

「高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測」

平成 14 年度採択研究代表者

石橋 幸治

(理化学研究所 主任研究員)

「カーボンナノ材料を用いた量子ナノデバイスプロセスの開発」

1. 研究実施の概要

本研究では、単電子エレクトロニクス、量子コンピューティング、スピントロニクス、ナノメカニカルシステムなど新機能ナノエレクトロニクスへのカーボンナノチューブやフラーレンの適用可能性を探索する。カーボンナノチューブは分子的な直径を持ちながらも半導体微細加工技術で扱うことのできる長さを有するために、最終的な単分子デバイス実現へ向けたマイルストーンとなるばかりではなく、ナノチューブ自身をリソグラフィ技術と組み合わせてデバイス化することにより、これまでよりも1桁以上小さな数ナノメートル級のナノデバイスを作製することが可能である。ナノエレクトロニクスの要素デバイスとして量子ドット・量子細線を特に取り上げ、単体デバイスの作製プロセスの開発、単体デバイスを複数個集積化する技術、そしてそれらを回路化する配線プロセスの開発を行う。カーボンナノチューブのデバイスプロセスはまだほとんど開発されていないが、本研究で特に取り上げるのは、ナノチューブ自身の成長制御（配線へも応用）、トンネル接合やオーミックコンタクト、さらにはキャリアタイプの制御、ゲート制御などのデバイスプロセスで、これらを確立することにより、より高いコヒーレンスを有するスピン・電荷量子ビット、高温で動作する単電子ロジックや単電子メモリ、さらに、サブミリ波からテラヘルツ波領域で動作する高感度検出器などへの応用を目指す。

本年度は、半導体プロセスをカーボンナノチューブに適用することにより信頼性・制御性の高いトンネル障壁を作製するために、局所的にイオンビームを照射する手法や酸化膜をナノチューブと電極金属間に挿入する手法を試み、量子ドット形成に有効な手段であることがわかった。今後本手法を用いて、量子ドットを集積化したデバイスを作製する予定である。ナノチューブの成長や評価に関しては、触媒の種類や微細性が重要な役割を果たすことを明らかにし、成長した単一のナノチューブに対してラマン散乱や透過電子顕微鏡の手法を用いることにより、直径やバンドルか単一かなどの評価を行った。このような単一のナノチューブの評価は基板上に作製したナノチューブデバイスの評価をする上でも重要な情報となる。

2. 研究実施体制

デバイスプロセスグループ

① 研究分担グループ長：石橋幸治（理化学研究所・主任研究員）

② 研究項目：

- ・カーボンナノチューブ単体デバイスプロセスの開発
- ・カーボンナノチューブ成長制御技術の開発
- ・カーボンナノチューブ・フラーレンデバイス機能の測定

配線プロセスグループ

① 研究分担グループ長：本間芳和（NTT物性科学基礎研究所・グループリーダー）

② 研究項目：

- ・カーボンナノチューブ成長制御技術の開発
- ・カーボンナノチューブ成長メカニズムの解明
- ・カーボンナノチューブの評価

ナノ触媒グループ

① 研究分担グループ長：安井孝成（長岡技術科学大学・助教授）

② 研究項目：

- ・ナノスケール触媒形成技術の開発
- ・触媒形成領域の局所的評価

フラーレン重合グループ

① 研究分担グループ長：尾上順（東京工業大学原子炉工学研究所・助教授）

② 研究項目：

- ・フラーレン電子線重合技術の開発と極微細電極への応用
- ・電子線重合メカニズムと電子状態の解明