

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 特定領域研究
研究期間： 2007 ～ 2011
課題番号： 19054006
研究課題名（和文） カーボンナノチューブを用いた光電子複合デバイスの研究

研究課題名（英文） Research on optoelectronics devices using carbon nanotubes

研究代表者

水谷 孝 (MIZUTANI TAKASHI)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70273290

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス

キーワード：カーボンナノチューブ、CNTFET、光電子複合デバイス、環境効果、表面保護膜、輸送現象

1. 研究計画の概要

本研究は、これまでのカーボンナノチューブ電界効果トランジスタ(CNT-FET)研究の成果をさらに発展させ、一つのデバイスで電子デバイスと光デバイスの二つの機能を実証し、新奇光電子複合デバイスの可能性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の進捗状況

デバイス基本技術を検討し、以下の成果を得た。

(1)素子表面保護膜、ゲート絶縁膜の形成法として原子層堆積を検討し、損傷の少ない成膜技術を確立した。

(2)高速動作のために重要となる多チャネル・大電流デバイスの作製に向けて、石英基板上への高密度水平配向成長を検討し、アーク放電プラズマによる触媒形成、触媒還元時の微量アルコール添加により 23 本/ μm を実現した。

(3)半導体的振る舞いを示す CNT の優先成長の原因を検討し、金属 CNT に導入された欠陥・吸着分子等により、実効的にギャップが開くことに起因することを明らかにした。

(4)CNT の発光波長が溶媒・雰囲気依存すること（環境効果）、その原因が誘電遮蔽によることを明らかにした。

(5)孤立 CNT の発光効率がカイラリティに依存することを実験的に明らかにした。

(6)CNT が基板に接すると発光効率が大きく低下することを明らかにするとともに、その対策として、基板と接しない素子作製技術を検討し、基本技術を確立した。

(7)発光の基本となる電子/正孔同時注入動作を実現する方法として、分離デュアルゲートによる電界注入構造を考案するとともに、電子ビームによる微細パターン形成技術の詳細検討により擬似 pn 接合の作製を可能とし、電子/正孔同時注入動作を実現した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

以上の成果はほぼ計画どおりに得られたものであり、また優先成長機構解明や発光の環境効果の実証と原因解明は、世界を先導する成果である。

4. 今後の研究の推進方策

これまでの研究成果を踏まえ以下の計画で研究を推進する。

(1)擬似 pn 接合デバイスにおいて発光および光検出動作を実証する。

(2)光電子複合デバイス的高速動作の可能性を、高周波散乱パラメータ測定および時間分解顕微分光測定により明らかにするとともに、ナノチューブチャネル内のキャリア散乱、高速輸送現象を解明する。

(3)n チャネル FET、p チャネル FET、発光素子および受光素子を同一基板上に集積化するための作製基本技術を確立する。

(4)走査型プローブ顕微鏡技術（電位分布測定、局所ゲート測定、電流誘起磁気力測定）を駆使して微細デバイスの欠陥・電位障壁の有無と結晶成長法との関係解明を進めるとともに、素子ばらつきの要因（CNT 成長、素子作製、素子構造）とその低減方法を明らかにす

る。

(5) n-チャネルCNT-FETおよび擬似pn接合デバイスにおいて、安定動作の課題を解決すべく、仕事関数の小さな金属をコンタクトに用いる方法の不安定性の課題を解決すべく、絶縁膜への正電荷の導入、あるいは分離デュアルゲートによる電界注入の方法を検討する。

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 10 件)

- ① Y. Okigawa, S. Kishimoto, Y. Ohno, T. Mizutani, “Electrical Properties of Carbon Nanotube Field-Effect Transistors with Multiple Channels Measured by Scanning Gate Microscopy”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, Vol. 49, No. 2, 02BD02-1-4, 2010
- ② Y. Nakashima, Y. Ohno, S. Kishimoto, M. Okochi, H. Honda, T. Mizutani, “Fabrication Process of Carbon Nanotube Field Effect Transistors Using Atomic Layer Deposition Passivation for Biosensors”, J. Nanosci. Nanotechnol., 査読有, 10, 3805-3809, 2010
- ③ T. Mizutani, H. Ohnaka, Y. Okigawa, S.

Kishimoto, Y. Ohno, “A study of preferential growth of carbon nanotubes with semiconducting behavior grown by plasma-enhanced chemical vapor deposition”, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 査読有, 106, 73705-1~5, 2009

- ④ M. Ato, T. Takahashi, Y. Okigawa, T. Mizutani, “Conductance of individual channels in a carbon nanotube field-effect transistor studied by magnetic force microscopy”, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 査読有, 106, 114315-1~4, 2009

[学会発表] (計 22 件)

- ① T. Mizutani, “Characterization of CNT-FETs by Scanning Probe Microscopy”, International Symposium on Carbon Nanotube Nanoelectronics, June 9-12, 2009, Matsushima, Japan
- ② T. Mizutani, “Electrical properties of carbon nanotube FETs”, PIE Optics+Photonics August 10, 2008, T San Diego, USA