

2014年3月18日開催 プラズマエレクトロニクス分科会企画

21世紀グラフェン産業を支えるプラズマプロセスの現状と展望

産業技術総合研究所 エネルギー研究部門 金 載浩 (キム ジェホー)

プラズマエレクトロニクス分科会企画で、標記シンポジウムが3月18日に青山学院大学に於いて開催された。近年、カーボンナノ材料の一つであるグラフェンはその驚異的物性が明らかになり21世紀産業の根幹材料として注目されている。期待されている応用として透明電極、フレキシブルなトランジスター、高周波トランジスター、ウルトラキャパシタ、高速充電式リチウムイオン電池、水素貯蔵電池、化学・バイオセンサー等が挙げられる。グラフェン産業化の実現に向けて、合成方法を始め、グラフェンに最適なプロセス技術の開発が求められている。現在、グラフェンのプロセス技術と関連して世界的な知的財産獲得競争が激しくなっている。ところが、開発された技術は熱プロセスとウェットプロセスを元にしてることが多く、高熱、複雑な手法、不純物、長いプロセス時間、環境等の問題を残しており、しばらくはこの分野の技術開拓時代が続くと予定される。このような背景で、ドライプロセスであるプラズマプロセスの飛躍が期待されている。そこで、本シンポジウムでは、21世紀グラフェン産業を支えるプラズマプロセス技術における現状と展望について話題を提供することを目的し、グラフェンの研究を行っている第一線で活躍する研究者による講演が行われた。

本シンポジウムでは、下記に示すプログラムの通り、イントロダクトリートークと7件の招待講演者に加え、一般講演投稿者の中から1件の講演が行われた。

- ・イントロダクトリートーク 金載浩 (産総研)
- ・マイクロ波プラズマ CVD によるグラフェンの合成と応用 梅野正義 (中部大)
- ・グラフェンナノリボンのプラズマ CVD 合成と応用 加藤俊顕 (東北大)
- ・SiC 上単結晶グラフェンの成長とその物性評価 永瀬雅夫 (徳島大)
- ・酸化グラフェン—官能基と欠陥の機能性— 松本泰道 (熊本大)
- ・RF プラズマによるグラフェンへの窒素ドーピング 斉木幸一郎 (東大)
- ・プラズマプロセスによるグラファイト被覆金属ナノ微粒子の表面修飾 永津雅章 (静岡大)
- ・液中プラズマで合成したナノグラフェンを用いた燃料電池用電極の安定性 天野智貴 (名大、一般講演)
- ・グラフェンプラットフォームの戦略 ～グラフェン産業化への現状と展望～ 長谷川正治 (グラフェンプラットフォーム(株))

始めに、金載浩氏により本シンポジウムの企画趣旨が紹介された。

次に梅野正義氏によりマイクロ波プラズマ CVD によるグラフェン合成技術が紹介さ

れた。炭素原料としてショウノウ（カンファ； $C_{10}H_{16}O$ ）を用いて成膜が良いになった、また、プラズマ CVD 中にレーザー光照射をすることにより低温成長と高品質グラフェンを得た実験成果が紹介された。

加藤俊顕氏により、プラズマ技術とナノバー型 Ni の触媒を用いてグラフェンナノリボンを析出合成する研究について講演があった。この手法を用いてグラフェンナノリボンを基板上に直接所望の配位で合成することも成功しており、さらに、高性能半導体デバイスへ応用し動作を実証している。次世代大規模集積回路実現に向け大きな期待が寄せられていることが示された。

永瀬雅夫氏により、SiC 熱分解法を用いてグラフェンをエピタキシャル成長する研究が紹介された。SiC 基板を Ar 雰囲気中で $1600^{\circ}C$ 以上の高温で熱処理することにより単層グラフェンが得られる。また、グラフェンの測定法や応用について紹介があった。

松本泰道氏から酸化グラフェン（GO）の官能基と欠陥の機能性について講演があった。酸化グラフェンは安価な天然グラファイトがそのまま使用でき、実用的な材料として世界中で活発に研究されており、その重要性について話された。講演では、酸化グラフェンの分析、ドーピング、燃料電池やバッテリーへの応用についても紹介があった。酸化グラフェン関連研究について日本の遅れが指摘された。

斉木幸一朗氏により、プラズマによるグラフェンへの窒素ドーピングについて講演があった。プラズマ CVD 法による窒素ドーピンググラフェンの成長様式の研究結果、および HOPG と GO に対する窒素プラズマ処理による窒素ドーピング位置や電子状態変化 について紹介された。

永津雅章氏によりプラズマを用いたグラファイト被覆金属ナノ微粒子の表面修飾について講演があった。プラズマ表面修飾技術はグラフェンへの適用も期待される。

次に一般講演として天野智貴氏から、液中プラズマを用いたナノグラフェン合成について講演があった。

最後に、長谷川正治氏よりグラフェンプラットフォーム社の戦略とグラフェン産業化への現状・展望について講演があった。グラフェンは新規材料として幅広い分野で応用が検討されており、熱い関心を受けていると話された。グラフェン関連技術の開発及び産業化において日本の遅れが指摘された。

講演会場では、立ち見が出る程盛況でプラズマ分野以外からの聴講者も多く見られ、グラフェンに対する熱い関心を感じることができた。グラフェンの量産と応用を実現するために各種プロセスの開発が求められており、今後、プラズマの低温ドライプロセス技術の大活躍を期待させるシンポジウムとなった。