

自由自在に設計したカーボンナノチューブ3次元デバイス カーボンナノチューブ・デバイスの実用化に大きく近づく

カーボンナノチューブ・ウエハーの開発

カーボンナノチューブは、さまざまな可能性を秘めた未来の材料として大きな期待がよせられ、世界中で活発な研究開発が行われています。産総研ナノチューブ応用研究センターでは、近年「画期的な単層カーボンナノチューブ合成法～スーパーグロース法～」を開発し、カーボンナノチューブの大量生産が現実的なものとなりました。それまで研究用の物質でしかなかったカーボンナノチューブが、より身近で役立つ材料へと変貌しつつあります。しかし、本当にカーボンナノチューブが身近で役に立つ材料となるためには、もう1つ大きなハードルを越えなくてはなりません。それは、カーボンナノチューブがさまざまな製品に応用されるための技術を確立することです。そのため、私たちはカーボンナノチューブのデバイス応用に取り組んできました。

カーボンナノチューブは、その柔らかく強靱な機械的性質や、電気を流しやすい性質から、微小機械デバイスへの応用が早くから期待され、優れた機能を実証する研究が数多くなされてきました。しかし、これまでの研究では、カーボンナノチューブを設計通り所定の位置に所定の形状で加工する技術が

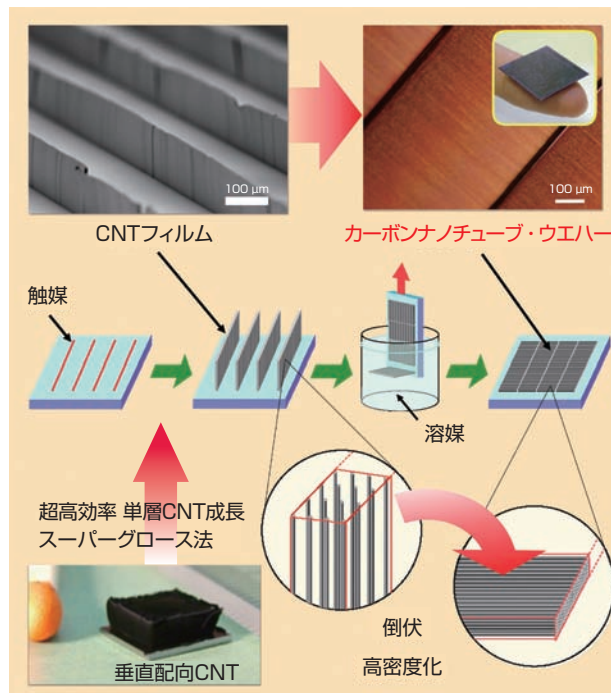


図1 カーボンナノチューブ・ウエハーの作製方法

なかったために、大量に作ったデバイスの中から偶然うまくいったデバイスを選び、その特性を評価していました。この状態では、工業製品として、私たちの身近な存在にはなりえません。

この現状に対して私たちは、スーパーグロース法によって合成されたカーボンナノチューブ・フィルムから、カーボンナノチューブ・ウエハーを作製する技術を確立しました。このカーボンナノチューブ・ウエハーは、これ

までの半導体微細加工技術をそのまま適用することができ、カーボンナノチューブの微細な構造を設計どおりに作製することを可能にします。これにより、カーボンナノチューブ・デバイスを集積化することが可能となり、同じ機能を持ったデバイスを大量に作製することができます。

カーボンナノチューブ・ウエハーは以下のようにしてつくられます。まず、触媒を線上にパターンニングしてカーボンナノチューブ・フィルムを合成します。次に溶媒に浸し引き上げてフィルムを基板に倒します。溶媒が乾燥する際に、はじめスカスカなカーボンナノチューブの集まりだったカーボンナノチューブ・フィルムは、表面張力によって高密度のカーボンナノチューブの板“カーボンナノチューブ・ウエハー”となります(図1)。カーボンナノチューブのこの板は、さまざまな微細加工が可能です。



東京大学大学院理学系研究科博士課程を修了後、産総研ナノカーボン研究センター（現ナノチューブ応用研究センター）に所属。大学院では半導体量子細線の光物性を研究していました。その後、同じ1次元構造でナノテクの代表的材料であるカーボンナノチューブを使ったデバイス創製を行いたいという思いから、2005年、産総研に入所。以来、「ものづくり」に没頭しております。

早水 裕平 (はやみず ゆうへい)
ナノチューブ応用研究センター
スーパーグロース CNT チーム

カーボンナノチューブ基板からさまざまな微細構造体、そして、デバイスへ

カーボンナノチューブ・ウエハーからさまざまな形状のカーボンナノチューブ微細構造体を作製できます(図2)。平たんなシリコン基板上に、カーボンナノチューブの島状構造をつくることができます。また、シリコンの溝の上にカーボンナノチューブ構造体を架橋することもでき、両持ち梁や片持ち梁もできます。さらには、カーボンナノチューブの柔軟性導電性を利用することにより、3次元形状をした微細な配線をつくることもできます。

これらの加工技術を駆使すると、動作するデバイスをつくることができます。その実例として、電極とカンチレバーすべてがカーボンナノチューブからできた微小な機械スイッチ、カーボンナノチューブ・リレースイッチの動作に成功しました。

この成果は、カーボンナノチューブのデバイス応用を現実的なものにする重要なステップだと考えています。今後は、カーボンナノチューブ・ウエハーという産総研独自の技術をもとに、カーボンナノチューブのデバイス応用という無限に広がる可能性の中から、産総研から新たな提案、デバイスの創製をしていくとともに、企業との連携を広く求めていくことが私たちの使命であると考えています。

産総研だから得られる貴重な経験

私は、カーボンナノチューブ・ウエハー作製の技術がほぼ確立した後、そのリレースイッチが安定してオン・オフ動作するまで、さらに1年を費やしました。初めの頃は、スイッチがオンしてもなかなかオフしないという状態で、それを解消するために多種多様なスイッチ構造を試行錯誤しました。紆余曲折の後、ス

イッチがきちんと動いた時には、「動いたー!」と無意識に叫んでいました。研究室の皆さんと手を取り合って喜んだことは、決して忘れません。

この研究から一番学んだことは、研究・開発のスピード感覚です。私たちのチームは、ものづくりのプロフェッショナルだと思います。チーム長、先輩方に、その基本をみっちり指導していただいたと思います。

最後に、研究をするにあたり、本当にたくさんの方々にご指導・ご協力いただきました。カーボンナノチューブの加工技術開発では、さまざまな技術問題があり、チームメンバーの方々の助言や協力がなければ、それらの問題は解決できなかったと思います。産総研は、高度な研究環境や研究者によって支えられていると思います。そのもとで多くの経験と勉強をさせていただいたことに深く感謝しております。

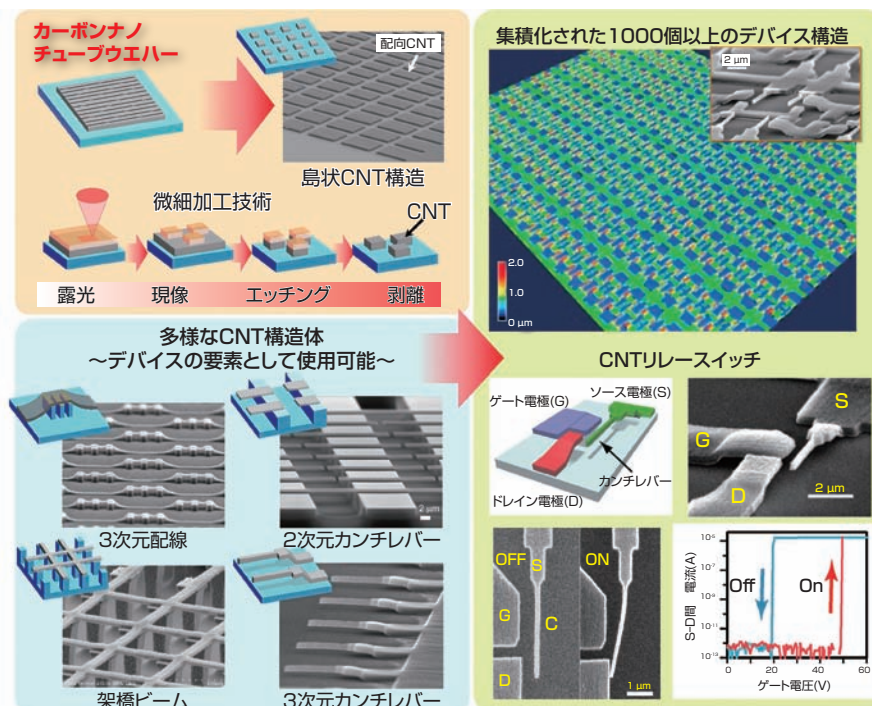


図2 カーボンナノチューブ・ウエハーからさまざまな構造体やデバイスへ