

## 大気中で長期間駆動する n 型有機トランジスタを開発

九州工業大学 有機エレクトロニクス研究グループ  
情報工学研究院電子情報工学研究系・助教 永松秀一  
nagamatu@cse.kyutech.ac.jp

### 【概要】

国立大学法人九州工業大学の、有機エレクトロニクス関連研究者による学内横断型研究組織「有機エレクトロニクス研究グループ (KORG)」は、優れた大気安定性を持つ n 型有機トランジスタの開発に成功しました。

新規な n 型有機半導体を開発し、これを有機トランジスタ (Organic Thin-Film Transistor: OTFT) に実装し、n 型 OTFT 特性を評価したところ、優れた素子性能 (電子移動度  $0.1 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$  とスイッチング比 6 桁) を有する n 型 OTFT を、約 3 ヶ月以上にわたって大気中で安定に動作させることに成功しました。今回開発した n 型 OTFT と、別途大気安定な p 型 OTFT との組合せにより、低消費電力な基本論理回路である相補型反転回路 (インバータ) を、柔軟なプラスチックフィルム上に形成し、良好な反転特性を示す柔軟で大気安定な有機電子回路の開発に成功しました。

本成果は、IC カードや RF-IC タグなどに用いることができ、低価格で環境負荷の少ない有機材料で形成する、軽量で柔軟な「プラスチックエレクトロニクス」を実現することができ、今後の応用開発の展開に期待がもたれます。

本研究は財団法人北九州産業学術推進機構 (FAIS) の助成を受けております。

### 【背景】

有機材料によるエレクトロニクス素子は、大面積、柔軟性、軽量、低価格、低温度プロセス等、これまでのシリコン系半導体にはない機能的特徴を有しており、柔軟なプラスチックフィルム上への電子回路の形成を実現します。柔軟な電子回路の開発は、フレキシブルディスプレイ、フィルム照明、電子ペーパー、携帯電話、IC カード、フレキシブル RF-IC タグ、各種センサや薄膜太陽電池など、従来の半導体素子に、新たな付加価値をつける基本技術であり、今後幅広いエレクトロニクス分野での応用が期待されています。

有機半導体は酸素・水・光・熱等に曝すことで容易に劣化するものが多いため、有機材料によるエレクトロニクス素子の実用化へのさらなる課題として、大気中でも安定に性能を示す有機半導体の材料開発が進められています。有機半導体の中でプラス電荷 (正孔) を輸送するタイプの p 型有機半導体では、ジナフトチエノチオフェン (DNTT) をはじめ、高い輸送性能 (正孔移動度) と、優れた大気中での安定性を兼ね備えた材料が幾つか報告されています。一方で、マイナス電荷 (電子) を輸送するタイプの n 型有機半導体は、特に大気中で劣化しやすい傾向から、その材料開発は殆ど進んでいません。

コンピュータを始め、RF-IC タグ等の多くの電子部品は、演算処理を行う論理回路で構成されています。論理回路を形成するにあたり、p 型と n 型の二種類の半導体を用いることで消費電力の少ない相補型反転回路を形成することができます。有機材料による論理回路の実現には、大気中でも安定に動作する n 型有機半導体材料の開発が必要になります。

### 【研究開発の主なポイント】

#### 1. 簡便かつ高収率な反応で合成される n 型有機半導体の開発

基本となるベンゼンを中心骨格に持つ n 型有機半導体 (ベンゼン体: X=H) (図 1) は、市販の 2 つの試薬を用いて、1 段階の簡便な反応プロセス (クネベナーゲル縮合) により、90% 以上の高い収率で合成することが出来ました。用いたクネベナーゲル縮合は、アルカリ触媒存在下、アルコール中室温で反応を行うため、環境負荷の少ない材料合成プロセスです。

## 2. 大気中で長期間駆動する n 型 OTFT の開発

ジフルオロ体 (X=F) を n 型有機半導体として、シリコン基板を用いた n 型 OTFT を作製し、大気中で駆動させたところ、真空中と殆ど変わらないマイナス電荷(電子)の輸送性能(電子移動度)を維持し、3ヶ月以上たっても殆ど同じ性能を保ったまま大気中で動作することを確認しました。(図2)

## 3. 大気中で駆動する柔軟な有機相補型論理反転回路の開発

典型的な大気安定な p 型有機半導体を用いた p 型 OTFT と、今回開発したジフルオロ体による n 型 OTFT を組み合わせて、プラスチックフィルムを基板に用いた柔軟な有機相補型論理反転回路を試作しました。大気中で駆動させると、利得 40 以上の良好な反転性能を有したインバータ特性が得られました。また 2 週間後も、殆ど変わらない良好な反転特性を確認することが出来ました。(図3)

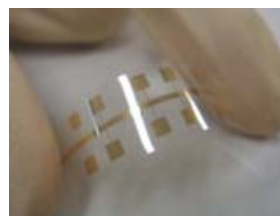
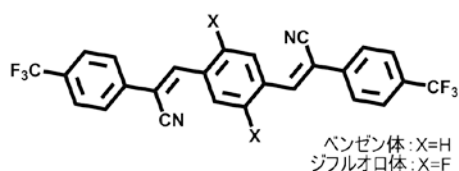


図1 開発した n 型有機半導体の分子構造

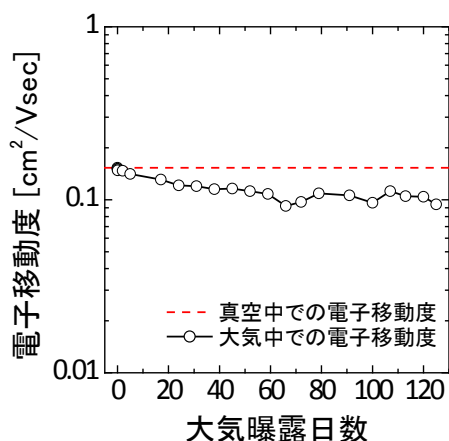


図2 電子移動度の経日変化

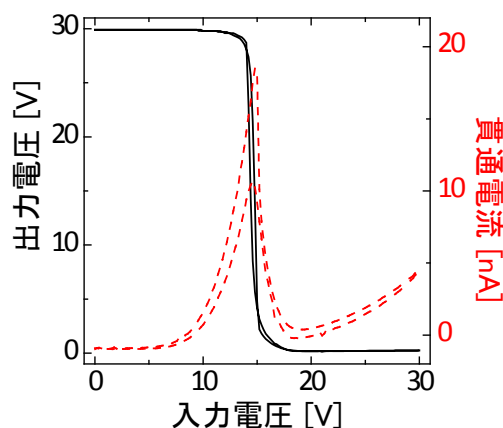


図3 2週間後のインバータ特性

### 【組織】

九州工業大学 有機エレクトロニクス研究グループ

Kyushu Institute of Technology, Organic Electronics Research Group (KORG)

代表： 金藤 敬一、生命体工学研究科・教授

早瀬 修二、生命体工学研究科・教授

溝口 勝大、産学連携推進センター・客員教授

高嶋 授、先端エコフイティング技術研究開発センター・准教授

岡内 辰夫、工学研究院物質工学研究系・准教授

森口 哲次、工学研究院物質工学研究系・助教

永松 秀一、情報工学研究院電子情報工学研究系・助教