

SiC SBDs (600-1200V): 調査・ベンチマークレポート

レポート概要

約20年前に初めて商業的に導入されたSiC ショットキーバリアダイオード (SBD) は、(Si PN ダイオードと比較して) 非常に低いターンオン電圧、単極キャリア伝導により逆回復電流を無視できるため、パワーエレクトロニクス システムで広く使用されています。

本レポートでは、下記の表に示す 5つの製品に焦点を当てて、SBDの構造の進化、レイアウト、電気的特性を評価し、その技術動向をまとめています。

また、性能指数(FOM: 面積あたりの微分ON抵抗 $RF \cdot A$ 、VF、耐圧)を評価し、デバイスの構造パラメータとの相関や、さらにSiC MOSFET との比較も行っています。

製品仕様

表1: 本レポートの解析対象製品および評価結果概要

	STMicro	INFINEON	onsemi	STMicro	WOLFSPEED
Product	STPSC2006CW	IDH06G65C6	FFSH10120A-F085	STPSC20G12-Y	C4D40120H
生産	2011	2017	2018 Rev.1	2022	
VRRM [V]	600	650	1200	1200	1200
DC IF [A]	18	6	10	20	40
IFSM [A] (Surge Current)	32	38	90	180	247
Die Size [mm x mm]					
Die Area, A [mm ²]					
Diode Active Area, AA [mm ²]					
Forward Resistance RF [mΩ]					
Per Area RF: RFxAA [mΩ·mm ²]					
Repl% of RF					
Rsub% of RF					
Measured Breakdown Voltage [V]					
Die Photo					

レポート内容、結果概要

SiC SBDs (600-1200V)調査・ベンチマークレポート : 価格95万円(税別)

発注後1weekで納品

- ・デバイス構造解析内容(活性領域(SBD、JBS、MPS)、周辺エッジ)
- ・大手SiCメーカーのBPD(Basal Plane Dislocation: 基底面転位)対策N-Buffers構造の抽出と比較
- ※ 本レポートの目次、一部内容は抜粋して次ページ以降に記載しています。

- ・各メーカーでのNバッファ層は、0.2 μm から最大 3 μm までと大きく異なっています。(P3 表3-1参照)
- ・測定した1200V定格ダイオードの分析により、順方向抵抗(RF)の成分は以下となっています。
基板(N+)はRFに大きな影響を与えます。

- 1) エピ層抵抗は 50% ~ 64%
- 2) N+ 基板抵抗は全 RF の 26% ~ 33%

上記SBD製品個別の詳細レポートについてご興味の方は、お気軽にお問い合わせください。

レポートより抜粋 (1)

【目次】		頁
1	エグゼクティブサマリー 解析結果のまとめ	3
	表1:本レポートの解析対象製品および評価結果概要	4
2	ショットキー バリア ダイオード (SBD)	5
	表 2: SiCダイオードの電気的評価および測定条件	
2-1.	ダイオード構造	6-7
2-3	ショットキーバリアダイオード(SBD)の構造と単位面積あたりの 順導通抵抗 $RF \cdot A$ を性能指標(FOM)	8
2-3.2	実用的なダイオードの全体構造	10
2-4	更なる高耐压SiC 素子: エピ層の厚さ	11
	$V_{rrm} = 600 \sim 1200$ V定格 SiC ショットキー バリア ダイオード(SBD)の逆(漏れ) 電流密度特性の比較	12
	1200V定格SiC SBDとSiC MOSFETの逆バイアス 漏れ電流特性の比較	13
3	SiC SBD構造ベンチマーク	15
3.1	SiC SDB 構造概要	16
	表3-1: SiC SBD構造チップとエピ層比較	17
	表3-2: SiC SBD構造構成比較	18
3.2	SiC SBDのベンチマーク結果	19
	3.2.1 電気的特性のベンチマーク 表3-2-1: SiC SBD電気特性と構造比較 (1)、(2)	20-21
	比較表の結果から	22
3.3	電気的特性評価	23
	SiC SBD順方向電流特性の概要	24-28
	SiC SBD逆バイアス漏れ電流特性の概要	29
	SiC SBD容量(C_j)特性の概要	30-34
	SiC MOSFETとSBDのブレイクダウン電圧 $BV_{dss} \cdot BV_{rrm}$ とエピ層厚さ	35
	SiC SBDの単位面積あたりの順方向導通抵抗($RF \cdot AA$)	36
4	解析結果のまとめ	37
5	関連参考資料	38
6	Appendix	39
	1200V SiC SBD および MOSFET の製造プロセスの概要	40

※Wolf speed の製品については、電気的特性は測定していませんが、データシートからパラメータ(RF、N-Epiドーピング濃度など)の抽出を行っています。

レポートより抜粋 (2)

表3-1: SiC SBD構造チップとエピ層比較

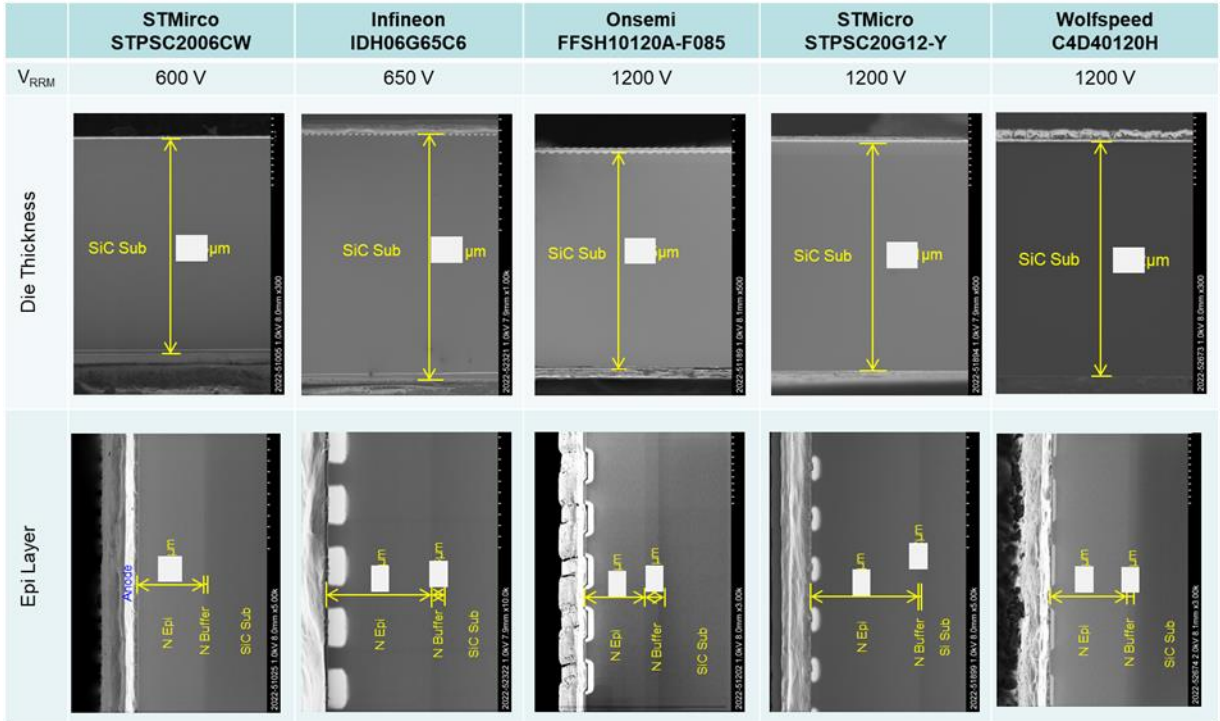


表3-2-1: SiC SBD電気特性と構造比較 (2)

	1	Manufacturer	STMicro	INFINEON	ONSEMI	STMicro	WOLFSPEED
	2	Product	STPSC2006CW	IDH06G65C6	FFSH10120A-F085	STPSC20G12-Y	C4D40120H
Structural Parameters	30	構造	SBD	MPS	MPS	MPS	JBS
	31						
	32	チップサイズ					
	33	チップ面積、A [mm ²]					
	34	活性領域面積, AA [mm ²]					
	35	チップ周辺幅, We [μm] (JTE, GRなど)					
	36	チップ厚 [μm]					
	37	N-Epi thickness, Xepi [μm]					
	38	Bulk Mobility μ_b [cm ² /V · s]					
	39	N-Epi resistivity, ρ_d [$\Omega \cdot \text{cm}$]					
	40	N-Epi Doping Concentration, Nd [at/cm ³]					
	41	JFET N) resistivity, rd [$\Omega \cdot \text{cm}$]					
	42	N+Sub resistivity, ρ_{sub} [$\Omega \cdot \text{cm}$]					
	43	N-Buffer Thickness, Xbuf [μm]					
	44	P depth, Xjp [μm]					
	45	P Width, a [μm]					
	46	P-P Space, S [μm]					
	47	MPS Pitch, P [μm]					
	48	Schottky Metal					
	49	Schottky Metal Thickness, dstk [nm]					
50	Anode Metal, Material/Thickness [μm]						
51	表面メタル, Material/Thickness [μm]						
Extracted Parameters	51	Estimated Built-in Voltage @ VF→0, Vbi [V]					
	52	Differential Forward Resistance RF [m Ω]					
	53	Diff. Resistance RF temperature exponent, v					
	54	Specific Differential Resistance, RfxAA [m $\Omega \cdot \text{mm}^2$]					
	55	JFET Specific Resistance, RjxAA [m $\Omega \cdot \text{mm}^2$]					
	56	N-epi Specific Resistance, RrepixAA [m $\Omega \cdot \text{mm}^2$]					
	57	N+Sub Specific Resistance, RsubxAA [m $\Omega \cdot \text{mm}^2$]					
	58	Total Calc. RfxAA [m $\Omega \cdot \text{mm}^2$]					
	59	Forward Turn-on Voltage VFO [V] @ 25°C					
	60	VFO Temperature Coefficient, α_{VF} [V/°C]					
	61	MAX Current Density, IFSM/AA [A/mm ²]					
Cost	62	Average Selling Prices, ASP [S]					
	63	Per Ampere ASP, ASP/IF [A/S]					



レポートより抜粋 (3)

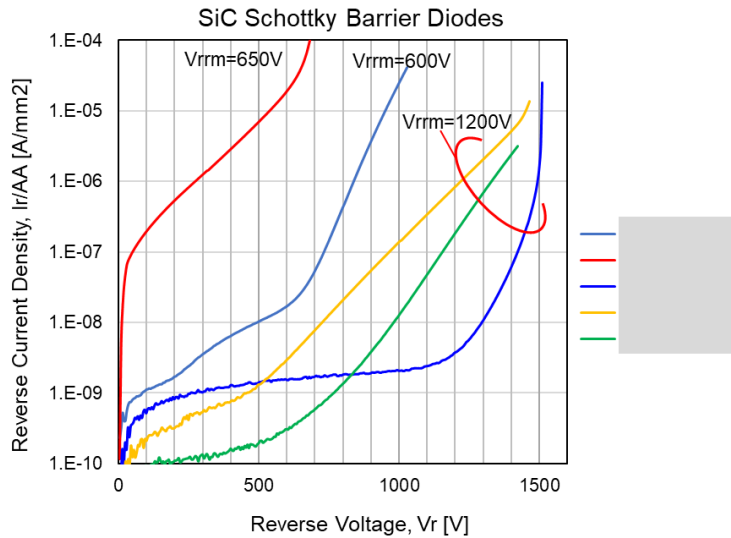


Fig.2-9: Vrrm= 600~1200V定格 SiC ショットキー バリア ダイオード (SBD) の逆 (漏れ) 電流密度特性の比較。

SiC SBD順方向電流特性の概要:

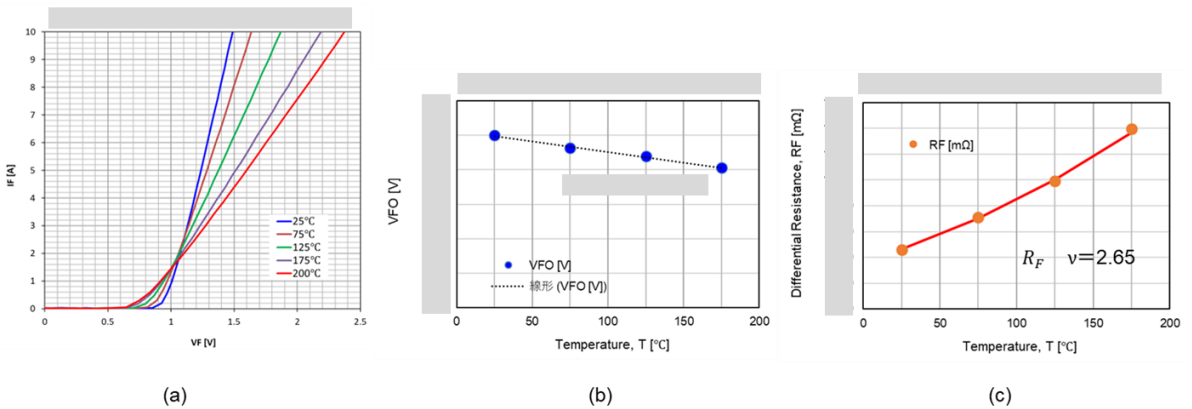


Fig. 3-3-3: (a) 測定された IF 温度依存性、(b) 抽出された VFO、(c) 順方向微分抵抗 RF。

R_F 温度依存性は、 $R_F = R_{F0} (T/T_0)^{\nu}$ としてモデル化されました。ここで、 T の単位はケルビン度、 $T_0=300K$ です、 ν は温度指数 ($\nu : 1.9\sim 2.6$)