

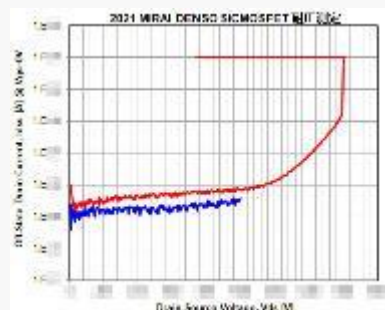
## デンソー製 SiC-MOSFETの構造・プロセス解析レポート(世界初)



パッケージ写真



チップ写真(SiC-MOSFET)



SiC MOSFET 耐圧測定

### 製品、解析概要

- ・2021年型トヨタMIRAI水素燃料電池(FC)昇圧コンバーターに、デンソー内製としては初のSiC-MOSFETが採用、搭載されており、本レポートは、世界初の解析レポート！
- ・搭載チップは、トレンチゲートを採用、電流センサーと温度センサー内蔵の1200V級のSiC-MOSFET。低転. 位密度の基板RAF(Repeated A-Face)技術 採用の製品(Web情報)
- ・SiC-MOSFETチップは200Aクラスの駆動電流で低ON抵抗(LTECで測定)となっておりチップサイズは自動車用途としては最大クラス。(当社解析他社チップサイズ比より)

### レポート内容

#### 1. TOYOTA MIRAI搭載デンソー製SiC-MOSFET 構造解析レポート

- ・SiC-MOSFETチップ断面、平面解析(セル部分、外周部)の詳細構造、サイズ、材料分析がレポート内容に含まれます。(FWDチップについても断面・平面解析データあり)
- ・電流センス比、温度センサーの断面・平面解析を行い、解析結果を基に等価回路を推定実施。

#### 2. TOYOTA MIRAI搭載デンソー製SiC-MOSFET プロセスフロー・電気特性解析レポート

SiC-MOSFETと組み込み温度センサーの製造プロセスフローの推定、

N-epi層(ドリフト層)のドーピング濃度の抽出

オン抵抗およびブレークダウン電圧の測定

単位面積あたりのオン抵抗は、他メーカーに比べて約10~20%低くなっています。

※当社解析の他社SiCトランジスタとの比較より。

# SiC-MOSFET・FWDチップ構造解析レポート

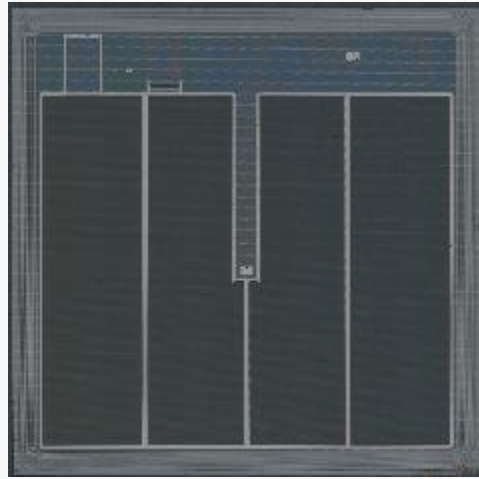
## 目次

		Page
1. デバイスサマリー	...	3
1-1. 解析結果まとめ	...	4
2. パワーカード外観観察		
2-1. パワーカード外観観察	...	9
3. パワーカード構成		
3-1. パワーカード内部レイアウト	...	12
4. SiC-MOSFET構造解析		
4-1. チップレイアウト	...	16
4-2. 平面構造解析(OM)	...	17
4-3. 平面構造解析(SEM)	...	52
4-4. セル領域 断面構造解析	...	81
4-5. チップ外周部 断面構造解析	...	87
5. Si-FWD構造解析		
5-1. 平面構造解析(OM)	...	98
5-2. 平面構造解析(SEM)	...	107
5-3. Si-FWD 断面構造解析	...	111

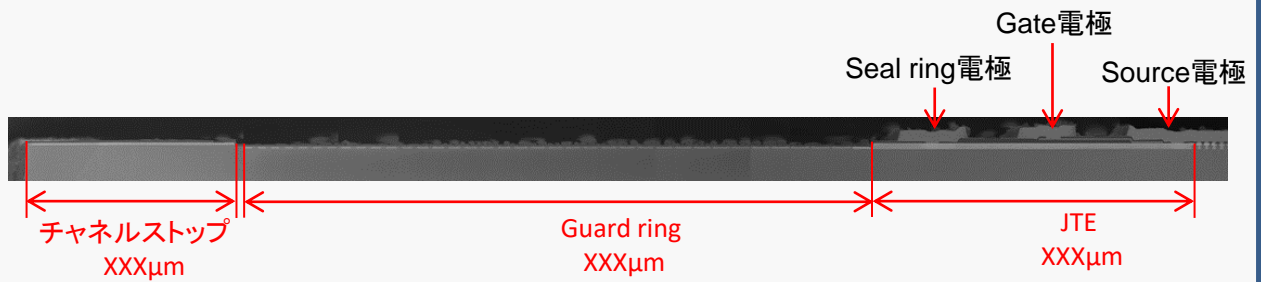
# SiC-MOSFET・FWDチップ構造解析レポートからの抜粋



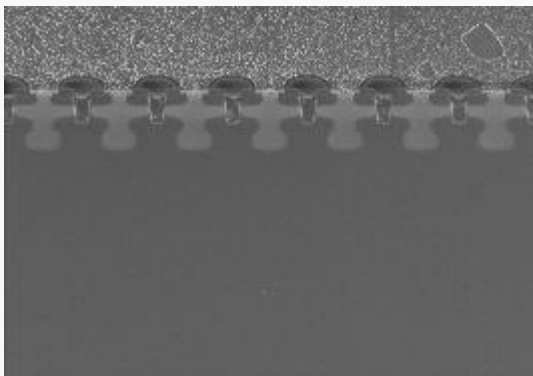
チップ全体写真  
(Top Metal Layer)



チップ全体写真  
(Poly-Si Layer)



トランジスタ周辺    JTE: (Junction Termination Extension)



セル領域

層名	材料	目的	厚さ
ポリシリコンゲート	ポリシリコン	ゲート電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンドレイン	ポリシリコン	ドレイン電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンソース	ポリシリコン	ソース電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンチャネルストップ	ポリシリコン	チャネルストップの形成	~0.5μm
ポリシリコンガードリング	ポリシリコン	ガードリングの形成	~0.5μm
ポリシリコンJTE	ポリシリコン	JTEの形成	~0.5μm
ポリシリコンシールリング	ポリシリコン	シールリングの形成	~0.5μm
ポリシリコンゲート	ポリシリコン	ゲート電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンドレイン	ポリシリコン	ドレイン電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンソース	ポリシリコン	ソース電極の形成	~0.5μm
ポリシリコンチャネルストップ	ポリシリコン	チャネルストップの形成	~0.5μm
ポリシリコンガードリング	ポリシリコン	ガードリングの形成	~0.5μm
ポリシリコンJTE	ポリシリコン	JTEの形成	~0.5μm
ポリシリコンシールリング	ポリシリコン	シールリングの形成	~0.5μm



# プロセスおよび電気特性評価解析レポート

## 目次

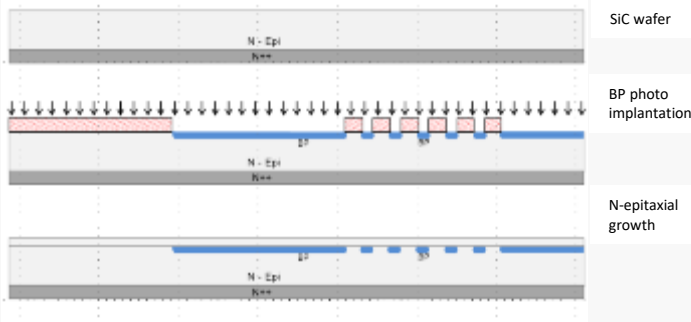
1	DENSO社製のSiC-MOSFET 解析結果のまとめ .....	3
1-1	DENSO社製品と他社のSiC-MOSFETの特性比較	4
1-2	SiC-MOSFETチップ全体 .....	5
1-3	チップ端部 .....	6-7
1-4	デバイス構造: SiC-MOSFET トランジスタエピ層 トランジスタの模式的な断面図 .....	8-10 9
2	SiC-MOSFET観察 .....	11
2-1	トランジスタの構造・プロセスの特徴(1) - (2) .....	11-12
2-2	トレンチゲート形成プロセスの詳細(推定)	13
2-3	温度センサーダイオード	14-17
3	DENSO社製のSiC-MOSFET 解析結果まとめ	18
	表1 デバイス構造: SiC-MOSFET .....	18
	表2 SiC-MOSFET 構造: レイヤー材料・膜厚 .....	19
4	プロセスフロー .....	20
4-1	SiC-MOSFET のフロントエンドウェーハプロセスフロー(推定)	20
4-2	SiC-MOSFET のプロセス・シーケンス断面図 .....	21-28
5	電気特性評価 .....	29
5-1	DENSO製SiC-MOSFET のId-Vds特性	30
5-2	デバイス温度をパラメータとしたオフ状態のIdss-Vds特性 および活性化エネルギー(Ea)	31
5-3	メーカー間のリーク電流の比較 .....	32
5-4	オフ状態破壊電圧BVdss特性.....	33
5-5	容量(Ciss, Coss, Crss)-Vds特性 .....	34
5-6	温度センスダイオード I-V特性.....	35
5-7	デバイス構造と電気特性解析: ON抵抗 .....	36-37
5-8	N-エピ層不純物濃度解析 .....	38
5-9	デバイス構造と電気特性解析:ブレークダウン電圧 .....	39
6	関連文献目録 .....	40
7	関連特許目録 .....	41-43

# プロセスおよび電気特性評価解析レポートからの抜粋

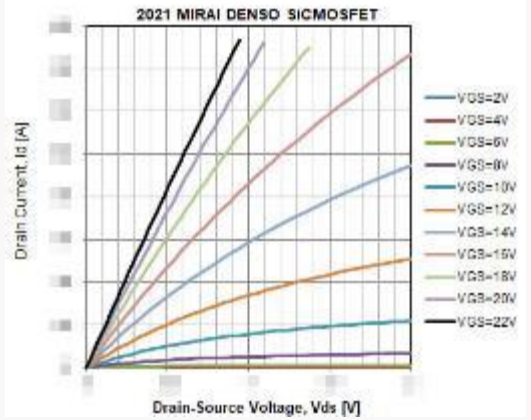
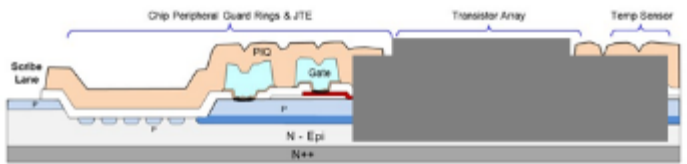
Table 1: 他社1200V-SiC MOSFET製品との比較

Maker	Part no.	プロセス世代	生産	Vdss [V]	RON [mΩ]	チップサイズ [mm x mm]	チップ面積 [mm <sup>2</sup> ]	Terminal RON/A [mΩ/mm <sup>2</sup> ]
ROHM	SCH2080KE	第2	2012	1200	80	4.0x4.0	16.0	5.0
ROHM	SCT3080KL/HR	第3	2016	1200	80	4.0x4.0	16.0	5.0
CREE	C2M0080120D	第2	2013	1200	80	4.0x4.0	16.0	5.0
WOLFSPEED (CREE)	C3M0075120K	第3	2017	1200	75	4.0x4.0	16.0	5.0
ON-SEMI	NVHL080N120SC1	第1	2018	1200	80	4.0x4.0	16.0	5.0
INFINEON	FF11MR12W1M1 B1 (MW120RD45M)	第1	2017	1200	44	4.0x4.0	16.0	5.0
MICROSEMI	APT80SM120B	第1		1200	40	4.0x4.0	16.0	5.0
MICROSEMI	MSC040SMA120B	第2	2018	1200	40	4.0x4.0	16.0	5.0
LITTELFUSE	LSICM0120E0080	-	2017	1200	80	4.0x4.0	16.0	5.0
TOSHIBA	TW070JJ20B	第1*	2020	1200	70	4.0x4.0	16.0	5.0
NN	MIRAI用 昇圧コンバータ		2020		9	4.0x4.0	16.0	5.0
DENSO	MIRAI用 昇圧コンバータ	第1	2021			4.0x4.0	16.0	5.0

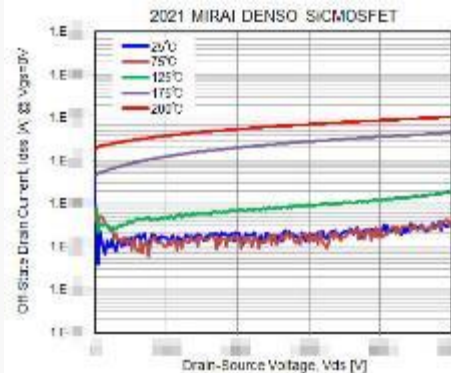
## プロセスフロー



- 
- 
- 



Id-Vds特性



オフ状態のIdss-Vds特性