

# キャピラリー大気圧プラズマジェットを用いたCNTドットアレイの表面官能基修飾の最適化

## Optimization for Surface Functionalization of the CNT Dot-Array by Using Capillary Atmospheric Pressure Plasma Jet

岡田 充<sup>1</sup>、トミー アブザイリ<sup>2,3</sup>、張 哈<sup>1</sup>、ニィ プスパワティ<sup>3</sup>、永津 雅章<sup>1,2</sup>

Mitsuru Okada<sup>1</sup>, Tomy Abuzairi<sup>2,3</sup>, Han Chou<sup>1</sup>, Nji R. Poespawati<sup>3</sup>, Masaaki Nagatsu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 静大院工、<sup>2</sup> 創造科技学院、<sup>3</sup> インドネシア大学

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Shizuoka Univ.

<sup>2</sup> Graduate School of Science and Technology, Shizuoka Univ.

<sup>3</sup> Department of Electrical Engineering, Universitas Indonesia.

### 1. はじめに

カーボンナノチューブ (CNT) は、優れた電気伝導特性、高いアスペクト比、機械的強度、化学的安定性などの多くの優れた特性を有しているが、CNT をバイオチップ等に応用する場合には、生体分子の固定化を実現するため、アミノ基やカルボキシル基などの官能基を CNT 表面に修飾することが不可欠である。本研究室では、これまでに垂直配向 CNT の合成、表面波プラズマを用いた CNT 表面へのアミノ基およびカルボキシル基修飾に関する研究を行ってきた。本研究では、マイクロキャピラリーを用いた超微細大気圧プラズマジェットによる垂直配向 CNT への官能基の選択的修飾技術の開発を目的としている。官能基修飾の確認には、各官能基に選択的に結合する蛍光色素を用いて、蛍光顕微鏡で測定を行った。

### 2. 実験手順

複数のバイオ高分子の検出を可能とするバイオチップデバイス開発のため、電子ビームリソグラフィ技術を用いて Si 基板上にドットアレイ状の CNT 基板を作製した。まず、RF スパッタリングを用いてドットサイズ 5  $\mu\text{m}$ 、50  $\mu\text{m}$  間隔で Ni 触媒のパターニングを行い、その後、基板温度 700  $^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{NH}_3/\text{C}_2\text{H}_2$  (150/50 sccm) 混合ガス、圧力 5 Torr の条件で、平行平板電極間に 650 V を印加した状態で熱 CVD 装置を用いて CNT の垂直配向成長を行った。

本研究で用いた大気圧プラズマジェット実験装置は、内径 3 mm のガラス管に銅テープでグランド電極と H.V 電極を作製した二電極構造である。電圧 15kVpp、5 kHz の矩形波を印加し、ガラス管内にプラズマを生成した。プラズマジェットの先端に内径約 20  $\mu\text{m}$  のキャピラリーを装着し、CNT ドットアレイにプラズマジェットを照射した。

### 3. 実験結果

アミノ基、カルボキシル基修飾の最適化を行うために CNT 表面に He/ $\text{NH}_3$  混合ガスプラズマ、He/ $\text{O}_2$  混

合ガスプラズマを用いた。前処理時間を 0.2s に固定し、処理時間を 1s~4s まで変化させて CNT を処理した際の蛍光顕微鏡画像を観察した。Fig.1、Fig.2 にアミノ基修飾とカルボキシル基修飾の比較を示す。

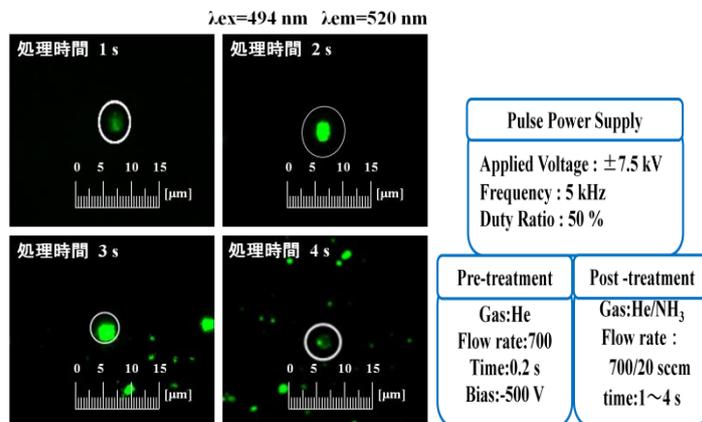


Fig.1 処理時間毎のアミノ基修飾の比較

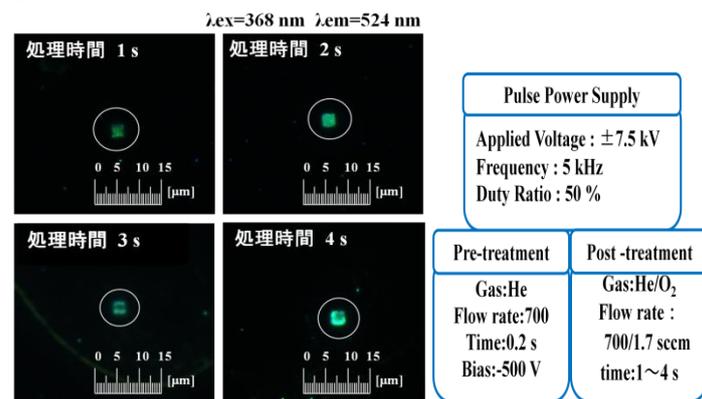


Fig.2 処理時間毎のカルボキシル基修飾の比較

処理時間が短いと蛍光が弱く、官能基が効率よく修飾できていないと考えられる。逆に処理時間が長いと CNT がプラズマ照射によって損傷を受け、周囲に飛び、隣のドットにも蛍光がみられた。これらの比較から最適な処理時間を確認した。これをもとに前処理の最適化だけでなく、ガス流量比による官能基修飾の最適化の結果については講演にて発表する。