

大分類 17 ナノカーボン・二次元材料 報告書

取りまとめ:野内 亮(大阪公立大学)

大分類 17 ナノカーボン・二次元材料では、初日の午前中にチュートリアル、午後前半に第 24 回応用物理学会業績賞(研究業績)受賞記念講演、午後後半に中分類で分けて大分類全体としてポスターセッションを開催し、スタートを切った。午前開催のチュートリアルは、越野幹人先生(大阪大学)を講師に迎え、「二次元材料のモアレ物性科学の基礎」と題して開催した。グラフェン中の電子の基本的理解からヘテロ積層系の最先端の話題まで、幅広い内容についてご紹介いただいた。講演途中にも多数の質問が飛ぶなど、活発な議論が行われた。午後前半の中分類 17.1 のセッション冒頭において、遠藤守信先生(信州大学)の業績賞受賞記念講演が行われた。カーボンナノチューブ研究の黎明期から合成法の開発の歴史、最新の産業応用まで多岐にわたる話題が紹介され、ナノカーボン分野における多大な功績を改めて辿ることができる良い機会となった。会場は立ち見が出るほどの盛況であったことを申し添えておく。午後後半のポスターセッションでは、67 件のポスター発表があった。その中で 6 件がポスターアワードの候補としてノミネートされたが、どのポスターの前も常に議論が行われており、質問待ちの小さな列が生じるほどであった。以上のように、講演会初日は大分類のプレナリー的な立ち位置のイベント・セッションが行われ、どれも盛況であった。以下では、各中分類での口頭講演について簡単に報告する。

17.1 カーボンナノチューブ、他のナノカーボン材料

カーボンナノチューブ(CNT)ドーピング処理などのデバイス周辺技術が目立ったほか、CNT 成長技術に関する研究成果も引き続き多数報告された。その他のナノカーボン材料として、一次元炭素鎖に関する発表があり、全般的にトピックの集中と多様性がうまく両立している印象を受けた。

CNT の応用に関しては、熱電変換などの環境発電・エネルギー変換関係の発表が目立った。CNT を薄膜や糸状として構造制御するとともに、異種物質によるドーピングの高度化を行い、発電性能の向上が図られていた。また、放射光施設を活用した CNT 成長のその場分析や、様々なナノカーボン材料のシミュレーションに活用可能な機械学習型原子間ポテンシャルの開発などにおいても、着実な進展が見られた。

17.2 グラフェン

成長技術や構造制御・基礎評価について、SiC 上のグラフェン成長に関しては、層数や構造の精密制御といった研究が展開されていた。化学気相堆積法による成長では 2 層～多層グラフェン、絶縁体基板上への直接成長に関する報告が目立った。成長・構造制御ともに以前より精密な段階に差し掛かっており、分野が成熟してきていると感じられた。

デバイス応用に関しては、グラフェンの簡便な転写方法やグラフェンを用いた液体流動発電、表面弾性波を利用したガスセンサーの講演があった。他に目立ったのは、グラフェンを用いた光検出技術に関する報告である。以前から赤外や可視域の光検出に関する報告は多々あったが、

今回はそれが更に進展して、素子構造の改善やアレー化によるイメージセンサ構造の構築など、実用化に向けた展開が見られた。

17.3 層状物質

全般的に遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)に関する報告が目立った。その中で、第 45 回解説論文賞受賞記念講演「二次元層状物質のファンデルワールス積層技術」においては、様々な層状物質を積層する技術についての紹介がなされた。TMD を中心とする層状物質に対し、まさに受賞記念講演で紹介された様々な積層技術等を用いて作製された原子層ヘテロ構造の基礎物性に関する報告がなされ、活発な議論が行われた。最近は、空間反転対称性の破れた系で生じる光起電力効果であるシフト電流に関する報告が増加傾向にあるが、その中でも、磁性を有するヘテロ構造でのシフト電流に関する報告に注目が集まっていた。転写技術そのものに関しても、UV 光で粘着力の変化する機能性テープを用いた二次元材料の大面积転写に関する報告が注目を集めていた。

他にも、基礎物性に関しては、表面修飾とその物性変化に関連する発表があった。有機分子の表面吸着による TMD の電気伝導、発光特性の改善や、Fe 原子をインタカーレートした MoS_2 における磁気特性、さらに MXene 表面の炭素不純物の除去方法についての報告があった。さらに WSSe ヤヌス薄膜の電子物性についての理論の発表が多くあり、活発な議論が行われた。

TMD の成膜技術に関して、原子層堆積法によるトレンチ基板上への WS_2 成長の報告では、基板表面のみならずトレンチの底部や側壁でも WS_2 膜が一様に形成することが示されており、過去の有機金属気相成長法を用いた結果と比べて均一性の面で改善が見られた。六方晶窒化ホウ素(hBN)の構造観察では、現在課題となっている単層～数層の薄い hBN 膜の層数評価方法に関して、SiN 膜を採用した手法が提案され、 SiO_2 上のグラフェン層数同定と同様に、本分野で標準的な手法となっているコントラストの違いからデジタルに識別する手法が適用可能と示された。

デバイス応用に関しては、TMD をチャンネルとした電界効果トランジスタの光応答や電極接触抵抗の低減手法、化学気相堆積法による MoS_2 の FET 特性に関する発表があり、材料視点からデバイス構成要素視点まで多岐にわたって多くの質問がなされ活発に議論された。