

ナノ電解法によるナノ単結晶デバイス

(情報通信研究機構・未来ICT研究センター¹, テレコム先端技術研究支援センター²)

○長谷川 裕之^{1,2}, 野口 裕¹, 上田 里永子¹, 久保田 徹¹, 益子 信郎¹

近年研究が盛んな有機トランジスタの性能改善には結晶性の向上、電気伝導に有利な分子配列の構築が極めて重要であり、このような観点から最近有機導体材料が注目されている。これまでに我々は、有機導体の作製法の1つである電解結晶成長法を基に、ナノスケール単結晶の形成法である「ナノ電解法」を開発した¹⁾。専用電解セルを用いて交流で電気分解することによって、有機導体ナノワイヤが電極間に選択的に形成されたことを報告した²⁾。ナノ電解法は電解結晶成長法によって作製できる有機導体材料に幅広く展開可能であると考えられ、半導体から金属的なバンドを持つ材料まで、希望する電子特性を有するナノデバイスを構築することが可能である。

1. 部分酸化型ナノワイヤ

高伝導性の部分酸化塩結晶を与えることが知られている材料TPP·{Co(Pc)(CN)₂} (図1) を用い、ナノワイヤの作製を行った。交流を用いることで、図2のように電極間を架橋した、選択的な作製を可能とした。これらの得られたナノワイヤは単結晶である。その結晶構造を調べるため透過型電子顕微鏡を利用し制限視野電子線回折実験を行ったところ、回折像が得られた (図3)。これをバルク結晶の格子定数を用いて解析したところ、同一の結晶構造である事がわかった。このことから、高伝導性の分子配列を形成しており、ナノワイヤの長軸方向に高伝導性を有することが明らかになった。

また、酸化膜付きシリコン基板を利用し、電解後に2つの電極をそれぞれ、ソース、ドレイン電極としてそのまま

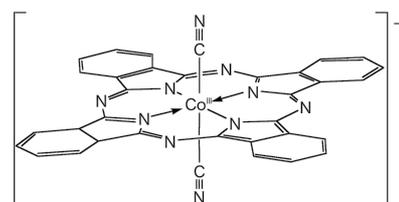


図1 : {Co(Pc)(CN)₂}

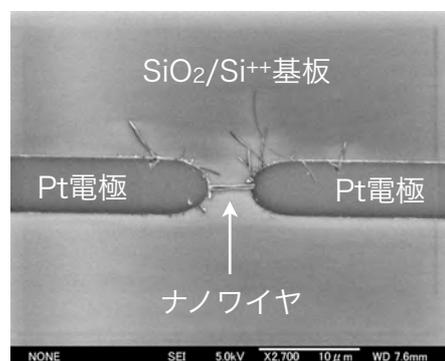


図2 : 電極間に架橋成長したナノワイヤ

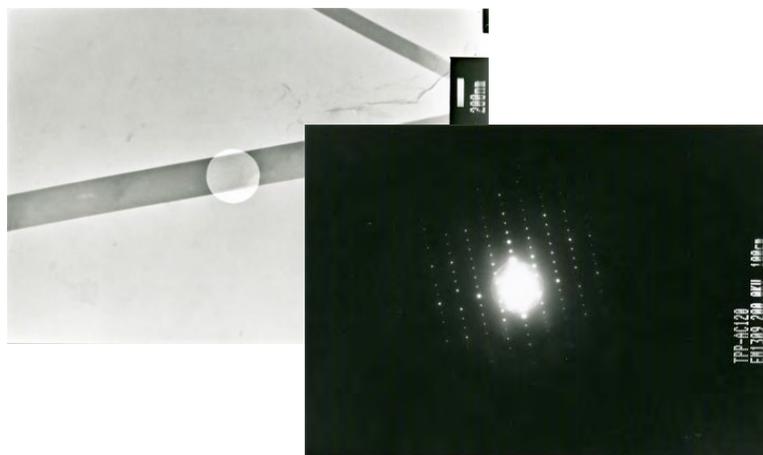


図3 : 透過型電子顕微鏡 (左) と制限視野電子線回折像 (右)

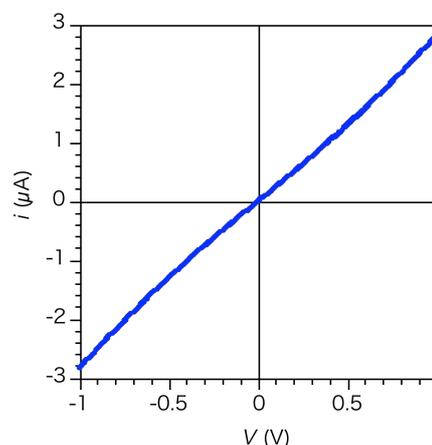


図4 : ナノワイヤの電流-電圧特性

用いることで電界効果トランジスタ構造を作製することが可能である。架橋したナノワイヤの電流電圧特性を図4に示す。ほぼ比例しており、電極との良好な接触を示唆する結果を得た。また、基板の高ドーピングシリコン層をゲート電極として用い、特性測定を試みた。

2. 完全酸化型ナノワイヤ

メタノール中で電解することで完全酸化された中性ラジカル結晶を与えることが知られている、 $K\cdot[Co(Pc)(CN)_2]$ を用いてナノ電解法を試みたところ、部分酸化と同様にワイヤ状のナノ結晶が得られ、交流での電解では電極間にナノワイヤを作製することができた(図4)。この材料は電解の過程で完全に1電子酸化されており、Mott型絶縁体であると考えられている。このナノワイヤについても電子特性測定を試みた。

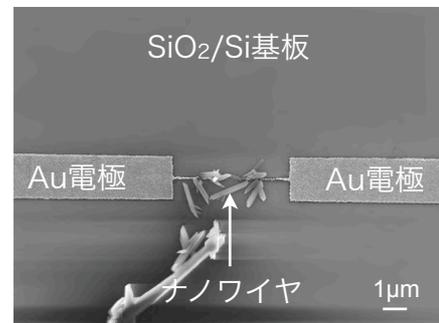


図4：半導体的特性を持つ材料を用いたナノワイヤ

これらのナノ電解法を利用したデバイス構造作製の詳細、および特性測定の結果について報告する予定である。

1) H. Hasegawa, et. al., Synth. Met., 135-136, 763(2003), H. Hasegawa, et. al., Thin Solid Films, 438-439, 352(2003).
2) H. Hasegawa, et. al., Electrochim. Acta, 50(15), 3029(2005).