

課題番号 : F-18-WS-0093  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 高密度カーボンナノチューブフォレストを用いた櫛型電極の作製  
 Program Title (English) : Interdigitated electrode with dense carbon nanotube forests  
 利用者名(日本語) : 杉目恒志<sup>1)</sup>  
 Username (English) : H. Sugime<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 早稲田大学高等研究所  
 Affiliation (English) : 1) Waseda Institute for Advanced Study, Waseda University  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 成膜, 切削, 化学気相成長, バイオセンサ

## 1. 概要(Summary)

本研究では、カーボンナノチューブ(CNT)の微細化可能性、高い電気伝導性を活かした高性能な立体型櫛型電極(Interdigitated Electrodes, IDE)の作製と評価を目的とした。特に CNT が基板に垂直配向成長している「フォレスト」を利用し、UV リソグラフィと金属電極上への高密度 CNT フォレストの成長技術を組み合わせることで実用化に近い作製プロセスの実現を目指した。リソグラフィによる微細化プロセスと CNT の成長プロセスがフォレスト構造に与える影響を調べ、プロセスの最適化を行うことで、より高感度で耐久性のある小型電気化学バイオセンサの開発を目指した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

両面マスクアライナ, 電子ビーム蒸着装置, ダイシングソー

### 【実験方法】

両面マスクアライナを用いてレジストを Si 基板(18mm × 15mm)またはガラス基板(φ63.5 mm)上にパターニングし、金属電極(Au/Ti or Au/Cr)を堆積させた。その上に触媒(Co/Nb)と下地層(Ti)をスパッタ担持し、レジストをアセトンでリフトオフした。SiO<sub>2</sub> 保護層をパターニングするために再び両面マスクアライナを用いてレジストをパターニングした。最後に化学気相成長(CVD)法によってC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を用いて金属電極上だけに高密度 CNT を低温成長させることで、立体型櫛型電極の開発を行った。成長温度は 470 °C, 圧力は常圧にて行った。電気化学センサとしての特性評価は K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]の水溶液の酸化還元をサイクリックボルタンメトリにて測定することで行った。この際リファレンスとして、CNT を成長させていない IDE(Au-IDE)と特性を比較した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure 1a と 1b に IDE の SEM 写真を示す。Au 電極の上に CNT フォレストが高密度に成長していることが分かる。電気化学的測定による特性評価において、Au-IDE( Fig. 1c)と比較して CNT フォレストを成長させた IDE(CNTF-IDE, Fig. 1d)では酸化還元電流が定常状態に早く到達した。またレドックスサイクルによる電流増幅は CNTF-IDE では 18 倍であり、Au-IDE と比較しておよそ 3 倍高かった。

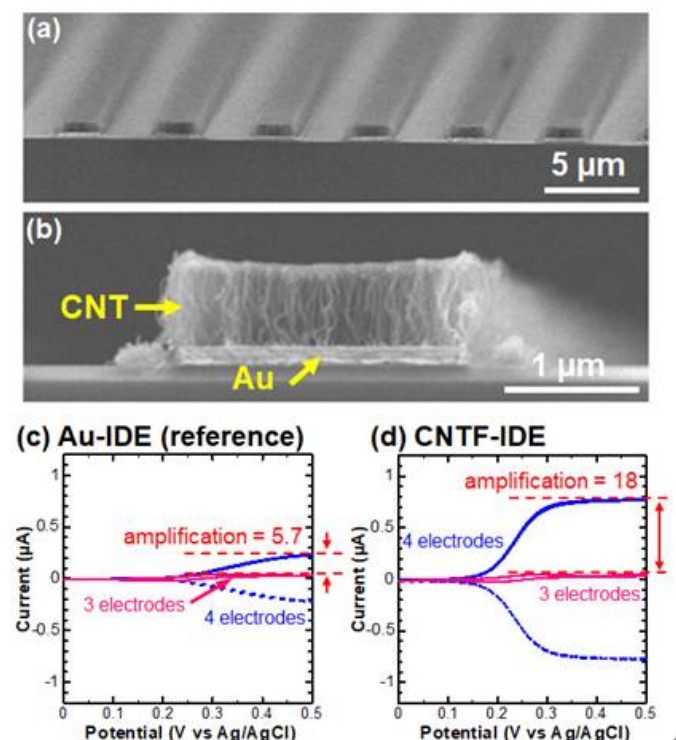


Figure 1: (a) Oblique-view and (b) side-view SEM images of the CNT forests on Au electrodes. CV results of (c) Au-IDE (reference) and (d) CNTF-IDE with the K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] (100 μM) in KCl (100 mM) at the scan rate of 10 mV/s.

#### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究は JSPS 科研費 17K14859 の助成を受けた。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) H. Sugime, T. Ushiyama, K. Nishimura, Y. Ohno, and S. Noda, *Analyst* **143**, 3635-3642 (2018).
- (2) H. Sugime, T. Ushiyama, K. Nishimura, Y. Ohno, and S. Noda, 19th International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials (NT18), July 19, 2018.

#### 6. 関連特許 (Patent)

特許出願済。