

グラフェンを用いたフレキシブル電極の開発

[1] 組織

代表者：池田 和司
(奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科)

対応者：池田 浩也
(静岡大学電子工学研究所)

分担者：
菊水 健史 (麻布大学獣医学部)
山川 俊貴 (熊本大学大学院先端機構)

[2] 研究経過

近年、非侵襲あるいは低侵襲により生体情報を計測し、医療や工学などに役立つ動きがある。特に心電図を高精度で計測することは、ヒトにおいてはてんかん発作や居眠り運転の予知、イヌにおいては作業犬のパフォーマンス管理などの応用があり、安定的な計測技術の開発が望まれている。心電図検査 (ECG)、脳波検査 (EEG)、筋電図 (EMG) などは皮膚から電位を測定する必要があるため、その電極の特性は重要である。ごく最近、その電極材料としてグラフェンが有効であることが報告された。本プロジェクトでは、グラフェンを含めて様々な材料について検討し、従来には無かった新たなフレキシブル電極の開発を目的とした。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。まずは、プロジェクトの目的・方向性、方法などについて議論し、今後の方針を確認した。その結果、電極材料の探索も重要であるが、さらにその先のデバイス応用として、被検者の自由度を高めるためのワイヤレス型生体情報センサの開発を目指すこととした。そこで本プロジェクトでは、ワイヤレス送信に必要な電源となるフレキシブル熱発電デバイスを開発し、それに信号増幅機能を持たせて、センサとして動作させることを提案する。

以下、研究活動状況の概要を記す。

研究打合せ：3回 (6/6, 9/9, 12/7)

研究発表会：1回 (9/8)

[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。

【1】導電性布材料のゼーベック係数

高性能のフレキシブル熱電材料を開発するために、半導体ナノ構造を成長させるための基板となる導電性布材料の熱電変換特性について調べた。図1はフレキシブル材料の面内方向のゼーベック係数を測定するための自作装置の概略図である。隙間をあけて設置された2つのペルチェ素子にフレキシブル材料を橋渡しし、銅・コンスタンタン熱電対を接続した銅電極を試料の両端に押し付けた。これらの熱電対により試料両端の温度を測定し、同時に熱電対の銅線を用いて熱起電力の計測を行った。温度勾配を与えたときの熱起電力と温度差の時間変化を計測し、熱起電力と温度差のグラフの傾きから平均のゼーベック係数を算出した。

図2は、導電性布のひとつである炭素布 (Carbon fabric : CAF) の走査電子顕微鏡 (Scanning electron microscopy : SEM) 写真である。図1の装置を用いて、市販のCAF、ニッケル・銅 (NiCu) 布、および銀 (Ag) 布のゼーベック係数を測定した。その結果、CAFとAg布はp型のゼーベック係数を、NiCu布はn型のゼーベック係数を持つことがわかった。

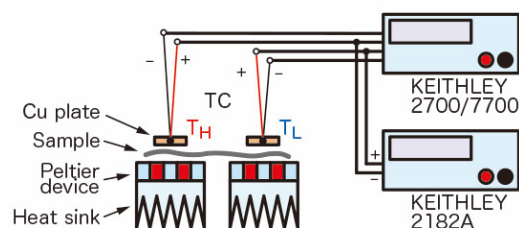


図1：面内ゼーベック係数測定装置

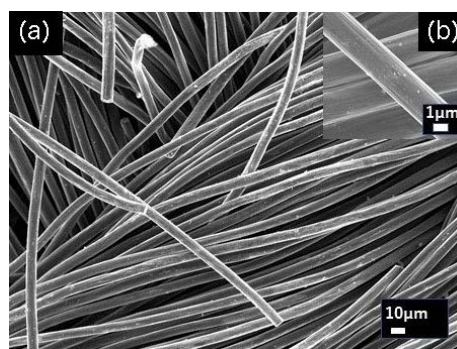


図2：CAF試料のSEM像

また、酸化亜鉛 (ZnO) ナノ結晶を Ag 布上に成長することにより、n 型のゼーベック係数に変化することも見出している。現在は、ホール測定によりキャリア極性およびキャリア濃度の確認を行うとともに、ZnO ナノ構造の結晶学的特性と熱電特性との関係について調べている。

【2】厚さ方向のゼーベック係数測定

フレキシブル熱電発電デバイスを生体情報センサとして応用する場合、温度勾配はフレキシブル材料の厚さ方向に与えられる。それゆえに、厚さ方向のゼーベック係数を測定するための装置を自作した。

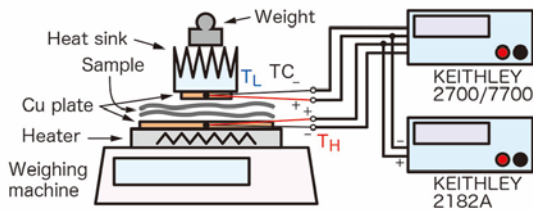


図3：膜厚方向ゼーベック係数測定装置

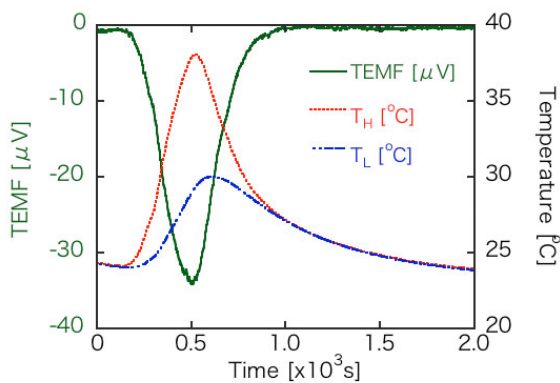


図4：CAFにおける熱起電力と温度の時間変化

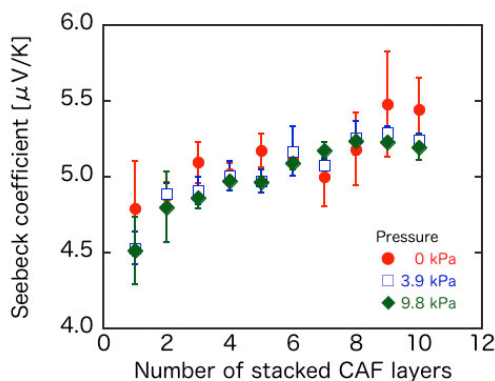


図5：CAFのゼーベック係数の層数依存性

その概略図を図3に示す。加熱用ヒーターの上に、試料をサンドイッチする形で銅・コンスタンタン熱

電対付銅電極を設置した。上部の銅電極は重りを置くようになっており、これらを電子天秤上に設置することで、フレキシブル材料にかかる電極の圧力を確認できるよう工夫した。

図4は、CAF 試料に対してこの装置で測定された、温度と熱起電力である。与えられた温度差に応じて発生した熱起電力が、精度よく測定されていることがわかる。このようにして得られた熱起電力と温度差の関係から算出したゼーベック係数を、重ねたCAF層数の関数として図5に示す。この図ではフレキシブル材料に与えた加重をパラメータとしており、0 kPa はヒートシンクのみ重さ (1.6 kPa) に対応する。この結果からわかるように、ゼーベック係数に与える加重の影響はほとんど見られない。したがって、フレキシブル材料と銅電極の間の電気的接触は、ヒートシンクの重さだけで安定した測定に十分であることがわかる。

CAF 材料を複数枚重ねたときの効果に注目すると、層数が増えるにしたがってゼーベック係数が増加する傾向を持つ結果が得られた。これは、おそらくCAF層間の空気の影響が原因であると思われる。この点については、今後の測定により明らかにする必要がある。

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトの遂行により、今まであまり交流の無かった異分野の研究者との連携が飛躍的に活性化され、この研究グループにて、別の助成金への申請や科学研究費・基盤研究Bへの申請に発展している。また、本プロジェクトにてフレキシブル熱電発電デバイスが実現されれば、現在、対応者 (池田浩) が科学研究費・挑戦的萌芽研究にて提案している熱電・圧電ハイブリッド発電デバイスに適用できるため、エネルギーハーベスティング分野への貢献も期待できる。

[4] 成果資料

(1) F. Khan, V. Pandiyarasan, S. Sakamoto, M. Navaneethan, M. Shimomura, K. Murakami, Y. Hayakawa, H. Ikeda, "Construction of Seebeck coefficient measurement system for flexible thermoelectric materials", IEICE Trans. Electron., **E101-C**, in press.

出張報告

氏 名：池田和司
所 属：奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
期 間：平成 29 年 6 月 6 日（火）
用務先：静岡大学電子工学研究所
用務内容：研究方針に関する打合せ
主たる対応者：池田浩也

氏 名：池田和司
所 属：奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
期 間：平成 29 年 9 月 8 日（金）・9 日（土）
用務先：静岡大学電子工学研究所
用務内容：研究発表会における成果発表・議論と研究方針に関する打合せ
主たる対応者：池田浩也

氏 名：菊水健史
所 属：麻布大学獣医学部
期 間：平成 29 年 9 月 8 日（金）
用務先：静岡大学電子工学研究所
用務内容：研究発表会における成果発表・議論
主たる対応者：池田浩也

氏 名：池田和司
所 属：奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
期 間：平成 29 年 12 月 6 日（水）・7 日（木）
用務先：静岡大学電子工学研究所
用務内容：研究結果の討論ならびに研究方針に関する打合せ
主たる対応者：池田浩也