

SiC MOSFET(1200V): MOSFET (Rohm第4世代, 東芝第3世代, GeneSiC第3世代) 短絡耐量調査・ベンチマークレポート

レポート概要

車載モータインバータにSiC MOSFETを採用している車両が中国車を中心に増えてきました。インバータ搭載パワーデバイスの大きな課題の一つとして、短絡耐性があり、各社コスト(チップサイズ、歩留まり)制約の中で、短絡耐性の向上に取り組んでいます。

当社では、実測短絡テストと合わせて、トランジスタの構造解析、物理モデリングとシミュレーションを使い、トランジスタの短絡耐性のデータ評価、熱インピーダンスモデルの構築を行っており、2020年にSiC MOSFETの短絡耐性評価のベンチマークレポート(19G-0025-1)をリリースしました。今回は下記3社の最新世代デバイスについてレポート化しています。

ROHM	第4世代 SiC MOSFET
GeneSiC	第3世代 SiC MOSFET
東芝	第3世代 SiC MOSFET

レポート内容 ※次頁 目次参照

- ・SiC MOSFETの短絡耐量の比較。
(ROHM(4th)、WOLFSPEED(3rd)、GeneSiC(3rd)、東芝(2nd) (3rd))
- ・各社技術トレンドとトランジスタのスケーリング、酸化膜厚との関連、考察。
- ・短絡状態でトランジスタが安全にターンオフする最大短絡時間(tscm)の抽出。

本レポート情報は下記に活用できます。

- ・短絡保護回路の最小応答時間を推測。
- ・安全にターンオフする最大短絡時間(tscm)は保護回路設計の制約として使用可能。
- ・測定された短絡ドレイン電流波形と耐久時間(tsc,f)を、SPICE電気・熱シミュレーションで使用、トランジスタの内部温度および臨界破壊エネルギー(Esc,f)を推定。

レポート販売価格(税別)¥650,000 **発注後1weekで納品**

【目次】		頁
1	1.1 レポート要旨	2
	表1: 1200V SiC MOSFET短絡特性評価結果の概要	3
	1.2 はじめに	6
2	表2: 用語集および略語	7
	2.1 モーターインバーターの短絡イベントと電圧/電流波形	8
	2.2 1200V SiC MOSFETで測定された短絡波形	10
	2.3 短絡耐量評価とモデリングにおける課題	11
	2.4 本レポートのデータの使用について	12
3	ベンチマーク	13
	表3. 評価対象1200V定格のSiC MOSFET ・ROHM 第4世代(トレンチ) SCT4062KR ・WOLFSPEED 平面ゲート C3M0075120K ・TOSHIBA 第2世代(平面ゲート) TW070J120B ・TOSHIBA 第3世代(平面ゲート) TW060N120C ・GeneSiC 第3世代(平面ゲート) G3R075MT120K	14
	3.2 ベンチマーク結果	16
	・典型的な短絡波形の比較 ・短絡過渡波形と遅延故障の例 ・1200V SiC MOSFET の短絡耐量比較グラフ ・ユニバーサルグラフ ・短絡臨界エネルギーの比較: $E_{sc,f}$ ・ゲートリーク電流に関する考察 ・表4: 1200V SiC MOSFETの電気的性能と短絡耐量の概要と比較 ・ベンチマーク比較表の結果から ・短絡耐量およびトランジスタのスケーリング ・短絡耐量と低オン抵抗 R_{ON} のトレードオフ	17-33
33	3.3 短絡耐量に関連したトランジスタ構造について	34
	・1200 V SiC MOSFET 構造解析 ・トランジスタ構造や技術改善 ・報告された短絡による故障 ・トランジスタ短絡耐量性を強化	35-48
4	短絡イベントシミュレーション解析	49
	4.1 放熱解析	51
	・背景情報 ・デバイス構造ベースの熱インピーダンス解析 ・短絡パルス範囲(～us)での Z_{th} のモデリング	52-56
	4.2 短絡エネルギーと温度上昇シミュレーション	57
	・熱インピーダンスモデル比較 (ROHM SCT3080KLHR)	58
	・熱インピーダンスモデル比較 (WOLFSPEED C3M0075120K)	59
	・熱インピーダンスモデル比較 (ROHM SCT4062KR)	60
	・熱インピーダンスモデル比較 (GeneSiC G3R075MT120K)	61
	・熱インピーダンスモデル比較 (TOSHIBA TW060N120C)	62
5	まとめ	63
6	6.1 参考文献	64
	6.2 関連するLTEC解析レポートのリスト	65
7. Appendix		
	・短絡耐量(評価と解析モデルの枠組み) ・温度上昇 ΔT_j の解析と推定 ・ハーフブリッジパワーモジュールでの短絡イベントについて	66-73

表4: 1200V SiC MOSFETの電気的性能と短絡耐量の概要と比較

		Units	ROHM	WOLFSPEED	GenSiC	TOSHIBA
			SCT3080KL	C3M0075120D	G3R075MT12K	TW070J120B★
1	Qualification Level		産業用	産業用	産業用	産業用
2	Package		3 TO-247	3, 4 TO-247	TO-3	3 TO-247
3	Technology		G3/2016	G/2016	G3/2019	G3/2020
4	Rated drain Voltage, V_{dss}	V	1200	1200	1200	1200
5	$R_{DS(on)}$ DC Id	mΩ/A	80 / 31	75 / 30	75/31	60 /
6	V_{th}	V	4.1	2.5		3.0
7	Gm/W	mS/mm	1.55	6.0	5.1	
8	Ciss/A	pF/mm ²	107			
9	Gm/Ciss	1/ns	5.6			
10	Chip Size	mm ²	7.3			
11	Specific ON resistance, R_{ONSA}	mΩ·mm ²	440			
12	Peak SC Current, $I_{sc,pk/W}$ @ 600V	A/mm	0.084			
13	SC Time (to failure), $t_{sc,r}$ @ 600V	us	~7			
14	SC Critical Temperature, $T_{j,crit}$	°C	1100-1200			
15	SC Critical Energy-to-Failure $E_{sc,f/AA}$ @ 600V/800V	mJ/mm ²	165/X			
16	SC Max Withstand Time, t_{scm} @ 600V/800V	us	8 / 4			
17	SC-induced Gate Current turn-on time, t_1	us	~6			
18	Transistor Array Active Area, AA	mm ²	5.2			
19	Transistor Configuration		Trench Gate Square			
20	Gate Oxide Thickness, T_{ox}	nm	64			
21	Transistor Cell Pitch, P	Um	6			
22						
	Die photograph					

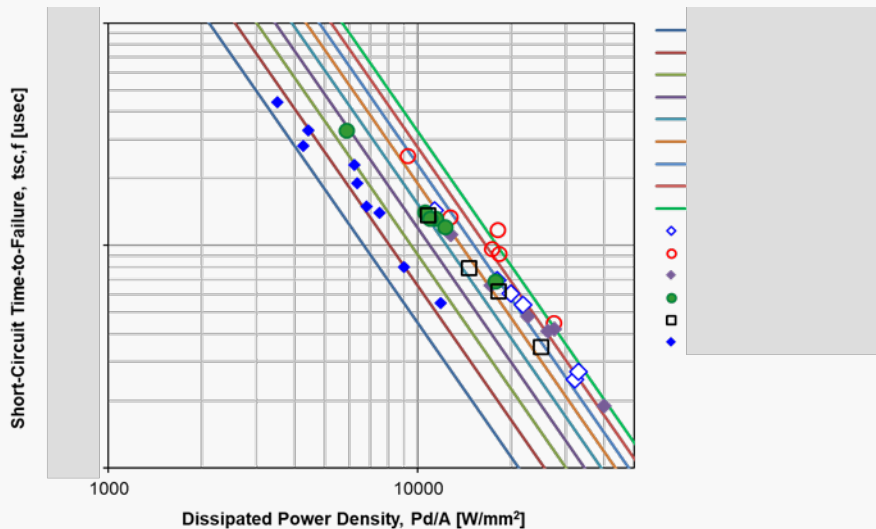


Fig.3.2.8: 1200V SiC MOSFETの消費電力密度(Pd/A)に対する短絡破壊までの時間(tsc,f)の「ユニバーサルグラフ」。当社測定結果をプロットしている。またグラフには、いくつかの臨界温度に対するtsc,fの理論プロットも記載している

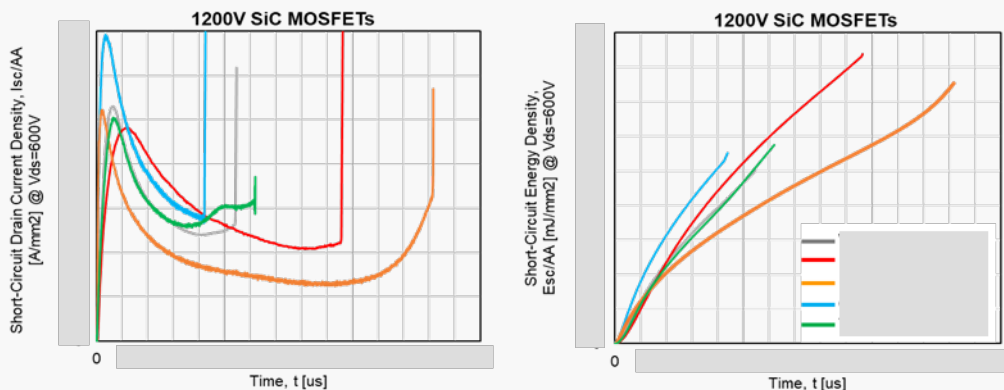


Fig. 3.2.1: 定格 1200V の SiC MOSFET の $V_{ds} = 600V$ での短絡イベント中の正規化されたドレイン電流 I_d/AA とエネルギー密度 (E_{sc}/AA) の比較。

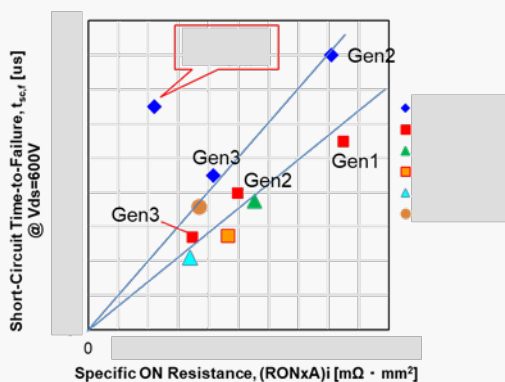


Fig. 3.2.14: 複数世代SiC MOSFETの短絡耐量時間 $t_{sc,f}$ とトランジスタ単位面積当たりON抵抗 (RON_{xA})の相関

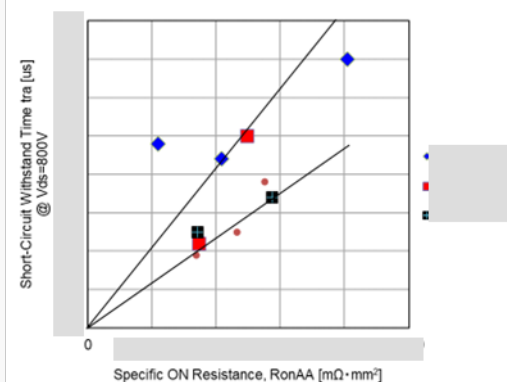


Fig.3.2.15: 複数のメーカーおよび技術世代のデバイスの短絡耐量時間 t_{ra} ($V_{ds}=800V$ 時)の傾向の単位面積当たりのオン抵抗 (R_{onAA}) への依存性。