

縦型 GaN-MOSFET を用いた昇圧コンバータ

恩田敬治^{*1}, 林 伸亮^{*1}

Boost Converter Using Vertical GaN-MOSFET

Keiji Onda^{*1}, Nobuaki Hayashi^{*1}

1. はじめに

近年、SiC や GaN などのワイドバンドギャップ半導体の実用化が進められている。縦型構造の GaN パワーデバイスとは従来の Si パワーデバイスと比較し、高周波スイッチング回路において低損失化や電磁ノイズ低減などの効果が期待できる。

豊田合成で開発中の縦型 GaN パワーデバイスを使用した高周波スイッチング方式の昇圧コンバータを試作し、その省エネ性や電磁ノイズの低減効果について評価した。

2. 回路と計測方法

回路構成を図-1に、外観を図-2に、回路仕様を表-1にそれぞれ示す。本回路は、出力電圧フィードバック型PWM制御の昇圧コンバータである。

スイッチング用トランジスタ Q は、縦型 GaN-MOSFET¹⁾ 又は同クラスの SiC-MOSFET を同一回路に載せ替えて使用した。MOSFET の駆動は、ゲート抵抗 Rg を 3 Ω、駆動電圧を +15V / -5V とし、スイッチング周波数を 500kHz ~ 1MHz の範囲で変化させた。

高周波化による損失増加を抑えるため、高周波特性に優れた低損失の回路部品を採用した。

本測定では MOSFET のスイッチング性能差を分かり易くするために、電流臨界モードでスイッチングさせた。MOSFET のドレイン電流計測にはカレントプローブ (Tektronix 社製 TCP0030A) を、回路の電力計測にはパワーメーター (横河電機社製 WT1800) を使用した。

放射ノイズレベルは、CISPR25 (車載機器の放射妨害波測定法) に準拠して計測した。図-3は、電波暗室内において昇圧コンバータを 500kHz のスイッチング周波数で動作させた時の放射ノイズレベルの測定風景である。

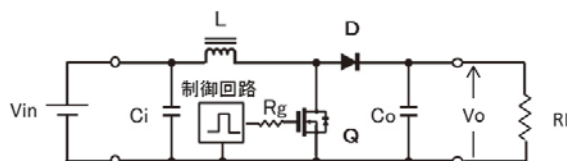


図-1 回路構成



図-2 回路外観

表-1 回路仕様

項目	定格・仕様	
入力電圧	Vin	DC24 ~ 100V
出力電圧	Vo	DC150 ~ 500V
昇圧コイル	L	29 μH
ゲート抵抗	Rg	3 Ω
トランジスタ	Q	SiC/GaN 10A クラス
ダイオード	D	SiC/GaN 10A クラス
スイッチング周波数		500kHz ~ 1MHz

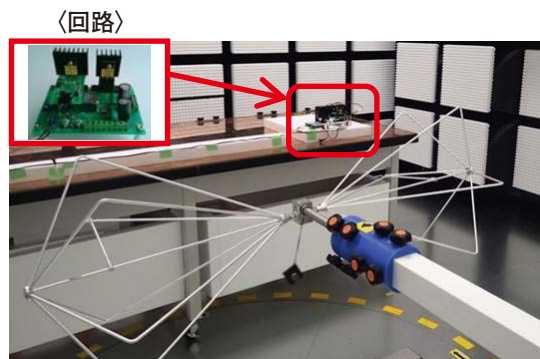


図-3 放射ノイズレベル測定

*1 電子技術部 性能評価室

3. 計測結果

図-4にSiC-MOSFET, 図-5に縦型 GaN-MOSFET のターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} ・ドレイン電流 I_D 波形を示す. ターンオフ時のドレイン電流 I_D の di/dt は, SiC が $-80A/\mu s$ に対して GaN は $-160A/\mu s$ と2倍早く電流を遮断している. 結果, ターンオフ時のスイッチング損失は SiC が $3.75 \mu J$ に対して GaN は $1.75 \mu J$ と約 $1/2$ に低減している. また, ターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の振動周期, 振幅も SiC と比べて $1/2$ 以下となっており, 縦型 GaN-MOSFET のスイッチング性能がよいことを示す結果になっている. これは, 縦型 GaN-MOSFET のドレイン-ソース間接合容量が小さいためと推定される.

図-6に縦型 GaN-MOSFET 又は SiC-MOSFET を使用した場合の昇圧コンバータの電力損失比を示す. 縦型 GaN-MOSFET を搭載した回路は SiC-MOSFET を搭載した場合と比べて, スwitching 周波数 $500kHz \sim 1MHz$ の範囲において, 電力損失が約 30% 低減している.

図-7に周波数 $10MHz \sim 100MHz$ の放射ノイズの計測結果を示す. 縦型 GaN-MOSFET を搭載した回路は, 周波数 $20 \sim 50MHz$ の帯域で放射ノイズのピーク値が約 $20dB \mu V/m$ 低減している. これは図-5のターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の振幅が小さいためである.

放射ノイズにおいても縦型 GaN-MOSFET が良好であることがわかる.

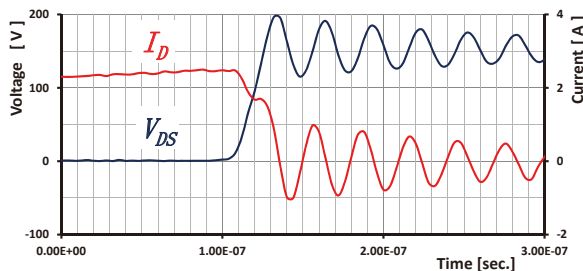


図-4 SiC-MOSFET ターンオフ波形

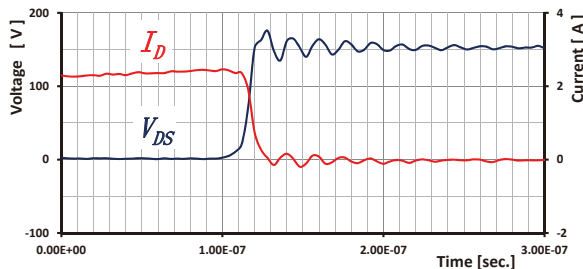


図-5 GaN-MOSFET ターンオフ波形

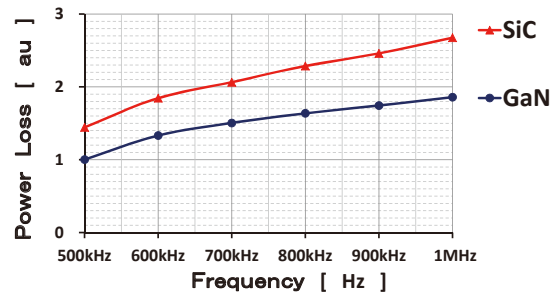


図-6 回路の電力損失

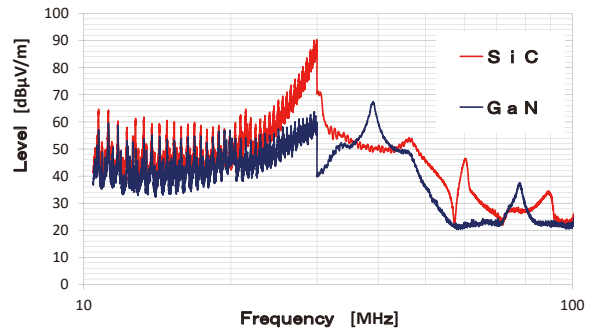


図-7 放射ノイズレベル

4. まとめ

縦型 GaN-MOSFET を用いた昇圧コンバータの性能評価を行なった. その結果, 省エネ性能と放射ノイズレベルが SiC-MOSFET と比べて良好であることを確認した.

謝辞

パワーデバイスをご提供いただいた研究開発部の皆様に感謝いたします.

参考文献

- 1) 西井潤弥, 上野幸久, 伊奈 務, 田中成明, 黒崎潤一郎, 鈴木智行, 長谷川一也, 安西孝太, 西尾 剛, 村上信吾, 村上倫章, 岡 徹: 縦型 GaN パワーデバイスの進展, 豊田合成技報, Vol.60, p.15-21 (2018)

著 者



恩田敬治



林 伸亮