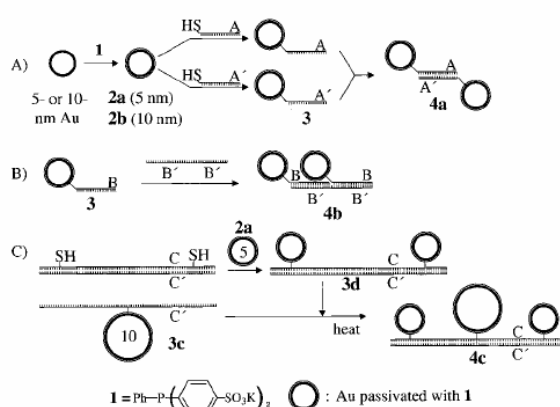


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	2. ナノ操作
中項目	2-2. 超微細加工
小項目	2-2-5. ボトムアップ(バイオ分子を用いたナノ構造形成)

概要 (200字以内)

ボトムアップにより複雑かつ高度な構造を形成する方法が模索されている。DNAの塩基配列を設計して、均一系溶液プロセスで高度なナノ構造を形成できる。また、抗原抗体反応を利用した特異的結合形成を利用した金微粒子の配列形成が盛んに行われている。しかし、現状では新しい物性や機能を発現するには至っていない。今後、目的の機能分子を自己組織化構造に組み込む方法や電極形成法を開発していく必要がある。



from Angew. Chem. Int. Ed. **38**, 1808 (1999)

現状と最前線

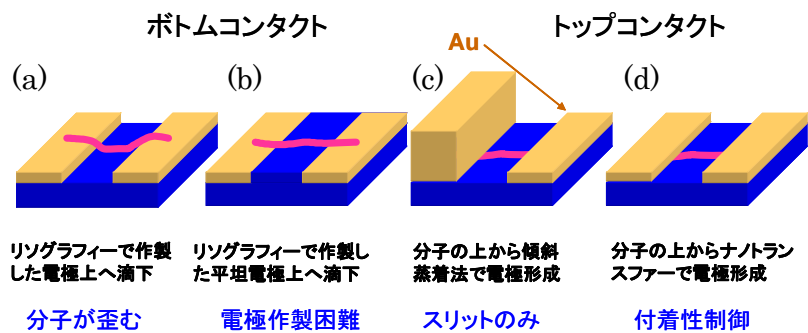
DNAは情報を含んだ1次元ワイヤーであり、合成プロセスは良く確立し、商業的な供給体制も整っているなど、材料として優れた特質を有している。ナノスケール分子デバイスへの応用を念頭に、DNA上に金属を析出したナノ電線や、塩基配列を工夫してDNA構造体によるテンプレート形成し、これに抗原抗体反応を組み合わせる金微粒子のアレーを作る試みが報告されている[1]。

しかし、これらのナノ構造をもとにした特徴ある機能を有するナノスケール分子デバイスはまだ報告されていない。以下のような問題点がある。

- ① 金微粒子表面が有機分子層や抗体に覆われているため、電気的接触や架橋反応が難しい。
- ② 金微粒子/DNAは水溶性であるため、微粒子間に親水性分子を導入するのが難しい。
- ③ 溶液から基板上へキャストするので、基板上での位置制御(ポジショニング)ができない。
- ④ 基板表面に展開した自己組織体に対するマクロ電極の接合方法がない。

これまでの自己組織的構造体形成の研究には、溶液中に構造体の構成要素を投入し、溶液中あるいは、キャストの過程で一挙に自己組織化を行うもの(one pot process)が多い。しかし、極めて異質な複数の物質(材料)で構成される分子デバイスなど、より複雑な組織体を形成するには、段階的で逐次反応的な自己組織化の方法論が必要である。

また、現在の標準的な微細加工技術で形成した電極構造には分子のサイズよりもはるかに大きな段差があり、表面も粗いので、電極間を架橋するような自己組織的構造を形成するには適していない。これを解決するために、図に示したような様々な方法が試みられている。通常の微細加工技術を高度化した方法として、ボトムコンタクト型の完全フラットナノ電極がある。この方法では、絶縁部と電極の段差を小さくし、平坦表面を得る必要があるが、技術的なハードルは高い。一方、トップコンタクト法を用いれば、基板上の自己組織化構造を維持しつつ、その上に電極を形成できる。しかし、有機分子は電子線、紫外線の照射や有機溶媒への暴露に耐えないので、これらの高エネルギープロセスを用いず、かつドライプロセスで電極を形成することが必要となる。このような要請を満たす方法として、傾斜蒸着法やナノトランスファープリンティングが試みられている。



参考文献[1] Jan Richter, Physica E 16, 157-173 (2003).

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

逐次反動的な自己組織化を実現するためには、①前段階の構造を破壊しないで（必要なものだけ残して）、次のステップの構造形成が行われること、②次段階の物質導入が適切に行える反応性を有すること、の達成が必要である。金微粒子表面の親水・疎水性制御やプラズマプロセスによる表面活性化など体系的なプロセス開発が望まれる。電極に関しては、③ナノプリンティングが急速に発達しているので、50nm程度の微細構造を持つトップコンタクト電極形成は実現すると考えられる。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

①金属微粒子アレーの間隔を任意に制御し、任意の分子を金微粒子の間に架橋（挿入）固定化する技術、②2種類以上の金属（半導体）微粒子を選択的に取り扱う方法が確立し3端子素子構造をネットワーク中に構成できる技術の確立が望まれる。電極に関しては、③ナノ電極間を接続する方法、たとえば、カーボンナノチューブを用いた電極間配線法が確立することが望まれる。

キーワード

DNA、金属微粒子、プログラム自己組織化、トップコンタクト電極

(執筆者：松本卓也)