



化学的なドミノ倒しとハンダづけで 有機単分子デバイスを実現する

「原理的・技術的に微細化の限界を迎えつつあるシリコンベースのデバイスに代わるものとして有望視されているのが、有機単分子を用いたデバイスです」と大川祐司主席研究員は言う。しかしその実現が難航する中、大川は、導電性分子の連鎖重合反応を利用した画期的な配線技術を開発。デバイス実現に向けた大きな一歩である。

有機分子には、電子的、光学的に有用な機能を持っているものが多い。その有機単分子を、整流作用を持つダイオードやスイッチ、トランジスタ等として利用しようというのが、有機単分子デバイスである。デバイスのサイズは1分子の大きさ、数 nm 以下だ。小型で高性能、低消費電力の情報処理装置になると期待されている。しかし大川は「単分子デバイスが提案されたのは40年以上前ですが、盛んに研究されてきたにもかかわらずまだ実現できていません」と指摘する。

「単分子に電線を配線しなければいけないのですが、それが難しいのです」

金属の線を分子サイズまで細くすることは困難だ。そこで、金属線の代わりに電気を通す導電性分子をつなげて線をつくり、単分子に接続する方法が有力視されている。「私は、始めから基板上で導電性高分子の線をつくらせて単分子に接続させる、という戦略を立てました」

大川が配線材料として選んだのはジアセチレン化合物分子である。グラファイトの基板上にこの分子を秩序正しく並べた膜をつくり、その上に有機単分子を配置

する。そして走査型トンネル顕微鏡 (STM) の探針をジアセチレンの分子膜に接近させ、パルス電圧をかける。すると探針の直下の分子が励起され、ドミノ倒しのように隣の分子と次々と結合していく。これは連鎖重合反応といい、導電性高分子ポリジアセチレンの1本の線が形成される (図)。

「しかも線が有機単分子に到達すると化学反応が起こり、導電性高分子と有機単分子が自動的に接続するのです。これを“化学的ハンダづけ”と名づけました」

この化学的ハンダづけを2回行なうことで、有機単分子に2本の導電性高分子を配線できる。

「有機単分子にはフタロシアニンを使っています。フタロシアニンにポリジアセ

チレンを接続した系は共鳴トンネルダイオードとして機能し、超高速通信を実現すると予測されていますが、誰も確かめたことがありません。現在、その機能実証を目指した実験を進めています」

デバイスに流れる電流を計測しなければいけないことから、基板を絶縁体にする必要がある。すでに、絶縁体である六方晶窒化ホウ素の基板上でポリジアセチレンの配線を作成することに成功している。1個の有機単分子デバイスの機能実証ができれば、次は集積化する技術の開発も必要だ。

「まだ遠い夢ですが、ぜひ有機単分子デバイスを実現したいですね」

(文・鈴木志乃/フォトンクリエイト)

図 連鎖重合反応を利用した配線のイメージ図

