

審査の結果の要旨

氏 名 金 成 眞

単層カーボンナノチューブ (Single-Walled Carbon Nanotube, SWNT) とグラフェンは、それぞれ 1 次元と 2 次元の幾何学構造に起因する特異な物性が着目され、ナノテクノロジーを代表する新規材料である。様々な工学応用が期待されているが、中でも注目されているのがこれらのナノカーボン材料をチャネルとして用いた電界効果トランジスタ (Field Effect Transistor, FET) である。SWNT もグラフェンも従来の材料を凌ぐキャリア移動度を有することから、きわめて優れた FET の設計が期待されている。本論文においては、FET の設計と制作に欠かせないドーピング技術に着目して、SWNT およびグラフェンを用いた FET の制作と評価を行っている。

第 1 章は、"Introduction (序論)"であり、カーボンナノチューブやグラフェンなどの炭素の同素体の幾何学構造、電子物性、ラマン分光などの光学評価、CVD 合成技術、ナノカーボン FET、およびナノカーボンのドーピング技術の最近の研究動向について議論し、論文全体の流れを述べている。

第 2 章は、"Highly stable n-doped graphene field-effect transistors with polyvinyl alcohol films (グラフェン FET のポリビニルアルコール(PVA)薄膜を用いた高安定 n 型ドーピング)"である。アルコール CVD 法によってグラフェンを CVD 合成し、リソグラフィー技術によってシリコン基板上に FET を制作している。このように制作された FET は自然に p 型にドーピングされているが、グラフェンをポリビニルアルコール(PVA)の薄膜でコートすることで、PVA からグラフェンへ電子がドーピングされて、両極性の特性を示すことを明らかとしている。さらに、このドーピングの程度が PVA の初期水溶液濃度や焼成温度によって変化することから、そのドーピング機構を議論している。

第 3 章は、"Transport characteristics of nitrogen-doped horizontally aligned SWNTs (N-HASWNTs) (窒素ドーピング水平配向単層カーボンナノチューブ(SWNT)の輸送特性)"である。エタノールにアセトニトリル(C_2H_3N)を加えたアルコール CVD 法によって、水晶基板上での窒素ドーピング水平配向 SWNT の合成を実現し、これをチャネルとした FET の制作に成功している。また、制作された FET は従来の SWNT-FET と比較して、高いキャリア移動

度と高い ON/OFF 比を同時に実現可能なことを示している。さらに、多くの FET デバイスの評価から、SWNT 壁への窒素ドーピングによる効果と SWNT の直径が小さくなることの効果について議論している。

第 4 章は、” Closing remarks (結論) ”であり、上記の研究結果をまとめたものである。

以上を要するに、本論文では、グラフェンおよび窒素ドーピング水平配向 SWNT の CVD 合成を実現するとともに、これらを用いた FET を制作し、FET 特性からドーピングに関する議論をしている。PVA 薄膜を用いたグラフェン FET では、PVA からグラフェンへの電子移動による安定なドーピングを実現している。また、窒素ドーピング SWNT においては、高いキャリア移動度と高い ON/OFF 比を同時に実現可能なことを示している。本論文はグラフェンおよび SWNT の合成と FET 特性に関する新たな知見を与えており、分子熱工学の発展に寄与するものであると考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。