



第4章

パワー MOSFET と IGBT と SiC MOSFET のスイッチングと損失

注目株！SiC MOSFET と 従来パワー半導体の性能

山本 真義 Masayoshi Yamamoto

新時代のパワー半導体の 実力を調べるために

パワー・エレクトロニクスでは、SiCやGaNなどの新しい素材を使ったパワー半導体が注目されています。しかし、それらの特性を比較するために、インバータやDC-DCコンバータを作るのは大変です。そんな時にここで紹介するダブル・パルス回路パワー半導体の特性をチェックできます。

今回の実験用に、電子部品購入サイトのDigi-Keyで3つのパワー・トランジスタを購入しました(写真1)。

- Si MOSFET IXFK20N120(リテルヒューズ)
- Si IGBT GT40QR21(東芝)
- SiC MOSFET SCH2080KE(ローム)

測定するデバイスの主な特性を表1に示します。ドレイン-ソース間電圧を1200Vに合わせました。

スイッチング特性評価に便利な ダブル・パルス回路

ダブル・パルス回路の等価回路を図1に示します。

この回路は、電気自動車に使われているインバータの1相分を取り出した形です。インバータ動作時と同じ条件でスイッチング特性を確認できます。

試験対象の半導体は Q_1 、 Q_2 の2個を用意します。そのほか、直流電源、環流インダクタを用意します。上側半導体スイッチ Q_1 は、スイッチとしては動か

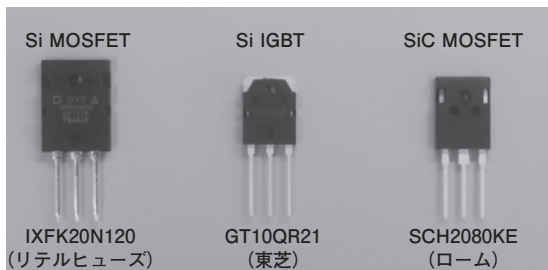


写真1 1200V耐圧のパワー半導体のスイッチング特性を比べてみる

しません。ゲート-ソース間(ゲート-エミッタ間)を短絡してOFF状態に保ち、図2(a)のようにダイオードとしてのみ機能させます。スイッチとして機能させるのは下側の Q_2 のみです。

したがって、ダブル・パルス回路の動作は、下側スイッチ Q_2 がON状態かOFF状態の2つしかありません。図2(b)のように Q_2 がON状態では、スイッチ Q_2 を介して環流インダクタに電流が流れ、電流は線形的に増加していきます。ここで Q_2 をOFFすると図2(c)へ移行し、インダクタに蓄積されたエネルギーは上側 Q_1 、すなわちダイオードを介して環流します。

- 測定したい電流値でON/OFFがどちらも観測できる
ダブル・パルス回路は、下側スイッチのターンON特性とターンOFF特性、上側スイッチのダイオード特性を観測することで、インバータ1相分のスイッチング特性の全容を把握できます。

表1 比較する3種類のパワー半導体…パワー MOSFET/IGBT/SiC MOSFET(写真1)

No.	項目	記号	Si MOSFET	Si IGBT	SiC MOSFET
			IXFK20N120	GT40QR21	SC H2080KE
1	ドレイン-ソース間電圧[V]	V_{DSS}	1200	1200	1200
2	ゲート-ソース間電圧[V]	V_{GSS}	± 30	± 25	-6~22
3	ドレイン電流[A]	I_D	20	40	40
4	ゲートしきい値電圧[V](最小)	$V_{GS(th)}$	2.5	4.5	1.6
5	逆回復時間[ns]	t_{rr}	300	600	37
6	許容損失[W]	P_D	780	230	262
7	入力容量[pF]	C_{iss}	7400	1500	1850
8	出力容量[pF]	C_{oss}	550	18	175
9	帰還容量[pF]	C_{rss}	100	14	20

Si MOSFET では耐圧を確保すると寄生容量が大きくなる

ゲートしきい値電圧が低い

◆参考文献◆

- (1) 馬場 清太郎：高効率パワー素子SiCとCoolMOSの実力を見る、トランジスタ技術、2004年12月号、CQ出版社。