

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

⇒ 60万円(税別)

- ・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

⇒60万円(税別)

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

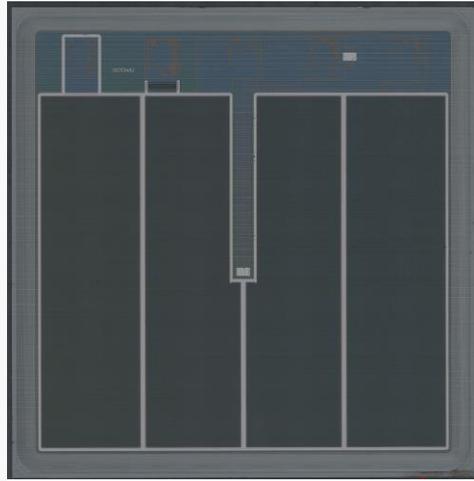
目次

		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

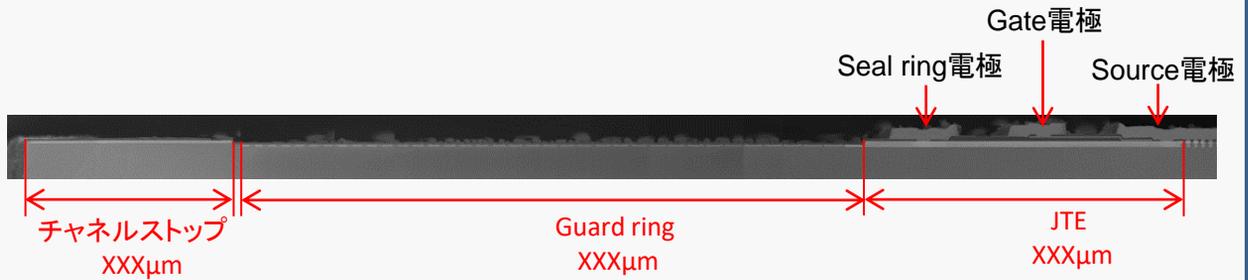
SiC-MOSFET・FWDチップ構造解析レポートからの抜粋



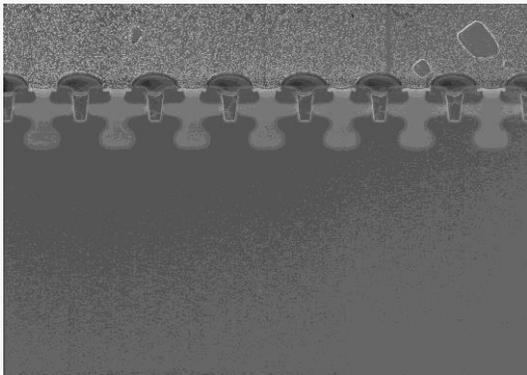
チップ全体写真
(Top Metal Layer)



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

層の記述	膜厚	材料	プロパティ
ウエハータップ・構成 (Bulk, Ep)			
N-エピ層・ドリフト領域			
N Buffer層			
P-well拡散深さ			
N+拡散深さ			
ゲート電極構造・材料			
ゲート酸化膜			
フィールド酸化膜(FOX)			
シリサイド膜			
ソースバリアメタル			
ソースメタル			
ILD (ゲート・メタル間)			
パッシベーション膜			
有機保護膜			
チップ表面メタル			

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

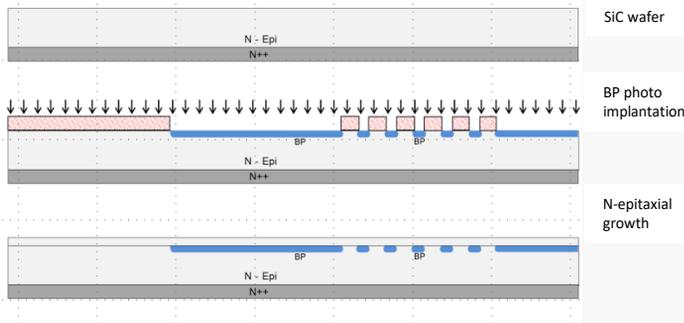


プロセスおよび電気特性評価解析レポートからの抜粋

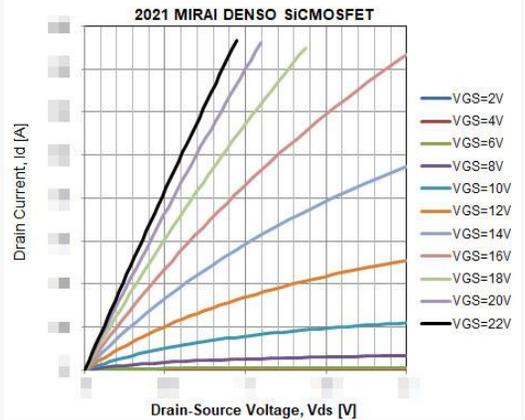
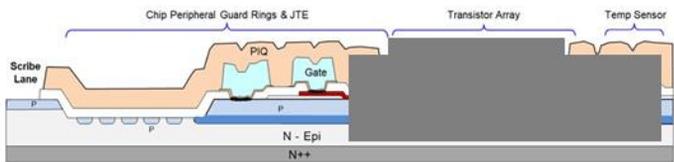
Table 1: 他社1200V-SiC MOSFET製品との比較

Maker	Part no.	プロセス世代	生産	V _{dss} [V]	RON [mΩ]	チップサイズ [mm x mm]	チップ面積 [mm ²]	Intrinsic RON _{NkA} [mΩ・mm ²]
ROHM	SCH2080KE	第2	2012	1200	80			
ROHM	SCT3080KL/HR	第3	2016	1200	80			
CREE	C2M0080120D	第2	2013	1200	80			
WOLFSPEED (CREE)	C3M0075120K	第3	2017	1200	75			
ON-SEMI	NVHL080N120SC1	第1	2018	1200	80			
INFINEON	FF11MR12W1M1_B1 IMW120R045M1	第1	2017	1200	44			
MICROSEMI	APT80SM120B	第1		1200	40			
MICROSEMI	MSC040SMA120B	第2	2018	1200	40			
LITTELFUSE	LSICM0120E0080	-	2017	1200	80			
TOSHIBA	TW070J120B	第1*	2020	1200	70			
NN	MIRAI用 昇圧コンバータ		2020		9			
DENSO	MIRAI用 昇圧コンバータ	第1	2021					

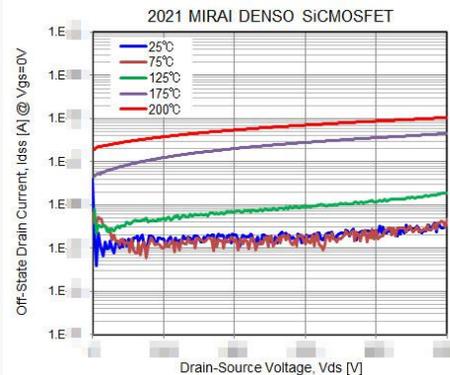
プロセスフロー



-
-
-



Id-Vds特性



オフ状態のIdss-Vds特性

