

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 鬼塚 浩平

本論文は「Circuit Technologies for On-Chip Power Supply Systems」(和訳：オンチップ電源システムに向けた電源回路技術)と題し、将来の集積回路向け電源供給回路に要求される性質を考察するとともに、オンチップ分散電源システムの実現を目指し、高効率かつ豊富な機能性を備えたオンチップ電源回路の実現手法を提示するもので、全7章で構成されている。

第1章は「Introduction」(序論)であり、今後のより高い集積度を持つ集積システムに向けた電源回路の要求事項や課題について述べるとともに、本研究の背景を述べ、目的を明確化している。

第2章は「Conventional on-chip step-down DC-DC converter」(従来の降圧型 DC-DC コンバータ)と題し、従来のリニアレギュレータ、バックコンバータ、スイッチトキャパシタコンバータの動作原理、オンチップ化時の課題等について考察し、近年の顕著な関連研究について概説している。

第3章は「High efficiency on-chip buck converter」(高効率なオンチップ・バックコンバータ)と題し、オンチップ・バックコンバータの主要な電力損失要素と各設計パラメータによる影響を明らかにし、能動素子と出力フィルタ用受動素子を異なるチップ及びインターポーザに実装し、積層構造によって高効率・低コストのオンチップ・バックコンバータが実現できる可能性を示した。

第4章は「V<sub>DD</sub>-hopping accelerator」(V<sub>DD</sub> ホッピング・アクセラレータ)と題し、電源回路の出力ノードを高電圧及び低電圧ノードに短時間短絡することで高速に電圧変更を行う手法を提案。0.35 $\mu$ m CMOS リニアレギュレータに本手法を適応した場合に 5ns での電圧変更を実証。またバックコンバータに本手法を適応した際の共振の問題を明らかにし、適切に電圧変更を行うための制御回路を提案、本手法の適用範囲をより広いものとした。

第5章は「Hybrid operation of linear regulator and buck converter」(リニアレギュレータとバックコンバータの複合動作)と題し、リニアレギュレータとバックコンバータの並列動作、及び各単体動作の間の安定なモード切換えの手法を提案、これにより一定の負荷電流を供給しながらも高速に電圧を立ち上げ、かつ高い定常状態電力効率を実現、更にパワーゲーティング機能も合わせ持つ電源回路の動作を 0.18 $\mu$ m CMOS プロセスにおいて実証した。

第6章は「Chip-to-chip wireless power transmission」(チップ間ワイヤレス電源伝送)と題し、磁界結合により電力をチップ間ワイヤレス伝送する手法を提案、試作を通じて有用性を実証すると共に、より高い伝送電力・電力効率を実現するための設計手法を導いた。

第7章は「Conclusions」(結論)であり、本研究の成果を要約し結論を述べている。

以上のように本論文は、将来のオンチップ電源回路として、チップやインターポーザの積層構造を利用した高効率バックコンバータ、電源電圧遷移を高速化したリニアレギュレータ、高効率かつ電源電圧遷移が高速な異種複合電源回路、およびチップ間無線電源伝送回路を提案し、その有効性を集積回路の設計、試作、測定を通じて実証したものであって、電子工学上寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。