

## 学位論文の審査結果の要旨

本論文においては、大電流を扱うパワーデバイスを駆動するゲートドライバICのなかでも、民生用、産業用、自動車積載用に適用される600V~1200Vの耐圧のICを中心に、その高性能化を目指した研究成果がまとめられている。

論文の序論において、パワーデバイスの置かれている現状や必要とされる高性能化について適切にまとめた後、学術誌に論文発表（公表）している以下の研究成果について詳細に述べている。

(1) コスト的に有利な「自己分離方式」の600Vクラス高耐圧ICの高性能化（高機能化、遅延短縮、高ノイズ耐性化、論文第2章に記載）については、まず“高性能化”へ向けて、高耐圧ICに600V耐圧デバイスである起動素子を内蔵し、電源ボードの部品点数の大幅削減や小型化に対する有効性を示した。つぎに、“高速化”のため、高耐圧ICの入出力伝達遅延時間の短縮について取り組んだ。各回路部における伝達遅延時間のレベルシフトデバイスの低寄生容量化が効果的であることを示し、シミュレーションと実験による最適化により、12%の入出力伝達遅延時間の短縮と、1MHzの高周波化対応の技術を確立した。さらに、“高ノイズ耐性化”のために、実際の動作時（IGBTのスイッチング時）に発生する負電圧サージの問題に対して、3次元過渡シミュレーションを用いて形状の最適化を図り、ノイズ耐量が3倍以上に向上することを実証し、中容量分野などさらに高い対応容量のアプリケーション可能にした。

(2) 「自己分離方式」の1200Vクラス高耐圧ICの高性能化（基板リーク電流の排除、175℃高温補償化、論文第3章に記載）においては、まず、“基板リーク電流の排除”については、素子中の電界の詳細な解析により基板リークの起こる条件を精査し、1200V耐圧のレベルダウン素子を実現した。つぎに、“高温補償化”に対して、シミュレーションにより、接合面から伸びる空乏層の体積を減らし、熱励起キャリアの発生を抑え、1200V耐圧、175℃保証を可能とした。

(3) 「誘電体分離方式」をベースとした600Vクラス高耐圧ICの“高耐圧化”（論文第4章に記載）においては、レベルシフトデバイスに接する高電位配線による電界集中を避けるトレンチ構造を提案し、実証した。

(4) 「デジタルアイソレータ」での鍵である、マイクロトランスの高耐圧化・高信頼化（論文第5章に記載）では、トランスの耐圧を保つ層間絶縁膜について、高絶縁破壊電界強度のPSG膜とP-TEOS膜の積層膜を用いてウエハの反りを避ける技術を提案し、10kVを超える耐圧を実証した。

いずれの研究結果も、実際のデバイスを作製し、動作を実証するとともに、必要なシミュレーションを組み合わせて行うことにより、産業上有用（製品化できる）技術を開発し、優れた理論的解析とデバイス設計へ向けた適切な指針を提供している。また、得られたパワーICは広範な分野で、パワーエレクトロニクスシステムの電源効率向上、低待機電力化等で社会に貢献できるものである。

さらに、この研究成果は本人が第1著者である英文で記載された審査付論文誌へ3編の論文として発表している内容をまとめたものであり、所属講座の短期修了の要件を満たす。

### 公表主要論文名

- ・ M. Yamaji, K. Abe, A. Jonishi, H. Takahashi, H. Sumida: “New Level-Shift LDMOS Structure for a 600V-HVIC on Thick SOI,” *Journal of Energy and Power Engineering* 6, 1515-1520, 2012.
- ・ M. Yamaji, A. Jonishi, H. Sumida, Y. Hashimoto: “Proposal of a new lateral high-voltage n-channel MOS structure with a reduced parasitic output capacitance for a level-shift circuit integrated in 800V-class high-voltage ICs,” *Japanese Journal of Applied Physics* 54, 04DP10 (5 pages), 2015.
- ・ M. Yamaji, A. Jonishi, T. Tanaka, H. Sumida, Y. Hashimoto: “A 600 V High-Voltage IC Technique With a New Self-Shielding Structure for High Noise Tolerance and Die Shrink,” *IEEE Transactions on Electron Devices* 62, 1524-1529, 2015.
- ・ M. Yamaji, J. Chen, M. Yamadaya, K. Sonobe, A. Jonishi, N. Hiasa, H. Sumida: “A New 600V-Class Power Management IC Realizing a System Downsizing for Current Resonant Type Converters,” *The Power Conversion, Intelligent Motion Asia (China)*, 207-212, 2012.