

シリコン IGBT の技術動向とスケーリング IGBT

Technology Trends of Silicon IGBT and Scaling IGBT

東大生研¹, 九工大² °平本 俊郎¹, 大村 一郎²

IIS, The Univ. of Tokyo¹, Kyushu Inst. of Technology², °Toshiro Hiramoto¹ and Ichiro Omura²

E-mail: hiramoto@nano.iis.u-tokyo.ac.jp

Si-IGBT [1-2]は長年にわたり高耐圧パワーデバイスとして重要な役割を担ってきたが、従来技術では性能向上に限界が見え始めているとされてきた。代わって SiC や GaN などのパワーデバイスの研究開発が活況を呈している。一方、2019 年度の世界のパワーデバイス市場をみると、金額ベースでシリコンデバイス (Si MOSFET 等を含む) が約 97%を占めている。特に Si-IGBT は我が国が産業競争力を保持している分野である。諸外国を見渡すと、欧州は 300mm ラインの導入により Si パワーデバイスの低コスト化へ舵を切っており、また新興勢力の中国も複数の 300mm ラインを建設中である。これらに対応するためには、従来の延長線上にない性能向上策と模倣・大口径化による価格攻勢に対抗する新たな産業技術の構築が急がれる。

そこで我々が取り組んだのは、「スケーリング IGBT」を基本とした垂直統合 IGBT 技術の研究開発である[3]。我が国発の IGBT のスケーリング則[4-5]をもとにした構造の微細化・shallow 化と、Si ウェーハにおけるキャリアの長寿命化により IGBT の高性能化ならびに高電流密度化を図るとともに、ゲートドライブ電圧を従来の 15V から 5V に低減することでゲートドライブ回路のデジタル化を実現する。特に 5V 化の効果は大きく、ゲートドライブ IC の製造に通常の CMOS プロセスを適用できる上に、各種 IoT や AI 技術などのデジタル回路の膨大な資産を適用することで、パワーエレクトロニクスの大きなパラダイム変換をもたらす可能性がある[6]。スケーリング IGBT のデバイス特性向上は、1200V 系および 3300V 系のデバイス試作により実証した[7-8]。また、さらなる性能向上に向けて両面ゲート IGBT の研究も行っている[9]。このようにウェーハ開発からデバイス、回路、システムまで一貫して研究開発を行うことで、新興勢力の模倣を防止して大口径化による低価格攻勢にも対抗し、我が国の競争力をさらに強固なものにすることが期待される。謝辞：本研究は、三菱電機株式会社、東芝デバイス&ストレージ株式会社、東京工業大学、明治大学、九州大学、九州工業大学と共同で（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」の「新世代 Si パワーデバイス技術開発」（JPNP10022）の一環で行われた。また本研究は、プロジェクト企画起案元である（一社）NPERC-J の産学メンバーの極めて緊密な連携のもとで実施された。

References: [1] N. Iwamuro, and T. Laska, IEEE T-ED, vol.64, p.741, 2017. [2] N. Iwamuro, and T. Laska, IEEE T-ED, vol.65, p.2675, 2018. [3] 平本俊郎, 大村一郎, 応用物理, vol.86, p.956, 2017. [4] M. Tanaka and I. Omura, Solid-State Electronics, vol.80, p.118, 2013. [5] I. Omura et al. USP-10,411,111 (優先出願年 2012). [6] K. Miyazaki et al., IEEE Trans. Industry Applications, vol.53, p.2350, 2017. [7] T. Saraya et al., IEDM, p.189, 2018. [8] T. Saraya et al., ISPSD, p.43, 2019. [9] T. Saraya et al., IEDM, p.87, 2020.