

ナノファイバーをガイドとしたカーボンナノチューブ配向電極の開発とそのバイオデバイスへの応用

(福井大院工, 福井大ライフセ) ○坂元博昭、藤原郁也、高村映一郎、末信一郎

緒言

酵素や微生物、DNA と言った生体分子を電極表面に固定化することにより得られるバイオデバイスはバイオ燃料電池やバイオセンサ用素子として応用される。しかし、バイオデバイスで用いられる電極は酵素を触媒としているため、安定性の低さ、電子移動の効率の低さによる低出力が問題となっており、実用化にはそれらの改善が必要である。これらの課題を解決するため、近年カーボンナノチューブ(CNT: Carbon nanotube)が注目されている。CNT は膨大な比表面積を有し、電子移動速度が速いため、高出力バイオデバイス構築が期待される。しかし、CNT は、ファンデルワールス力により凝集する傾向があり電氣的・熱的に抵抗が生じてしまうため単に電極へ修飾するだけでは CNT の特性を最大限生かすことが出来ない。したがって、CNT を配向させる技術の開発が産業界から電極の開発強く求められる。そこで本研究では、ナノファイバーを CNT のガイドとして用い CNT を一次元配向することで、導電性、伝熱性、機械的強度など CNT が本来持つ構造特徴を最大限に発揮するための CNT 配置技術の開発、そして、作製した配向 CNT 上に酵素を修飾することで高出力な電極開発を目的とした(Fig. 1)。

実験

CNT を配向されるガイドとして Poly(ethylene-co-vinyl acetate) (EVA)を用いた。EVA と CNT の混合溶液からエレクトロスピンニング法により CNT 含有 EVA ナノファイバーを Au 基板表面へ紡糸した。ファイバー紡糸後、電気炉内 400℃の条件下で高温燃焼することでEVAナノファイバーのみを熱分解した。燃焼後、SEM、FE-SEM、Raman 分光法によりその形態および化学状態を評価した。さらに酵素を修飾し、酵素電極としての電気化学特性も評価した。

結果と考察

紡糸した配向・無配向 CNT-EVA 芯-鞘ナノファイバーを 400℃で燃焼した表面を観察すると、無配向 CNT-EVA 芯-鞘ナノファイバーでは、CNT が無配向に存在しているが、配向 CNT-EVA 芯-鞘ナノファイバーでは、ファイバーが存在したと考えられるラインに沿って CNT が配向していることが確認された(Fig. 2)。作製した酵素固定化電極を用いて、インピーダンス測定を行った結果、CNT を配向した電極では、CNT 無配向時に比べ電解移動抵抗が小さくなった。サイクリックボルタンメトリーによる酵素電気化学反応評価においても、配向 CNT の方が基質の存在下で電流値が増加していることが確認した。以上から、本技術は CNT を配向させることが可能であり、CNT を配向することで電子移動の効率が起こる可能性が示唆された。

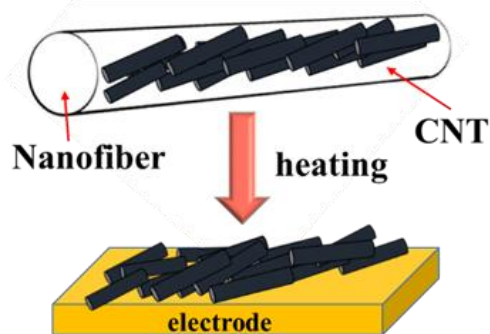


Fig.1 one-dimensional alignment of CNT guided with nanofiber

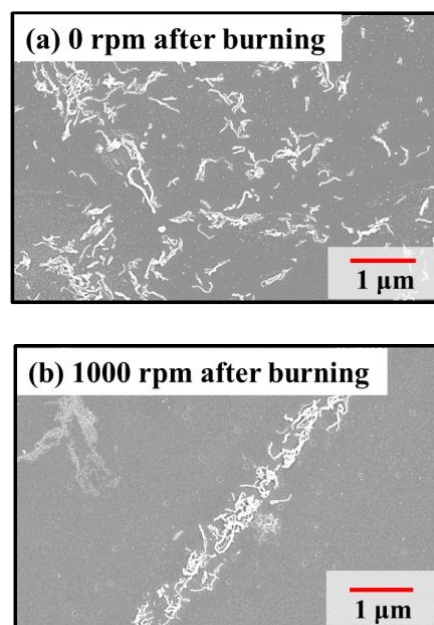


Fig. 2 FE-SEM images of 10% EVA/CNT fiber, (a) 0 rpm after burning, (b) 1000 rpm after burning.