

海外長期派遣プログラム  
派遣場所 Ecole Nationale Supérieure Des Mines De Saint-Etienne (France)  
派遣期間 2015/9/12~2015/11/12

電気系工学専攻 染谷研究室  
李 元領  
37-157088

## 有機トランジスタのセンサアレイを利用したバイオ信号測定

### 背景

有機材料を用いたバイオセンサアレイは、フレキシブルな基板に作製できるため、人に違和感がない、生体適合性が高いということから注目されている。そこから、注目されている領域は手術用デバイス、移植デバイスなどがある。

しかし、有機デバイスの問題点はSiデバイスに比べて性能が低いということである。最近、Siデバイスを用いて、フレキシブルなセンサアレイを作成したことが報告されているが、厚い基板(20 $\mu\text{m}$ )のため、脳表面のような複雑な表面に固定することが難しい。[1]

今回の研究では、Siトランジスタに比べて、信号に対し電流変化値( $g_m$ )が高い有機電気化学トランジスタを用い[2]、高い性能を目指すかつ、高いOn/Offを示す有機トランジスタアレイ[3]を集積化することで、小配線で位置情報がわかるデバイスを作製を行ってきた。

有機トランジスタはAlO<sub>x</sub>+SAMを絶縁膜と使い、P型有機半導体であるDNNTをアクティブ材料として使った。そのトランジスタの隣には、同じくP型導電性ポリマであるPEDOT:PSSがParylene封止膜の窓から生体表面に接触できる有機電気化学トランジスタが集積されている。今までの研究で、有機トランジスタと有機電気化学トランジスタの不均一性を解決してきた。

まずは、低い有機トランジスタの性能から、有機電気化学トランジスタを高密度に集積化するために、トランジスタのチャンネル長を小さくする必要があった。チャンネルを小さくするには既存のShadow Mask蒸着から、フォトレジストを用いてチャンネルをパターンする必要があった。そのため、開発した方法がParyleneを封止膜として使い、Aurum 320という比較的有機材料にやさしい金エッチング液を用いて作製を行ってきた。しかし、複雑な作製プロセスのため、デバイスのYieldが低いことが問題であった。

二つ目はPEDOT:PSSの熱架橋であった。PEDOT:PSS分散液の中にはGOPSという架橋剤を入れている。架橋剤の役割は、金とPEDOT:PSS間とPSS-ポリマ間の架橋を行うことで、水が多く含まれている生体表面で安定化させることである。しかし、熱架橋の条件は150 $^{\circ}\text{C}$ 、30分加熱であったため、有機半導体材料であるDNNTが熱劣化してしまう問題があった。それを、比較的低い温度(55 $^{\circ}\text{C}$ )で長時間加熱することで、克服することができたが、有機電気化学トランジスタの性能を詳しく調べなかった。

## 留学の目的

留学先を**Ecole Nationale Supérieure Des Mines De Saint-Etienne**に決めた理由は、私が今やっている研究の回路に入るOECTをはじめバイオセンサとして使ったGeorge Malliarasグループがあるためでした。それに、George Malliaras先生はOECT以外にも有機エレクトロニクスを利用した生体計測の研究に長くしているため、生体実験に関するアドバイスなどをもらえることも期待しました。

留学を決める前にGeorge Malliaras先生と、背景で説明した回路を用いて生体計測をすることや、現在あるボトルネックなどを相談しました。その結果、生体計測だけではなく、OTFTの問題点であったYieldを上げる方法についてもアドバイスをもらい、訪問する時に試すことになりました。

また、OECTを研究している立場として、OECTの研究が主にされている研究室のメンバーがどのような研究をしているか見学することもこの留学で重要な目的でした。

## 現地生活

留学に当たって、一番重要でコストがかかるものは宿泊先でした。留学するところに連絡するときには、寮について聞くのが一番いいとおもいますが、MERITで求めている長期間(2ヶ月以上)の留学のような長い間に寮が空いている大学はあまりないかもしれません。自分の場合も寮の空きがなかったため、自分で家を探すしかありませんでした。

その時に一番いい方法はAirbnbという民間で貸し出しをしているサービスです。全世界にサービスをしているため、どこに行っても使えます。それに、ホストの会話以外は日本語になっているので、使いやすと思います。一番重要な値段もホテルなどに比べて安いと思います。

自分が留学で一番苦しんだのは食生活です。ヨーロッパのパンと肉の料理はおいしいですが、毎日食べるとやはり飽きると思います。一番いい方法は中国系列のスーパーを探すことです。日本食をメインに売っているところはほぼないですが、中国系列のスーパーは必ずどこかにあります。そのスーパーでは、中国系列の食料だけではなく、大体アジア全体のものを売っているため、必ず日本食もあると思います。

学校での生活は、日本のラボと違う点が多く、いろいろ学ぶ機会になりました。一番違うと思ったことは、教授と学生の間で水平的な会話ができることでした。そのため、学生が思ったことを教授にすぐ伝えることができるので、プロセスが早かったです。(例えば、実験室の問題点、論文の投稿など..)

最後に、これは英語圏以外の国に行く人にアドバイスしたいものですが、是非その国の簡単な言葉を学びましょう。

## 謝辞

全般の留学費用を出していただいた染谷隆夫教授に感謝します。また、留学の間に生活費を継続し、補助していただいたMERITに感謝します。

[1] J Viventi et al, Nature Neuroscience 14, 1599-1605 (2011).

[2] D Khodagholi et al, Nature Communications 4, 1575 (2013).

[3] M Kaltenbrunner et al, Nature 499, 459-463 (2013).