

卓越した大学院拠点形成支援補助金
「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
平成 25 年度 博士課程後期学生（国際）会議派遣 参加報告書

氏名／専攻・学年 Name / Department	バイオロボティクス専攻 D2 長沼 秀樹
学会名 Conference's name	International Solid-State Circuits Conference 2014
開催地 Venue (Name of the facility, city & country)	アメリカ合衆国 カリフォルニア州サンフランシスコ
日程 Conference period	2014 年 2 月 9 日から 2014 年 2 月 13 日
発表タイトル Presentation Title	Study of 3-D Stacked Retinal Prosthesis Chip for Fully Implantable Retinal Prosthesis
【発表概要 Brief summary of your presentation】 2014 年 2 月 9 日から 2 月 13 日までアメリカ合衆国カリフォルニア州サンフランシスコで開催された International Solid-State Circuits Conference 2014 (ISSCC2014)に参加し、我々の開発する完全埋め込み型人工網膜のための 3 次元積層人工網膜チップについて、Student Research Preview の Session II: Circuits and Systems for Biomedical Applications and Analog Techniques でショートプレゼンテーションおよびポスター発表を行った。 人工網膜は加齢黄斑変性や網膜色素変性症により失明した患者の視力を回復させる装置である。我々の提案する人工網膜は 3 次元積層構造により高解像・高機能を実現する人工網膜チップを眼球内に埋め込むことで患者に高い生活の質を提供することが可能である。完全埋め込み型デバイスは電力消費による局所的な発熱問題が懸念される。人工網膜チップの動作による熱は、眼球を取り巻く脈絡膜の血管を循環する血液によって拡散し、眼球外に放出される。しかし、人工網膜チップの消費電力が 19 mW/mm² 以上になると血液の放熱機能の許容値を超え、十分に放熱することができなくなり細胞が損傷する。したがって人工網膜チップの低消費電力化は必須である。本研究では、3 次元積層人工網膜チップの低消費電力化のための受光回路チップとエッジ強調機能を有する刺激電流生成回路チップを設計し、試作した。これらのチップを評価したところ、エッジ強調機能により画像の認識率を向上しながらも刺激箇所を削減することが可能なため、消費電力を最大 60%減少させることができ、局所的な発熱を抑制することに成功した。 この 3 次元積層構造は近年半導体分野で盛んに研究されている 3 次元集積化技術を用いており、他の研究機関にはない特色である。3 次元集積化技術はプロセッサ、メモリ、イメージセンサーでは活発に研究開発がされているが、人工網膜のような体内埋め込み型の医療用デバイスに用いられている例はない。そのため参加者から非常に興味を持っていただき、活発な議論を行うことが出来た。	

【他の講演等から得られた知見、感想等。What you learned from other presentations, general impression you had, etc.】

ISSCC2014 ではプロセッサ、メモリ、RF 回路、イメージセンサー、ヘルスケアシステム、体内埋め込み型医療デバイスなど様々な半導体集積回路に関する最先端の研究発表が行われていた。特に体内埋め込み型医療デバイスに関する発表では、我々の開発する人工網膜に有益な情報を得ることが出来た。人工網膜は網膜細胞を刺激電流パルスで刺激することで、失明患者の視覚を再生させるシステムである。しかし、長期的に電流刺激することで細胞が刺激に対して徐々に慣れてしまい、人工網膜を埋め込んだ当初と同等の視覚を得ることが出来なくなる懸念がある。そこで、電流刺激に対する細胞の活動を計測し、電気刺激によって起こる細胞の活動が鈍くなった場合に刺激電流生成回路に情報をフィードバックし、刺激電流パルスの振幅やパルス幅を調整するシステムが考えられる。このシステムを実現するためには、細胞の活動電位を高精度で取得する回路が必要になる。体内埋め込み型医療デバイスのセッションでは、脳細胞が活動する際に発生する電気信号を取得するための電子回路やシステムについて発表されており、これらは人工網膜の改良に非常に役立つと考えられる。

また、CMOS トランジスタで構成された小型・高精度の温度センサについても発表されていた。人工網膜チップは動作時に電力を消費し熱を発生させるため、眼球内に埋め込んだ際に発生する熱により網膜細胞を損傷させてしまう可能性がある。そこで、CMOS トランジスタで構成された小型・高精度の温度センサを実装し眼球内の温度をモニタリングし、人工網膜チップの動作を制御する方法が考えられる。眼球内が細胞を損傷する温度に近づくと、自動的に人工網膜チップの動作を低消費電力モードまたは停止することで、非常に安全性の高い人工網膜チップを実現することが可能である。

学会最終日に行われたショートコースでは、細胞を電気刺激または細胞の活動を記録するときに使用される刺激・記録電極や、実用されている体内埋め込み型医療デバイスを例にとり医療用デバイスに関する講演が行われた。特に電極に関する講演は、皮膚上に設置する電極としてゲル状電極、体内埋め込み電極として Pt、IrOx などが紹介されていた。これらの電極の電気的特性や等価回路モデルを用いた解析など細かく説明されており非常に多くのことを学ぶことが出来た。また、ゲル状電極は体と長期間接触することにより、皮膚がただれるなどの問題が生じる可能性があるため、安全性の観点から患者にとって適切な電極を選択することが重要であると述べられていた。さらに長期間体内に埋め込まれた刺激電極は、体内で分解されるなどして徐々にインピーダンスが変化し、適切な電気刺激が行えなくなることが報告されている。この問題を回避するためにインピーダンスの変化を回路で検出し、常に一定の電気刺激を行う補償回路の必要性についても述べられていた。このような補償回路を開発し、我々の開発する人工網膜チップへの実装も今後検討する必要がある。