

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：「超高耐圧 α 型酸化ガリウムパワー半導体とパルス電源の基礎研究」
- (2) 研究代表者：株式会社F L O S F I A 四戸 孝
- (3) 研究期間：平成30年度～令和4年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

日時：令和2年11月2日

場所：防衛装備庁 艦艇装備研究所

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽（委員長）

元海洋音響学会 会長

遠藤 信行

情報通信研究機構 理事

門脇 直人

東京理科大学 工学部 電気工学科 教授

村口 正弘

元東海大学 教授

森本 雅之

千葉工業大学 工学部 電気電子工学科 教授

山本 秀和

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究の進捗状況

研究の概要

本研究では、高電圧・大電流のパルス電源の実現を目的として、 α -Ga₂O₃材料を用いたスイッチング素子の技術開発、及びそれを用いたパルス電源のシステム化技術に取り組む。具体的には、 α -Ga₂O₃材料の基礎検討及びウェハ開発を行い、高耐圧 MOSFET（金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ）を製作するとともに、超高耐圧化を図った小面積 PiN ダイオード及び IGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）の試作・評価を行い、超高耐圧・大電流 IGBT 実現の可能性を示す。また、パルス電源に適したエネルギー貯蔵方式を選定した上で、製作した高耐圧 MOSFET による 1kV5kA 級のパルス電源ミニモデルを仮作する。さらに、10kV-1MA 級パルス電源へのスケールアップの可能性をシミュレーションで検証する。

進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

(1) スイッチング素子の技術開発

最終目標である 20kV1kA 級 IGBT 実現のための要素技術開発を「基礎検討」、「ウェハ開発」、「素子開発」、「パッケージ開発」、「耐圧 20kV1kA 級 IGBT 実現可能性の検証」「 α -(AlGa)₂O₃の予備研究」の 6 つの項目別を進め、いずれも中間時の目標を達成、もしくは令和 2 年度内に達成する見込みである。

(2) パルス電源のシステム化

まず、高電圧大電流パルス電源の実現に向けた高エネルギーの蓄積方法を調査し、電気二重層キャパシタを選定した。次に、降圧チョッパ回路によりスイッチング特性を確認し、この結果を用いて α -Ga₂O₃ SBD (ショットキーバリアダイオード) を組み込んだミニモデルを仮作し、目標のパルス波形が出力可能であることを確認した。今後、1kV 5kA パルス電源ミニモデルの設計方針を決定し、設計、製作を進める。

4. 中間評価の評点

B 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

中間段階としては概ね順調に進んでいる。バンドギャップの大きい新規材料によるデバイス作製にチャレンジし、着実に進めていることは評価できる。一方で、実用化を踏まえれば、大電流化に伴う発熱への一層の配慮が必要であり、その解決策の見通しをできるだけ早期に得ることが望まれる。また、最終目標であるパルス電源のシステム化に向けて、パルス電源の作製とその評価についても効果的に実施されることを期待する。

6. 主な個別コメント

- デバイス作製については順調に進捗している。
- 中間目標に対しては概ね達成しているが、大電流化に伴う排熱設計は大きな課題である。ミニモデルの仮作と評価を進め、早急に見通しを得る必要がある。
- 熱伝導率の問題で大電流をチャンネルに流すことは困難であり、その解決策が見いだせていない。パルス放電的な用途に限られるため、適用範囲は限られる。
- デバイスの基本特性に係る技術開発については順調だが、「ターゲット目標値」を常に念頭に置くべきである。
- チップレベルでは目標の達成が見込めるが、パワーデバイス、パルス電源の最終目標達成の見通しが明らかでない。今後実施すべきことを再度整理して取り組んでいただきたい。