

17. ナノカーボン

「ナノカーボン」では、今回計 172 件の発表があった。内訳はカーボンナノチューブ(CNT)関連が 50 件、グラフェン関連が 100 件、その他が 22 件であり、割合は前回とほぼ変わっていない。各中分類、及びポスター件数の内訳を図 1 に示す。CNT 関連が減少しグラフェン関連が増加する、という傾向が約 2 年前まで顕著であったが、CNT 関連の講演数は過去 3 回の講演会とも、約 50 件で安定している。CNT に関してはデバイス関連の講演が多く、グラフェンに関しては合成、基礎物性評価などの講演が多い、という傾向は変わらない。MoS₂等のいわゆる「新規」二次元材料に関する講演件数は 11 件と、前回の 7 件から微増に留まった。今後より積極的な投稿を期待したい。

以下、ポスターセッション、及び各中分類分科の口頭発表に関し簡単にまとめる。

【ポスターセッション】

ポスター講演は 56 件あり、ショートプレゼンテーションも含め聴講者が多く盛況であった。ポスターアワードを狙ったレベルの高い報告も多く、必見のセッションになった。CNT 関連では、ゲルクロマトグラフィーによる(5,4)型単層 CNT の分離や、DNA でカイラリティ分離した CNT トランジスタの特性など、世界レベルの講演があり興味深く聴講した。実験的には形成が難しいシリセン、ゲルマネンの電気特性シミュレーションに関する報告もあった。今回のポスター賞は、炭素の同位体である ¹³C と ¹²C で合成したグラフェンの接合界面における電気特性、熱伝導特性に関するポスターに贈られた。電気特性を変えずに熱伝導特性を変化させることができることを示しており、今後の応用展開が期待される。

【17.1 成長技術】

CNT では、垂直配向 CNT の成長に関するものが 5 件あった。触媒にコアシェル粒子や鉄-シリカナノ粒子を用いることで、CNT の密度や直径の制御を試みるもの、最終的な用途として、燃料電池電極や、CNT 紡績糸を目指すもの、などがあった。また、パルスプラズマ CVD 法により、(6,5)CNT の選択性を保持したまま合成量増加に成功した報告があった。

グラフェンの成長手法としてプラズマ CVD を用いる報告が増加し、Ni ナノバーからの析出、樟脳を用いた数 10 μm を超える大面積ドメイン形成、プラズマ CVD の成長初期過程での核生成の観察などが報告された。また、熱 CVD において、黒体輻射を用いた成長過程の光学顕微鏡による直接観察が報告され、今後の大面積化、高品質化への貢献が期待される。

ナノリボン形成では、幅 10nm 以下のアミロイド繊維をグラファイト化する手法に新規性があった。形成されたナノリボンの詳細な物性評価を期待する。SiC 上のグラフェン形成においては、水素アニール温度とグラフェンの結晶性に関する詳細な報告、MBE を利用したナノリボンの形成と電子状態に関する報告が興味深かった。

遷移金属ダイカルゴゲナイドの合成では WS₂ と MoS₂ の面内ヘテロ構造を形成するものがあった。ただし発表件数がまだ少なく、今後より多くの投稿を期待したい。

【17.2 構造制御・プロセス】

CNT に関してはポスター講演の影響もあり口頭講演は少なかったが、X 線による欠陥導入や構造制御に関する報告、有機薄膜中ブレイクダウンによる金属 CNT の除去に関する報告が興味深かった。

グラフェンに関しては、化学気相成長法 (CVD) などにより作製したグラフェンの欠陥種同定をはじめとして、熱的 (化学的) 安定性、前処理・デバイスプロセス技術がグラフェンの膜質や電子状態に与える影響について複数の講演があった。これらの研究はまだ萌芽的ではあるが、将来的にグラフェンデバイスの実用化に貢献するものと考えられる。

【17.3 新機能探索・基礎物性評価】

CNT の紡糸、ポリマーとの複合材料化の作製技術および物性評価などが報告された。また、レイリー散乱分光法を用いて 2 層 CNT の内層と外層間の相互作用において、金属性および半導体性 CNT での大きな差があるとの興味深い発表があった。新たな CNT 物性評価としての発展が期待される。

グラフェンに関しては、SiC 上グラフェンのエッジ状態を偏光ラマンにより解析した 2 つの講演、グラフェン上の水分子は水素結合で層状に配列し安定化する挙動を第一原理計算で解析した結果等が興味深かった。また、ゲート絶縁膜としての Y_2O_3 の高圧酸素下での形成に関する報告が実用上重要と感じた。容量測定による 2 層グラフェンのギャップ内準位に関する報告もあり、比較的低いオン・オフ比が AB 積層のずれに起因するのでは、という問題提起がなされた。AB 積層のずれに関しては最近論文報告もあり、2 層グラフェンの応用にとっては本質的な問題となり得る。

遷移金属ダイカルコゲナイドに関しては講演奨励賞報告を含み 5 件の発表があった。発光に関する評価を通して基礎物性を理解する試みや成長に関する発表が興味深かった。今後の高性能デバイスへの展開に期待が持てた。

【17.4 デバイス応用】

CNT 応用に関する多岐に渡る様々な報告がなされた。特に、CNT をプローブとし微量の試料に対する熱重量分析 (TGA) や歪み計測といった CNT の特徴を生かした優れたプローブ応用や、高性能な CNT トランジスタなど、実用化に近いレベルの興味深いものが多かった。

グラフェン関連では、縦型 p-p, p-n 積層接合、黒体放射発光素子、シームレスなフッ化グラフェン-グラフェンヘテロ構造トランジスタ、抵抗変化型メモリなど独創的な発想に基づく新規デバイス構造の報告が目立った。特に、黒体放射発光素子では、従来型の単純な素子構造において 5GHz に達する高速な発光強度変調が得られており、将来の光インターコネクトへの応用につながる興味深い発表であった。

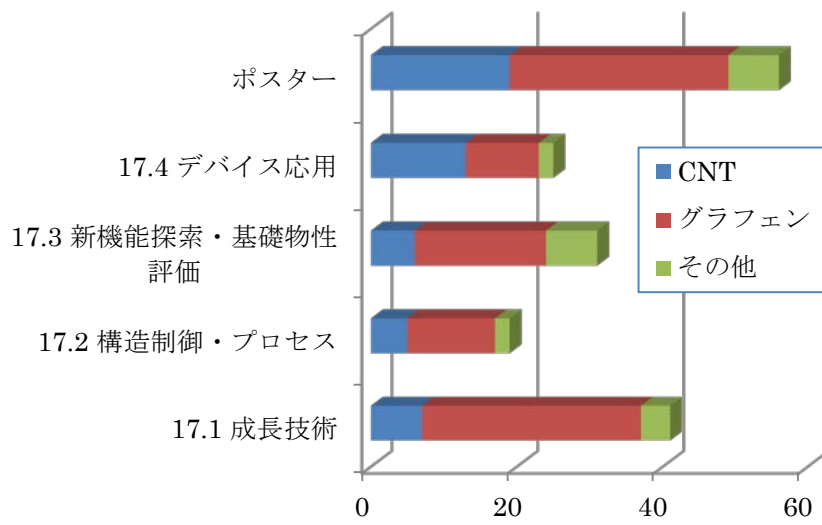


図 1. 発表件数の内訳