

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14513 号
------	---------------

氏 名 CHEN Guowei

### 論 文 題 目

Study on CMOS LSI Systems for Solar-Cell-Powered Continuous  
Glucose Monitoring Contact Lenses  
(太陽光発電駆動型持続血糖モニタコンタクトレンズのための  
CMOS LSIシステムに関する研究)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	教授	加藤 剛志
委員	京都大学	情報学研究科	教授	新津 葵一
委員	名古屋大学	低温プラズマ科学研究 センター	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	内山 剛
委員	京都大学	情報学研究科	教授	橋本 昌宜

## 論文審査の結果の要旨

CHEN Guowei君提出の論文「Study on CMOS LSI Systems for Solar-Cell-Powered Continuous Glucose Monitoring Contact Lenses (太陽光発電駆動型持続血糖モニタコンタクトレンズのためのCMOS LSIシステムに関する研究)」は、非侵襲な持続血糖モニタリングのための次世代スマートコンタクトレンズの開発に関する研究であり、涙液に含まれるグルコースをバイオ燃料電池により計測し、太陽電池発電駆動の低電力CMOS LSIシステムにより血糖値を持続的にモニタリングできるコンタクトレンズの実現可能性を示している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、糖尿病患者に対する血糖値モニタリングの必要性と非侵襲持続的血糖モニタリングの有効性が述べられるとともに、現在の血糖値モニタリングデバイスの開発状況をまとめている。また、本論文で主に扱う持続型涙液グルコースモニタ (Continuous Glucose Monitoring: CGM) コンタクトレンズの開発状況やその課題についてまとめている。

第2章では、65 nm CMOSプロセスで太陽電池発電、供給電圧モニタ、ワイヤレストランスミッタ、およびオンチップアンテナを搭載したCGMコンタクトレンズ用オンチップLSIを試作し、その特性をまとめている。涙液のグルコースから発電するバイオ燃料電池と太陽光電池の電力供給を組み合わせた2つの電源入力からなるLSIを試作し、無線通信を含めて1.58 nWという低消費電力で駆動できること、バイオ燃料電池のみを利用したシステムと比べ89%の面積削減ができることなどを示した。

第3章では、65 nm CMOSプロセスで長距離無線通信用のオフチップアンテナを備えたCGMコンタクトレンズ用の太陽電池、バイオ燃料電池入力のCGMシステムを提案している。太陽電池発電、10 nFの蓄電コンデンサ、3 mm×4 mmのアンテナを組み合わせることで、携帯端末との通信を十分確保できる40 cmの長距離通信が可能となることを示した。さらに、周波数シフトキーイングとパルス間隔変調を組み合わせることで太陽電池とバイオ燃料電池両方の電圧情報を送信する新しい変調方式を提案し、不安定な太陽光電力供給下においても低エラーでグルコース量を送信できることを示した。

第4章では、65 nm CMOSプロセスで血糖値警告用LEDを備えた太陽電池発電駆動、バイオ燃料電池入力のCGMコンタクトレンズのプロトタイプを作成している。RF無線通信機能を無くすことで、携帯デバイスを不要とする完全に独立したCGMシステムを構築している。LED駆動のための昇圧回路の低消費電力化を行うことで、典型的な屋内周囲光環境である800 lxの環境発電により、0~25 mg/dLのグルコースレベルをLED点灯間隔で表示できることを示した。

第5章では、本研究の結論を与えるとともに、関連する研究と次世代のCGMコンタクトレンズの将来展望についてまとめられている。より高いエネルギー密度、より安定なエネルギー供給が可能なエネルギーハーベスティングデバイスの開発、涙液中の微量のグルコースを精度良く計測するバイオ燃料電池の高出力化、グルコース量を記憶しておくための低電力メモリ回路の開発など、次世代CGMコンタクトレンズにおいて重要な技術についてまとめられている。

以上のように本論文では太陽電池発電駆動型CGMコンタクトレンズのためのLSIシステムが提案、作製され、その実現可能性が示されている。従来のバイオ燃料電池のみの駆動に比べ、太陽電池駆動を組み合わせることで、CGMコンタクトレンズの展開範囲を大きく広げ、CGMコンタクトレンズの実用化を一步推し進める重要な結果を得ている。本論文で得られた結果は、今後のIoT社会を支えるスマート医療デバイスに大きく貢献するものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるCHEN Guowei君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。