

2018 年第 65 回応用物理学会春季学術講演会
プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム開催報告
「二次元シート合成とプラズマプロセス～超薄膜から原子層まで～」

世話人 加藤俊顕（東北大学）、小田昭紀（千葉工大）、神原淳（東京大学）、酒井道（滋賀県立大）

カーボンナノチューブ、グラフェン、及び類似の二次元シート材料は、従来物質を大きく凌駕する極めて優れた物性を持つことが明らかとなり、様々な分野への応用展開が期待されている。これら二次元シートを始めとした次世代薄膜材料本来の物性を最大限活用した産業応用の実現には、高品質な薄膜合成技術が必須であり、世界中で熾烈な開発競争が展開されている。本シンポジウムでは、各分野第一線で活躍されている研究者から講演を頂き、原子層物質・超薄膜合成分野における現状と課題、及び現在の半導体産業を支えているプラズマプロセスの当該分野における今後の展望に関して議論することを目的に企画された。

最初に、企画担当である加藤俊顕（東北大学）から「はじめに」の題目で本シンポジウム開催の趣旨、及び本シンポジウムにおける各講演者とその内容がプログラムに基づき紹介された後、カーボンナノチューブやグラフェンナノリボン等の原子構造制御におけるプラズマプロセスの有用性を例にプラズマプロセスと二次元シート材料合成の現状が紹介された。

続いて、本間芳和先生（東京理科大学）に「二次元シートとしてみた単層カーボンナノチューブ」の題目で講演頂いた。国内外含め単層カーボンナノチューブのカイラリティ制御合成に関する最新の研究状況をご紹介頂いた。また、カーボンナノチューブ表面に吸着した特異な水分子の挙動に関する紹介もされた。さらに、化学的に分離した単一カイラリティナノチューブを種結晶として特定のカイラリティのみを合成するクローニング合成に関して、成長を促進するために必要なナノチューブエッジの活性化において、プラズマプロセスの貢献の可能性をご提案頂いた。

続いて、吾郷浩樹先生（九州大学）に「高結晶性 2D マテリアルの CVD 成長」の題目で講演頂いた。単層グラフェンと多層グラフェンそれぞれの合成に適している銅触媒とニッケル触媒を適切な配分で合金化することで、バンドギャップ発現が期待できる二層グラフェンの層選択的大面積高品質合成を実現した最新の成果をご紹介頂いた。また、他の二次元シート材料である六方晶窒化ホウ素（h-BN）や遷移金属ダイカルコゲナイドの高品質合成に関する紹介も、合成中の水素ガスの制御により結晶配向性が制御可能となる等興味深い結果が紹介された。

続いて、近藤博基先生（名古屋大学）に「プラズマプロセスによるカーボンナノウォールの制御合成とナノバイオ応用」の題目で講演頂いた。ラジカル注入型のカーボンナノウォール合成に関する最新の成果をご紹介頂いた。また、カーボンナノウォールの形状、及び表面濡れ性を制御することによりナノウォールを足場として成長する細胞形態に大きな変化が現れる興味深い結果が紹介された。

続いて、若林整先生（東京工業大学）に「MoS₂ 膜のスパッタ合成とトランジスタ応用」の題目で講演頂いた。ナノスケールオーダー膜の中で既存の半導体材料より高いキャリア移動度を持つ二硫化モリブデン（MoS₂）に着目し、具体的な産業ロードマップと照らし合せ、原子層物質の産業応用に関する可能性を詳細にご紹介頂いた。また、スパッタリングにより低温合成した MoS₂ 薄膜における優れたトランジスタ性能に関する紹介も、最新の成果を紹介頂いた。

15 分の休憩を挟み、渡邊賢司先生（物質材料機構）には「六方晶窒化ホウ素の発光機構解明のためのホモエピタキシャル成長」の題目で講演頂いた。原子層物質が従来基板（例えば SiO₂）と接触した際に問題となる、表面不純物散乱による特性劣化に関して、原子レベルの表面平坦性を持つ絶縁材料である h-BN をバッファ層として利用することで、特性劣化を解決できる成果が紹介された。また、高輝度紫外光源として期待されている h-BN の発光特性に関する紹介も、発光の起源を含め最新の成果をご紹介頂いた。

続いて、板垣奈穂先生（九州大学）には「格子整合条件を超えて原子平坦表面を実現する新規スパッタエピタキシー技術の開発～ZnO on sapphire を例に～」の題目で講演頂いた。従来薄膜

合成において問題となる格子不整合を積極的に活用した独創的なサファイア表面への ZnO 薄膜の合成技術に関してご紹介頂いた。薄膜合成時における窒素添加量を制御することで、粒径が小さく高結晶性のアイランド層が形成可能である興味深い結果が紹介された。

続いて、節原裕一先生（大阪大学）に「プラズマ支援反応性プロセスを用いた高移動度 IGZO 薄膜の低温形成」の題目で講演頂いた。フラットパネルディスプレイ等の具体的な応用をターゲットとした IGZO 薄膜の低温合成に関する最新の成果をご紹介頂いた。通常的手法では合成温度の低温化に伴いキャリア移動度も低下するのに対し、プラズマ支援反応性スパッタリング法を活用することで、150℃以下の低温でも高移動度を維持した高品質 IGZO 薄膜の合成が可能であることが紹介された。さらに、合成後の IGZO 膜に対するポストプラズマトリートメントにより、移動度及び安定性の向上が実現できる興味深い結果が紹介された。

最後に、長谷川雅考先生（産業技術総合研究所）に、「おわりに」という題目で本シンポジウムの各講演のハイライトをご紹介頂いた。また、高品質グラフェンの大面積合成に関する最新の成果をご紹介頂き、プラズマプロセスの二次元シート合成分野における今後の展望に関してまとめて頂いた。

本シンポジウムでは、上記9件の招待講演において、プラズマプロセスと二次元シート材料合成に関する最新の結果が紹介され、各発表に対して活発な議論が交わされた。またプラズマエレクトロニクスに加え、ナノカーボン、及び表面科学等多数の分野からも合計150名以上の多くの参加者がみられ、盛況なシンポジウムとなった。

最後に、シンポジウムで講師を頂きました先生方、活発な議論をして頂きました参加者の皆様、シンポジウムの開催にご協力を頂きました分科会幹事の皆様に、深い感謝の意を表します。

