

シリコンパワーデバイスの技術動向

齋藤 渉

Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

<https://hdl.handle.net/2324/7333674>

出版情報：第85回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 2024-09-04. The Japan Society of Applied Physics

バージョン：

権利関係：

シリコンパワーデバイスの技術動向

Technology Trends on Silicon Power Devices

九大応力研 °齋藤 渉

Kyushu Univ., °Wataru Saito

E-mail: wataru3.saito@riam.kyushu-u.ac.jp

カーボンニュートラルに向けて、電力の有効利用は重要項目の一つであり、そこに使用されるパワーデバイスの重要性も高まり続けている。このようなことから、パワーデバイスの市場は堅調に伸びており、今後の継続した成長が予測されている。SiC や GaN などのワイドバンドギャップ半導体パワーデバイスが実用化され、その市場は急激に成長しつつも、市場を占める割合において、シリコンパワーデバイスから主役を奪う状況には至っておらず、2030 年においても 80% 以上がシリコンパワーデバイスとなることが予測されている。

パワーエレクトロニクスの発展として、システムの高パワー密度化が挙げられる。パワーデバイスの損失低減により、冷却部材が小さくなると共に、パワーデバイス的高速動作により、受動部品が小さくなることで、システム全体が小型化され、パワー密度が増加してきた。つまり、パワーデバイスの継続的な性能向上により、パワーエレクトロニクス応用の発展に貢献してきた。そして、シリコンパワーデバイスの性能向上に大きく貢献してきたのがプロセス技術の発展である。ロジック・メモリデバイスで開発された微細加工技術を転用することで、トレンチゲートやその微細化が進められてきた。加えて、パワーデバイス特有のプロセス技術として、ウェハ薄化や裏面ドーピング、エピタキシャル成長技術なども開発されてきた。

高まり続ける市場要求に対応するために、ウェハ口径を 200mm ϕ から 300mm ϕ へ上げることで、生産能力が増強されている。ロジック・メモリデバイスに比べると、パワーデバイスで要求される加工寸法は大きいため、シリコンパワーデバイスの製造ラインにおいて、ウェハ大口径化による最小加工寸法の更なる微細化は、それほどメリットではない。しかし、300mm ϕ 製造ラインにて培われてきた自動化や高スループット、品質管理は大面積チップであるパワーデバイスの量産において、大きな武器となる。シリコンパワーデバイスの性能は理論限界に近づきつつあるため、飛躍的な性能向上を望むことは難しいが、生産技術の観点から、高品質なチップを低コストで大量に提供できることがワイドバンドギャップ半導体デバイスとの差異化ポイントとなる。

最近の技術動向として、300mm ϕ 製造に向けたパワーデバイス用シリコンウェハが開発されている。加えて、プロセス技術の発展に基づいた微細化による性能向上といった従来の手法に加えて、トレンチゲートのスケーリング設計²⁾やゲート駆動技術との組み合わせ³⁾といった損失低減に有効な新たなデバイス技術の開発も進められている。

1) W. Saito, IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 71, p. 1356-1364 (2024)

2) M. Tanaka, Ichiro Omura, Solid-State Electronics, vol. 80, p. 118-123 (2013)

3) Y. Kobayashi et al., Proc. of ISPSD 2023, p. 207-2010 (2023).