

## 1200V SiC MOSFET (Infineon ,Wolfspeed,Rohm) 技術の現状とベンチマークについてのレポート

エルテックではInfineon、Wolfspeed、Rohmの最新世代の1200V SiC MOSFETを比較検証し、高温で信頼性の高い動作を実現するための技術の特定や、構造解析結果パラメーターや電気特性評価結果から性能指数を評価し、さらにチップコストやウェハーコスト等のコスト分析などを含めたベンチマークレポートをリリースしました。

### 概要

SiCパワートランジスタのデータシートには以下のデータが不足しており、本レポートは物理的解析と電気的特性との相関を使用して、これらの一部を補足したものである。

1. オフ・ドレイン漏れ電流電圧と温度依存性
2. しきい値電圧DIBL (Drain Induced Barrier Lowering)、ドレイン電圧依存性
3. 短絡(ショートサーキット、、SC)耐量
4. 短パルス時間の熱インピーダンス(1us~100us)

### レポート調査内容

※次頁目次参照

### 主な解析、調査結果

- ・ SiC MOSFETは、リファレンスに使用したSi-IGBTに対して、スイッチングエネルギーにおいて約1/20を実現。これは、高いスイッチング周波数の可能性を示唆。シミュレーションされた最大スイッチング周波数は、Si-IGBTの場合は16kHz、SiC MOSFETの場合は200-400kHzとなる。
- ・ C社のMOSFETは、高いしきい値 $V_{th}$ にもかかわらず、高温では最も低い $RONxA$  ( $644m\Omega \cdot mm^2$ )を実現する。(A社は $1168m\Omega \cdot mm^2$  と2倍近い)。
- ・ 単位面積当たりのオン抵抗( $RONxA$ )のトレンドは、 $\sim 0.7x/3$ 年の削減率を継続すると予測する。
- ・ ROHM、WOLFSPEED、INFINEONの場合、ウェハーコストは、ウェハー当たり\$・・・～・・・である。
- ・ 平均販売価格(ASP)について、大量生産下においては、1200V SiC MOSFETの価格/アンペアは\$・・・～・・・/Aである。※Si-IGBTは約\$・・・/Aと推定

**レポート販売価格(税別)¥500,000**

# Table of Contents

目次	ページ	
1	1.1 エグゼクティブサマリー	2
	1.2 はじめに: 背景, 目的 & 範囲	5
2	SiCトランジスタの展望	6
	2.1 Si、GaNとSiCパワートランジスタの競合関係	6
	2.2 パワーエレクトロニクスデバイス用の半導体材料の関連する特性	7
	2.3 パワー電子デバイスにおける高温考察	8
	2.4 SiCおよびGaNパワートランジスタの現状と展望	9
	2.5 Table4: SiCデバイスおよびモジュールメーカーの現状 (2018年4月時点)★	10
3	SiC MOSFETの技術動向と進化	11-16
4	SiC MOSFETの製造コストと価格について	17-25
5	SiC MOSFETのベンチマーク	26
	5.1 SiC MOSFETの信頼性に対する懸念	27
	5.2 Table6: 1200V Si-IGBT vs. SiCトランジスタベンチマーク	28
	5.3 Table7: 評価された1200 V SiC MOSFETの構造	30
	5.4 評価された性能指数FOM	31-34
	5.5 SiC MOSFETのベンチマーク結果	35-37
	5.5.1 比較結果: パフォーマンス & FOM	38-40
	5.5.2 電気特性評価 Analysis and comparison of main electrical and structural characteristics ・ Electrical characteristics (data sheet + measured value)	41
	真性の電気特性の比較	42
	Id-Vds	43
	RON成分解析	45-48
	オフ状態のドレイン電流温度依存性とブレイクダウン電圧	49-53
	5.5.3 短絡耐量と熱インピーダンス解析	54-69
6	まとめと結論	70
7	参考文献	71-72
8	Appendix	73-77

# ※レポートデータ抜粋

2.5 Table4: SiCデバイスおよびモジュールメーカーの現状（2018年4月時点）

No.	Company	LTEC Report?	Epi Wafer	Device Chip	Module	Comments
1	WOLFSPEED (CREE)	Yes				
2	ROHM	Yes				relatively 8).
3	MITSUBISHI Electric	Yes				
4	Fuji Electric	Yes				
5	Hitachi					
6	Infineon	Yes				
7	STMicro	Yes				power card.
8	MicroSemi	Yes				
9	IXYS→LITTELFUSE	Yes				
10	General Electric (GE)					odule,
11	United SiC Corp	Yes				
12	X-Fab					
13	Denso					
14	Toyota					
15	Monolith (US)			✓		Using SiC Foundry (X-Fab)

Table.1 FOMの概要と評価されたデバイスのコスト/価格

			SiC			Si
Summary of Performance FOMs		Units	A	B	C	D IGBTs
FOM	Specific Effective ON Resistance, RONx $A$ @ $T_j=T_{jmax}$	m $\Omega$ ·mm <sup>2</sup>	1168	670	644	2600
	Specific Intrinsic ON Resistance, RONx $AA$ @ $T_j=T_{jmax}$	m $\Omega$ ·mm <sup>2</sup>				
	Qg x RON @ $T_j=T_{jmax}$	nC· $\Omega$				
	Ciss x RON @ $T_j=T_{jmax}$	pF· $\Omega$				
	Crss x RON @ $T_j=T_{jmax}$	pF· $\Omega$				
	Coss x RON @ $T_j=T_{jmax}$	pF· $\Omega$				
	Turn-off Switching Energy, Eoff x RON @ $T_j=T_{jmax}$	mJ·m $\Omega$				
	Turn-on Switching Energy, Eon x RON @ $T_j=T_{jmax}$	mJ·m $\Omega$				
Maximum Switching Frequency, fmax	kHz					
Cost & Price	Average Selling Price, ASP (Retailer)	\$/unit				
	ASP per Ampere (@ 100°C)	\$/A				
	ASPxRON	\$/ $\Omega$				
	Estimated Manufacturing Die Cost	\$/unit				
	Processed Wafer Cost (Estimated)	\$/wafer				

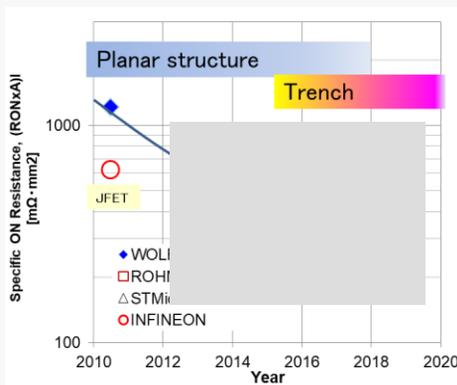


Fig. 3.4: 1200V SiC MOSFET面積当たりオン抵抗 (RONxA) 性能指数 (FOM) の動向

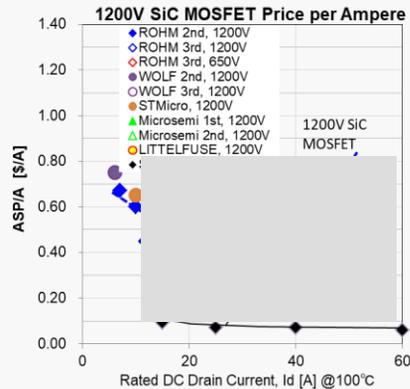


Fig. 4.3: いくつかのメーカーおよびプロセス世代の 1200V SiC MOSFETのアンペア価格 (ASP/A)

# ※レポートデータ抜粋

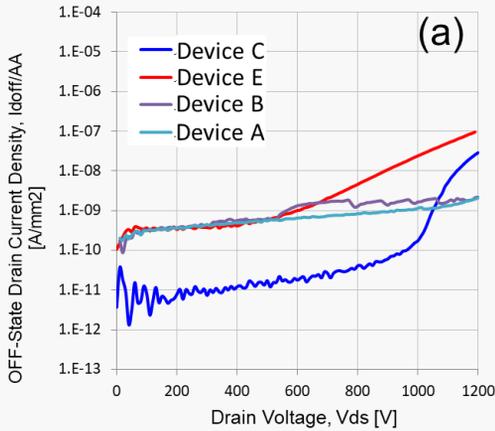


Fig. 5.14: 異なるメーカーのSiC MOSFETのドレインリーク電流の比較

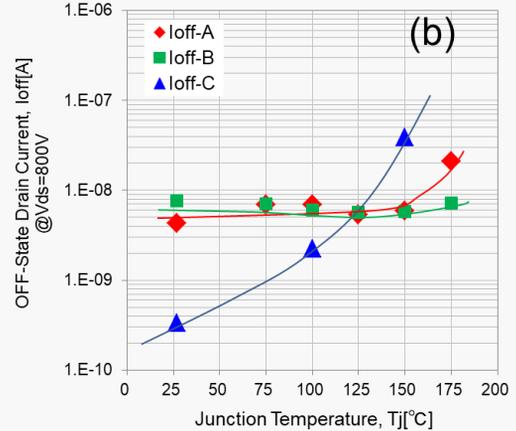
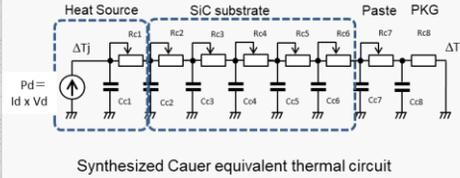
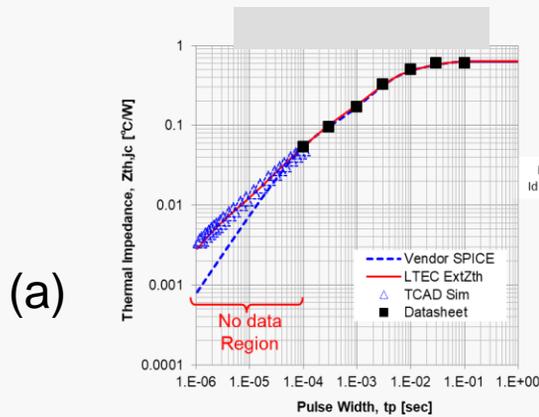


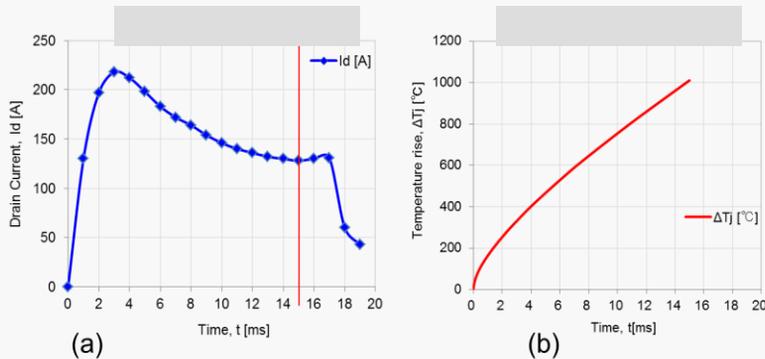
Fig.5.15: SiC MOSFETのオフ状態ドレイン電流Ioff (Vgs = 0VおよびVds = 800V)の温度依存性



(a)

(b)

Fig.5.30: (a) 熱インピーダンスZth対オン時間パルス幅と(b)抽出された等価熱回路



(a)

(b)

Table 3: Summary of the estimated device temperature  $\Delta T_j$

		Datasheet Graph	Manufacturer Zth model	1D Model	Simulated
$P_d$	W		$8.43 \times 10^4$		
$t$	$\mu\text{s}$		15		
$Z_{th}$	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0.006※	0.003	0.0106	
$\Delta T_j$	$^{\circ}\text{C}$	506	253	894	1033

※ Extrapolated from graph

Fig.5.31: (a) XXXXTランジスタのVds = 580VおよびVgs = 19Vでの短絡ドレイン電流波形、および(b)シミュレートされたデバイスの温度上昇 $\Delta T_j$ 。表3は、製造業者のデータおよびこの分析(黄色)から計算されたデバイス温度をまとめたものである。