

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	宇都宮 文靖 (うつのみや ふみやす)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 971 号
○授与年月日	2014 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	マイクロ環境発電における極低電力パワーマネージメント回路 構成法の研究
○審査委員	(主査) 道関 隆国 (立命館大学理工学部教授) 山内 寛紀 (立命館大学理工学部教授) 藤田 智弘 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

本論文は、マイクロ環境発電を用いたワイヤレスセンサ端末の極低電力パワーマネージメント回路構成を明らかにしたものである。具体的には、体温と外気の温度差で発電する熱電発電素子に適した消費電力サブ $\mu\text{W}$  級の電源変換回路構成と、可視光 LED 及び赤外 LED の発電素子に適した消費電力 nW および pW 級のフォトセンサスイッチ回路構成を述べた。

まず、熱電発電素子の電源変換回路では、乾電池と比べて、発電電力が数 $\mu\text{W}$  と小さく、内部抵抗が高く、かつ、環境により発電電圧や電力が変動する熱電発電素子に対して、発電電力を効率良く二次電池に充電できる可変段数スイッチトキャパシタ昇圧回路の構成を提案した。また、この昇圧回路で発電電力を最大限に取り出す最大電力点追従制御(MPPT)技術により発電電力を 89%取り出せることを確認した。次に、デプレッション型とエンハンスメント型の MOSFET を用いた nW 動作の ED-CMOS レベル変換回路、および、可視光 LED 発電素子と組合せたフォトセンサスイッチ回路構成を述べた。また、電源の立上りエッジを、しきい値電圧以下のサブスレッショルド領域で検出できる pW 動作の電源立上りエッジ検出回路、および、赤外 LED 発電素子を組合せたフォトセンサスイッチ回路構成を述べた。

最後に、これらの極低電力回路を、熱発電腕時計や、ワイヤレスマウス、赤外線制御デジタルフォトフレームに組み込み、熱発電腕時計では 1 時間の装着で 12 時間動作可能となること、ワイヤレスマウス等では、待機電力を nW 以下にでき外部のメカニカル ON/OFF

スイッチを端末から無くせることを実証した。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、マイクロ環境発電用の極低電力回路として、消費電力がサブ $\mu\text{W}$ 級の電源変換回路構成、および、消費電力が $\text{nW}$ 、 $\text{pW}$ 級のフォトセンサスイッチ回路を構築できたことに特徴がある。マイクロ環境発電での発電量は $\mu\text{W}$ 以下と非常に小さく、その発電量でセンサ等を動作させるには、発電量の1桁あるいは2桁小さい極低電力回路が必要になる。従来はそのような極低電力回路が無かったため、新しいアプリケーションが生まれなかった。本論文は、マイクロ環境発電源として、熱電発電素子や光発電素子を対象に、各発電源に応じた極低電力回路構成を提案するとともに、その有用性を熱発電時計、および、零待機電力のワイヤレスマウスや赤外線リモコン受信機に適用する等、発電デバイスから、回路、システム応用までを取扱っており、独創性、実用性が高いと判断した。

本論文は、以下の点で評価できる。

- (1) 可変段数スイッチトキャパシタ昇圧回路、および、その昇圧回路の最大電力点追従制御(MPPT)技術を提案し、消費電力サブ $\mu\text{W}$ での有用性を明らかにした。
- (2) デプレッション型とエンハンスメント型のMOSFETを用いたED-CMOSレベル変換回路、および、可視光LED発電素子と組合せたフォトセンサスイッチ回路構成を提案し、消費電力 $\text{nW}$ で動作できることを実証した。
- (3) 電源の立上リエッジをサブスレッショルド領域で検出できる電源立上リエッジ検出回路、および、赤外LED発電素子と組合せたフォトセンサスイッチ回路構成を提案し、消費電力 $\text{pW}$ での動作を実証した。
- (4) 上記、極低電力回路を、熱発電腕時計、ワイヤレスマウス、赤外線制御デジタルフォトフレームに組み込みその有用性をシステムで明らかにした。

本論文の審査に関して、2014年5月7日(水)18時15分~19時30分ローム記念館4階控室1において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者宇都宮文靖に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、熱発電時計の動作、MPPT技術、試作CMOSプロセスなどの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質

疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有している  
と確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博  
士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。