

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19054011

研究課題名（和文） カーボンナノチューブバイオセンサー

研究課題名（英文） Carbon Nanotube Biosensor

研究代表者

松本 和彦 (MATSUMOTO KAZUHIKO)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：80344232

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノマイクロ科学・マイクロナノデバイス

キーワード：①カーボンナノチューブ ②バイオセンサー

1. 研究計画の概要

カーボンナノチューブを用いた電界効果トランジスタの研究が近年盛んに行われており、様々な要素技術の蓄積がなされ問題解決が計られてきてきた。今後シリコンを凌ぐ特性を有するこの高性能なカーボンナノチューブ電界効果トランジスタを何に適用すれば良いかが重要な研究課題となっている。「カーボンナノチューブ電界効果トランジスタが電荷に対して高感度である」という特長を活用した電氣的計測によるバイオセンサーへの応用が、最適な応用の一つである考えられており、世界で活発に研究展開が計られている。

本研究は、微細な機能性カーボンナノチューブの特長を活用して、カーボンナノチューブ電界効果トランジスタを超高感度センサーとして利用し、しかもシリコン集積回路に匹敵する小型化、集積化を目指す。これにより様々なバイオセンシングを超微量な検体で複合的に同時に、しかも蛍光の添加などの複雑な手続きや、レーザなどの大型の測定機器を必用とせず、電氣的に簡便、迅速に計測できるシステムを本研究期間内に実証する。

2. 研究の進捗状況

(1) カーボンナノチューブ電界効果トランジスタにおいて、チャンネルのナノチューブの方向を正確に制御する事がデバイスの歩留まりに向上する。従来はサファイアや石英基板を用いて方向制御を行ってきたが、やはりデバイス応用の観点から、酸化シリコン/シリコン基板上でカーボンナノチューブの方向制御して成長する事が望ましい。本研究に於

いて、酸化シリコン基板上に電子ビーム露光とプラズマエッチング技術を用いて幅 100nm、ピッチ 100nm、深さ 40nm の溝を作製し、この基板上に触媒を形成してカーボンナノチューブを成長したところ、カーボンナノチューブが溝の上のリッジに沿って成長する事に成功した。これは酸化シリコン基板を用いたカーボンナノチューブの方向制御成長に初めて成功したものである。さらに理論計算により、カシミール力により、カーボンナノチューブがリッジに吸着して成長する事を見だし、これが方向制御の理由である事を理論的にも検証した。

(2) グラフェンをチャンネルとしたトランジスタを作製し、これを用いて世界で初めてのグラフェンバイオセンサーの作製に成功した。グラフェンは、機械的剥離法で酸化シリコン基板上に形成し、これに電子ビーム露光を用いてソース/ドレイン電極を形成した。これにシリコンラバーで形成したバスタブを載せ、溶液で満たし、参照ゲート電極を浸潤した。グラフェン上に形成された電気2重層が1~2nmの極薄膜絶縁膜として動作する為に、従来のバックゲートから測定した場合と比較して増幅率が30倍以上向上する事を見いだした。これを用いてpHセンサーとして動作する事を確認した。さらにBSAを溶液中に導入すると、BSAの濃度が増加するに従いドレイン電流の変化量が大きくなった。ドレイン電流の変化量とBSAの濃度はラングミュアの等温吸着式に乗り、BSAの吸着を正確に測定している事が確認できた。これにより、グラフェンを用いたバイオセンサーの開発に成功した。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

予定になかったカーボンナノチューブの方向制御に成長し、バイオセンサーのデバイスとしての信頼性、歩留まりの向上に成功した。

世界で初めてグラフェンを用いたバイオセンサーの開発に成功した。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 方向制御して成長したカーボンナノチューブをチャンネルにしたバイオセンサーを開発し、より高感度を目指す。

(2) グラフェンバイオセンサーにおいて、抗原/抗体反応を利用した検出を実現し、より高レベルの測定を目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

① 大野恭秀、前橋兼三、山城祐介、松本和彦、"Electrolyte-Gated Graphene Field-Effect Transistors for Detecting pH and Protein Adsorption." , Nano Letters, 9, 3318-3322, 2009, 査読有

② 前橋兼三、松本和彦、"Label-Free Electrical Detection Using Carbon Nanotube-Based Biosensors." , Sensors, 9, 5368-5378, 2009, 査読有

[学会発表] (計9件)

① 松本和彦、"Carbon Nanotube Quantum Devices & Bio Sensor Application." , 215th ECS Meeting, 2009年5月25日, サンフランシスコ (USA)

② 松本和彦、"Direction Control of Carbon Nanotube Growth on Corrugated SiO₂ using Casimir Force and its Application to High Current FET." , International Symposium on Carbon Nanotube Nanoelectronics, 2009年6月10日, 宮城県松島市

③ 大野恭秀、"Electrolyte-Gated Graphene Field-Effect Transistors", 2009 International Conference on Solid State Device and Materials, 2009年10月8日, 宮城県仙台市

④ 前橋兼三、"Aptamer-Based Label-Free Immunosensors Using Carbon Nanotube Field-Effect Transistors." , IEEE Sensors 2009 Conference, 2009年10月27日, クライストチャーチ (NZ)

⑤ 松本和彦、"Direction Control of Carbon Nanotube Growth on Corrugated Patterned SiO₂ using Casimir Force and its Application to High Current FET." , AVS 56th International Symposium & Exhibition, 2009年11月10日, サンノゼ (USA)

[その他]

ホームページ

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/se/>