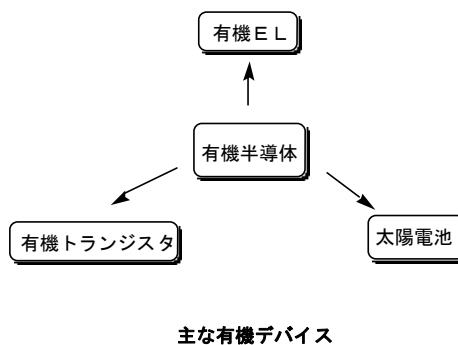


ディビジョン番号	16
ディビジョン名	有機結晶

大項目	4. 材料
中項目	—
小項目	4-0-6. 有機デバイス

概要（200字以内）

有機デバイスは軽量、フレキシブル、低コスト、大面積化が容易に行えるなどの利点から、近年、従来の無機デバイスに代わるデバイスとして注目されている。有機デバイスの材料となるのが有機半導体であり、代表的なデバイスとして有機EL（エレクトロルミネッセンス）、有機FET（電界効果トランジスタ）および太陽電池があり情報・通信技術の革新的デバイスとして、脚光を浴びてきている。



現状と最前線

有機半導体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。有機デバイス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、その特性は半導体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。

有機電界効果トランジスタ（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。ペンタセンの結晶構造はヘリングボーン型を取っている。結晶中のキャリア移動は π スタック構造の方が有利であるが、通常のデバイスは多結晶薄膜であり、グレイン間のホッピングによるキャリア移動にはヘリングボーン型が優れている。

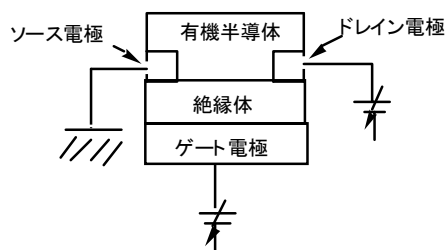
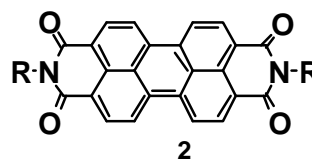
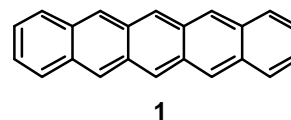


図1. 有機FETの構造



しかしながら、ペンタセンは大気中での安定性に欠けるため、置換基の導入や新規骨格の π 電子系を構築することで大気安定性の向上が図られている。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（図2）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。



図2. 有機ELのデバイス構造

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。発光特性は分子間の相互作用の影響を強く受け、相互作用により消光したり、エキシマー発光を示したりする。そのため、分子間相互作用が小さい分子を設計することが一般的に行われ、結晶構造解析は分子間相互作用を解析する有効な手段となっている。

将来予測と方向性

5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・キャリア注入および移動の機構の解明。
- ・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

- ・有機トランジスタのフレキシブルディスプレイ、電子ペーパー、電子タグなどへの実用化
- ・オールプラスチックエレクトロニクスの実現
- ・有機太陽電池の実用化

キーワード

有機半導体・有機トランジスタ・有機EL・太陽電池