

GA 担当教員 研究等紹介②



九州大学
グローバルイノベーションセンター
(総合理工学部物質理工学専攻)
教授
吾郷 浩樹

ナノマテリアルの可能性

「ナノテクノロジー」は現代の科学・産業において重要な基盤技術となりつつあります。私たちの研究室ではこの「ナノテクノロジー」を支えるナノマテリアルに関して、新たな合成法を開拓するとともに、その特性を活かした新エネルギー・環境、エレクトロニクスへの応用を進めています。特に、グラフェン (graphene) と呼ばれる原子レベルの厚みしかない極めて薄い二次元シートをはじめとして、遷移金属カルコゲナイド (transition metal chalcogenide (TMC)) や六方晶窒化ホウ素 (hexagonal boron nitride (h-BN)) などの層状物質の原子膜を研究しています (図1)。これらの材料を化学蒸着法 (CVD 法) によって高品質かつ選択的に成長する技術の研究するとともに、電子・光学物性や歪み特性などの測定、そして IoT 社会を見据えた超低消費電力で動作するデバイス、太陽電池等への応用研究も推進しています。さらに、最近では、新規な二次元材料の開発や多様な二次元ヘテロ構造体の作製にも挑戦しています。以下に最近の研究内容を紹介します。

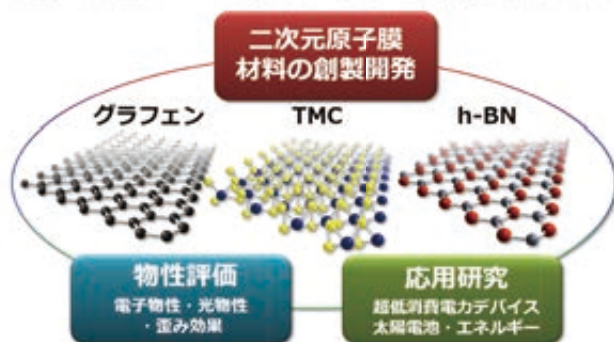


図1 多様な二次元材料と研究室での研究内容

1. グラフェンの超高品質合成とその展開

グラフェンは、物質中で最も高いキャリア移動度 (電子の速さ) を有し、透明な上、柔軟性にも優れていることから大きな注目を集めています。私たちは、「エピタキシャル CVD 法」と呼ぶ新たな高品質グラフェンの合成法を開発しました (図2(a))。そして、グラフェンの成長メカニズムの理解、層数の制御、単結晶成長、ドーピング (インターカレーション) 技術などを検討しています。さらにこの高結晶性グラフェンの大面積化を進め (図2(b,c))、電界効果トランジスタやセンサー、透明電極など、グラフェンのもつ突出した物性に基づくデバイス応用の可能性を探索しています。

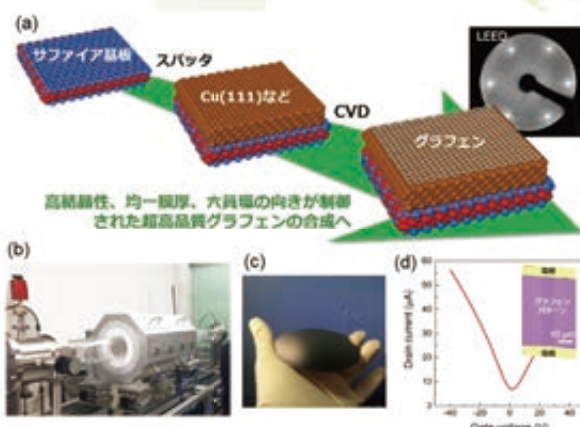


図2 (a) 高結晶性グラフェン合成のためのエピタキシャル CVD 法。(b,c) 100mm 中の大面積グラフェン合成のための CVD 装置とサンプルの写真。(d) CVD グラフェンのキャリア輸送特性。

2. 二次元原子薄膜の創製と応用探索

TMC は、Mo や W などの遷移金属と、硫黄などのカルコゲン原子が共有結合して形成される層状物質です。私たちは MoS_2 や WS_2 、 SnS などの原子膜を均一に制御して合成する技術の開発や極性制御や集積化に関する研究にも取り組んでいます (図3(a))。TMC は組成に応じて様々なバンドギャップを持ち、これらの多くが半導体的で高い可視光応答性を示すことから、高感度の光センサー (図3(b))、メモリー、トランジスタなどとして期待されます。さらに、これらの材料を自在に積層、あるいは横方向に接合して、全く新しい機能材料へと結びつけようとしています (図3(c))。このように様々な物性をもつ原子膜を重ね合わせると、自然界には存在しない層状材料の創出となり、非常にユニークな特性の発現につながると期待されます。また、原子膜であることから、人の体に接着できるようなデバイスも作れ、ヒューマンインターフェースとしての応用も興味深い対象となります (図3(d))。

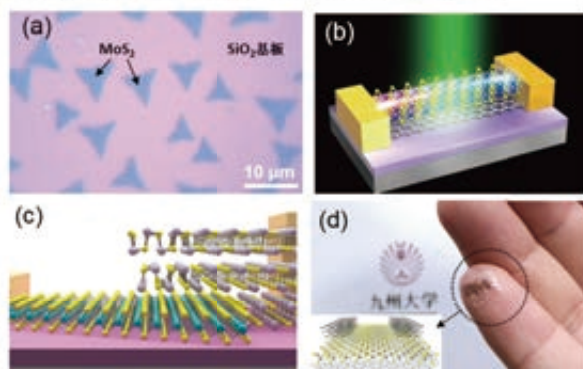


図3 (a) CVD 法で合成した MoS_2 の光学顕微鏡写真。(b) MoS_2 とグラフェンの積層構造を用いた光センサーのイメージ。(c) 2種の TMC を用いた p-n 積層デバイス。(d) 積層膜を用いたフレキシブルデバイス。

紙面の都合で紹介できませんでしたが、最近、h-BN の合成に関しても大きな進展が得られつつあります。私たちの研究室では、このように最先端の研究開発を通じて新たなサイエンスを拓くとともに、産学官連携の新しい形として期待される「オープンイノベーション」を通じて社会に貢献することを目指しています。

関連資料 ACS Nano, 4, 7407 (2010). グラフェン薄膜とその製造方法 (国際出願特許 PCT / JP2010 / 064848)
日経産業新聞 2016/02/17 ACS Nano, 10, 3233 (2016). Chem. Soc. Rev., 46, 4572 (2017). Adv. Mater., 1702141 (2017).
ホームページ <http://www.gic.kyushu-u.ac.jp/ago/>