

SiC パワーMOSFET の MHz スイッチング動作に向けた共振型ゲートドライバ

長尾 詢一郎*, 古田 潤, 小林 和淑 (京都工芸繊維大学)

Resonant Gate Driver for MHz-Switching of SiC Power MOSFET
Junichiro Nagao*, Jun Furuta, Kazutoshi Kobayashi (Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

近年、SiC パワー半導体を用いた電力変換回路の多用途化が進んでいる。車載やドローンなどの用途では、電力変換回路の小型化が要求される。スイッチング周波数を高くすることで電力変換回路を小型化することが可能である。

本稿では MHz スイッチング動作に向けた共振型ゲートドライバのスイッチング特性の評価を行う。

2. 共振型ゲートドライバ

図 1 に提案する共振型ゲートドライバの回路図と入力波形を示す。図 2 に提案型ゲートドライバのターンオン時の動作原理を示す。図 2 のように、スイッチング前にインダクタ L_1 に電流が流れ、 L_1 にエネルギーが蓄積される。スイッチング時に磁気エネルギーとして蓄えられた電流をパワー素子のゲート入力容量 C_{iss} へ放電し、ピーク値の大きい電流で駆動することで高速スイッチングが可能である。ゲートソース間電圧 V_{GS} が電源電圧 V_{DD} を上回るとローサイドのダイオード D_2 がオンとなり、 C_{iss} の過充電を防止するため放電を行う。ターンオフ時の場合もターンオン時の動作と同様である。スイッチング前に L_2 にエネルギーを蓄積し、 D_2 を経由して C_{iss} の放電を行う。過放電防止のために D_1 を経由して充電され、パワー素子はオフ状態となる。

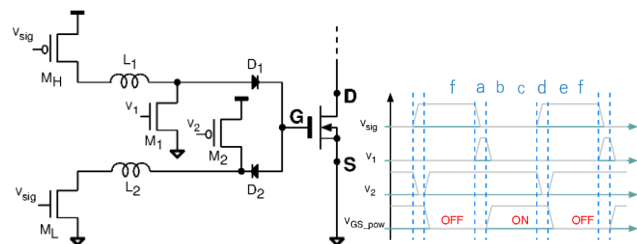


図 1: 提案型ゲートドライバの回路図と入力波形

Fig. 1: Circuit of Resonant Gate Driver and Input signals

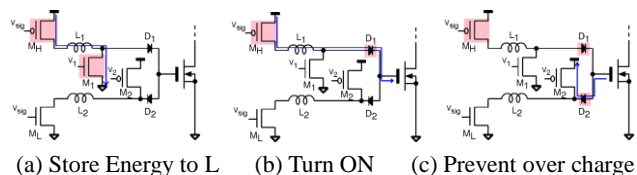
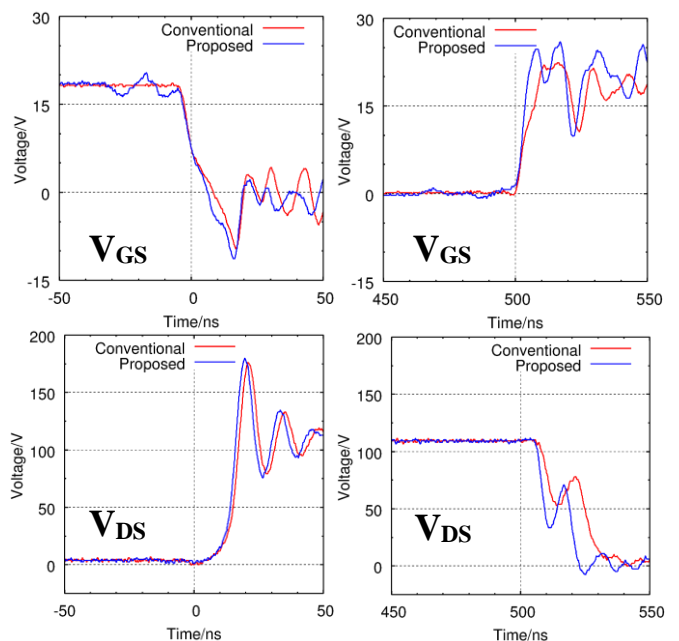


図 2: 提案型ゲートドライバのターンオン動作

Fig. 2: Operation of the proposed gate driver at turn on transient

3. 測定結果と評価

提案型ゲートドライバ(Proposed)と従来型ゲートドライバ(Conventional)のスイッチング特性をダブルパルス試験⁽¹⁾により評価した。供給電圧は 100V、供給電流は 5A とした。DUT は SCT2450KE (SiC パワーMOSFET ローム社製)を用いた。従来ゲートドライバには絶縁型ゲートドライバ Si8234BB (Silicon Labs 社製)を用いた。提案型ゲートドライバのインダクタには 100nH のチップインダクタを使用した。インダクタへのエネルギー蓄積時間は 20ns とした。



(a) Turn OFF

(b) Turn ON

図 3: ダブルパルス試験の実測波形結果

Fig. 3: Measured waveform of double pulse test

図 3 に実測波形の結果を示す。従来型を用いた場合のスイッチング時間⁽²⁾ t_{OFF} 、 t_{ON} はそれぞれ 20ns、18ns であった。提案型を用いた場合、 t_{OFF} 、 t_{ON} はそれぞれ 19ns、15ns と従来型の 95%、83% のスイッチング時間となった。提案型ゲートドライバはピーク値の大きい電流でパワー素子の C_{iss} の充放電を行うため、高速スイッチング動作が可能となる。

文献

(1) D. Ninomiya, IEE, pp. 37-42, 2015

(2) S. Inamori, EPE, pp. DS1a.2.1-2.7, 2017