

SiC MOSFETs(1200V): 調査・ベンチマークレポート(2025年版)

背景

近年、SiC搭載、採用のアプリは増加しており、SiCに関する発表や活動が活発に行われています。主な状況としては下記。

- 大手SiCデバイスメーカーは第4世代技術に参入。
単位面積当たりのオン抵抗 $RON \times A$ は、 $200m\Omega \cdot mm^2$ 未満に低減。
- SiCウェハの製造量の増加、製造歩留まりの向上に伴い、SiCウェハの価格が大幅に低下。
- 中国のSiCウェハメーカー(Tankeblue、SICCなど)は、量産と低価格のウェハを提供しており、デバイスメーカーも採用するようになっていきます(例: Tankeblue-Infinionなど)。

エルテックは、各社状況と解析技術動向から、2025年版の最新のSiC MOSFET技術調査およびベンチマークレポートをリリースしました。本レポートの目的は、世界のSiC MOSFET業界の技術進化とその現状と展望を追跡することとなります。

レポート内容 (P.3, 4の目次参照):

SiC トランジスタの技術動向と進化の分析は、2014 年以降に解析を行った約 60 製品のデータに基づいており、主要なSiCデバイスメーカーの第1世代から最新の第4世代までのデータが含まれています。

STMicro、INFINEON、Wolfspeed、ROHM、TOSHIBA、
ONSEMI、NEXPERIA/Mitsubishi、DENSO、BOSCH (P.6を参照)

レポート内容

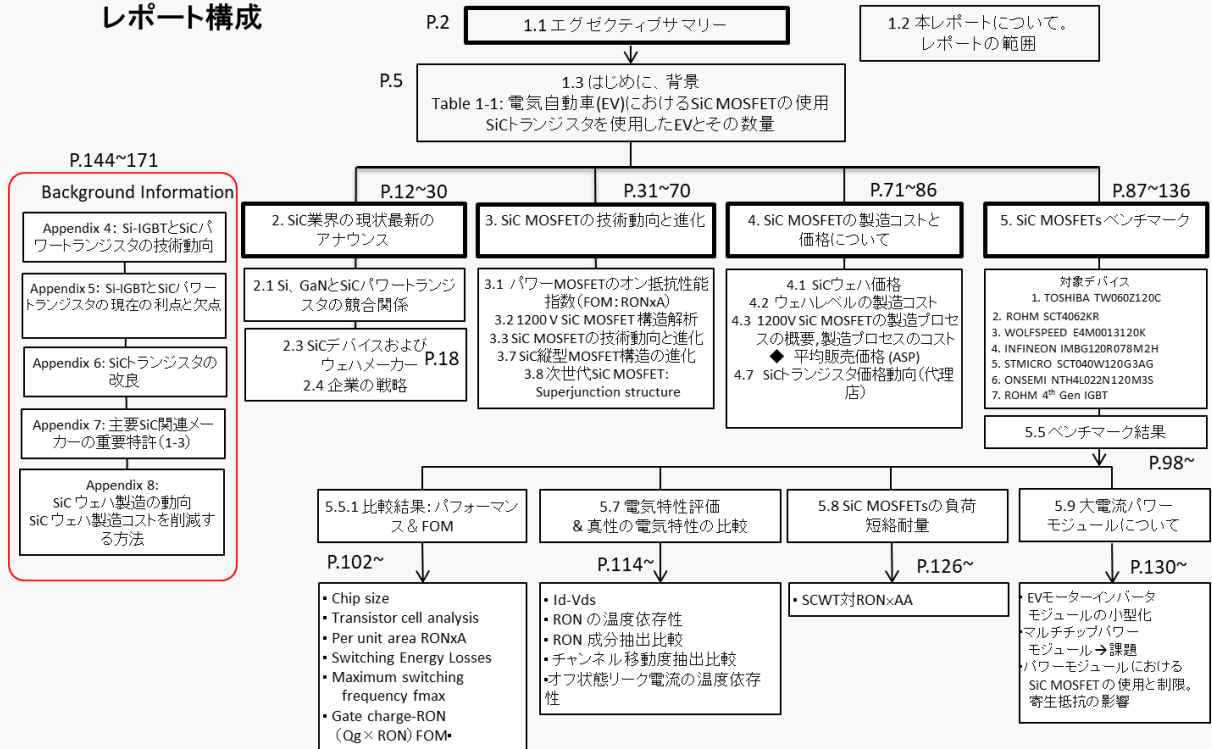
- SiC ウェハの主要サプライヤーと主要なSiC トランジスタ メーカー
- SiC トランジスタの技術進化とパフォーマンス向上の傾向
ピッチサイズの縮小、それともトランジスタの性能の向上か?
技術トレンドと新しい発表?($\Rightarrow$ SuperJunction)
- 非常に低い $RON (\leq 10m\Omega)$ トランジスタの新たな制限★
- 新しいSiCウェハ($\Rightarrow$ 貼り合わせSiC、PolySiC基板)
- SiC 生ウェハ価格と SiC デバイス加工ウェハコスト(PEC)の推定と考察
- SiC MOSFET は安価になっているか? ASP(平均販売価格)は下降傾向にあるか?
- SiC ベーストランジスタと Si ベーストランジスタのコスト/価格比について
2022 年から 2024-25年にかけての変化について

レポート価格

価格: ¥1,100,000 (税別)

発注後1weekで納品

レポート構成



※本レポートの範囲について

本レポートでは、弊社にて実施してきた、SiC トランジスタの構造とその性能の調査結果から、パワー SiC MOSFET の主な技術進歩を調査してまとめ、動向、課題などを考察、SiCウェハ供給、SiCデバイスの技術動向からコストを見積もっています。

本レポートはヒアリングによる市場調査レポートではありませんが、公開されている情報(情報源が明記されている)に基づいて、SiC ベースの世界市場の現在の収益予測と主要メーカーをまとめています。

SiC MOSFET 調査・ベンチマークレポート(2025年版)【目次(1)】

2025 Edition		Page
1	1.1 エグゼクティブサマリー	2
	1.2 本レポートについて	5
	1.3 はじめに	7
	Table 1-1: 電気自動車(EV)におけるSiC MOSFETの使用	8
	SiCトランジスタを使用したEVとその数量	9
2	SiC業界の現状最新のアナウンス	12
	SiCトランジスタの展望	13
	2.1 Si、GaNとSiCパワートランジスタの競合関係	13-14
	2.2 SiCの市場拡大	15-17
	2.3 SiCデバイスおよびウェハメーカー	18
	Table 2.3-3: SiCデバイスおよびモジュールメーカーの現状	19
	2.4 企業の戦略	20-21
	2.5 大手SiC企業の発表・アナウンスメント	22-30
3	SiC MOSFETの技術動向と進化	31
	3.1 パワーMOSFETのオン抵抗性能指数(FOM): RONxA	33
	3.2 1200V SiC MOSFET 構造解析	35
	3.3 SiC MOSFETの技術動向と進化	36-42
	3.4 高電圧SiC MOSFET: エピ層の厚さ	43-44
	3.5 SiC MOSFETの破壊電圧BVdssとエピ層の厚さ	45
	3.6 SiC MOSFET Epi-Buffer層構造調査	46-49
	3.7 SiC縦型MOSFET構造の進化	50
	平面(Planar)型: WOLFSPEED 4 th Gen, STMicro 3 rd Gen, ONSEMI M3S	51-55
	Trench型: ROHM 4 th Gen, INFINEON 2 nd Gen CoolSiC, DENSO, BOSCH	56-64
	3.8 次世代SiC MOSFET: Superjunction structure	65-70
4	SiC MOSFETの製造コストと価格について	71
	4.1 SiCウェハ価格	73-74
	4.2 ウェハレベルの製造コスト	75
	4.3 1200V SiC MOSFETの製造プロセスの概要	76
	4.4 1200V SiC MOSFET製造プロセスのコスト概要	78
	4.5 製造コスト: 期待されるコスト削減	79-80
	4.6 平均販売価格 Average Selling Price (ASP)	82-85
	4.7 SiCトランジスタ価格動向(代理店)	86
	4.8 SiC MOSFETの考察と現状: FOMと平均販売価格	87
5	SiC MOSFETs ベンチマーク	88
	TOSHIBA, 4 th Gen ROHM, Wolfsped, INFINEON, STMICRO, Onsemi, RPHM IGBT-4	
	5.1 SiC MOSFET の信頼性に関する懸念事項	90
	5.2 Table 5-1: 1200V SiC MOSFETs benchmark (2025)	91

SiC MOSFET 調査・ベンチマークレポート(2025年版)【目次 (2)】

2025 Edition	Page
5.3 Table 5-2: Structure of the evaluated 1200 V SiC MOSFET	92
Fig. 5.3-1 規定最大動作ドレイン電圧 (V _{dss}) が 400V ~ 1700V の SiC MOSFET の一般的なブレークダウン電圧特性	94
5.4 評価されるFigures Of Merit (FOMs 指標)	95-98
5.5 SiC MOSFETのベンチマーク結果	99-102
5.5.1 比較結果: パフォーマンス&FOM	103-104
5.6 スイッチングエネルギー損失	105
5.6.1 パッケージとスイッチングエネルギーへの影響	107-113
比較表の結果まとめ	114
5.7 電気特性評価	115
真性の電気特性の比較	117
Table 5.7-1: 抽出された(相対的)チャネルキャリア移動度の概要	119
5.7.2 デバイス構造と電気特性解析: オン抵抗成分解析	120
5.7.3 電気的特性: オフ状態のドレインリーク電流の比較	125
5.8 SiC MOSFETsの負荷短絡耐量: SCWT対RON×AA	128-131
5.9 大電流パワーモジュールについて	132
Table 5.9-1: EVモーターインバータモジュールの小型化	133
マルチチップパワーモジュール	134
その他: パワーモジュールにおける SiC MOSFET の使用と制限、寄生抵抗の影響	137
Table 5.9-2: xEVパワーモジュールの小型化とトランジスタ寄生抵抗	138
6 まとめと結論	141-143
7 References	144
8 Appendixes	146
Appendix 1: パワートランジスタとモジュール関連用語集	147
Appendix 2: パワーエレクトロニクスデバイス用半導体材料の関連特性	148
Appendix 3: パワーエレクトロニクスデバイスにおける高温に関する考慮事項	149
Appendix 4: Si IGBTとSiCパワートランジスタの技術動向	150
Appendix 5: Si IGBTとSiCパワートランジスタの現在の利点と欠点	151
Appendix 6: SiCトランジスタの改良	152
Appendix 7: 主要SiC関連メーカーの重要特許(1-3)	153-167
Appendix 8: SiC ウェハ製造の動向 SiC ウェハ製造コストを削減する方法	168-173
9 改訂履歴 (Revision History)	174

2 Prospects of SiC transistors

2.1 Si、GaNとSiCパワートランジスタの競合関係

2022

2024

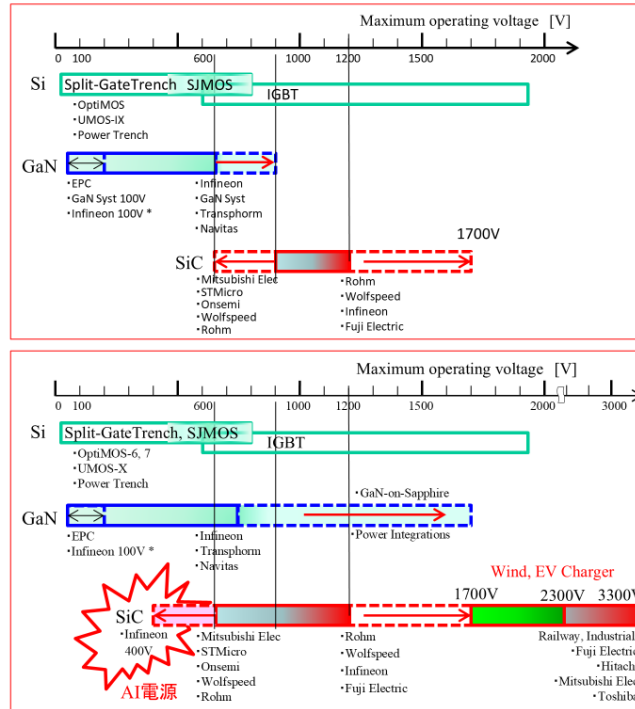


Fig.2.3 高出力 WBG トランジスタの進化

・GaN は $V_{ds} > 1200V$ に拡大し、
 ・SiC MOSFET は $V_{ds} \sim 400V$ に侵入。



LTEC CORPORATION

Page 14 of 171

2 SiC トランジスタの展望

2.1 Si、GaNとSiCパワートランジスタの競合関係

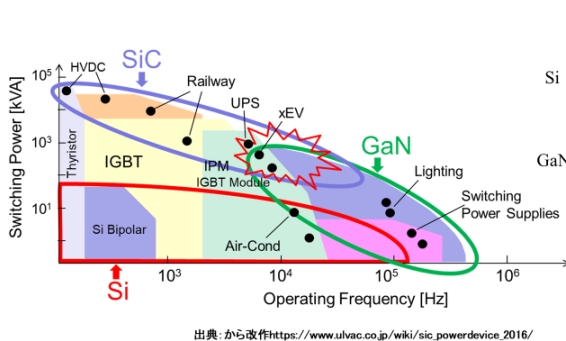


Fig.2.1: Si、GaNとSiCパワートランジスタの競合関係

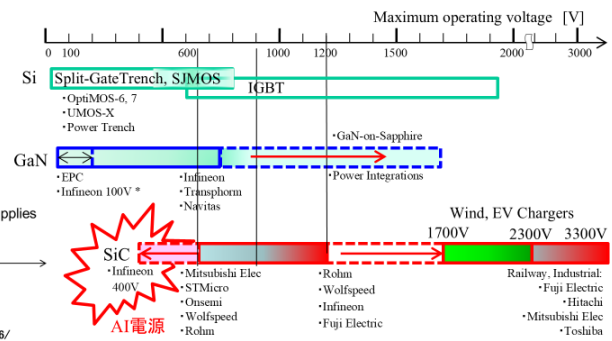


Fig.2.2: Si、GaNおよびSiCパワートランジスタの現在(2024年)の電圧応用領域

2017年、Transphorm社は、900Vで動作する世界初のGaN HEMTを発表しました。これは、SiC MOSFETと直接競合します。650Vゾーンでは、大手メーカーがSiC MOSFET (Tesla-3モーターインバーター用のSTMicro)を導入しています。

主要メーカーは、1700V アプリケーション用の SiC トランジスタも提供している。

・大手 AC アダプタ メーカー (Power Integrations, PI社) は、スイッチング デバイスとして AEC-Q100 認定の 1700V SiC MOSFET を備えたフライバック コンバータ (InnoSwitch3-AQ 1700 ボルト IC.) を発表した (2022年 2月)。

・さらに、GaN企業のNavitas Semiconductorは、SiCパワーデバイスの設計とプロセスに深い専門知識を持つSiCのパイオニアであるGeneSiC Semiconductorの買収を発表しました。(2022年8月16日)

PI社と同様に、Navitas はシステム設計に SiC MOSFET を組み込んで行く。これは、車載システムで必要とされる $V_{ds} > 800V$ での動作に対する GaN HEMT の制限によるものと思われる。

・2024年5月28日、INFINEONはAI(人工知能)電源向けGaNとSiCの拡大を発表した: 新規 400V CoolSiC MOSFET



LTEC CORPORATION

Page 13 of 171

株式会社エルテック
 664-0845 兵庫県伊丹市東有岡4丁目42-8

Phone: 072-787-7385

e-mail: contact2@ltec.biz

HP: <https://www.ltec-biz.com/>

Table.1 Outline of FOM and cost/price of evaluated devices

Table 1: Outline of FOM and cost-price of evaluated devices			TOSHIBA	ROHM	WOLFSPEED	INFINEON	STMICRO	ON-Semi	ROHM
FOM	Summary of Performance FOMs		TW060Z120C	SCT406ZKR	E4M0013120K	IMBG120R078M2H	SCT040W120G3AG	NTH4L022N120M3S	RGAB0TRX2EHR
	Process Technology Generation								
	72	Specific Effective ON Resistance, RONxA @ TJ= 150°C	mΩ•mm2						
	73	Specific Intrinsic ON Resistance, RONxAA @ TJ= 25°C	mΩ•mm2						
	74	Specific Intrinsic ON Resistance, RONxAA @ TJ= 150°	mΩ•mm2						
	75	Qg x RON @ TJ= TJmax	nC•Ω						
	76	Ciss x RON @ TJ= TJmax	pF•Ω						
	77	Crss x RON @ TJ= TJmax	pF•Ω						
	78	Coss x RON @ TJ= TJmax	pF•Ω						
	79	Turn-off Switching Energy, Eoff x RON @ TJ= TJmax	mJ•mΩ						
	80	Turn-on Switching Energy, Eon x RON @ TJ= TJmax	mJ•mΩ						
	81	Maximum Switching Frequency, fmax	kHz						
Cost & Price	82	Reverse Recovery Charge, Qrr x RON	nC•Ω						
	83	Average Selling Price, ASP (Retailer)	\$/unit						
	84	ASP per Ampere (@ Tc=100°C)	\$/A						
	85	ASPxRON	\$/Ω						
	Processed Wafer Cost (Estimated, AVG)		\$/wafer						

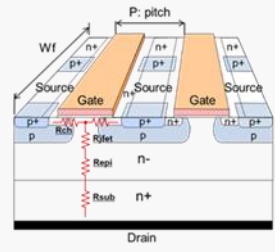
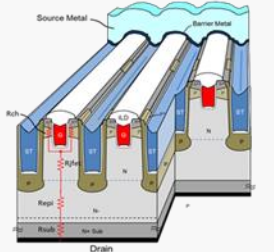
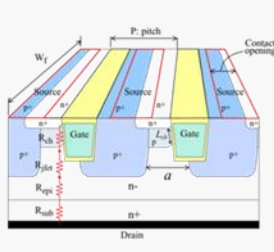
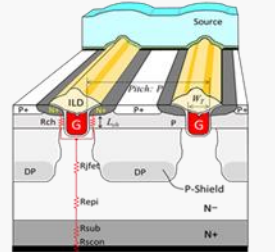
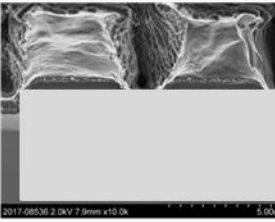
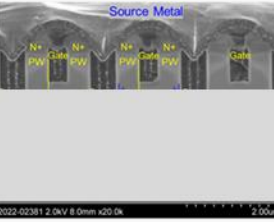
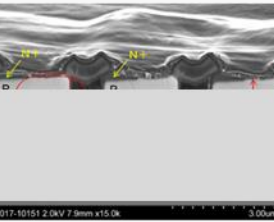
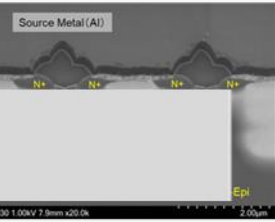
Table 2.3-3: SiCデバイスおよびモジュールメーカーの現状 (2024年11月時点)

#	Company	Market Share %	LTEC Report※	Epi Wafer	Device Chip	Module	Latest activities
1	STMicro (IT)		✓	✓	✓	✓	6分/10秒使用 ▲STMicroのSiC MOSFETは、TEEAのSiCパワーデバイスで使用されています
2	INFINEON (DE)		✓	✓	✓	✓	
3	WOLFSPEED (US) (CREE)		✓	✓	✓	✓	
4	ROHM (JPN)		✓	✓	✓	✓	
5	ONSEMI (US)		✓	✓	✓	✓	
6	mitsubishi Electric (JPN)		✓				
7	Fuji Electric (JPN)		✓				
8	Hitachi → Minebea PD (JPN)						
9	TOSHIBA (JPN)		✓				
10	MicroSemi/Microchip (US)		✓				
11	GeneSiC (US)		✓				
12	Littelfuse/IXYS (US)		✓				
13	United SiC Corp (Qorvo) (US)		✓				
14	X-Fab (US)						
15	SiCmore Semi (US, OR)						
16	Denso (JPN)		✓				
17	BOSCH (DE)		✓				
18	SUMITOMO Electric Ind. (JPN)						
19	RENESAS						

5.2 Table 5-1: 1200V SiC MOSFETs benchmark (2025)

Manufacturer Product		ROHM SCT4062KR	TOSHIBA TW060Z120C	WOLFSPEED E4M0013120K	INFINEON IMBG120R078M2H	ONSEMI NTH4L022N120M3S	STMICRO SCT040W120G3AG	INVENTCHIP IV3Q12013T42
Manufacturer country		JPN	JPN	USA	GERM	USA	ITA	CHN
Process Generation		4 th	3 rd	4 th	2 nd	3 rd M3S	3 rd	3 rd
Electrical Specs & FOMs	Max V _{dd} [V]							
	Rated DC I _d [A] (per transistor)							
	RON [mΩ]							
	Spec Operating T _{jmax} [°C]							
	Gate Input capacitance C _{iss} xRON [pFxΩ]							
	Drain Output capacitance C _{oss} xRON [pFxΩ]							
	Reverse transfer capacitance C _{rss} xRON [pFxΩ]							
	Total Switching Energy Loss E _{sw} xRON [mJ x mΩ]							
	Estimated Max Switching Frequency, f _{sw} [kHz]							
	Chip Size, A [mm ²]							
Structural Features	Array Active Area, AA [mm ²]							
	Current Density, I _d /AA [A/mm ²]							
	Specific ON resistance FOM: Effective RON x A [mΩ · mm ²] @ T _j =25°C							
	Specific ON resistance FOM: Effective RON x A [mΩ · mm ²] @ T _j =T _{jmax}							
	Transistor Configuration							
	Transistor Cell pitch, P [μm]							
Die photograph								

5.3 Table 7: SiC MOSFETの構造 *) (2025)

 Planar Gate Structure	 Double Trench Structure	 Asymmetrical Trench Gate Structure	 Trench Gate Structure
 2017-08536 2.0kV 7.9mm x10.0k 5.00μm	 2022-02381 2.0kV 8.0mm x20.0k 2.00μm	 2017-10151 2.0kV 7.9mm x15.0k 3.00μm	 0030 1.00kV 7.9mm x20.0k 2.00μm

トランジスタの概略斜視図およびSEM断面像を示す。

(*) 詳細なデバイス製造解析レポートについては、LTECにお問い合わせください。

3.3 SiC MOSFETの技術動向と進化 (2) 1200V SiC-MOSFET

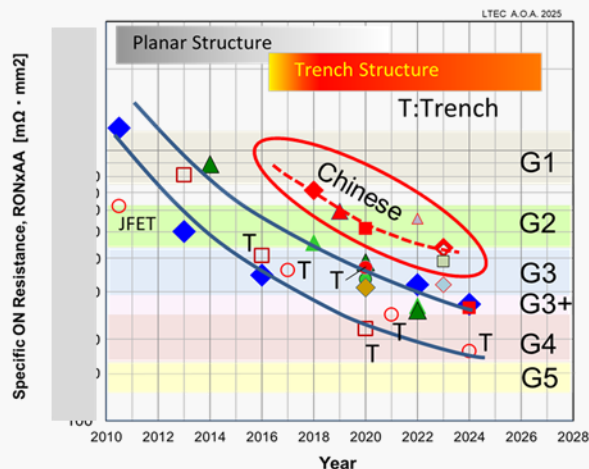
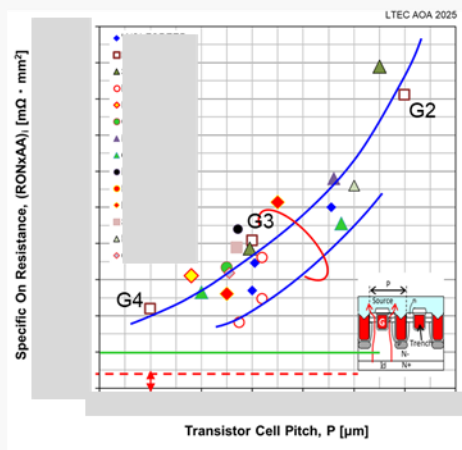


Fig.3.3-2 1200V SiC-MOSFET on-resistance (RONx λ) figure of merit (FOM) trends



4.1 SiCウエハ価格(2)

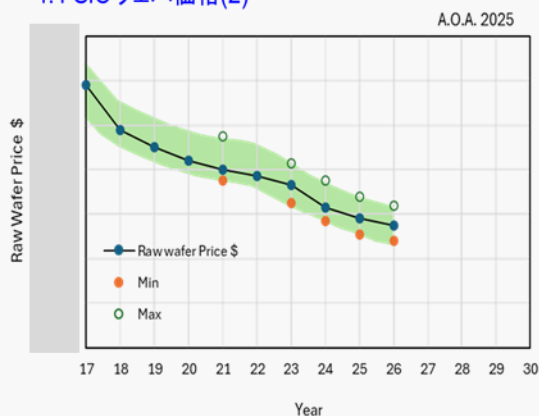
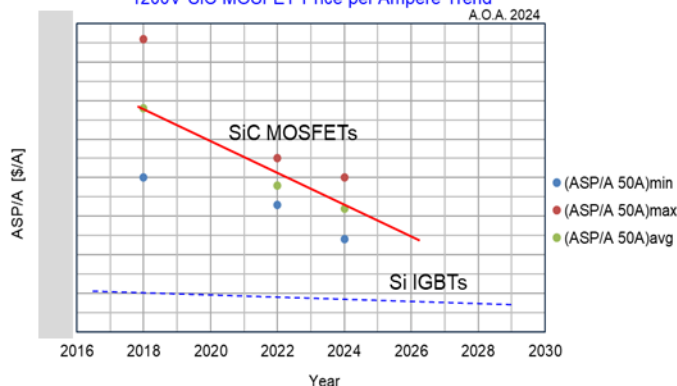


Fig.4.1-1 SiC 150mmφ生ウエハ価格動向

4.6 平均販売価格 Average Selling Price (ASP)

1200V SiC MOSFET Price per Ampere Trend



SiC MOSFETの性能ベンチマーキング

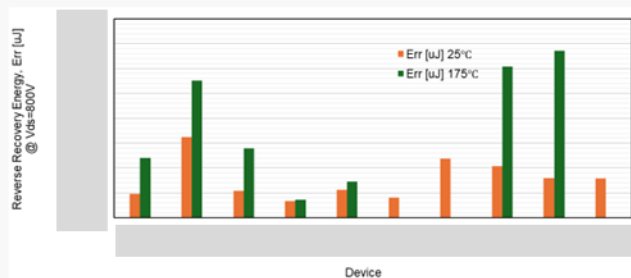


Fig.5.5-5 1200V, Ron~32-40mΩ SiC MOSFETでのボディダイオードの逆回復エネルギー損失 (Err @ 25°C, 800V)。

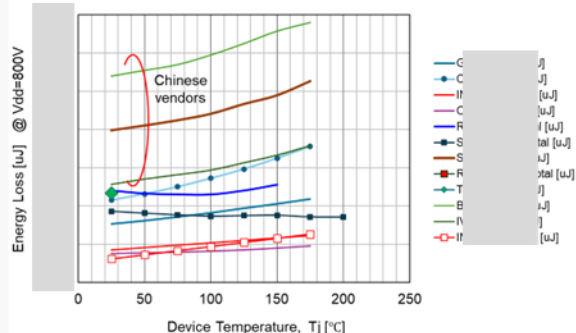


Fig.5.6-4 Total switching energy losses in 1200V, Ron~34-40mΩ SiC MOSFETs