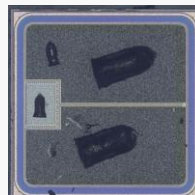


SiC MOSFET(1200V): BYD Semiconductor BSK080S120 構造解析、 プロセスと電気特性評価、短絡耐量評価レポート



パッケージ外観



SiC MOSFETチップ

概要

中国BYD社は世界最大のxEVメーカーであり、BYD Semiconductorもパワー半導体(IGBT、パワーモジュール)の研究開発・製造に注力しています。

本レポートは、BYD初のSiC MOSFETについて、その特徴、技術レベル(RON_{AA}指標、製造プロセスなど)を明らかにし、先進技術への同社の意欲を示すレポートになります。

製品特徴

型番: BSK080S120 V_{dss}=1200V ID=36A RDS(ON)=80mΩ 製品リリース日: 2024年(推定)

- ・自動車用途向けに面積当たりのオン抵抗を低く抑えている。
(ロームの第3世代、中国Basic Semiconductorの第2世代と同等レベル)
- ・アプリケーション: EV充電、DC-ACインバーター/DC-ACコンバーター、高電圧DC/DCコンバーター

解析内容、レポート価格

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

- ・ILDなど信頼性の懸念事項に注目して解析を実施。

※本製品は中国製品の第2世代相当のプロセス技術を使用していると推定。

② プロセスと電気特性評価レポート 価格 ¥800,000(税別) 発注後1weekで納品

- ・製造工程フローとフォト/マスキングのプロセス工程数。
- ・RON成分とMOSFETチャネル移動度の抽出解析。
- ・N-エピ(ドリフト)の厚さとドーピング濃度を抽出し、測定した耐圧BV_{dss}と関連確認。

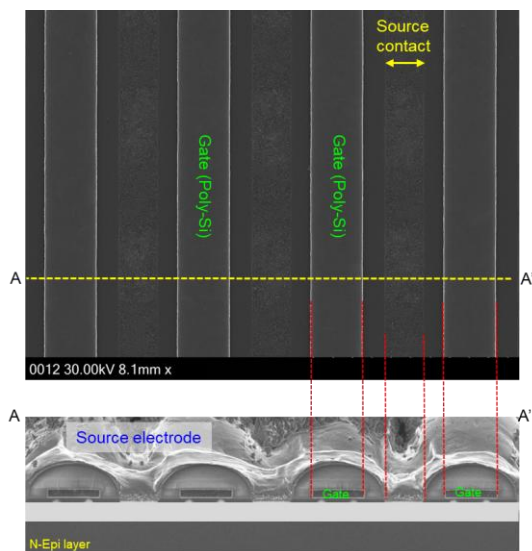
③ 短絡耐量評価レポート 価格 ¥600,000(税別) 発注後1weekで納品

- ・短絡耐量(SCWT)試験の結果。
- ・BYDのトランジスタ短絡耐性を決定する制限要因に関する考察。
SCイベント中のゲート酸化膜の強度。
- ・BYDと主要SiCメーカーのSCWT対オン抵抗の比較。

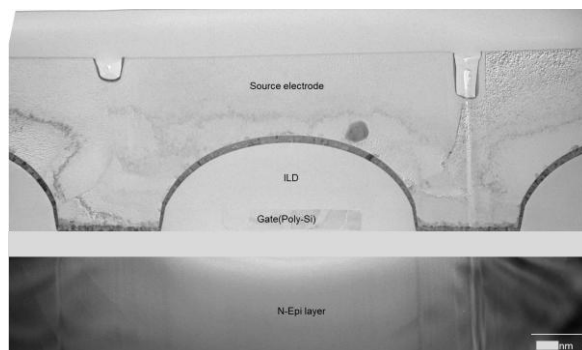
① SiC MOSFET構造解析レポート: 目次

【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.	内部レイアウト観察	... 11
2-3.	パッケージ断面構造解析	... 12-23
3	SiC MOSFETチップ構造解析	
3-1.	平面構造解析(OM)	... 25-38
3-2.	平面構造解析(SEM)	... 39-44
3-3.	セル部 断面構造解析	... 45-52
3-4.	外周部 断面構造解析	... 53-60
3-5.	Gateパッド部 断面構造解析	... 61-63
4	TEM構造解析	... 64-70
5	SiC MOSFETチップ裏面構造解析 (アニール痕の解析)	... 71-73
6	他社SiC MOSFETとの比較	... 74-75

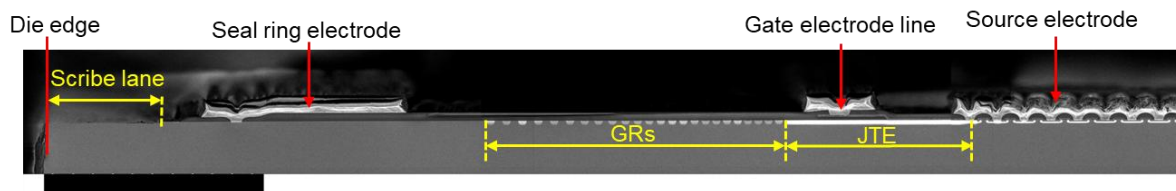
① SiC MOSFET構造解析レポートからの抜粋



セル平面・断面位置合わせ



セル部 断面TEM像



チップ外周部 断面SEM像

	SiC MOSFETs from Chinese manufacturers			Major SiC MOSFET manufacturer
Tc = 25°C	BYD BSK080S120	BASiC B2M065120Z	Sanan SMS1200075M2	
Gen -	Gen2 (Estimated)	Gen2 (Latest Gen)	Gen2 (Latest Gen)	
Die size A (mm x mm = mm ²)				
Transistor area AA (mm ²)				
Ron (mΩ / Vgs(V))	80 / 20	65 / 18	72 / 15	80 / 18
Ron x AA (mΩ · mm ²)				
Cell pitch P (μm)				

他社メーカーとの比較

② プロセス・電気特性解析レポート： 目次

目次	Page
1 BYD社のSiC-MOSFET BSK080S120: 解析結果のまとめ.....	3
1.1 Table 1-1: BYD社 1200V 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 トランジスタレイとチップ端部構成	6
1-4 BYD社デバイス構造: SiC-MOSFET	7
Schematic cross-sectional view of the transistor	7
2 SiC MOSFET観察	8
2-1. 構造解析 (SEM)	9
Transistor structure and process features (1)-(6)	9-14
2-2 チャネル長Lchを決定するためのN+およびPウェル拡散のセルフアライン形成プロセスの詳細 (推定)	15
3 BYD社のSiC-MOSFET BSK080S120構造解析結果まとめ	16
表 3-1: デバイス構造: SiC MOSFET	16
表3-2: デバイス構造: 層材料と厚さ	17
4 製造プロセスフロー解析	18
4-1 SiC MOSFETの構成、レイアウト層、アライメントツリー	19
4-2. SiC MOSFETの前工程ウェハプロセスフローの推定	20
4-3. SiC MOSFETのプロセスシーケンスの断面図	21-24
5 電気特性評価	25
5-1. Id-vs-Vds 特性	26
5-2. オフ状態のドレイン電流 Idss とドレイン電圧 (Vds) および活性化エネルギー (Ea) の関係 (デバイス温度をパラメータとする)	27
5-3. オフ状態破壊電圧BVdss特性と動作マージン	28
5-4 メーカー間とのリーク電流の比較	29
5-5. ゲートリーク電流Igss特性.....	30
5-6. ボディダイオード特性.....	31
5-7. 静電容量 (Ciss, Coss, Crss)-Vds特性.....	32
5-8. デバイス構造と電気特性解析: ON抵抗	34-36
5-9 Nepi不純物濃度の抽出	37
5-10 デバイス構造と電気特性解析: 破壊電圧	38
6 BYD BSK080S120データシートからの抜粋	39-41

② プロセス・電気特性解析レポートからの抜粋

Table 1 : BYD 1200V SiC MOSFET Comparison

Maker	Part no.	Process Gen.	Structure	Production	Die Size mm x mm mm2	Vdss [V]	RON [mΩ]	Intrinsic RONxA [mΩ・mm ²]
ROHM	SCT3080KL	Gen 3	Double Trench					
WOLFSPEED	C3M0075120K	Gen 3	Planar					
INFINEON	FF11MR12W1M1_B1	Gen 1	Trench					
STMicro	SCT040N120G3AG	Gen 3	Planar					
Onsemi	NTH4L040N120M3S	Gen 3	Planar					
GeneSiC	G3R75MT12K	Gen 3	Planar					
BASiC	B2M065120Z	Gen 2	Planar					
BYD	BSK080S120		Planar					

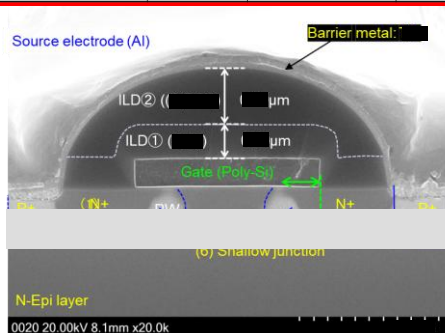
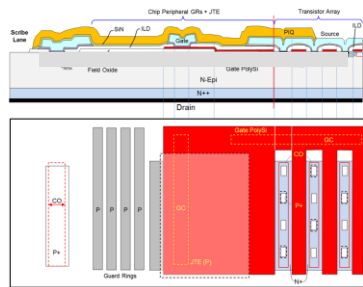


Fig. 2-1-2 Cross-sectional SEM image of cell array

- 1) ゲ
 - 2) C
 - 3) 浅
 - 4) 深
 - 5) チ
 - 6) 丸
- 明確
に見
は短
シ

NAVITAS-GeneSiC SiC MOSFET G3F プロセスフローシーケンス



Structure and layout

Fig.4-1 Estimated layout layers and alignment tree.

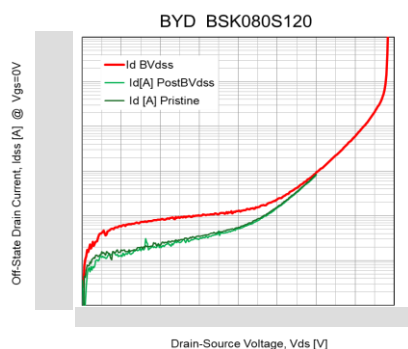
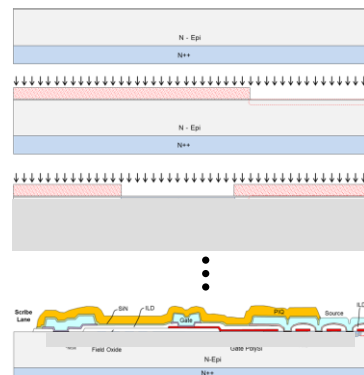
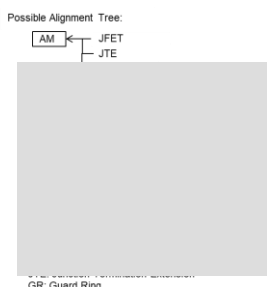


Fig.5-3-1 オフ状態破壊電圧BVdss

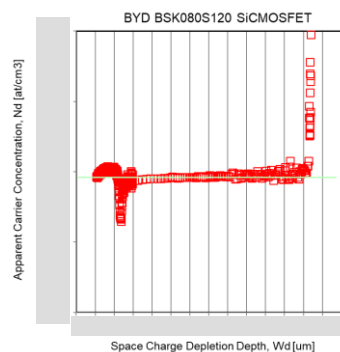


Fig.5-9-1(a) 深さ方向のキャリアドーピングプロファイル

③ 短絡耐量評価解析レポート： 目次

【目次】	頁
1 背景、目的とエグゼクティブサマリー	3
はじめに	4
2 BYD社製 SiC MOSFET「BSK080S120」デバイス構造	5
2.1 デバイス構造/材料解析	5
表1. 構造パラメータの概要	6
3 短絡試験	7
3.1 短絡試験回路	8
3.2 短絡耐量試験評価条件と目的	9
4 短絡耐量試験測定結果	10
表3: BYD社製 SiC MOSFET「BSK080S120」の短絡耐量特性測定結果まとめ	11
4.1 短絡耐量試験：電圧および電流波形結果	12-21
4.2 測定結果の解析と考察	22
短絡時ピークドレイン電流 $I_{sc,pk}$ 対ドレイン電圧 V_{ds} 依存性	23
短絡破壊時間(耐久時間) $t_{sc,f}$ 対ドレイン電圧依存性	24
ドレイン電圧 V_{ds} に対する短絡エネルギー $E_{sc,f}$	25
短絡故障時間($t_{sc,f}$)と熱暴走を支配する時間 t_{ra} の消費電力 $P_d = (V_{ds} \times I_d)$ 依存性	26
4.3 ゲートリーク電流に関する考察	27-29
測定された短絡時間($t_{sc,f}$)と消費(放熱)電力密度の比較 $P_d/A = (V_{ds} \times I_d)/A$.	30
4.4 遅延短絡破壊と安全なターンオフのための最大ターンオン時間(t_{scon})	31
4.5 温度上昇 ΔT_j の解析と推定	32-33
4.6 電熱モデルを使用して推定された臨界トランジスタ内部温度	34
4.7 温度上昇 ΔT_j の解析と推定	35
4.8 オン抵抗と短絡耐量時間のトレードオフ	36
5 BYD社とWolfspeed第3世代のSiCトランジスタの構造比較	37
5.1 BYD BSK080S120とWolfspeed第3世代のSiCトランジスタの構造比較	38
5.2 BYD BSK080S120とWolfspeed第3世代のSiCトランジスタの電気特性比較	39
ROHM、STMicro、BYD とWolfspeedトランジスタ短絡ドレイン電流波形の比較	41
臨界短絡エネルギー($E_{sc,f}$)と破壊までの時間 $t_{sc,f}$ の依存性	42
5.3 BYD BSK080S120とWolfspeed第3世代のSiCトランジスタの短絡耐量比較	43
6 まとめ	44
短絡耐量時間($t_{sc,f}$ =SCWT)と単位面積当たりのオン抵抗指数($RONx_A$)の一般的なトレンド	45
7 参考文献	46
Appendix: 温度上昇 ΔT_j の解析と推定	47

③ 短絡耐量評価解析レポートからの抜粋

3.1 短絡試験回路

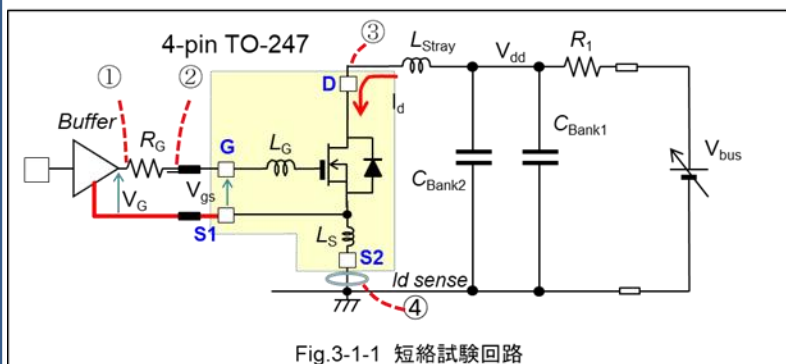


Fig.3-1-1 短絡試験回路

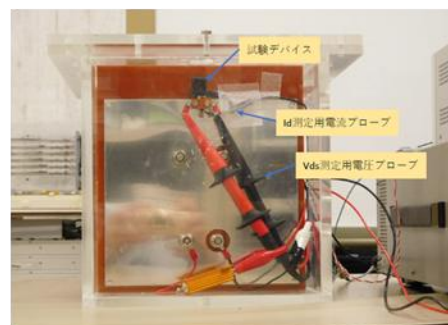


Fig.3-1-4 評価装置部の写真

	BYD BSK080S120		Wolfspeed 3rd Gen C3M0075120D/K	
RonxAA	416 mΩ·mm ² (DS Typical)		345 mΩ·mm ²	
V _{ds} [V]	t _{sc,f} [usec] @ V _{gs} =20V	Energy E _{sc,f} [J]	t _{sc,f} [usec] @ V _{gs} =15V	Energy E _{sc,f} [J]
600				
800				

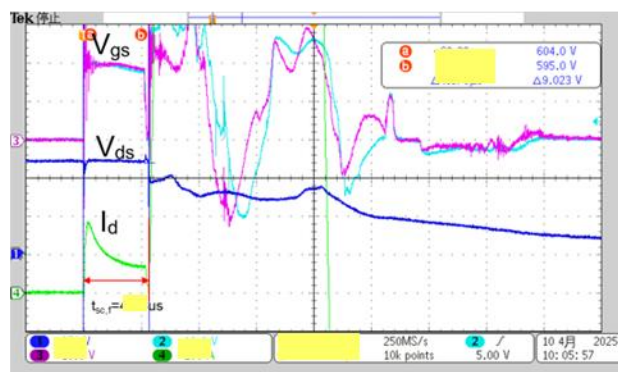


Fig.4-1-2 サンプル# 2の電圧および電流波形結果 V_{ds}=600V, V_{gs}=20V/0V.

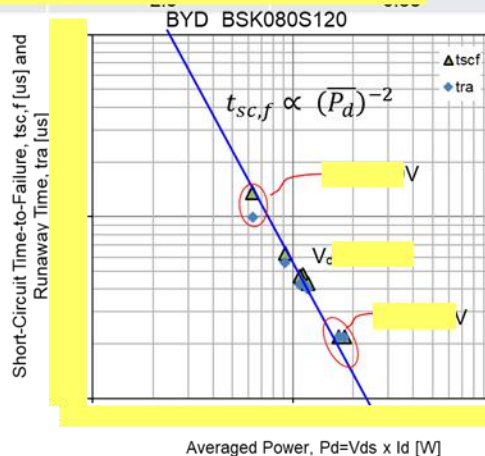


Fig.4-2-6 短絡故障時間 ($t_{sc,f}$) と熱暴走を支配する時間 t_r の消費電力 $P_d = (V_{ds} \times I_d)$ 依存性

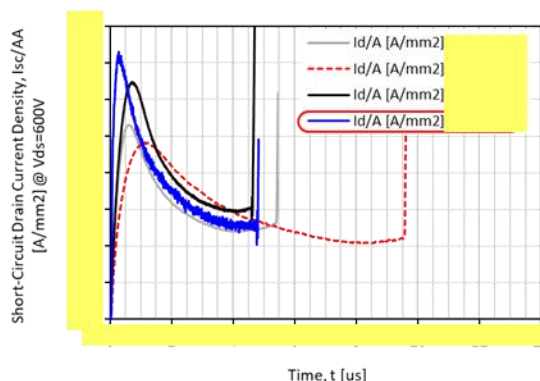


Fig.5-2-3: ROHM 3G, Wolfspeed (WLFSPD C3M075120K), STMICRO第3世代(ST3G), および BYD(BSK080S120) SiC MOSFETの (a)短絡電流密度 (I_{sc}/AA) および (b) 短絡消費エネルギー密度 (E_{sc}/AA) の比較

