

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 (T21「グラフェン研究の進展と今後の展望～ノーベル物理学賞受賞から 10 年～」世話人：守谷頼 (東大)、乗松航 (名大)、3月17日) を開催した。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」関連では、カーボンナノチューブ(CNT)・カーボンセルロースナノファイバーの複合材料における優れた電磁シールド・吸収体特性の報告が注目された。また、CNT 紡績において構造を最適化することで 10GPa の歪強度が達成されたことが報告された。CNT のワイヤー応用に向けた基盤技術が着実に進展していることが窺える。CNT の成長機構に関する研究も多数報告された。特に、ボトムアップ的手法を用いたグラフェンナノリボンの合成とその制御方法の研究は注目すべき内容であった。

「基礎物性」関連では、微小共振器を用いた孤立 CNT の発光強度増強、CNT のフォレスト膜の電気的特性や塗布膜の光吸収特性、転写による成膜手法の開発の発表がなされた。

「デバイス応用」関連では、CNT 複合糸・布のデバイス応用 (n 型ドーピング, ペルチエ素子, 電磁波シールド)、配向 CNT を利用した小型インダクタの作製やスーパーキャパシタ用の CNT 電極の電気的特性、NO₂ ガスセンサ用 CNTFET に関する発表があった。CNT 以外のナノカーボン材料では、逆浸透膜への応用に向けた窒素ドープアモルファスカーボン膜の透水性・塩分除去能の評価、リング状のナノカーボン分子 (CPP) とダイヤモンドナノワイヤーに関する理論的研究の発表がなされた。基盤研究から応用研究に至る幅広い研究が進められており、CNT のもつ多彩な物性と応用の可能性が感じられた。

17.2 グラフェン

「成長」関連では、グラフェンの官能基制御、CVD 成長の直接観察、SiC グラフェンの応用技術など多岐にわたる研究の報告がなされた。そのなかでも特に、SiC 上グラフェン同士を転写してミリメートルスケールのツイスト 2 層グラフェンを形成し、マクロスケールの構造解析によって歪の効果を議論した発表が注目された。

「基礎物性」関連では、単層や二層グラフェンのバンドギャップやランダウ準位などバンド構造に関する評価・理論計算が報告された。電気特性に関しては、ツイストグラフェンや単層グラフェンの伝導機構、THz 波を用いた評価方法の報告があり、応用に向けた新しい知見が得られていると感じた。

「デバイス応用」関連では、赤外線センサ、歪センサ、雷検出用電界センサ、ガスセンサなど、グラフェンの各種センサへの応用研究が多数報告された。ほかにも、液滴発電や電気化学発光、高周波トランジスタなど、センサ以外の様々な応用へ向けた研究も進んでいる。なかでも、透明アンテナ電極材料への応用や、CF₄プラズマによる hBN とグラフェンの高いエッチング選択比は重要な結果であると思われる。

17.3 層状物質

「成長・構造」関連では、遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) の成膜技術と剥離結晶の製造プロセスを中心に報告された。スパッタリング法による成膜技術においては、TMDC の混晶の作製とその組成制御、硫化プロセスによる膜質向上の取り組みが継続的に試みられており、一連の研究が着実に進展しつつあると感じた。WS₂ の合成においては、原料を従来の固体原料から気体原料に変えることで、高い面内均一性を実現している。また、気体原料の課題であったグレインサイズについても改善が見られ、CVD 技術の向上が見られた。剥離結晶からの試料作製技術については、剥離片の中からバルクの結晶片のみを選択的に超音波照射により除去する新しい試みが報告された。そのほか、液相中で層状物質のスタッキングを行う技術も提案されるなど、本研究分野の広がりを感じさせる内容であった。

「基礎物性」関連では、TMDC の量子ポイントコンタクト構造におけるコンダクタンス量子化、バルク光起電力効果、共鳴トンネル効果など、デバイス作製技術の高度化に伴う興味深い物理現象の観測の報告がなされた。また、構造スイッチング可能な分子を二層グラフェン間に挟むことで、外部電界や圧力印加による伝導度スイッチングが起こせるという理論的予測は、新たなデバイス動作原理の提案につながるもので興味深い。応用指向の研究としては、これまでと同様にセンサに関する報告が散見されたのに加え、宇宙線を模した X 線照射効果に関する報告もあり、本研究分野の広がりが感じられた。

「デバイス応用」関連では、様々な要素技術の報告が多く見られた。電界効果トランジスタで必須となるゲート絶縁膜や、多くの半導体デバイスで必須となる電極接合など、以前から重要性が高いと認識されていた要素に関する報告が今回も多かった。他に、注目講演として、層状物質を積層して作製した不揮発性メモリに関する報告があった。層状物質は層間の化学結合が無いいため、異種物質同士の積層系においてもきれいな界面が形成できる。その特長のため非常に高速な書き込み動作が実現されている。今後の展開が大いに期待される重要な成果である。

(ポスターセッション)

初めてのオンラインのポスターセッションなので参加者数が心配されたが、どのポスターにも聴講者が多く盛況であった。注目度の高いポスターとしては、合成が困難とされるβ相 MoTe_2 の大型単結晶の合成方法の開発、大気中で不安定なゲルマネンの超高真空における合成とラマン分光、基板と h-BN の間にできるナノ空間を用いた二次元ペロブスカイトの合成が挙げられる。