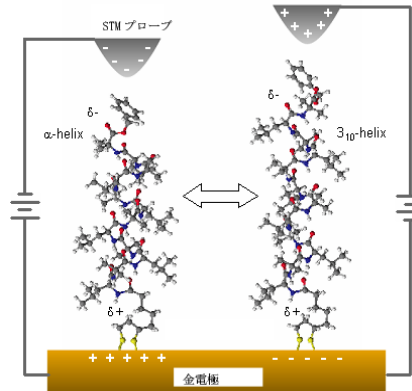


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料工学

大項目	4. ナノ機能・応用
中項目	4-1. バイオテクノロジー
小項目	4-1-5. その他

概要（200字以内）

タンパク質、ペプチド、DNAなどの生体関連物質の電子メディエート機能が精力的に解析され、電子移動機構の議論がなされている。長距離電子移動が可能となる分子ワイヤが実現されると、有機エレクトロニクス次の世代と期待されている分子エレクトロニクスに利用されると考えられる。現在のFETは電界効果による電流制御素子であるが、分子デバイスでは、有機分子の安定性、熱発生抑制から、電圧制御素子であることが求められる。この素子へのアプローチとして分子のダイポールを利用することが提案されている。



現状と最前線

ナノテクノロジーの進歩により、ICの集積度が年々上昇しているが、2010年を過ぎた頃には原理上の限界が訪れ、動作原理を含めた大きな変革が未来のICには必要となることが認識されている。動作原理については、現在のFETが電界効果による電流制御素子であることに基づく発熱問題を抱えていることから、電流制御素子ではなく、電圧制御素子が未来のトランジスタに求められている。また、ダウンサイズの究極として分子がトランジスタとして機能する分子デバイスの開発が進むことが望まれている。これらの要請を満たす新しい素子を開発するには、従来の半導体工学とは異なる学術的基盤が必要であり、その一つとして分子ダイポール工学が提案されている。その基本となる考えは、分子のダイポールと外部からの電場との相互作用を利用することで、分子の形状や電子特性を変調するもので、電界効果による分子のトポロジー制御素子と言える。この素子においては、分子に流れる電流は極力抑えることができることから、従来のICが抱えていた発熱問題を回避できる。

例えば、概要の項に示された図にあるように、分子鎖長が異なる2種類のらせん構造を取り得る分子を電極表面上に固定化した分子システムは、1cm²あたり10テラビットのDRAMになる能力を有している。この分子システムでは、分子がダイポールを有しており、プローブに印加される電圧にตอบสนองして、2種類のらせん構造のどちらか一方を安定にとる。つまり、

外部電圧により、らせん形成分子のトポロジーを制御でき、分子鎖長が変わることを出力として、その情報を読みとることが可能となる。

分子デバイスの特徴として、素子のサイズが究極のダウンサイズであることの他に、有機エレクトロニクスの特徴として挙げられているデバイス作製の容易さがある。一方、分子デバイスとして有力である有機化合物には、酸化・還元反応に弱いという欠点も指摘されている。この欠点は、有機分子を介して電流が流れるときには特に問題となるが、分子ダイポール工学を基盤とする素子開発では、電流を利用することは制限されており、有機分子のもつこの欠点を回避できる。現在、この分子システムにおける課題としては、外部からの印加電圧に応答する分子のトポロジー変化速度を速くすることと、その構造を長期に保持することを、同時に具備する分子の開発が挙げられる。

新しいICとするには、更に、これらの分子素子を組み合わせることで多機能化し、論理ゲート等を作製する必要がある。これについても、電界効果に基づく分子トポロジーの制御を基本とする分子ダイポール工学を適用できると考えられる。例えば、表面ロタキサンを用いると、ビーズがスレッドの幾つかのポジションに選択的に固定化できることから、論理ゲートとして機能すると期待される。

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
分子レベルでの強誘電性材料の開発
複数の分子デバイスのインテグレーション方法の提案
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
分子デバイスへの実際的な入出力方法の実現

キーワード

分子エレクトロニクス、分子デバイス、分子ダイポール工学、分子メモリ

(執筆者：木村俊作)