

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方法について	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
		<ul style="list-style-type: none"> ・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
		<ul style="list-style-type: none"> ・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
		<ul style="list-style-type: none"> ・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
		<ul style="list-style-type: none"> ・熱インピーダンスモデル比較 (ROHM SCT3080KLHR) ・熱インピーダンスモデル比較 (WOLFSPEED C3M0075120K) ・熱インピーダンスモデル比較 (ROHM SCT4062KR) ・熱インピーダンスモデル比較 (GeneSiC G3R075MT120K) ・熱インピーダンスモデル比較 (TOSHIBA TW060N120C) 	58 59 60 61 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			
		<ul style="list-style-type: none"> ・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	WOLF SPEED	GenSiC	TOSHIBA
1	Qualification Level	SCT3080KL	C3M0075120D	G3R075MT12K	TW070J120B★
2	Package	車載用AEC 3 TO-247	産業用 3, 4 TO-247	産業用 TO-3	産業用 3 TO-247
3	Technology	G3/2016	G/2016	G3/2019	G3/2020
4	Rated drain Voltage, V_{dss}	1200	1200	1200	1200
5	$R_{DS(on)}$ / DC Id	80 / 31	75 / 30	75/31	60 /
6	V_{th}	4.1	2.5		
7	Gm/W	1.55	6.0	5.1	3.2
8	Ciss/A	107			
9	Gm/Ciss	5.6			
10	Chip Size	7.3			
11	Specific ON resistance, RONxKA	mΩ·mm ²			
12	Peak SC Current, $I_{sc,pk/W}$ @ 600V	440			
13	SC Time (to failure), $t_{sc,r}$ @ 600V	A/mm			
14	SC Critical Temperature, $T_{j,crit}$	~7			
15	SC Critical Energy-to-Failure Esc.f/AA @ 600V/800V	°C			
16	SC Max Withstand Time, t_{scm} @ 600V/800V	mJ/mm ²			
17	SC-induced Gate Current turn-on time, t_1	us			
18	Transistor Array Active Area, AA	us			
19	Transistor Configuration	mm ²			
20	Gate Oxide Thickness, T_{ox}	Trench Gate Square			
21	Transistor Cell Pitch, P	64			
22		Um			
	Electrical				
	Short-Circuit				
	Structure				
	Die photograph				

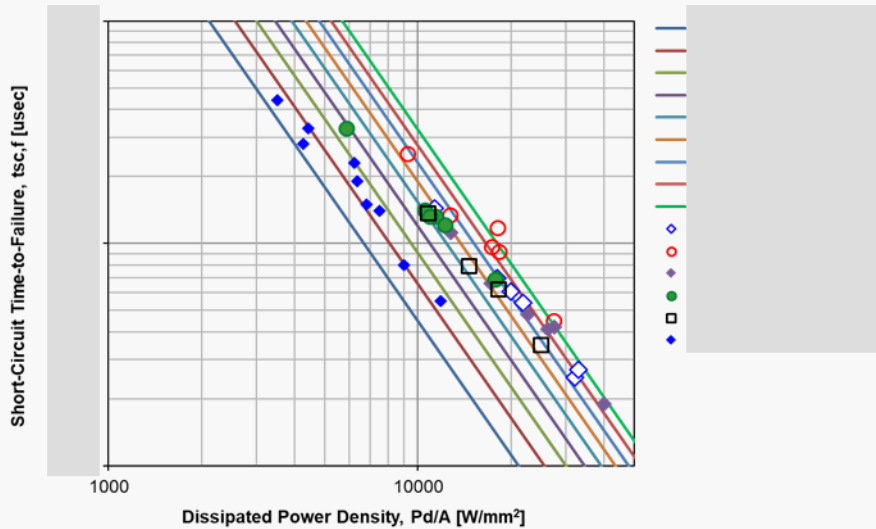


Fig.3.2.8: 1200V SiC MOSFETの消費電力密度(Pd/A)に対する短絡破壊までの時間(tsc,f)の「ユニバーサルグラフ」。当社測定結果をプロットしている。またグラフには、いくつかの臨界温度に対するtsc,fの理論プロットも記載している

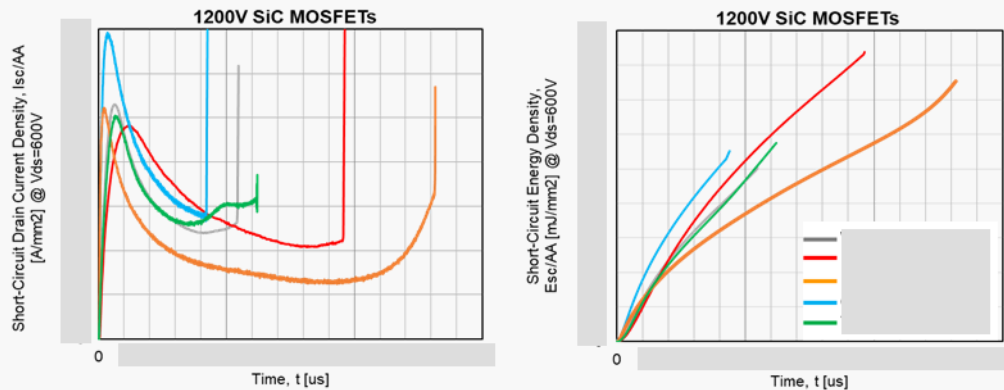


Fig. 3.2.1: 定格 1200V の SiC MOSFET の Vds = 600V での短絡イベント中の正規化されたドレイン電流 Id/AA とエネルギー密度 (Esc/AA) の比較。

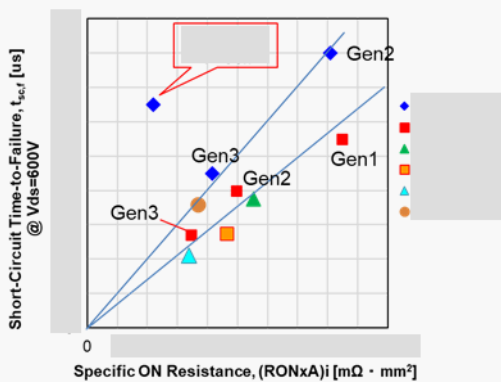


Fig. 3.2.14: 複数世代SiC MOSFETの短絡耐量時間 $t_{sc,f}$ とトランジスタ単位面積当たりON抵抗 (RONxA)の相関

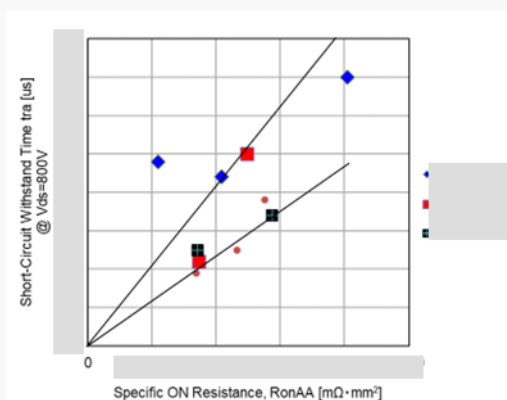


Fig.3.2.15: 複数のメーカーおよび技術世代のデバイスの短絡耐量時間 t_{ra} (Vds=800V 時)の傾向の単位面積当たりのオン抵抗 (RonAA) への依存性。