the cyclic voltammetry and the reported optical gaps, the HOMO/LUMO levels are estimated to be $-4.44/-3.50 \text{ eV}$ and $-4.51/-3.27 \text{ eV}$, respectively for the Ni and Pt complexes, suggesting the possibility of ambipolar characteristics.^[4,5] As shown in **Table 1**, the transistors on TTC show slightly hole-dominant ambipolar characteristics. The XRD measurements show d -spacings of 12.5 \AA and 12.7 \AA , respectively, indicating that the molecular long axes are perpendicular to the substrate.

【序】 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インジゴやフタロシアニンなどの分子が良好なアンバイポーラトランジスタ特性を示すことが報告されている^[1]。Fig. 1 に示した Ni 錯体はエネルギーギャップが小さくアンバイポーラ特性が期待されるが、通常の条件下ではホール伝導のみ ($\mu_h = 0.038 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) が観測されることが報告されている^[2,3]。そこで、本研究ではテトラテトラコンタン上に Fig. 1 の Ni および Pt 錯体のトランジスタを作製し、その特性を調べた。

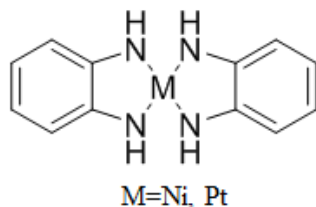


Fig. 1. Molecular structures of the metal complexes

【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 ($W/L = 1000 \mu\text{m}/100 \mu\text{m}$) として金または(TTF)(TCNQ)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 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、Pt 錯体は CV 測定で HOMO レベルを求めた後、報告されている光学ギャップの値から LUMO レベルを求めた (**Table 1**)^[4]。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ので^[5]、これらの錯体はアンバイポーラ特性を示す可能性がある。

Pt 錯体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。TTC を用いることによっていずれの錯体でもアンバイポーラ特性が観測された。電極として Au と(TTF)(TCNQ)を用いた場合の違いはわずかで、いずれもホール伝導が優勢である。Pt 錯体で(TTF)(TCNQ)電極を用いた場合は電子伝導が3桁低くなり、実質的に p チャネルトランジスタとなった。これは Pt 錯体の LUMO レベルが比較的高いことと関係しているものと思われる。

XRD の測定により、面間隔は Ni 錯体と Pt 錯体でそれぞれ $d = 12.5 \text{ \AA}$ 、 12.7 \AA となった。これらは報告されている結晶構造における分子長軸方向の格子定数(の 1/2)とよく一致しており^[6,7]、分子長軸が基板に垂直に配向していると考えられる。

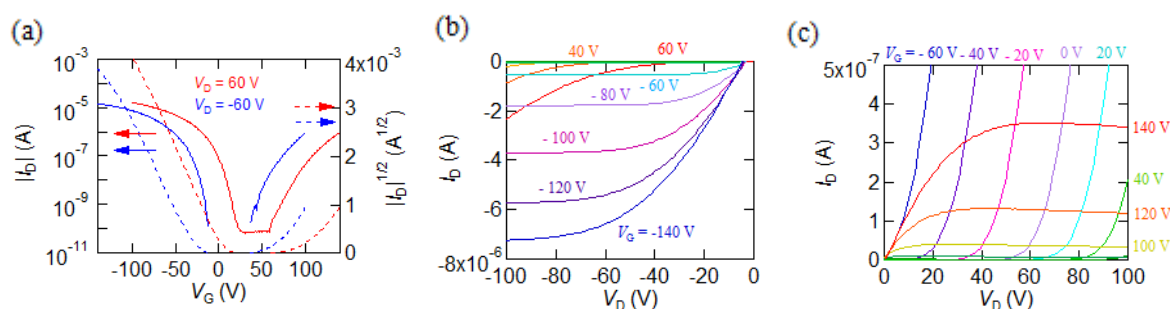


Fig. 2. (a) Transfer, (b) p-type, and (c) n-type output characteristics of the Au-electrode transistors based on the Pt complex.

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

Metal complex	HOMO (eV)	LUMO (eV)	Electrode	μ_h (cm ² /Vs)	μ_e (cm ² /Vs)
Ni	-4.44	-3.50	Au	0.066	7.3×10^{-3}
			(TTF)(TCNQ)	0.014	1.4×10^{-3}
Pt	-4.51	-3.27	Au	0.029	0.011
			(TTF)(TCNQ)	0.030	4.9×10^{-5}

【参考文献】

- [1] M. Irimia-Vladu *et al.*, *Adv. Mater.*, **24**, 375 (2012).
- [2] S. Noro *et al.*, *Adv. Mater.*, **127**, 10012 (2005).
- [3] S. Noro *et al.*, *Adv. Mater.*, **20**, 3399 (2008).
- [4] A. L. Balch and R. H. Holm, *J. Am. Chem. Soc.*, **88**, 5201 (1966).
- [5] M. L. Tang *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 5264 (2009).
- [6] Y. Konno and N. Matsushita, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **79**, 1237 (2006).
- [7] G. S. Hall and R. H. Soderberg, *Inorg. Chem.*, **7**, 2300 (1968).