

大分類 17 ナノカーボン報告書

富士電機	藤井 健志(代表)
名城大学	丸山 隆浩
大阪公立大学	野内 亮
東京電機大学	森山 悟士
名古屋大学	乗松 航
東京大学	守谷 頼
富士通	林 賢二郎
大阪大学	井ノ上 泰輝
産業技術総合研究所	沖川 侑揮

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:守谷頼(東大)、森山悟士(東電大)、9月20日)を開催した。また、参加者の傾向としては現地在が30~50人、zoomでの参加が平均50人程度と半々であり、現地ではコロナ前を彷彿とさせる活気が印象的であった。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

成長分野では、CVD法によるCNTの合成に関する発表として、非従来の触媒・成長核微粒子に着目した研究や、同位体標識を用いた成長速度論に関する研究などが報告された。構造制御および成長機構に関して様々な観点から議論が行われた。

精製・後処理では、CNTの半金分離、触媒金属除去、紡糸、ドーピングなどについての研究発表が行われた。高導電ファイバーや熱電発電薄膜としてのCNTの応用に向けて、ドーピングなど後処理技術の重要性への注目の高まりが窺えた。

CNTのデバイス作製と評価と関連技術では21件の口頭発表があり、応用用途としては、ガスセンサー関連が4件、熱電素子関連が4件でもっとも多く、その他、アクチュエーター、テラヘルツ検出器、太陽電池応用に向けたCNTデバイスの作製と評価などについての報告があった。また、デバイス作製のための関連技術として、微細化に向けたインクジェット式印刷手法の開発や加熱・電子線照射によるCNTファイバー特性の向上、ゲルカラムを用いた抽出による半導体CNTの分離、酸化グラフェンを犠牲層に用いたCNT膜の剥離などの報告があった。特に、CNTを用いたテラヘルツ検出器や光熱起電力検出器の開発は、着実に進展しており、実用化へと近づきつつある様子が感じられた。

17.2 グラフェン

グラフェンの基礎物性として、表面状態が変わることで、機械的特性や電気特性がどのように変わるのかに着目した研究成果発表がメインであった。具体的には、ラマン分光法を用いたグラ

フェンへの金属ナノ粒子蒸着によるひずみの影響評価や、グラフェンへの応力や吸着水による抵抗変化モニタリング、グラフェン/h-BN での共振特性評価やインピーダンス特性評価等の発表があった。

グラフェンの成長では 12 件の発表があり、主に窒化ガリウム、ダイヤモンド、h-BN、サファイア、銅の高次面上などでのグラフェン成長とそのメカニズムに関する講演があった。また、グラフェンの構造制御として、Ni 触媒によるパターンニングやツイストグラフェン作製、h-BN や超伝導体薄膜とのヘテロ積層、SiC 基板表面の周期構造を利用したグラフェン電子状態変調などの発表があった。

電子・光デバイス応用では、2 次元材料の積層構造やナリボン構造、化学修飾されたグラフェン等の機能性の開発と探索、そして電界効果トランジスタ(FET)構造をベースとした素子の電子物性・光応答・センシング評価など、多種多様な報告があり、活発な議論が行われた。

17.3 層状物質

本セッションでは、遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)を中心、h-BN などとのヘテロ積層構造やその他 2 次元層状物質について議論された。

成長技術では中心に 12 件の報告がなされた。近年、これまで作製が困難であった TMDC 膜の合成が報告されてきており、比較的合成例の少ない HfS_2 の多層膜の作製や TMDC の両側のカルコゲンの種類が異なるヤヌス結晶の作製方法についても 2 つの研究室から発表された。また、CVD 法による合成では、グレインサイズ増大を目的とした合成条件の最適化やパラメーターに依存して変化する結晶形態(成長方向や配向性)について報告がなされ、成長技術が着実に進んでいると感じた。

電子デバイス作製に関する基本技術が多く報告された。特に、層状半導体に対する電荷キャリア濃度の制御技術に関しては、有機溶液処理・レーザー照射・分子膜蒸着など、バラエティ豊かな報告があった。また、デバイス応用については SnS や CuInP_2S_6 でのバルク光起電力(シフトカレント)が議論され、今後、層状物質での性能向上が期待される。

物性の研究では、トポロジカル絶縁体や強磁性体を示す TMDC 物質、TMDC のスピン物性など TMDC 材料の様々な分野への展開や、半導体 TMDC 材料については共鳴トンネルやチャージトラップなどの電子デバイスへの応用に関する発表も多くあり、TMDC 材料が幅広い分野で活用されている事を印象づけるセッションであった。

ポスターセッション

9/21 午後に、ナノカーボンのポスターセッション(カーボンナノチューブ 11 件、グラフェン系 22 件、遷移カルコゲナイド系 21 件)が行われた。センサーやメモリ、光学応用に向けて、ナノカーボン材料をどの応用に活用するか、そのためのボトルネックの解決に関する研究が多く見受けられた。会場は、コロナ前とほとんど変わらないほどの盛況ぶりであり、各ポスター前では活発な議論が行われた。