

2013

グラフェンファイバーを用いた人体動作センサー & アクチュエーターの開発

[1] 組織

代表者：中村 篤志
(静岡大学大学院総合科学技術研究科)
対応者：猪川 洋
(静岡大学電子工学研究所)
分担者：影山博之
(島根大学大学院総合理工学研究科)
久保野敦史
(静岡大学大学院総合科学技術研究科)
佐藤弘明
(静岡大学電子工学研究所)

[2] 研究経過

グラフェンを材料とする透明電極をはじめ光電子デバイス、フレキシブルデバイスの研究・開発は、近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトでは、生体医工学をはじめウェアラブルデバイス、ソフトロボティクス分野に貢献するナノカーボン材料であるグラフェン膜のフレキシブルファイバーデバイス応用、新規デバイス展開について共同研究を行った。グラフェンは1原子厚さの炭素原子シート状構造であり、高い透過性と電気伝導性があり、光学特性、電気輸送、磁場効果、スピン輸送など幅広い応用が期待されている。我々は安価で安全なアルコールを原料に用いたグラフェン膜の直接成長技術を基に人体に装着可能なフレキシブルひずみセンサーの可能性を新たな研究テーマとして追求した。本年度の検討項目は、フレキシブルデバイスの実現にむけた、欠陥レスのグラフェンファイバーの形成とフリースタANDINGの実現、ひずみセンサーとしての基本動作確認、ウェアラブルセンサー動作確認を行った。本プロジェクトは、2014年度から継続して行っている。

以下、研究活動状況の概要を記す。

・アルコール CVD 法によるグラフェン薄膜の成長ならびにグラフェンファイバーの形成

メカニズムを解析し、ドメインサイズを拡大させる最適ガス流量、成長圧力、成長温度並びに成長時間の検討を行った。ファイバー形状のグラフェンを得るために、Ni ワイヤを触媒成長基板として用い、グラフェンを形成後に Ni を

エッチングして中空円筒状のグラフェン膜を作製した。

・グラフェンファイバーのひずみセンサー評価

グラフェンファイバーに対し、引っ張りひずみ、曲げ角度依存性を評価した。比較対象にカーボンナノチューブ/PDMS コンポジットを用い、応答速度と静的振動雑音の評価を行った。

・ウェアラブルセンサーの試作

被験者中指第二関節 (DIP) にセンサーを装着し、アルファベット文字を複数回筆記したときの曲げ伸ばしによるひずみをリアルタイム測定し、波形を角度情報に変換して筆記モニタリングを調査した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第1に、アルコール CVD グラフェン膜の結晶性改善とファイバー形状形成が実現した。

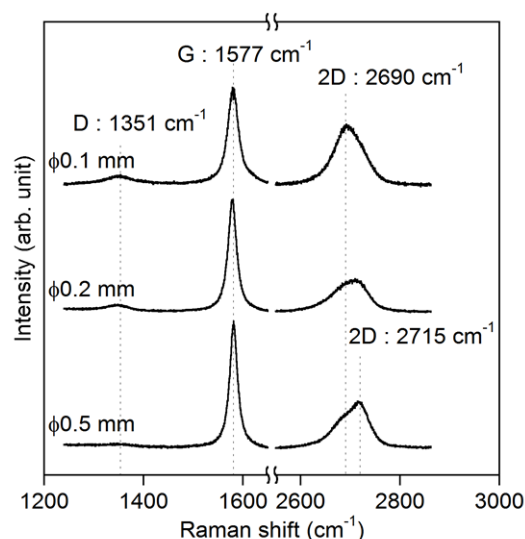


図1.グラフェンファイバのラマンスペクトル

図1はグラフェンファイバーのラマンスペクトルを示す。欠陥を示すDバンドを低減させることに成功している。これは円筒形状にすることでエッジを含まないグラフェン膜が形成されていることを示している。

第2に、グラフェンファイバーを用いたひずみセンサー評価を行った。図2に示すようにグラフェンファイバーと参照CNT/PDMSコンポジットセンサーを作製し、引張ひずみ並びに角度依存

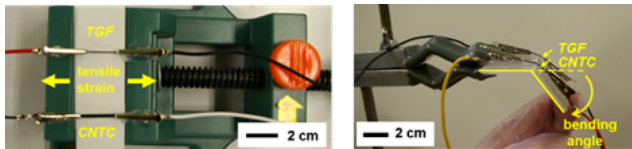


図2.引張ひずみ、曲げ試験

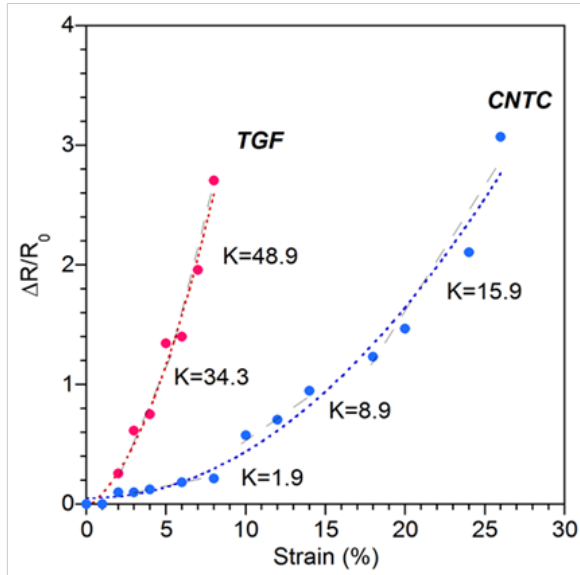


図3.引張試験:ひずみに対する抵抗変化

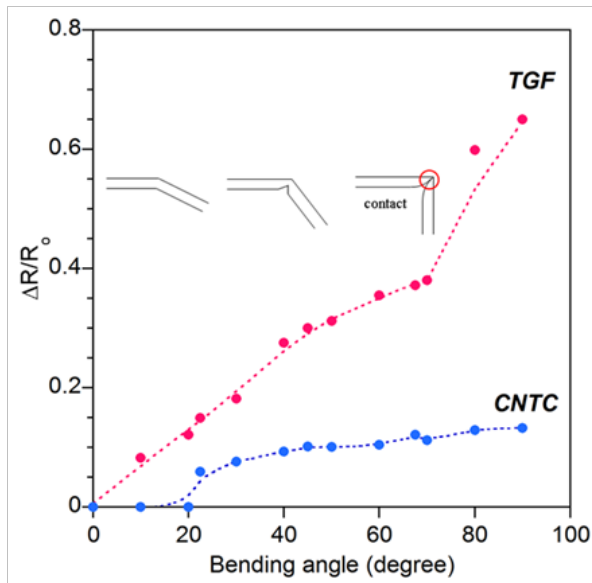


図4.曲げ角度に対する抵抗変化

性を調査した。引張の歪に対する抵抗変化はゲージファクターとして感度が定義される。グラフェンファイバーを用いたひずみセンサーは最大ひずみ量 8%でゲージファクター48.9を示し、これまで報告されているグラフェン歪センサーとしては最大の値を示した。さらに曲げ角度に対しては約 50 度までの変形まで線形性のある感度を実現した。ストレッチャブルセンサとして先行している CNT コンポジットセンサと比較すると最も検出したい領域である低角度領域での高感度を実現出来たことは本提案手法の有効性

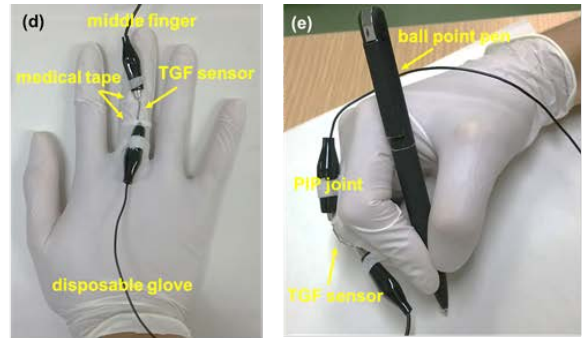


図5.中指第二関節に装着したグラフェンファイバーセンサ

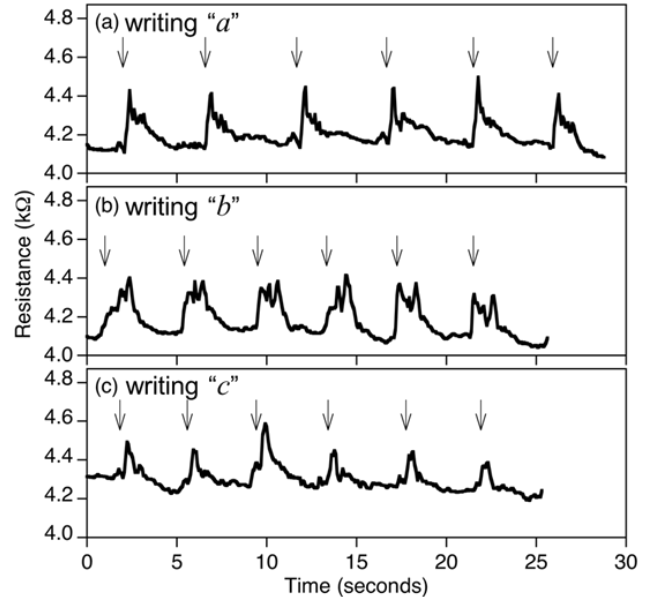


図6.アルファベット筆記モニタリングにおける抵抗変化波形

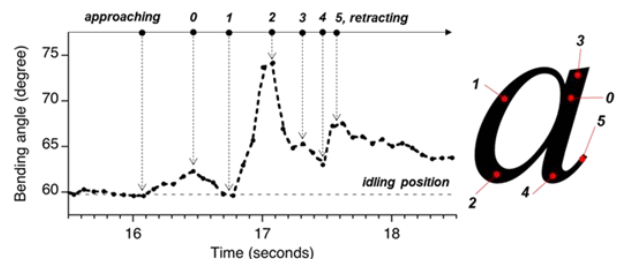


図7.文字“a”の角度変化変換図

を示したといえる。さらに筆記モニタリングを調査した結果、被験者中指第二関節 (DIP) にセンサーを装着し、アルファベット文字を複数回筆記したときの曲げ伸ばしによるひずみをリアルタイム測定し、波形を角度情報に変換して実際に筆記した文字を復元させることに成功した。この結果を発展させると、人体のモーションをリモートでモニタリングし、その情報を送信すれば画像のみならず動作情報も再構成できることを示唆している。

(3-2)波及効果と発展性など

本プロジェクトで明らかになった生体動作モニタリング応用の成果は、例えば遠隔医療や過酷環境におけるリモートセンシング等の分野に貢献する。ナノギャップデバイス、ソフトマテリアルズとその基礎物性の分野への展開が期待

「様式3」

される。

[4]成果資料

論文

1) A. Nakamura, T. Hamanishi, S. Kawakami, M. Takeda, “A piezo-resistive graphene strain sensor with a hollow cylindrical geometry”, *Materials Science and Technology B* 219 (2017) 20-27.

2) H. Sato, A. Nakamura, A. Banerjee, K. Yamada, H. Satoh, J. Temmyo, H. Inokawa, “Strong Quantum Confinement Effects in Nanometer Devices with Graphene Directly Grown on Insulator by Catalyst-free Chemical Vapor Deposition” *Current graphene science* (in-press).