

ディビジョン番号	6
ディビジョン名	有機化学

大項目	13. 有機化合物の構造と物性
中項目	13-4. 物性有機化学
小項目	13-4-3. 分子エレクトロニクス

<p>概要（200字以内）</p> <p>情報・通信技術の革新的材料として、脚光を浴びてきているのが有機分子エレクトロニクスである。有機分子は分子設計により分子構造・電子構造を変えることができ、これにより電子物性を自在に制御出来るという特徴を有する。分子エレクトロニクスは有機半導体材料を用いたデバイスであり、代表的なデバイスとして有機FET（電界効果トランジスタ）、有機EL（エレクトロルミネッセンス）、太陽電池があり、高性能化をめざした研究が活発に行われている。</p>	
<p>現状と最前線</p> <p>有機分子エレクトロニクスは分子設計により物性を自在に制御できるという特徴を有する。その性能は電子およびホールキャリアの注入および移動によって決まり、その特性は有機分子の配列に依存することから、結晶構造と密接な関係がある。</p> <p>有機FETのデバイス構造を図1に示す。有機FETではチャンネル層にアモルファスシリコンの代わりに有機半導体を使う。種々の有機半導体が開発され、その性能がアモルファスシリコンを上回るものも報告されている。このうちp-型の有機半導体の方がn-型に比べて種類が多く、性能も高い。代表的なp-型半導体はペンタセン1などのアセン類とチオフェンオリゴマーがあり、このうち、ペンタセンを用いて真空蒸着法で作成したFETデバイスのホール移動度は $3\text{cm}^2/\text{Vs}^{-1}$ に達する。通常のデバイスは多結晶薄膜であり、グレイン間のキャリア移動は、ホッピング機構で起こるために、ヘリングボーン型のペンタセンの結晶構造は高いキャリア移動に適していると考えられている。</p>	

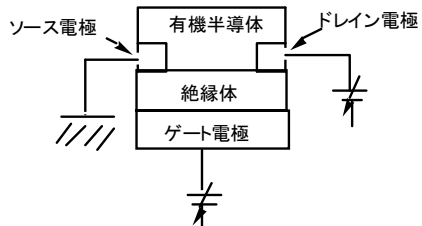
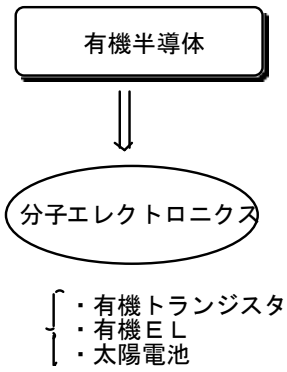
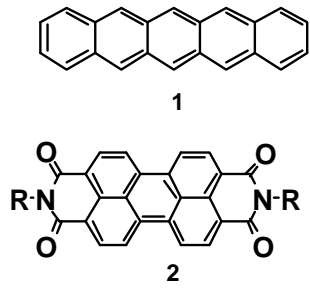


図1. 有機FETの構造



一方、p-型半導体に比べてn-型半導体は種類が少なく性能も劣る。代表的なn-型半導体としてはペリレンジミド誘導体²が知られており、最近、ヘテロ環オリゴマーで $1\text{ cm}^2/\text{Vs}^{-1}$ を超える電子移動度のFETデバイスが作られた。単結晶の有機FETデバイスは粒界の影響を受けないために高移動度を示し、ルブレンを用いたデバイスの移動度は $20\text{ cm}^2/\text{Vs}^{-1}$ に達している。

有機ELでは、基盤と素子を含めてわずか2mmの厚さであり、現在の液晶ディスプレイよりもさらに軽薄短小化できる。現在、高性能化が達成されている有機EL素子のデバイスは低分子化合物を用いて、キャリア輸送層と発光層などの多層構造からなっている。蛍光材料を発光層として用いた時には、理論的に最大外部量子収率は5%であるが、燐光材料を用いた時には20%であることが予想されている。そのために燐光材料の開発が精力的に進められており、燐光が許容の発光となるイリジウムや白金錯体で10%を超える外部量子収率が実現されている。キャリア輸送の半導体の検討も進んでおり、低分子の蒸着法による有機ELは携帯電話などの小さなディスプレイでは実用化が始まっている。

将来予測と方向性

有機FETは将来の有機分子エレクトロニクスの主要な分野として期待される。溶媒に可溶性有機半導体を用いることにより、インクジェット法やグラビア印刷などの塗布法によって、大面積に微細なトランジスタの製造が可能となる。高性能トランジスタの実現には、革新的な有機半導体の開発が極めて重要である。有機ELは実用化が始まっており、有機ELを用いた薄型テレビも市場に出るのが間近である。しかし、現在は低分子による蒸着法により製作されるために、コストが高く、大画面のディスプレイを作るのが困難である。今後、高分子の塗布法によるデバイス作製が進展すると思われる。

5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・ 大気下で安定に作動する有機トランジスタの開発
- ・ 溶液プロセスでインクジェットなどの手法により、印刷によってトランジスタを製造
- ・ 長寿命の有機EL素子を開発し、塗布法による簡便な大面積デバイス作成
- ・ 高効率の青色燐光材料の開発
- ・ 有機太陽電池の高効率化

10年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・ 有機ELおよびトランジスタを用いたフレキシブルディスプレイの実現
- ・ プラスチックエレクトロニクスの実用化
- ・ 有機太陽電池の実用化

キーワード

有機エレクトロニクス・有機半導体・有機トランジスタ・有機EL・太陽電池

(執筆: 山下 敬郎)