

2022/4/1

17 ナノカーボン代表

富士電機(株) 藤井

## 報告書

大分類 17 ナノカーボンでは、通常の講演のほかにシンポジウム(T18 一次元・二次元融合物質系:ナノチューブ・原子層・ヘテロ積層の科学」世話人:野内 亮(大阪府大)、守谷頼(東大)、3月23日)を開催した。また、参加者の傾向としては現地が10~20人、zoomでの参加が平均100人程度とオンライン参加が多い傾向であった。以下では、各中分類について報告する。

### 17.1 カーボンナノチューブ、他のナノカーボン材料

成長・精製分野では、多くがCVD法によるCNT作製法に関する発表であり、その中で、その場XAFS測定により、SWCNT成長中の触媒粒子の化学状態分析が可能であることが示されたことは、新たな分析ツールの登場であり、興味深い。

カーボンナノ材料の物性評価と応用ではCNT関連が11件、マリモナノカーボン関連が4件、C<sub>60</sub>が1件、カーボン量子ドットが1件、窒化ホウ素ナノチューブが1件と幅広い材料分野の報告があった。

電子デバイス応用では、CNT薄膜の物性制御に関する研究が2件、CNT薄膜のデバイス応用が3件、CNT薄膜作製プロセスに関する研究が1件であった。半導体分離されたCNT薄膜デバイスから構成したリング共振器の出力特性の改善や、周波数特性の向上に向けた回路設計指針の進展は目覚ましく、エネルギーハーベストに向けたフレキシブルCNT薄膜デバイスの実用研究に新しい展開を感じた。

応用技術分野では、気相触媒流動法で作製したカーボンナノファイバーの機械的特性やCNTを混合した電解質膜のアクチュエータ応用に加え、CNT含有複合紙の応用として、アクチュエータ、電磁波シールド、およびペルチェ糸への試み等の発表があった。近年のCNTの実用性の高まりに伴い、様々な応用可能性が議論された。

### 17.2 グラフェン

基礎物性分野では、グラフェンやhBNの成長に関する理論計算の報告、ナノインデンテーションによるグラフェンへの歪印加、グラフェンへのリチウムイオン挿入脱離機構、グラフェンの非接触電気特性評価の進展などの報告があった。講演件数は多くなかったが、新しい手法による実験の報告とともに、基礎的な理解も着実に進んでいる印象を受けた。

電子・光デバイス応用では、積層構造作製技術、電界効果トランジスタ(FET)構造を用いた素子の電子物性・光応答・センシング評価、また液滴発電や機械剥離黒鉛によるスーパーキャパシタなど、多種多様な報告があった。その中で二層のグラフェンの角度を調整したツイスト二層グラフェンとインターカレーションの相関をラマン分光測定、電気伝導特性等によって評価した報告があ

った。自然のグラフェン積層に留まらず、層間の角度という自由度を制御したインターカレーション技術は、今後の幅広い研究展開、応用へと繋がる成果だと考えられる。

### 17.3 層状物質

成膜技術と特性評価では、傾斜基板を用いた CVD 合成にて、 $\text{MoS}_2$  のエピタキシャル成長に及ぼす基板の off 方位や角度の影響が議論された。過去に報告例のない新たな前駆体を用いた  $\text{WS}_2$  の合成やミスト CVD による多層  $\text{MoS}_2$  膜の短時間成長が報告され、合成手法の多様性が見られた。また、過去の応物では余り報告例がなかった Te 系 TMDC の合成・評価に関する発表もあった。合成対象となる材料も多岐に亘ってきており、研究の広がりと着実な進展が感じられるセッションであった。

基礎物性評価では、種々の層状物質に関する安定性・電極界面特性・種々の光学特性など、多種多様な報告があった。その中で、層状物質の単層膜を可視化する技術に関して、金属上においても金属膜厚を nm スケールで制御することにより、視認するのに十分なコントラストが得られるということが示された。単層膜作製の基板として選択できる物質の幅が広がったといえ、今後の幅広い研究展開へつながる成果だと考えられる。

電子デバイス応用では、主に電界効果トランジスタ(FET)に関連する技術が多く報告された。特に、層状半導体上への絶縁体薄膜形成に関し、半導体層へのダメージ導入を回避しつつ、トランジスタの微細化に必須となる低 EOT(二酸化ケイ素換算の等価酸化膜厚)が実現可能な製膜技術の報告があった。層状物質から得られる原子層半導体素子性能の向上に資する意義深い結果である。

### ポスターセッション

ポスター件数は、17.1:10 件、17.2:15 件、17.3:21 件であり成長・評価・応用と広い分野での報告があった。特にサファイア基板上へのグラフェンの形成と GaN のヘテロリモートエピ、深層学習を用いたグラフェンの転写状況の自動評価、フッ素化された hBN での高いイオン伝導など、新しい技術の導入により着々と技術の進展が見られた。