

訪問日 2022 年 8 月 26 日

東京大学 生産技術研究所 基礎系部門 小野寺 桃子 特任助教

研究題名：原子層と MEMS の組み合わせによる動的複合原子層の実現

オンラインインタビュー(図 1)で、助成対象テーマの内容や研究に対する考え方などをお伺いしました。

先生の研究内容を教えてください

私は、原子 1 個分ほどの薄さの膜・原子層を積み重ねて新しい物質を作る研究をしています。原子層が得られる材料を二次元層状物質といって、グラフェンや h-BN (hexagonal boron nitride) など多様な物質があります。二次元層状物質同士はファンデルワールス力で結合し、二次元層状物質同士を重ねたり、層と層の間の角度を変えたり、層の数を増やしたりと自由度が高く、多様な材料を生み出せる可能性があります。

例えば グラフェン原子層 1 枚ずつがディラックコーンというバンド構造を持っていて、原子層を重ねるとバンド構造も重なり合って新たなバンド構造 (モアレポテンシャル) が作られます。半導体であるグラフェンの原子層を 1.05° ずらして重ねると超電導性を示すという報告がきっかけになって、世界中で積層の角度と物性の関係が研究されるようになりました。私たちの研究室でも、この材料の角度依存性に関する研究を行っています。

先生の研究の独自性は何ですか。

二次元層状物質の研究の難しいところは、質の高い試料を作ることです。原子層の質が悪かったり、作業中の振動などの影響により所望の角度に重ならなかったりします。この問題を根本的に解決するため、1 個のデバイスの中で角度が変えられたら理想的だと考え、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) により、原子層の積層時の角度制御方法を提案しました。MEMS というのは、マイクロサイズの変位を制御できる素子で、既存の技術ですが、これと原子層の積層を組み合わせた技術はまだありません。

研究の進捗状況はいかがですか

テーマの準備段階として、2 つの課題に取り組んでいます。1 点目は、大きな原子層を作る技術、2 点目は MEMS の表面上に原子層を転写する技術です。

現在原子層は、セロハンテープの粘着面の上に二次元層状物質の結晶を載せて、粘着面同士を貼り合わせて、「機械的劈開法」という方法で結晶を薄く剥がし、これを SiO₂ 基板上に転写して原子層を作成します (図 2)。これは手作業で、一辺 30 μ m 程度の原子層が得られる程度で、大きな原子層を得る方法は確立されていないのが課題となります。

私たちは、「機械的劈開法」を制御する因子がテープと考え、様々なテープで試し、あるテープで 400 μ m 以上の原子層が取れることを見出しました (図 3)。この要因を考察すると、テープは基材と糊の単純な構造で、このテープは糊が特殊であったため、糊の作用だと考えています。機械的劈開法のメカニズムを解明するため、研究室内ではテープの引き剥がしを機械化して、基材や糊の条件など、どのパラメータが劈開の出来栄を決めているのかを探る実験をしています。

2 つ目が MEMS 上に原子層を転写して積層する技術です。積層も手作業で、代表的なものがスタンピング法です。これは、ガラススライドの上に粘着性のあるポリマーを載せて、原子層を 1 層ずつくっつけて持

ち上げるという方法です。光学顕微鏡で位置を合わせながら持ち上げ、最後に別の基板に転写して完成です。

私たちの研究室では、ポリマーとして塩化ビニール（PVC）に注目しました。PVCの特徴は原子層に対する吸着力が非常に強い点で、原子層の一部だけ持ち上げて、それを折ったり積んだりなど、今までできなかった3次元的操作ができる点です。当初は食品用ラップを使用しましたが、最適条件を見つけるために、可塑剤の比率と厚みの異なるPVCの膜を実験室で独自に作成し、転写温度、可塑剤の比率や膜厚による違いを検討した結果、PVC膜の厚みを変化させることで原子層の持ち上げ温度を変化させることができるようになりました。これを用いると、スタンプ法で積み重ねた原子層の上下をひっくり返すことができ、様々なデバイスが作成可能となります。

研究へのこだわりがあれば教えてください。

私の研究の進め方は、修士から指導をうけた町田教授の影響を大きく受けているかもしれません。「研究者というのは、総合力だと思うから、面白いと思ったらやってみる」というスタンスで取り組んできました。これは何の役に立つのだろうか、と研究を進めると意外と面白い結果が得られたこともありました。また、ゴールが良く分からないことも面白いと町田教授に言われ、そんな町田先生のポジティブな考え方が、私の研究の進め方に影響を及ぼしていると思います。

現在も、周りに優秀な研究者がたくさんいて、その中で自分が突出した何かを残せるかという自信がありませんが、何でも新しいことにチャレンジしたり、好き嫌いをなく色んなところに飛び入ったりすることが私は得意なので、そういう強みを生かして研究者として、やっていければよいと思います。

研究で一番大事なことはなんでしょうか？

楽しいと感じることです。大学院生の頃、基礎研究をやっているとフィードバックがあまり無いので、社会に役に立つのか？と悩んだことがありますが、“楽しい部分が何かあればいい”と指導され、「辛いけど何かの役に立つから頑張ろう」というよりは「楽しいからやる。いつか役に立てばいい。」と思うようになりました。また、「研究って楽しいね」と学生たちに伝えられたらいいなと思っています。

後記

研究インタビューを通じて、先生が自分の研究を楽しそうに説明を頂き、前向きに楽しく研究をやることの大切さを実感しました。層状物質という最先端な研究に対して、先生の前向きな研究への姿勢で、新しい知見により社会に役に立つ研究となることを大いに期待できるインタビューでした。今後の活躍を祈念しております。ありがとうございました。

（矢崎財団常務理事 砂山竜男）



図1 東京大学 小野寺先生

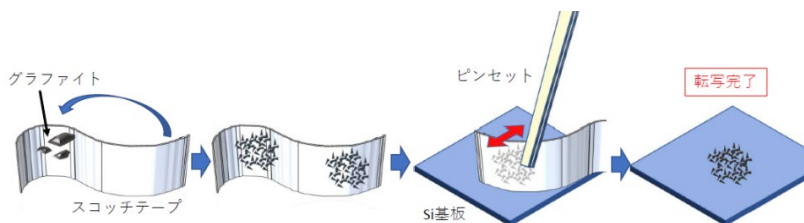


図2 原子層の作成方法

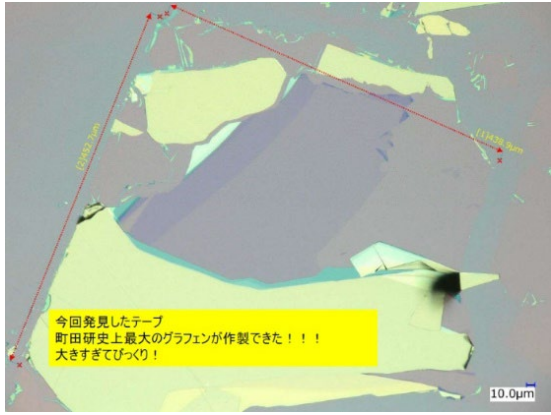


図3 作成した大面積原子層 (400μm以上)