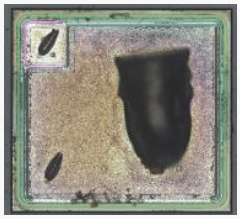
New Release

LTEC Corporation

Your most experienced partner in IP protection

SiC MOSFET(400V): Infineon IMBG40R045M2H 概要、構造、プロセスと電気特性解析レポート

パッケージ


SiC MOSFETチップ

背景・概要

人工知能(AI)プロセッサの計算要件が増加するにつれて、サーバー電源(PSU)は、大電力を効率よく供給する必要があります。2024年5月 Infineonから人工知能(AI)電源用に 第2世代CoolSiCテクノロジーを使った400V SiC MOSFETが発表されました。本製品は、GaN トランジスタの領域とも競合する**400V 範囲の最初の産業用 SiC MOSFET**で、今後の採用動向も注目されています。

今回、構造、プロセス、特性評価など、製品の特徴を明らかにしたレポートを3部構成でリリースします。

製品特徴

型番:IMBG40R045M2H　Vdss= 400V　43A　44.9mΩ　製品リリース日:2024年5月

データシート: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IMBG40R045M2H-DataSheet-v02_00-EN.pdf

・650V SiCおよびSi MOSFETと比較して、超低伝導損失とスイッチング損失

・スイッチング電源(サーバーやAI向け)、Energy storage, UPS, battery formation、Class-D オーディオ

解析内容・結果概要 (各レポートの目次はP.2, 4, 6を参照。)

① 概要解析レポート:　価格￥300,000(税別)　発注後1weekで納品

・パッケージとチップ観察、セル部、チップ終端部の断面観察。

② 構造解析レポート:　価格￥750,000(税別)　発注後1weekで納品

・①概要解析の内容を含む、SiC MOSFET平面・断面構造解析、セル部(TEM)。

・Infineon独自の非対称トレンチゲート構造を採用し、セルピッチを縮小することで、真性オン抵抗 RONxAA=103mΩ・mm^{2}を実現しました。

・N-epi ドリフト領域の厚さとドーピングは、400V 動作に合わせて調整されています。

③ プロセスと電気特性解析レポート:　価格￥600,000(税別)　発注後1weekで納品

・製造プロセス工程抽出および特徴プロセスを観察と考察。

・N-epi濃度プロファイル抽出。

・電気特性とデバイス構造の考慮: 極薄 N-epi と RON成分(Rch, Repi) および破壊電圧相関。主に、BVdss対 定格ドレイン電圧 (Vdss = 400V) の狭いマージン。

株式会社エルテック　Phone: 072-787- 7385　e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845　兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８　HP: https://www.ltec-biz.com/

Report No:24R-0643-1, 24G-0643-2,3
Release day:2025.01.17

① 概要解析レポート　目次

【目次】				Page
1		デバイスサマリー		
		Table1-1:デバイスサマリー	・・・	3
	1-1.	解析結果まとめ	・・・	4
		Table1-2: デバイス構造：SiC MOSFET	・・・	5
		Table1-3: デバイス構造：レイヤー材料・膜厚	・・・	
2		パッケージ解析		
	2-1.	外観観察	・・・	7
3		SiC MOSFETチップ構造解析		
	3-1.	平面構造解析(OM)	・・・	9
	3-2.	セル部　断面構造解析	・・・	10
	3-3.	外周部　断面構造解析	・・・	11
4		第二世代1200V品との比較	・・・	12-13

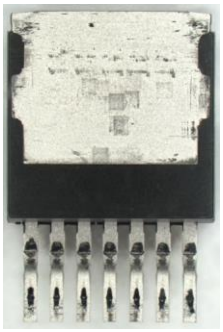
株式会社エルテック　Phone: 072-787- 7385　e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845　兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８　HP: https://www.ltec-biz.com/

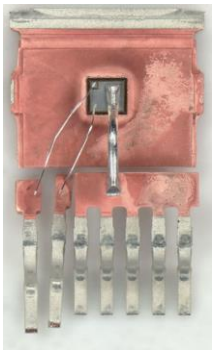
① 概要解析レポートからの抜粋

Table1-1： Device summary

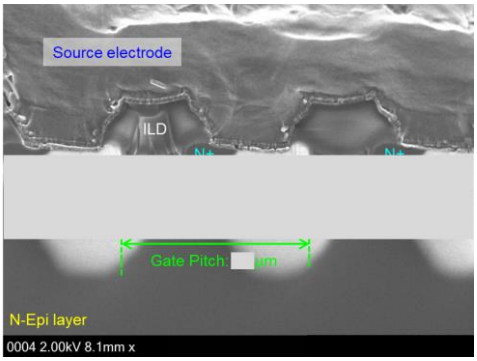
Device	SiC MOSFET (VDSS=400V, $R_{DS(ON)}$(Typ.) = 44.9mΩ (V_{GS} = 18V), I_D = 43A)　RonAA = [redacted] (mΩ·mm²)
Manufacturer	Infineon Technologies AG (Germany)
Product name	IMBG40R045M2H
Package type	PG-TO263-7
Package marking	40R045M2 HAA2430
Die configuration	Transistor: SiC MOSFET x1
Die size	[redacted] mm × [redacted] mm = [redacted] mm²
SiC MOSFET Die manufacturing process	SiC wafer, asymmetric trench gate, top metal source
Feature	• 本製品は第二世代プロセス技術を使用。 • 本製品(400V品)と第二世代1200V品との構造の比較の結果、以下のことが確認された。(P.12, 13) ・ ・ 本製品は第二世代品をカスタマイズした製品であると推定。
Application	• SMPS (Switch-Mode Power Supply) for Servers and AI • Solar PV inverters • Energy storage, UPS and battery formation • Class-D audio • Motor drives

デバイスサマリー

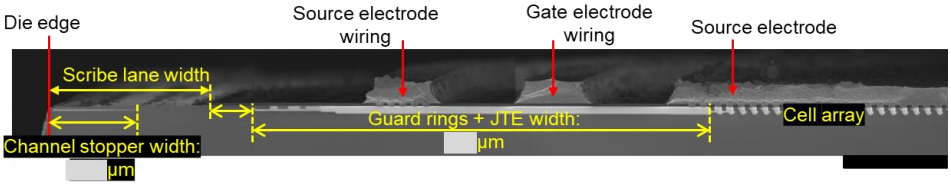




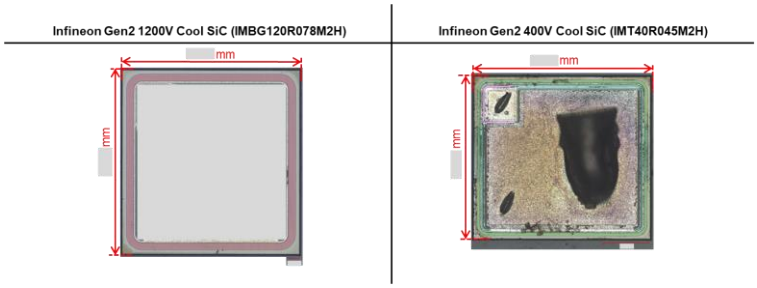
パッケージ外観



セル部　断面SEM像



チップ外周部　断面SEM像



第二世代1200V品との比較(チップサイズ、チップレイアウト)

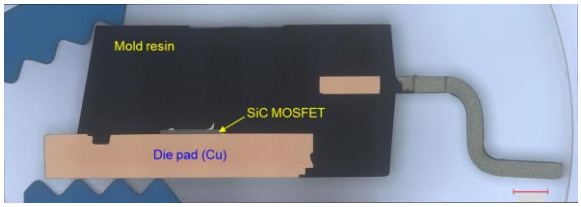
株式会社エルテック　Phone: 072-787- 7385　e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845　兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８　HP: https://www.ltec-biz.com/

② 構造解析レポート　目次

【目次】				Page
1		デバイスサマリー		
		Table1-1:デバイスサマリー	・・・	3
	1-1.	解析結果まとめ	・・・	4
		Table1-2: デバイス構造：SiC MOSFET	・・・	5
		Table1-3: デバイス構造：レイヤー材料・膜厚	・・・	6
		Table1-4: デバイス構造：実装パッケージ構造概要	・・・	7
2		パッケージ解析		
	2-1.	外観観察	・・・	9-10
	2-2.	チップ観察	・・・	11
	2-3.	パッケージ断面構造解析	・・・	12-24
3		SiC MOSFETチップ構造解析		
	3-1.	平面構造解析(OM)	・・・	26-41
	3-2.	平面構造解析(SEM)	・・・	42-48
	3-3.	セル部　断面構造解析	・・・	49-54
	3-4.	外周部　断面構造解析	・・・	55-63
	3-5.	Gateパッド部 断面構造解析	・・・	64-66
4		TEM構造解析	・・・	67-71
5		SiC MOSFETチップ裏面構造解析（アニール痕の解析）	・・・	72-74
6		第二世代1200V品との比較	・・・	75-77

株式会社エルテック　Phone: 072-787- 7385　e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845　兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８　HP: https://www.ltec-biz.com/

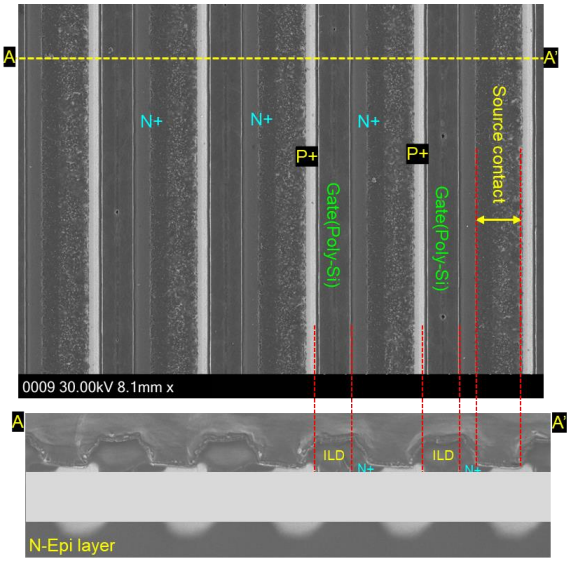
② 構造解析レポートからの抜粋



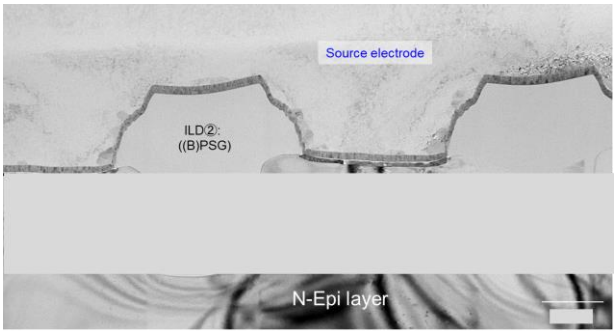
パッケージ断面構造

Number	Measurement points		Length measurement	Materials
1	Mold resin			
2	Al wire			
2-1		Gate		
2-2		Source		
3	MOSFET			
3-1		Organic protective film		
3-2		Top metal		
3-3		Substrate		
3-4		Backside metal-1		
3-5		Backside metal-2		
4	Die attach			
5	Die pad			
5-1		Die pad		
5-2		Plating layer		

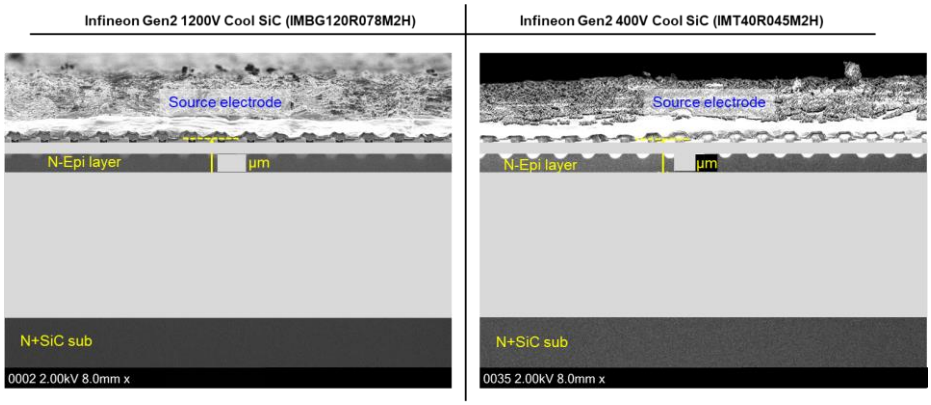
パッケージ断面構造概要



セル平面とセル断面の位置合わせ



セル部　断面TEM像



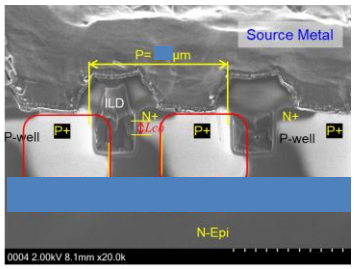
第二世代1200V品との比較（Epi層構造）

株式会社エルテック　Phone: 072-787- 7385　e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845　兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８　HP: https://www.ltec-biz.com/

③ プロセス、電気特性解析レポート　目次

【目　次】			Page
1	INFINEON 400V CoolSiC SiC-MOSFET IMBG40R045M2H: エグゼクティブサマリー	・・・	3
1-1.	SiC-MOSFETとGaN FETの特性比較	・・・	4
1-2.	SiC MOSFETチップ全体	・・・	5
1-3.	チップ端部観察	・・・	6
1-4.	デバイス構造: SiC-MOSFET SiC MOSFETセルアレイの断面SEM図 トランジスタの模式的な断面図	・・・	7
1-5	Device structure: On the crystallographic plane orientation of SiC MOSFET channel	・・・	8
1-6	SiC MOSFETセル観察	・・・	9-15
1-7	平面構造解析（SEM）:ダイコーナー	・・・	16
1-8	SiC MOSFETの構成とレイアウト	・・・	17-18
2	INFINEON 400V CoolSiC IMBG40R045M2H: 解析結果まとめ		
	Table 2-1 デバイス構造 : SiC MOSFET	・・・	19
	Table 2-2. SiC MOSFET構造 :レイヤー材料・膜厚	・・・	20
3	製造プロセスフロー		21
3-1.	SiC MOSFETのフロントエンドウェハプロセスフロー(推定)	・・・	22
3-2.	SiC MOSFETのプロセス・シーケンス断面図	・・・	23-26
4	電気特性評価	・・・	27
4-1.	SiC-MOSFETのId-Vds特性とRON温度依存性	・・・	28
4-2.	デバイス温度をパラメータとしてオフ状態のドレイン電流対ドレイン電圧（Vds）および活性化エネルギー（Ea）	・・・	29
4-3	トランジスタ間のリーク電流の比較（Si IGBT、GaN、SiC MOSFET）	・・・	30
4-4.	オフ状態破壊電圧BVdss特性	・・・	31
4-5.	ゲートリーク電流Igss特性	・・・	32
4-6	ボディダイオード特性	・・・	33
4-7.	容量（Ciss, Coss、Crss）-Vds特性	・・・	34
4-8.	デバイス構造と電気特性解析: ON抵抗	・・・	35-37
4-9.	N-epi 層不純物濃度解析	・・・	38
4-10.	デバイス構造と電気特性解析:ブレークダウン電圧	・・・	39
5	関連文献目録	・・・	40
6	関連特許目録	・・・	41-43

③ プロセス、電気特性解析レポートからの抜粋



400V Gen2 CoolSiC IMBG40R045M2H

Trench-to-DP alignment accuracy

トレンチからディープ Pwell (DP) までの Pwell (チャネル) 幅は
減に対する
に向かっ
特性
参照)。
μmを考慮
あり、P

ウェルの幅のばらつきは

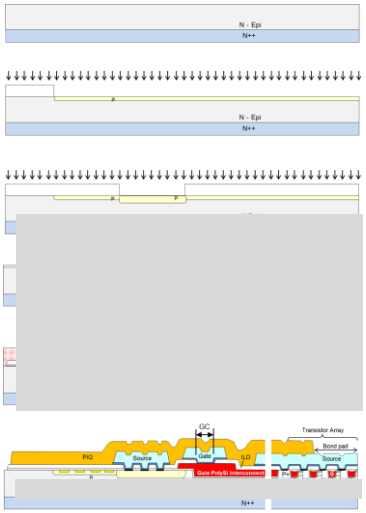
$$\Delta W_{pw} \cong \sqrt{n\Delta^2 + \delta_{DP}^2 + \delta_{TR}^2} \cong \quad \mu m$$

これは、設計値 Wpwo=0.4 μm の場合、最小幅 Wpn= Wpno

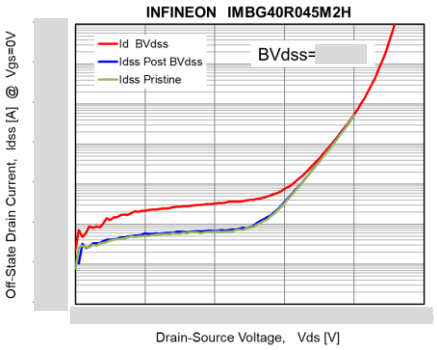
Possible Alignment Tree

AM ← JTE1
GC
MR

Infineon IMBG40R045M2H SiC MOSFET Process Sequence 1



SiC MOSFET プロセス・シーケンス(推定)



オフ状態破壊電圧BVdss

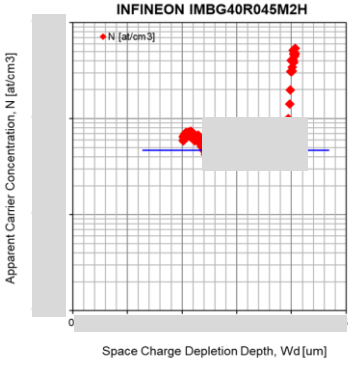


Fig.4-9-1 Carrier concentration profile

深さ方向のキャリア濃度プロファイル

1-1. Characteristics comparison between SiC-MOSFETs and GaN FET

Table 1-1: SiC MOSFET Characteristic comparison

Manufacturer	Part no.	Application	Semi-conductor	Process	Production	Vdss [V]	RON [mΩ]	Die size [mm2]	Transistor cell pitch, P* [μm]	Intrinsic RONxA [mΩ・mm2]
ROHM	SCT4062KR	Industrial	SiC	Gen 4	2022	1200	62	5.7	2.0	219
INFINEON	IMBG120R078M2H	Industrial	SiC	Gen 2	2024	1200	78	4.0	5.6 **	180
INFINEON	IMBG40R045M2H	Industrial	SiC	Gen 2	2024	400	44.9			
INFINEON	IGT60R190D1S	Industrial	GaN			600	140			

株式会社エルテック Phone: 072-787- 7385 e-mail: contact2@ltec.biz
664-0845 兵庫県伊丹市東有岡４丁目４２－８ HP: https://www.ltec-biz.com/