

MERIT 自発融合研究終了報告書 神保泰俊

1. 申請学生1：氏名（所属専攻・学年），指導教員，副指導教員

神保泰俊（電気系工学専攻・博士三年）、染谷隆夫、長谷川達生

申請学生2：氏名（所属専攻・学年），指導教員，副指導教員

大矢貴史（早稲田大学大学院、総合機械工学専攻）、梅津信二郎

2. 分担

神保泰俊：電子デバイスの作製及び評価

大矢貴史：細胞の分化及び培養

3. 研究期間

2020年11月1日 - 2021年1月31日

4. 研究課題名：有機電気化学トランジスタを用いた hiPSC 心筋の電位記録

**概要**

有機電気化学トランジスタ（organic electrochemical transistor、OECT）は、フレキシブル・ソフト基板上に作成可能な構造と、高電流・高トランスコンダクタンスを両立可能な素子として注目されている。通常の有機トランジスタは、材料の移動度が低いため、高電流を扱うには大電圧とそれに伴う熱を許容するか、素子当たりの面積を極端に大きくして、櫛歯型電極を用いた大チャンネル幅を実現する必要がある。OECT のチャンネルに用いられる poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate（PEDOT:PSS）は、ON 状態で 1000 S/cm 以上の高い導電性を持ち、一般的な有機半導体と比べて 1/1000 の面積で同等の電流を扱うことができる。

本研究では、OECT を通じてチャンネル上の小さな面積に大きな電界をかけることで、細胞膜の電気穿孔を起こし、膜電位の直接計測を行うことを目的とする。OECT を用いて心筋細胞の電位信号を計測した研究はすでに知られているが、これらは全て細胞外のイオン流（フィールドポテンシャル）を計測している。膜電位の直接計測は、信号の強度と質両面で勝るが、有機デバイスでは実現されていない。

## 研究で得られた結果

OECT の絶縁膜表面は、PEDOT:PSS をパターンする際に用いたフッ素ポリマー犠牲層の残渣で覆われている。この残渣により、表面は水接触角  $120^\circ$  程度の強い疎水性を示す。一方で PEDOT:PSS チャンネルは、水接触角  $60^\circ$  程度の親水性である。フィルムの形成を安定させるために混合した dodecyl benzene sulfonic acid (DBSA) を取り除くと、さらに  $20^\circ$  程度まで親水化することができる。

生体分子の表面吸着性は、親水性の程度に大きく影響されることが知られている。本研究では、細胞を表面に接着させるために、フィブロネクチンを表面へコートしているが、フィブロネクチンの基質も同様に影響を受ける。そこで、以下の処理を行い、サンプルを親水化した。

- DBSA の取り除き
- フッ素系溶媒による表面洗浄
- UV オゾン処理による表面親水化

図 1 (左) に、親水化された表面に培養した心筋細胞を示す。細胞は密にパッキングしたが、収縮運動の力により、チャンネルの PEDOT:PSS や金配線が基板から引きはがされ、デバイスが損壊した。一方で、親水化を行わなかったサンプルでも細胞は同様にパッキングした。そのため以降の実験では、親水化処理を行わなかったサンプルを利用した。

図 1 (右) に、OECT で計測した心筋細胞の活動電位を示す。およそ秒間 1 回の拍動、 $0.1 \mu\text{A}$  程度の電流 (約  $1 \text{V}$  の信号に相当) が得られ、OECT が電位信号を計測できることが確認された。

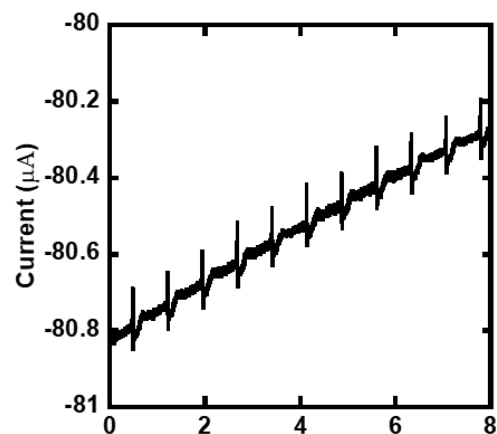
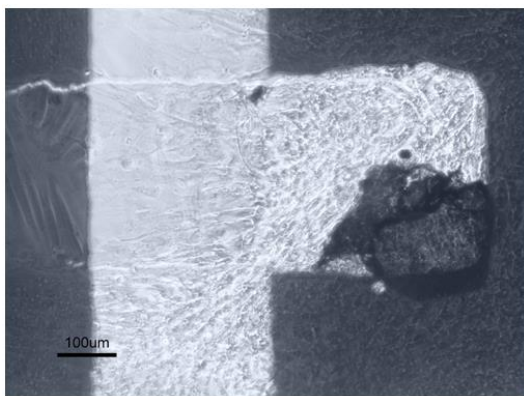


図 1 OECT 上に培養された心筋細胞 (左) と測定した細胞外電位 (右)

## 今後の計画

細胞内電位計測を含めた実験を進め、論文投稿の予定。