

「プロセスインテグレーションによる
機能発現ナノシステムの創製」
平成 20 年度採択研究代表者

平成 21 年度 実績報告

畠 賢治

(独)産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 研究チーム長

自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による
柔らかいナノ MEMS デバイス

§ 1. 研究実施の概要

CNTはその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に、所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを、安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化がはるかに困難となっている。

本研究テーマでは、かかる課題を解決し、CNT デバイスの礎を築く基盤製造技術の開発を目的とし、前年度に、CNT シートを成長基板から取り出し、任意の基板に貼り付ける技術を開発した。その技術を元に、CNT の加工技術と組合せ CNT カンチレバーを作製し、その共振周波数が Si より高いことを見出した(PRL 2009)。さらに、CNT 構造体の光吸収特性の評価も行い、合成した CNT 構造体は、紫外光から遠赤外光までの非常に広い波長範囲(波長 0.2 μm – 200 μm)にわたって、高い光吸収率を有していることを見出した(PNAS 2009)。本年度は、前年度に開発した、CNT シートを取り出し基板に貼り付ける技術と、CNT の加工法をさらに進化させ、キャパシター等のデバイス構造体作製に必要な、積層型 CNT 構造体を、Si 基板上やフレキシブル基板上に作製することに成功した。さらに、CNT と異材料とのインテグレーションに必要な、密度の異なる CNT 構造体の作製法を開発し、異なる密度を有する CNT 構造体を作製した(Nano Lett. 2009)。また、フレキシブル CNT キャパシター作製のため、CNT をキャパシター電極として利用した場合の、電極特性評価も行った(Adv. Mater. accepted)。今後は、これまでに得られた製造技術を駆使し、そしてさらに進化させ、CNT を利用した新しいナノデバイスの作製を行って

いく予定である。

§ 2. 研究実施体制

(1)「畠」グループ

① 研究分担グループ長： 畠 賢治

(独) 産業技術総合研究所ナノチューブ応用研究センター、研究チーム長)

② 研究項目

1. シート合成技術開発
2. CNTシートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発
3. 異材料とのインテグレーション技術開発
4. 柔らかいデバイス開発

§ 3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

3. 1. CNTシートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発 (非公開)

3. 2. 異材料とのインテグレーション技術開発

CNT と異材料の複合化(インテグレーション)のために、CNT の形態制御を行った。スーパーグローブ法で合成されるCNTは、その超高効率成長から、種々の構造を形成可能であるものの、そのCNTの本数密度は低密度である。そのため、構造体中で本数密度を制御できる技術開発を行い、インテグレーションや、種々の用途に適用可能な、CNT構造体作製技術の開発を行った。その結果、図1に示すように、構造体中のCNT本数密度を変化させる事に成功した。

この結果から、CNT-waferを作製するのに、液滴ばかりでなく、膜状や泡状、蒸気、スーパーインクジェット技術等も有効であることがわかり、これらの固体化技術を駆使し、インテグレーションに最適なCNT-wafer作製方法を構築することが出来た。¹⁾

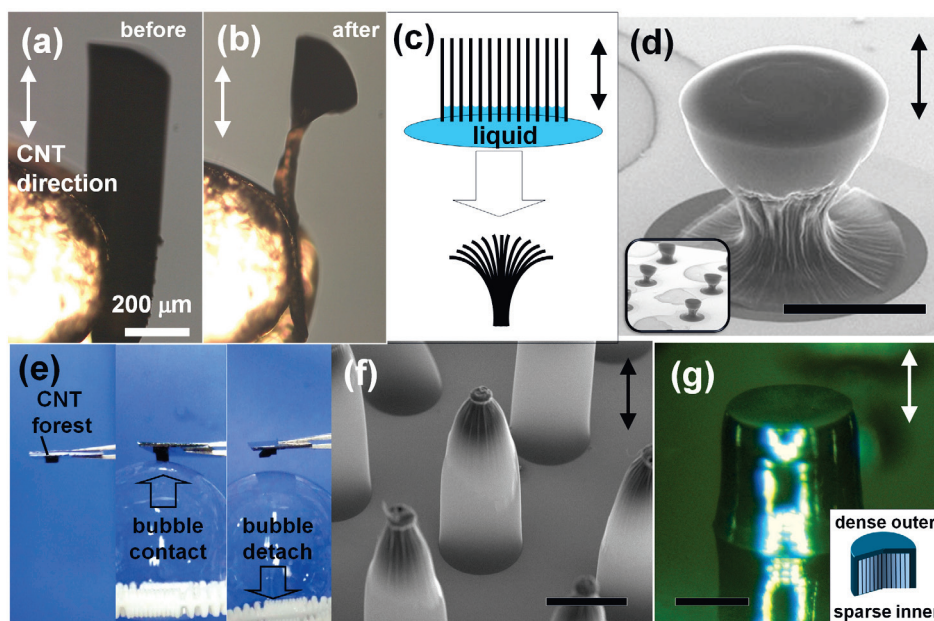


図1 CNT 構造体での CNT 本数密度制御技術

3.3 柔らかいデバイス開発 (非公開)

§ 4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

[1] D. N. Futaba, K. Miyake, K. Murata, Y. Hayamizu, T. Yamada, S. Sasaki, M. Yumura, K. Hata, “Dual Porosity Single-Walled Carbon Nanotube Material” *Nano Letters*, **9**(9), 3302–3307, 2009. DOI: 10.1021/nl901581t

[2] A. Izadi-Najafabadi, S. Yasuda, K. Kobashi, T. Yamada, D. N. Futaba, H. Hatori, M. Yumura, S. Iijima, K. Hata, “Extracting the Full Potential of Single-Walled Carbon Nanotubes as Durable Supercapacitor Electrodes Operable at 4V with High Power and Energy Density” *Adv. Mater.* accepted.

(4-2) 知財出願

- ① 平成21年度特許出願件数 (国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数 (国内 2 件)