

合同セッションF

カーボンナノチューブの基礎と応用

大阪府大院工 秋田成司

本合同セッションは5分科の合同企画として2003年春季講演会から実施され毎回100件前後の講演がある。最近ではナノチューブ(CNT)以外のナノカーボン、特にグラフェンに関する講演も増加している。これを受けて2010年春から本合同セッションは発展的に解消され、「ナノカーボン」大分類分科として昇格することが決まっている。今回も以下の様に非常に活発な議論や意見交換がなされ、ナノカーボン材料関連分野への関心の高さが改めて良くわかった。

ナノチューブの生体応用に関して、幹細胞含有ヒト臍帯血を用いたCNT複合体上での細胞培養・再生(東京都市大学)やCNTへのDNA内包(東北大)等応用の広がりを感じた。

ラマン散乱、PLなど光学応答や励起子等に関して、これまで同様基礎的な解析に加えて、テラヘルツ偏光子への適用等(阪大他)の報告もあり新たな展開を感じた。最近、確立されつつある半導体金属CNT分離に関して前回に引き続き検討が行われカイラリティの分離の可能性(東大)についても言及された。

鎖状に連結したシリコンチェーンを通電加熱することで、孤立したナノチューブが形成できることが提案された(阪大)。任意の位置に一本のCNTを成長できる可能性を感じた。ナノチューブの機械的応答関連では、生体分子の質量計測を念頭においたCNT振動子の水中での特性の考察(阪府大)やコンポジットの強度評価(東海大)等、実用を意識した研究が目を引きつけた。また、軸方向応力下で通電加熱することでCNTの直径が変化する際のカイラリティの変化が測定され、この現象がSW欠陥の移動で説明できることが示され(阪大)関心を集めた。

ナノチューブの成長に関しては、配線を意識した超高密度成長が報告された(MIRAI-Selete)。現状で世界最高の密度達成ということで配線への実用化が期待される。また、金属触媒を用いないCNT成長等、様々な方法が提案され幅の広がりを感じた。

ナノチューブFET、センサー関係で14件の報告があった。CNTの保護膜の種類により、CNTの極性が制御可能、との報告は以前よりあったが、今回はそれを利用して作製したp型、n型FETを使ったインパータについての報告が2件あった(名古屋大、大阪大)。CNTを利用した電子デバイスの基礎となるものであり、今後の進展が期待される。プローブ顕微鏡によるCNT-FETのチャネルの評価に関する報告も2件あり(名古屋大、京大)、金属的CNTの半導体的振る舞いの起源の考察など(名古屋大)、興味深かった。

グラフェンでは、この日は17件の発表があった。SiC上に形成されたグラフェンの転写(九大など)、化学的剥離によるグラファイト結晶からのグラフェンの剥離(富士電機)、酸化グラフェンの塗布と還元(東大)など、デバイス応用を目指したグラフェン付き基板の作製に関する報告があった。グラフェンの応用を広げる上で、作製プロセス制御性のさらなる向上を期待する。

グラフェンFETについては6件の報告があった。極性制御とデバイスの安定化を目指した保護膜の形成に関する報告が2件あり(大阪大、富士通)、今後p型、n型の作り分けに発展していくことを期待したい。また、グラフェンと電極の接触抵抗に関し、ニッケル電極が良好なコンタクトを与えるとの報告があり(東大)、仕事関数による考察も含め興味深かった。

グラフェン合成では、これまでのSiCの熱分解による方法(9件)に加え、CVD法(7件)、MBE法(1件)、Ga触媒法(2件)が報告された。SiC熱分解法では、微傾斜SiCを用いたグラフェン層数制御、形成機構解明、細線形成に向けての精力的な取り組みが目を引きつけた(九大、NTT、京都工繊大ほか)。

また、高分解能 TEM による原子レベルでのグラフェン/SiC の観察（名大）では、グラフェン形成初期に及ぼすステップの役割が詳しく観察・議論されており、形成機構解明に向けて光明となろう。今後のデバイス化には、Si、酸化物等の基板上へのグラフェン形成法の確立が重要である。SiC 膜を介した Si（東北大）、サファイア基板上（静岡大）への合成に加え、エタノール原料のガスソース MBE 法でも形成の可能性が示され（NTT）、Ga 触媒法（筑波大ほか）も含めて合成法の広がりが楽しみである。CVD 法では、熱（日立ほか）、プラズマ（横浜市大、東北大ほか）による無触媒での合成の試みが注目された。基板上グラフェンは、何れの方法でも膜質の改善が課題であり、今後の進展が期待される。

グラフェンと同様に、2 次元のナノカーボン材料であるカーボンナノウォールについては、成長形態の制御やバンド構造評価など着実な進展が見られ（岐阜大、名大）、白金微粒子担持等の応用に対するアプローチもあり今後の応用に期待が持てた。

以上の様に、CNT やグラフェン等のナノ炭素系の基礎物性の理解や実用化に関して着実な進展があり今後の展開が期待される。なお、冒頭でも述べたとおり、グラフェンに関する講演の占める割合が増加しており関心の高さが伺えた。本報告では、佐藤信太郎（富士通研）、種村眞幸（名工大）各氏のご協力を得た。最後に、本合同セッションの運営を支えていただいた関係各位に深謝いたします。