

## 大分類 17 ナノカーボン 講演会報告

### 17.0 ポスターセッション

本セッションは、最終日にも関わらず多くの参加者が訪れ非常に盛況であった。ポスターアワードは、「光を用いるカーボンナノチューブの湿式製膜と微細加工」(21a-PB1-10)と「光ゲート効果を用いた高感度グラフェン赤外検出器のグラフェン形状依存性」(21a-PB1-40)に授与された。その他、湿式成膜の際に問題となる溶媒の残留を抑制するために光によってカーボンナノチューブ(CNT)への吸着能が変化する分散材を用いるとの報告が注目を集めた。また、乱流条件下でのCVD成長によるMoS<sub>2</sub>ナノチューブの合成も報告され、新しい材料として今後進展が期待される。

### 17.1 カーボンナノチューブ、他のナノカーボン材料

SWCNTの成長に関する発表では、Irおよびバイメタル触媒(Co-W)を用いた細径化、Co-Feバイメタル触媒を用いた低温成長についての報告がなされ、新規触媒の開拓が活発に進められていると感じた。一方、MWCNTとカーボンファイバーの成長に関する発表は全てFeを触媒に用いたものであった。ホットウォールCVD法において、湿式合成法の一つであるポリオール法を用いたFe触媒の粒径制御による細径化の試みは新たな触媒作製技術として興味深い。比較的新しい成長手法であるFloating bridge法では、成長中の原料ガスの質量分析による成長に寄与する分子種の同定や、スクラッチ基板を用いて成長起点を明らかにしようとする試みなど、成長メカニズムの解明が徐々に進展しつつあると感じた。

基礎物性・デバイス応用関連では、WS<sub>2</sub>ナノワイヤー薄膜やCNTの熱特性におけるゼーベック係数・パワーファクター向上に関する研究や、CNTの電子輸送におけるアンダーソン局在を考慮した理論計算によるバリスティックから拡散伝導への遷移に関する報告は学理的に重要な知見であり大変興味深いものであった。応用面では、CNTのガスセンサーにおけるポルフィリ錯体を分子認識部位に利用した感度向上や吸着水の除去による電界効果型トランジスタのヒステリシス改善、CNTの長尺成長によるヤーン構造の機械特性向上など、多くの技術的進展が見られた。CNTの専門家や民間企業からの参加者による学理、実用的応用に関する質問など、様々な切り口で活発な議論が展開され、CNTの基礎学理から応用に至る当該研究分野の今後の発展が強く感じられた。

### 17.2 グラフェン

成長関連では、これまでのCVD法のみでなくスパッタ成膜などによる報告も見られ、より応用を意識した手法に対する興味の高まりが感じられた。また、原子間力顕微鏡のカンチレバー上へのグラフェンの直接合成は、グラフェンは機械的強度が非常に強いため、カンチレバーの摩耗が抑えられ、寿命を長くすることができると期待される。

基礎物性関連では、基板による電子状態の変調についての講演が続き、特に超周期構造を

有する Au 上での電子状態変調と光物性の相関が明解に示された。また、表面増強ラマン分光における感度向上、THz 時間領域分光法による非接触電気特性評価、構造規定欠陥導入に伴うプロトン透過能向上、C<sub>60</sub> 添加による酸化グラフェン還元欠陥低減など、独自の技術を用いたグラフェンの評価手法や制御技術が着実に発展している印象を受けた。

構造制御・デバイス応用では、2 層グラフェンを用いた量子伝導や電解還元水を用いた酸化グラフェン還元、ナノワイヤマスクによるグラフェンナノリボンネットワーク作製など独自手法が報告された。中でも、CNT のアンジップによって形成されたグラフェンナノリボンではジグザグエッジが選択的に形成されることを示した結果は興味深い。ガス・バイオセンサでは、測定対象がチオール、各種 DNA、金属フタロシアニンに広がり、その電荷移動について議論がなされた。また、FET 構造を用いない 4 端子測定でたんぱく質を安価に検出できることが示され産業化が期待される。さらに、酸化グラフェンへのガス吸着により発生した歪を検出する新型ガスセンサーは今後の進展が期待される。

### 17.3 層状物質

成長関連では、共スパッタによる TMDC 合金の組成制御やポストアニール処理による膜質向上の取り組みが継続的に試みられており、技術と知見の着実な蓄積がみられた。perovskite の二次元原子膜を WS<sub>2</sub> 上に成長させる研究が報告され、二次元物質が新規材料創出のための表面反応場として利用できる可能性が示された。また、TMDC の CVD 合成がその場観察できる計測手法が開発され、今後同手法による TMDC の核発生と成長過程に係る因子の特定が期待される。そのほか、ミス CVD や溶液プロセスによる合成法など多様な合成法が提案されており、総合して本研究分野の広がりが感じられた。

基礎物性関連では、CVD 合成された MoS<sub>2</sub> に対して化学処理と紫外光照射により高強度の PL 発光が得られることが報告された。EL 発光を利用した研究では、TMDC 単結晶への歪み印可により室温においてバレー分極が発生するメカニズムの提案と電氣的制御が示され、大変興味深かった。また、通常は低温において観測されるバレー分極を、室温で得られた観測データを用いて機械学習により予測する手法が開発され、さらにこれをバレー分極に係る物理因子の特定へとつなげる試みが報告された。材料科学分野へのインフォマティクスの応用が現実的なものとして示された意義のある講演であり、今後の発展が大いに期待される。

デバイス応用関連では、不揮発性メモリといった応用色の強い報告から、ヘテロ構造を用いた界面磁気特性の変調といった基礎的報告まで、多岐にわたる報告があった。その中で、原子レベルでの薄さという構造的特徴のため、原子層物質の特性は表面現象に強く影響されるという事実を受け、外来分子が表面に吸着することで起こる現象に関する報告が多くあった。特に、二硫化モリブデンを用いたセンサーに対して、可視光照射によりガス応答特性が大幅に改善するという報告は、その基礎的メカニズムの提案と併せ、応用に向けて有意義なものと考えられる。