

17. ナノカーボン

「ナノカーボン」では、今回計 171 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 39 件、グラフェン関連が 90 件、層状物質 27 件、その他が 15 件であった。前回と比べると、CNT 関連およびグラフェン関連の講演数が若干減少し、層状物質に関する公演数は増加しており、この分野での研究が盛んになっていることを示している。

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】

ポスターでは 2 次元薄膜の成長が相次ぎ中でも遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) の CVD 成長が目立った。また、面内ヘテロ成長についてもグラフェン/MoS₂、WS₂/MoS₂、h-BN/MoS₂ などの報告があり、現状では急峻なヘテロ界面は形成されていないが、今後の進展が期待される。また、グラフェンでは新規合成方法が提案されていた。さらに、カーボンナノチューブを用いた新しいデバイスの作製に関する報告がなされていた。

【17.1 成長技術】

カーボンナノチューブ関連では、成長核形成に関する発表、SiC 基板成長 CNT からの CNT の再成長、400 度以下での低温 CNT 成長などに関する報告であった。

グラフェンに関しては、大きな単結晶グラフェンの合成を念頭に置いた、銅触媒の酸化の効果について 2 件の報告があり、過去の報告より詳細なメカニズムの解析が行われた。量産化を目指したプラズマ CVD についても報告があり、高品質グラフェンの形成を目指した取り組みが紹介された。レーザー照射を用いたプラスチック基板上へのグラフェン直接合成の報告は大変興味深かった。グラフェンの質の改善や基板ダメージの評価が次の課題と思われる。ボトムアップ合成ナノリボンの新たな転写法についても報告があった。今後転写プロセスの更なる改善に期待したい。

【17.2 構造制御・プロセス】

カーボンナノチューブに関し、構造分離ジェットミルによる分散、アンジップによるグラフェンナノリボンの合成、靱殻からの CNT やグラフェンの合成に関するものであった。

グラフェン関連においては、以前から報告されているグラフェンのヘリウムイオンビームによる加工に関し、照射量とグラフェン絶縁化の関連について、走査容量顕微鏡による詳細な解析・考察があり、興味深かった。酸化グラフェンに関連では、バイオセンサーへの応用が目を引いた。また、グラフェンの亀裂におけるジグザグ端の選択的な形成について報告があった。面白い現象であり、今後より詳細な解析を期待したい。

【17.3 新機能探索・基礎物性評価】

カーボンナノチューブ関連においては、化学反応性や電気物性、熱電特性、光学特性などの基礎物性を中心とした報告があった。これらは、ナノカーボン材料の熱電素子や光学素子、センサへの応用に関する重要な知見であると考えられる。

グラフェンの基礎的特性に関しては、電極接合や歪み導入の効果といった基礎的理解、転写法や絶縁膜の改善といったデバイス作製要素技術開発、光メモリ効果といったデバイス応用技術など、多岐に渡る報告がなされた。その中でも、高易動度を有しながらも垂直電場印加によりバンドギャップ形成が可能な二層グラフェンに対して、バンドギャップ内準位の解析が行われていた。さらに、熱電変換デバイス応用に向けた研究がほうこくされていた。

グラフェンから端を発した層状物質の発表が増加し、遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) の発表が 6 件、h-BN の発表が 2 件あった。その中でも WSe₂を用いた電気 2 重層発光ダイオードという新しい発光素子の提案や、Graphene/TMDC ヘテロ構造におけるグラフェンのフェルミ準位の制御による電流変調などが報告されており、今後の展開が期待される。

【17.4 デバイス応用】

カーボンナノチューブに関しては、機械振動子に関する報告、カーボンナノチューブ複合紙の応用、キャパシタ・太陽電池・燃料電池の電極材料への応用などの報告があった。

グラフェンのデバイス応用に関しては、電界効果トランジスタのみならず、太陽電池、光検出器、ナノ電子機械システム、センサなどの応用技術の報告がなされた。その中でも、電界効果トランジスタのスイッチング特性の限界を超える新規構造デバイスや、グラフェンの究極的な薄さを利用したセンサの報告が目立った。

グラフェン以外の二次元物質に関しては、従来からの二硫化モリブデン以外にも、新しいトランジスタチャネル材料候補として、二硫化ハフニウムに関する報告があった。まだ理論予測の高易動度 ($1800 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$) には届いていないが、今後の新たな材料開発への期待を持たせるものである。二次元物質の合成に関しては、単体の合成以外にも、合金系の合成が報告されている。まだ物性測定にまでは至っていないが、今後の大面積高品質結晶の合成により様々な評価が可能になると期待される。