耐圧 650V パワーデバイスのボディダイオードのリカバリ特性比較

Comparison of body diode recovery characteristics of 650V power devices

大同大学[1]，名古屋大学 未来材料・システム研究所[2]　○服部 佳晋[1]，加地　徹[2]

Daido Univ.[1], Nagoya Univ. IMaSS[2]

E-mail: y-hatto@daido-it.ac.jp

【はじめに】 耐圧 650V のパワーデバイスは、家電、太陽光発電システム、サーバ電源などの電力変換回路のスイッチング素子として広く使われている。この耐圧系は、パワーデバイスのボリュームゾーンであり、①Si-RC-IGBT(以下 RC-IGBT)、②Si-Super Junction MOSFET(以下 SJ)、③SiC-MOSFET(以下 SiC)、④カスコード GaN-FET(低耐圧 Si パワーMOSFET+横型 GaN HEMT 構造(以下 GaN)を入手できる。これらのデバイスの動特性を同一条件において横並びで評価し、比較した報告例はない。そこで今回、1 チップ構成で、同一定格(耐圧 650V、ドレイン電流 40A)、同一パッケージ(TO-247)の①～④の市販デバイスを対象とし、ボディダイオードのリカバリ特性を比較した。

【試験方法】 リカバリ特性の試験には、Keysight の PD1500A を用いた。試験回路を Fig.1 に示す。下側の測定トランジスタ(Tr)は常にオフとする。最初に上側の Tr をオンすると①の向きに電流が流れる。次に Tr をオフするとボディダイオードを通って、②の向きに電流が還流する。次に再びオンさせると、ボディダイオードのリカバリ電流 I と①の電流が流れる。このときのリカバリ電流 I を測定した。今回、V_{DD}=300V、I_F=20A、R_G=10Ωの条件において、リカバリ特性の温度依存性(室温(28℃)、50℃、100℃,150℃)を測定した。Fig.2 にリカバリ特性の主パラメータである逆回復時間 trr とピーク逆回復電流 Irrm の定義を示す。

【結果】 各デバイスの 28℃と 150℃のリカバリ波形を Fig.3 に示す。trr、Irrm とも SJ が最も大きく、次いで RC-IGBT、GaN、SiC の順であった。SJ はハードリカバリであり、大きなリンギングが見られた。また、RC-IGBT は2つのピークが見られた。GaN の特性は、カスコード接続された Si-MOSFET の特性が見えているが、サイズが小さいため、蓄積されるキャリアが少なく、リカバリ電流も小さかった。また、SiC は Si に比べ少数キャリアのライフタイムが短く、少数キャリアの蓄積効果がほとんどないため、リカバリ電流は極めて小さかった。trr と Irrm の 28℃に対する 150℃の比を Fig.4 に示す。いずれのデバイスも温度上昇に伴い増加するが、その変化量は SJ が最も大きく、RC-IGBT、GaN、SiC の順で、SiC と GaN の温度依存性は、かなり小さかった。温度上昇によるこれらの増加は、少数キャリアのライフタイムが温度と共に長くなることが要因である。SiC はライフタイムの温度依存性も小さいため、リカバリの温度依存性も最も優れていた。

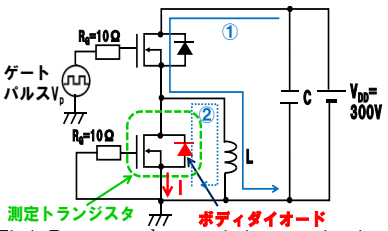


Fig1. Recovery characteristics test circuit

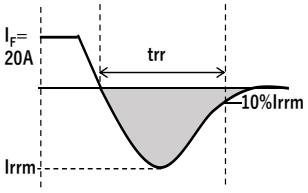


Fig2. Recovery current characteristic

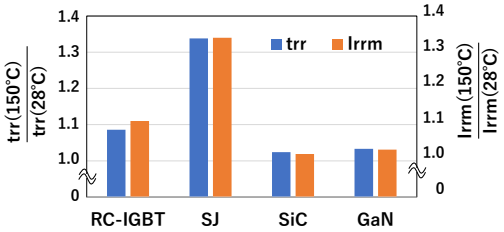
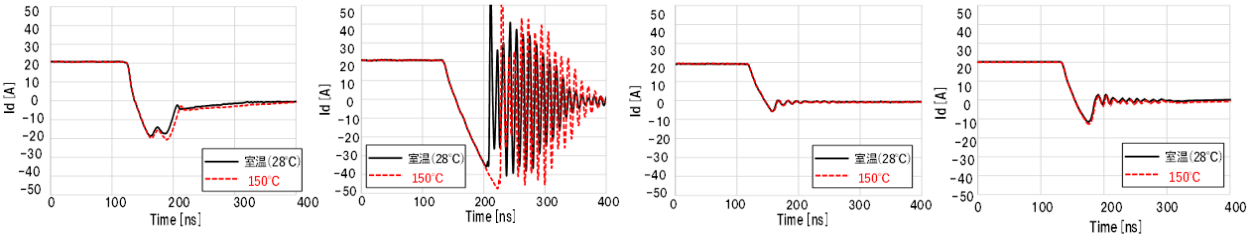


Fig4. Comparison of temperature dependence of trr and Irrm



RC-IGBT　SJ-MOSFET　SiC-MOSFET　GaN-FET

Fig3. Comparison of recovery current waveforms

© 2023年 応用物理学会