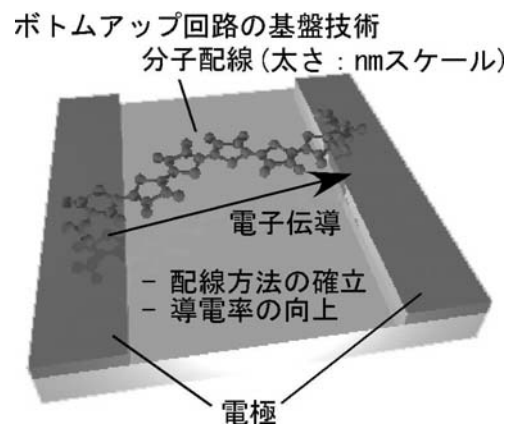


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	3. 高分子の機能
中項目	3-1. 電子・光機能
小項目	3-1-1. 分子配線

概要（200字以内）

分子配線は電子伝導性分子・高分子またはその集合体を用いた信号伝達のための分子・電極間配線構造を指す。シリコン半導体の微細化が限界を迎えるにあたり、ボトムアップ型電子回路作製の基盤技術として期待されている。単一の導電性高分子を用いた電極間配線では導電率  $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$  程度と有機の導線としては良好な結果が報告されている。今後、自己組織化による配線手法の確立、導電率の向上などが必要である。



現状と最前線

分子配線は電子伝導性分子・高分子またはその集合体を用いた信号伝達のための分子・電極間配線構造を指す。2000年以降、ナノテクノロジーが注目を集め、走査プローブ顕微鏡（SPM）など原子分解能をもつ測定技術が進歩し、従来観察が困難だったnmスケールの高分子や分子の集合構造を容易に観察できるようになったことにより、新規に確立された分野である。シリコン半導体の微細化が限界を迎えるにあたり、ボトムアップ型電子回路作製の基盤技術として期待されている。

材料としてはカーボンナノチューブ、導電性高分子（ポリアセチレン、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリジアセチレンなど）、DNAやポルフィリンなどの芳香族炭化水素のH会合による超分子構造体などが挙げられる。いずれの材料もπ電子を豊富に含み、発達したπ電子共役系やπ電子共役系の連続構造を有する点で共通である。また、カーボンナノチューブやドーピング

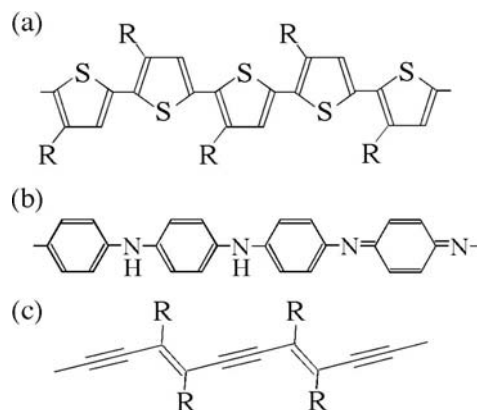


図1 分子配線材料(a)ポリアルキルチオフェン(b)ポリアニリン(c)ポリジアセチレン

を施した導電性高分子はバルクにおいて高い導電性を示すため、最も有力な候補である。特に、導電性高分子は分子鎖末端の反応性が高く、他の分子との結合や電極と特異的な相互作用をもつ置換基の導入も比較的容易であることから期待されている。

分子配線の作製法としては前もって作製した分子配線材料を電極間にのせる方法と、電解重合などで後から電極間に分子配線を作製する方法がある。カーボンナノチューブを始めとして多くの研究では前者の方法を採用している。

分子の溶液または分散液を電極上に滴下し、乾燥させる方法により、様々な材料の分子配線が作製されている。しかし、狙った位置に配線を作製することができないことがこの方法の欠点である。そこで、金とチオール基の結合などの電極と分子間に働く特異的な相互作用を用いて自己組織的に配線を行う試みがなされている。また、 $\mu$ コンタクトプリント法と呼ばれる転写法を分子配線に適用する試みも盛んで、カーボンナノチューブやDNA

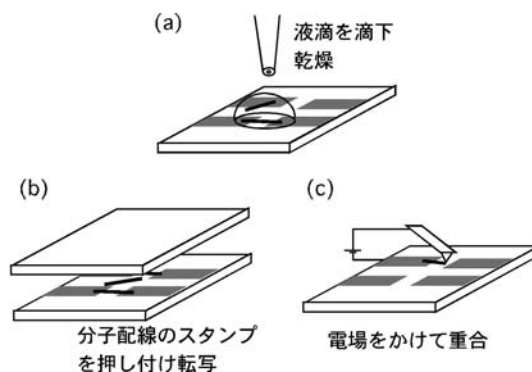


図2 配線方法(a)液滴を滴下後、乾燥(b) $\mu$ コンタクトプリント(c)電極間を電解重合

での報告がなされている。一方、電極間で後から分子配線を重合する方法としてはポリジアセチレンを用いたものが行われている。電極間に電場を印加するものや、SPM探針を用いて電場をかけながら電極間を走査するものなどの重合法が報告されている。

以上のように作製された分子配線の性能としては、導電性高分子を用いた電極間の配線において、導電率 ( $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$  程度)、キャリア移動度ともに金属の導線には劣るが、有機の導線としては良好な結果が報告されている。また、配線自身が半導体素子として機能する例も報告されており、FET特性や整流特性を示す配線が実現している。

(参考文献) 先端化学シリーズVI 界面・コロイド／ナノテクノロジー／分子エレクトロニクス／ナノ分析 日本化学会編 丸善 (2004) .

#### 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
  - 自己組織的な配線の方法論の確立
  - 導電率・キャリア移動度の改善
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 分子配線を用いた大規模回路の実現
  - 量子伝導による信号伝達の実現

#### キーワード

分子配線、電子伝導体、ナノテクノロジー、導電性高分子、導電率

(執筆: 下村 武史 )