

カーボンナノチューブのトランジスタが実現

Nanotech transistor powers up

カーボンナノチューブによって極微の回路が誕生するかもしれない。

doi:10.1038/news050808-17/14 August 2005

Mark Peplow

純粋にカーボンナノチューブだけで作られた最初の電子スイッチが発表された。やがては、シリコンチップよりも動作が速く、コストが低く、サイズも小さい電子部品が実現できるかもしれない、と開発者は期待している。

このデバイスはY字型をしたカーボンナノチューブで、一般家庭にあるあらゆる電子装置に使われているトランジスタと同じように動作する。Y字になった3本の枝のうち1つの枝からもう1つの枝へ流れる電流は、3つ目の枝にかけられる電圧によってオンになったりオフになったりする。このスイッチング動作は完璧だ。電流はオンかオフのどちらかで、中途半端な電流が流れることはない。

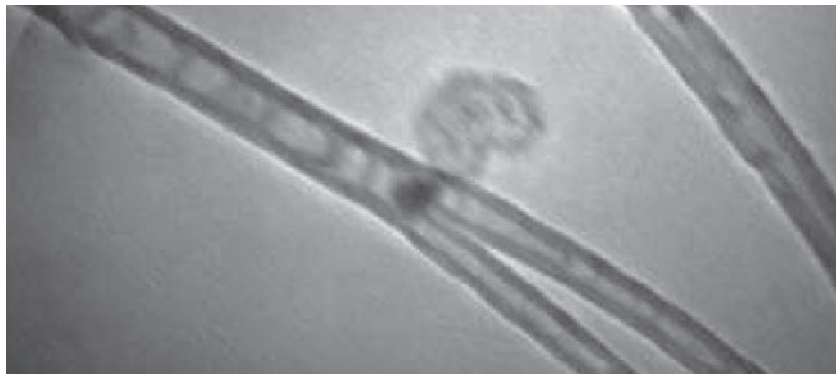
このカーボンナノチューブを開発した研究チームを率いたカリフォルニア大学サンディエゴ校の材料科学者 Prabhakar Bandaru は「このカーボンナノチューブは小さく、すばらしいスイッチング動作をするので、まったく新しいトランジスタとなる可能性がある」と話す。

Bandaru たちは、まっすぐなカーボンナノチューブが成長しているときに、その容器にチタン-鉄触媒を加えることによりY字型のチューブを作った。触媒粒子がカーボンナノチューブの側面にくっつくと、それが新しい枝の基礎となったという。この研究成果は *Nature Materials* に報告された¹。

シリコンチップの限界

従来のトランジスタはケイ素（シリコン）などの半導体材料の層から作られる。製造技術の向上により、どんどん小さいチップが実現され、デスクトップパソコンに巨大な処理能力を詰めこみ続けてきた。

しかし、部品が小さくなると電流が漏れはじめる。これが回路の過熱と電



この小さなY字型のカーボンナノチューブが、電子工学に大きな一歩をしるすかもしれない。

力の損失を引き起こし、一部のスイッチはオフであるべきときにオンになってしまうようになり、シリコンチップをこれ以上小さくすることはもうむずかしいのではないかとされている。

このため科学者たちは、カーボンナノチューブをトランジスタとして動作させる方法を探している。カーボンナノチューブは炭素原子でできたシートが筒状になったもので、電気を伝える。ケイ素でできた回路よりも大きさがずっと小さく、さしわたしわずか100万分の数ミリしかない。

しかも、カーボンナノチューブはコストの安い化学的方法で作ることができ、集積回路を作るために現在使われている、層にするための面倒な作業やエッチングを行う必要もない。「このため、カーボンナノチューブを使えばもっと小さく、もっと複雑な機能をもつデバイスの開発が可能になる」と、 Lund 大学（スウェーデン）の物理学者 Hongqi Xu は説明する。

作製も容易

科学者たちはすでにカーボンナノチューブを使って論理回路を作っている^{2,3,4}が、電荷の流れを制御するのに金属でできたゲート電極を必要とする。Xu に

よれば、そのようなデバイスの作製にはいくつかのステップが必要で、従来の電子工学技術とコスト面では競争できそうもないという。

しかし、「今回作製した新しいデバイスのゲート電極はカーボンナノチューブの構造の一部であり、チューブだけで必要なものがそろっている」と Bandaru は説明する。さらに、「カーボンナノチューブの中心にすわる触媒粒子を調節することにより、たとえば異なる電圧で切り替えができるようにするなど、デバイスのスイッチング特性を変えることも可能だ」とも話す。

「あまりに多くの可能性が考えられるため、すっかり夢中になっている」という Bandaru の研究チームは現在、枝分かれカーボンナノチューブの描くアルファベット型をさらに増やし、異なる機能をもつ可能性のあるT字型やX字型の実現も試みている。 ■

1. Bandaru P.R., Daraio C., Jin S. & Rao A. M. *Nature Mater.*, published online, doi: 10.1038/nmat1450 (2005).
2. Tans S.J., Verschueren A. R. M. & Dekker C. *Nature*, **393**, 49-52 (1998).
3. Derycke V., Martel R., Appenzeller J. & Avouris P. H. *Nan Lett.*, **1**, 453-456 (2001).
4. Bachtold A., Hadley P., Nakanishi T. & Dekker C. *Science*, **294**, 1317-1320 (2001).

P. Bandaru / UCSD / Nat. Mater.