

## 第2章 用語と特性

1. 用語説明	2-2
2. IGBTとFWDの特性	2-4

本章では、用語と特性について説明します。

## 1.用語説明

仕様書等に使用されている用語について説明します。

表2-1：絶対最大定格

用語	記号	定義 及び説明 (条件は各製品の仕様書を参照ください。)
コレクタ-エミッタ間電圧 (Collector-Emitter Voltage)	$V_{CES}$	ゲート-エミッタ(以下、G-E)間を短絡した状態でコレクタ-エミッタ(以下、C-E)間に印加できる最大電圧
ゲート-エミッタ間電圧 (Gate-Emitter Voltage)	$V_{GES}$	C-E間を短絡した状態でG-E間に印加できる最大電圧 (通常 $\pm 20V$ max.)
コレクタ電流 (Collector Current)	$I_C$	コレクタ電極に許容される最大直流電流
	$I_{CP}$	コレクタ電極に許容される最大パルス電流
内蔵ダイオード順方向電流 (Diode Forward Current)	$I_F$	内蔵ダイオード(以下、FWD)に許容される最大直流順電流
	$I_{FP}$	FWDに許容される最大パルス順電流
短絡耐量時間 (Short Circuit Withstand Time)	$t_{SC}$	短絡をしても破壊しない時間
IGBT最大損失 (Collector Power Dissipation)	$P_{D\_IGBT}$	IGBTの許容される最大電力損失
内蔵ダイオード最大損失 (FWD Power Dissipation)	$P_{D\_FWD}$	FWDの許容される最大電力損失
接合部温度 (Operating Junction Temperature)	$T_{vj}$	素子に異常を引き起こさず動作できる接合部温度範囲
保存温度 (Storage Temperature)	$T_{stg}$	電極に電氣的負荷をかけずに保存、又は輸送できる温度範囲

表2-2: 電気的特性

用語	記号	定義 及び説明 (条件は各製品の仕様書を参照ください。)
コレクタ-エミッタ間遮断電流 (Zero Gate Voltage Collector Current)	$I_{CES}$	G-E間を短絡した状態で、C-E間に指定の電圧を印加したときのC-E間の漏れ電流
ゲート-エミッタ間漏れ電流 (Gate-Emitter Leakage Current)	$I_{GES}$	C-E間を短絡した状態で、G-E間に指定の電圧を印加したときのG-E間の漏れ電流
ゲート-エミッタ間しきい値電圧 (Gate-Emitter Threshold Voltage)	$V_{GE(th)}$	指定C-E間電流(以下、 $I_C$ )とC-E間電圧(以下、 $V_{CE}$ )におけるG-E間電圧(以下、 $V_{GE}$ )(C-E間に微小電流が流れ始める $V_{GE}$ 値、IGBTがオンし始める $V_{GE}$ の尺度として用いられる。)
コレクタ-エミッタ間飽和電圧 (Collector-Emitter Saturation Voltage)	$V_{CE(sat)}$	指定の $V_{GE}$ において定格の $I_C$ を流した時の $V_{CE}$ 値
入力容量 (Input Capacitance)	$C_{ies}$	C-E間を交流的に短絡した状態で、G-E間及びC-E間に指定の電圧を印加した時のG-E間容量
出力容量 (Output Capacitance)	$C_{oes}$	G-E間を交流的に短絡した状態で、G-E間及びC-E間に指定の電圧を印加した時のC-E間容量
帰還容量 (Reverse Transfer Capacitance)	$C_{res}$	G-E間、C-E間を交流的に短絡した状態でG-E間及びC-E間に指定の電圧を印加した時のC-G間容量
ゲート電荷 (Gate Charge)	$Q_G$	IGBTをオンさせるためにG-E間に充電される電荷量
ターンオン遅れ時間 (Turn-On Delay Time)	$t_{d(on)}$	IGBTのターンオン時に $V_{GE}$ が最大値の10%に達してから、 $I_C$ が最大値の10%に達するまでの時間(図2-4参照)
立上り時間 (Rise Time)	$t_r$	IGBTのターンオン時に、 $I_C$ が最大値の10%に上昇した時点から、最大値の90%に達するまでの時間(図2-4参照)
ターンオフ遅れ時間 (Turn-Off Delay Time)	$t_{d(off)}$	IGBTのターンオフ時に $V_{GE}$ が最大値の90%に達してから、 $I_C$ が90%に達するまでの時間(図2-4参照)
立下り時間 (Fall Time)	$t_f$	IGBTのターンオフ時に、 $I_C$ が最大値の90%から、10%に下降するまでの時間(図2-4参照)
ターンオン損失 (Turn-on Energy)	$E_{on}$	IGBTのターンオン時に発生する損失(図2-4参照)
ターンオフ損失 (Turn-off Energy)	$E_{off}$	IGBTのターンオフ時に発生する損失(図2-4参照)
逆回復損失 (Reverse Recovery Energy)	$E_{rr}$	FWDの逆回復時に発生する損失(図2-4参照)
ダイオード順電圧 (Forward Voltage Drop)	$V_F$	FWDに指定の順方向電流を流したときの順方向電圧
逆回復時間 (Diode Reverse Recovery Time)	$t_{rr}$	FWDのターンオフ時に、電流が0Aを横切った時点から、逆回復ピーク電流の10%まで回復するまでの時間(図2-4参照)
逆回復電荷量 (Diode Reverse Recovery Charge)	$Q_{rr}$	FWDの逆回復電流が消滅するまでに要する電荷量
逆バイアス安全動作領域 (Reverse Biased Safe Operating Area)	RBSOA	ターンオフ時に指定の条件にてIGBTが安全に遮断できる電流と電圧の領域
ジャンクション-周囲間熱抵抗 (Thermal Resistance, Junction-Ambient)	$R_{th(j-a)}$	ヒートシンクを取付けず無風状態でのチップ-周囲間の熱抵抗
IGBT接合部-ケース間熱抵抗 (Thermal Resistance, IGBT Junction to Case)	$R_{th(j-c)}_{IGBT}$	チップ-ケース間の熱抵抗(IGBT)
FWD接合部-ケース間熱抵抗 (Thermal Resistance, FWD Junction to Case)	$R_{th(j-c)}_{FWD}$	チップ-ケース間の熱抵抗(FWD)

## 2.IGBTとFWDの特性

ディスクリートIGBT製品にはIGBTと逆並列にFWDを接続している製品とIGBT単体の製品があります。FGW40XS120C(1200V / 40A素子)を例に取り、仕様書等に記載しているIGBTとFWDの諸特性の説明を以下に示します。

### <出力特性>

この特性はIGBTがオンしているときのドロップ電圧( $V_{CE}$ )と電流( $I_C$ )の関係を示すもので、オン時にIGBTに発生する損失となります。 $V_{CE}$ が低いほど発生損失が小さくなります。この特性は $T_{vj}$ 、 $V_{GE}$ によって変化します。一般的には $V_{GE}=15V$ の出力特性を用います。

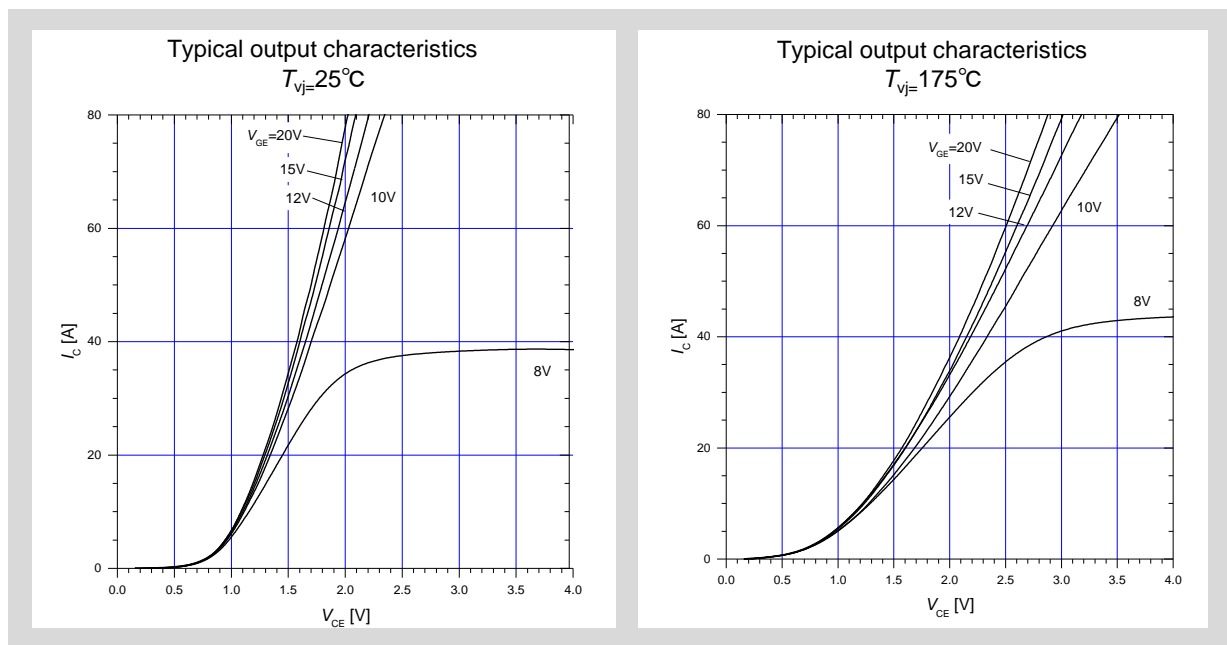


図2-1  $V_{CE(sat)}$  -  $I_C$ 特性

図2-2にFWDの $V_F$ - $I_F$ 特性を示します。この特性は $T_{vj}$ により変化します。

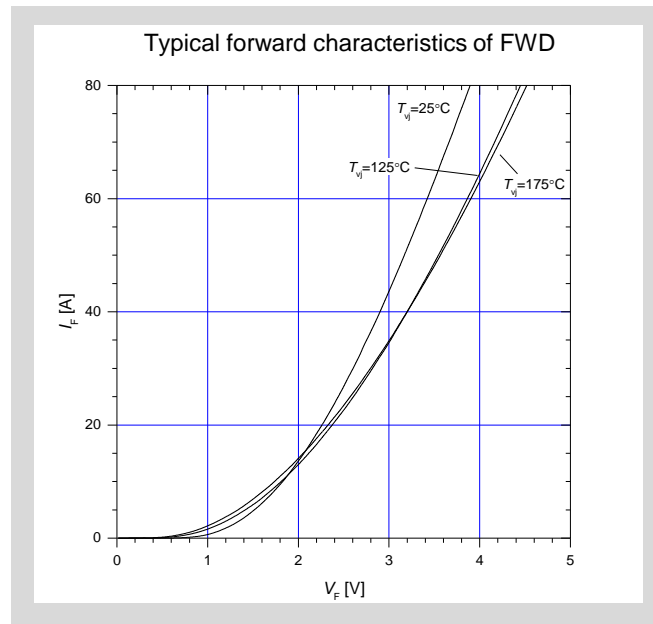


図2-2  $V_F$ - $I_F$ 特性

### <スイッチング特性>

スイッチング特性はスイッチング時間とスイッチング損失の2つに大別することができます。スイッチング特性は図2-3に示すチョップパ回路で測定できます。

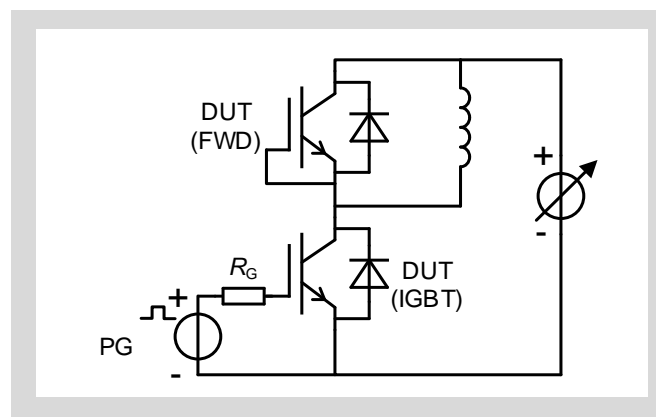


図2-3 スwitchング特性測定回路

表2-2に記載のスイッチング時間( $t_{d(on)}$ 、 $t_r$ 、 $t_{d(off)}$ 、 $t_f$ 、 $t_{rr}$ )とスイッチング損失( $E_{on}$ 、 $E_{off}$ 、 $E_{rr}$ )の定義を図2-4に示します。

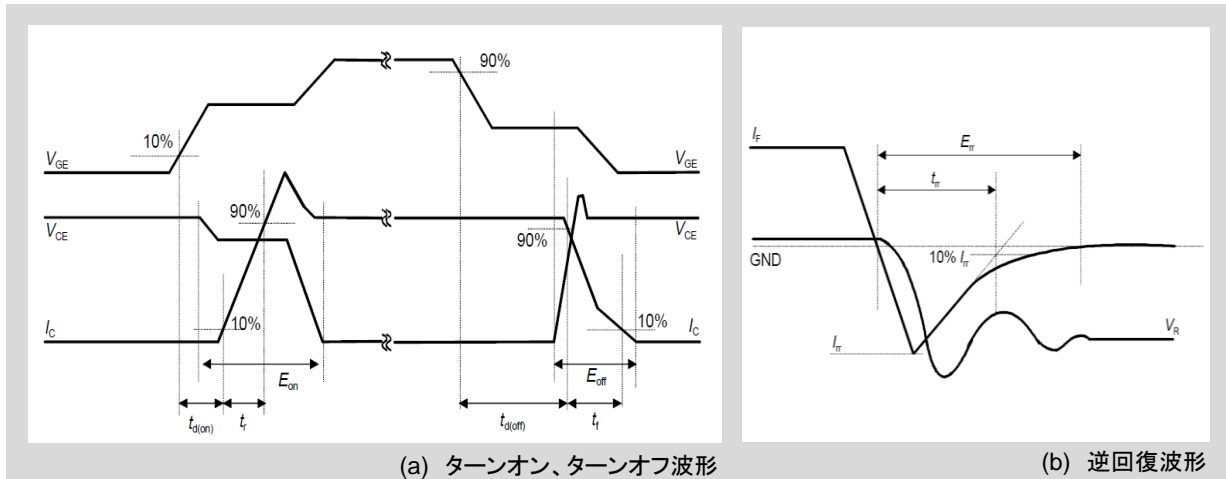


図2-4 スwitchング時間の定義

IGBTのスイッチング時間と $I_C$ の関係を図2-5、スイッチング時間と $R_G$ の関係を図2-6に示します。スイッチング時間は $I_C$ 、 $T_{vj}$ 、 $R_G$ によって変化します。

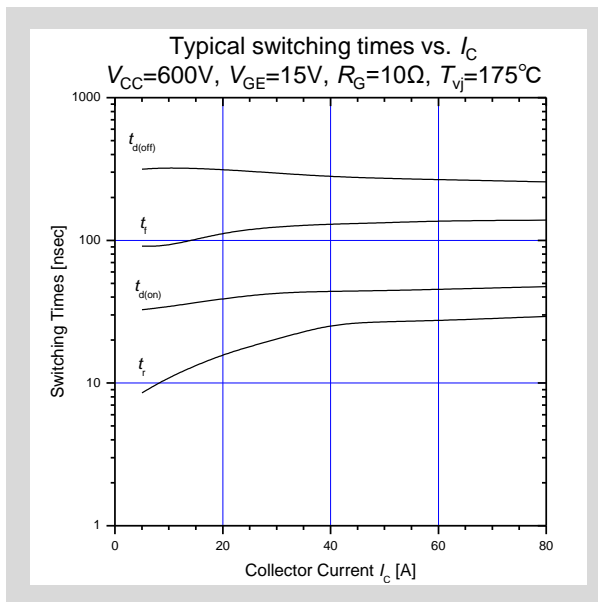


図2-5 スwitchング時間- $I_C$ 特性

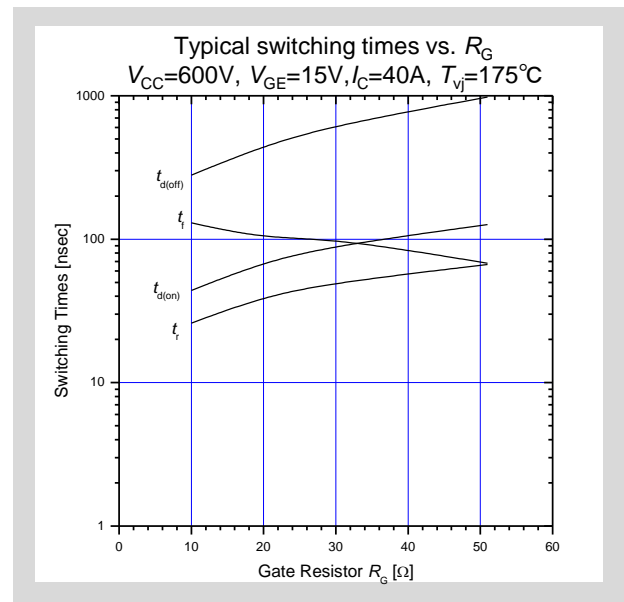


図2-6 スwitchング時間- $R_G$ 特性

FWDの逆回復時間と $I_F$ の関係を図2-7に示します。逆回復時間は $I_F$ 、 $T_{vj}$ 、 $R_G$ によって変化します。

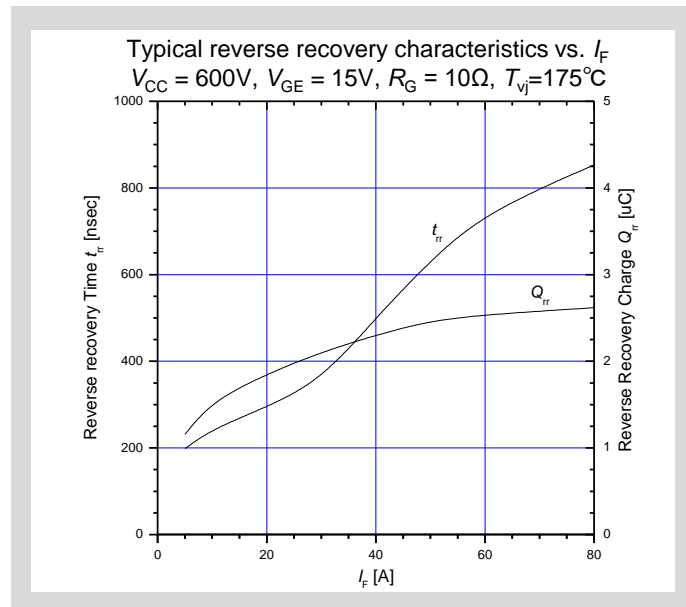


図2-7  $t_{tr}$ - $I_F$ 特性

スイッチング損失( $E_{on}$ 、 $E_{off}$ 、 $E_{rr}$ )はIGBTがスイッチングする際(ターンオン、オフ時)に発生します。 $E_{on}$ 、 $E_{off}$ 、 $I_C$ の関係を図2-8、 $R_G$ の関係を図2-9に示します。また $E_{rr}$ と $I_F$ の関係を図2-10に示します。この特性は $T_{vj}$ 、 $V_{GE}$ 、 $I_C$ 、 $I_F$ 、 $R_G$ で変化します。

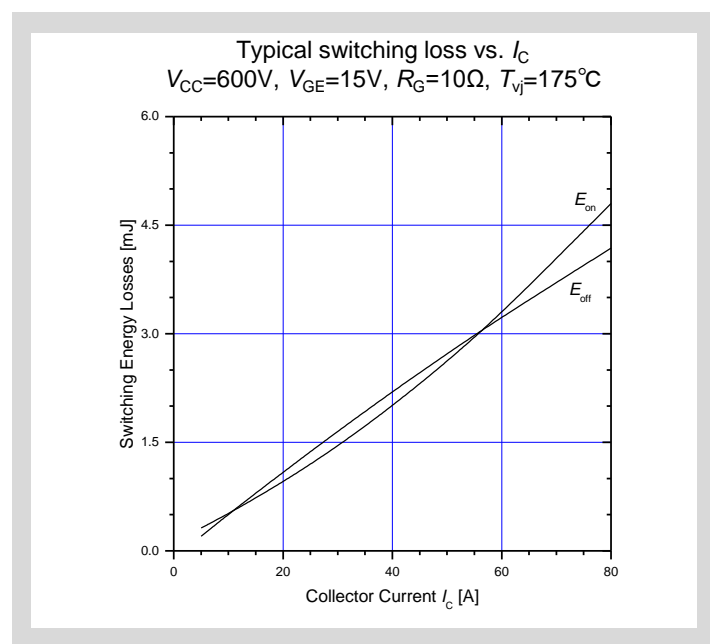


図2-8  $E_{on}$ 、 $E_{off}$ - $I_C$ 特性

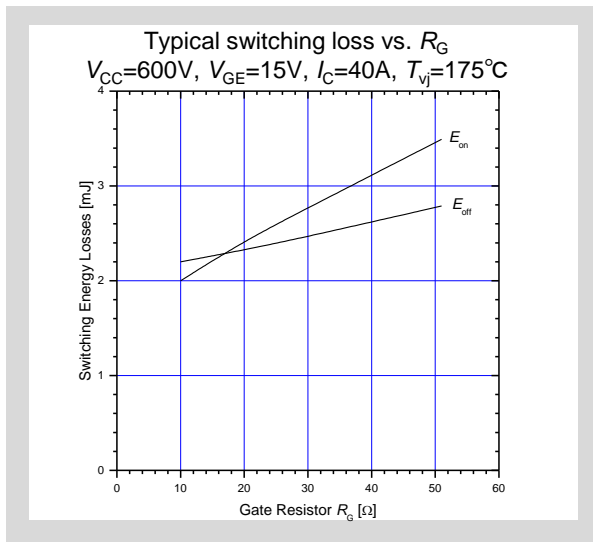


図2-9  $E_{on}$ 、 $E_{off}$ - $R_G$ 特性

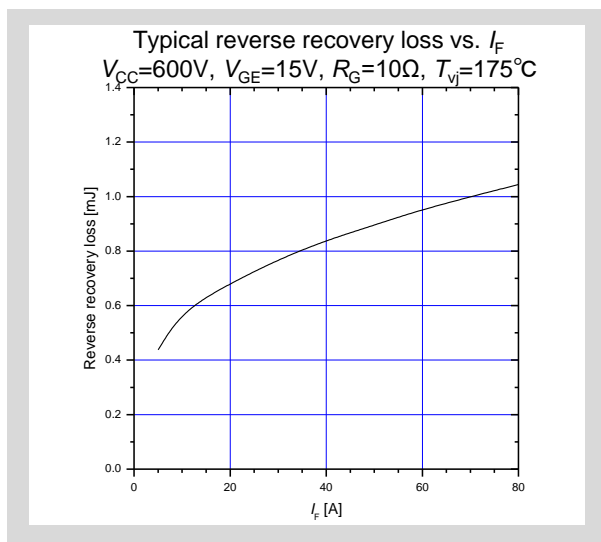


図2-10  $E_{rr}$ - $I_F$ 特性

<容量特性>

IGBTは構造上寄生容量が存在します。寄生容量には $C_{ies}$ 、 $C_{oes}$ 、 $C_{res}$ があります。 $V_{GE}$ と $Q_G$ の関係を図2-11に、 $C_{ies}$ 、 $C_{oes}$ 、 $C_{res}$ と $V_{CE}$ の関係を図2-12に示します。

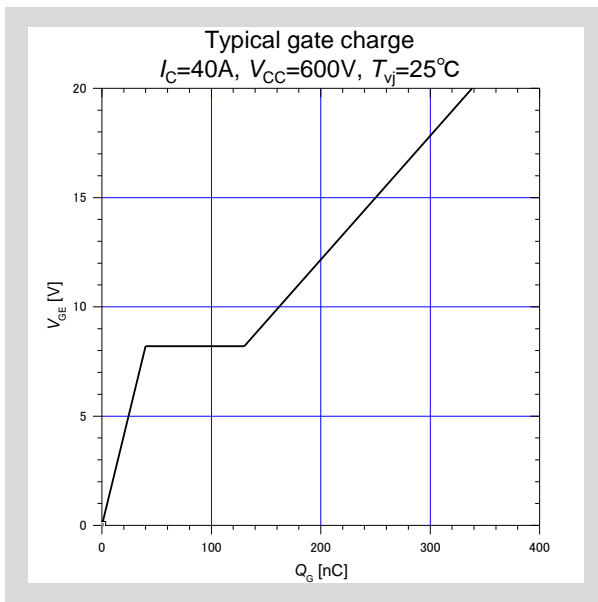


図2-11  $V_{GE}$ - $Q_G$ 特性

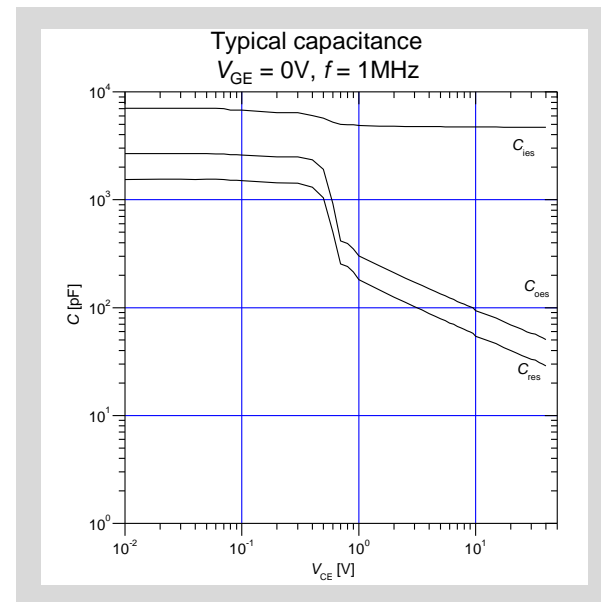


図2-12 寄生容量- $V_{CE}$ 特性



<逆バイアス安全動作領域(RBSOA)>

ターンオフ時に指定の条件にてIGBTが安全に遮断できる $V_{CE}-I_C$ の範囲 (RBSOA) を図2-13に示します。

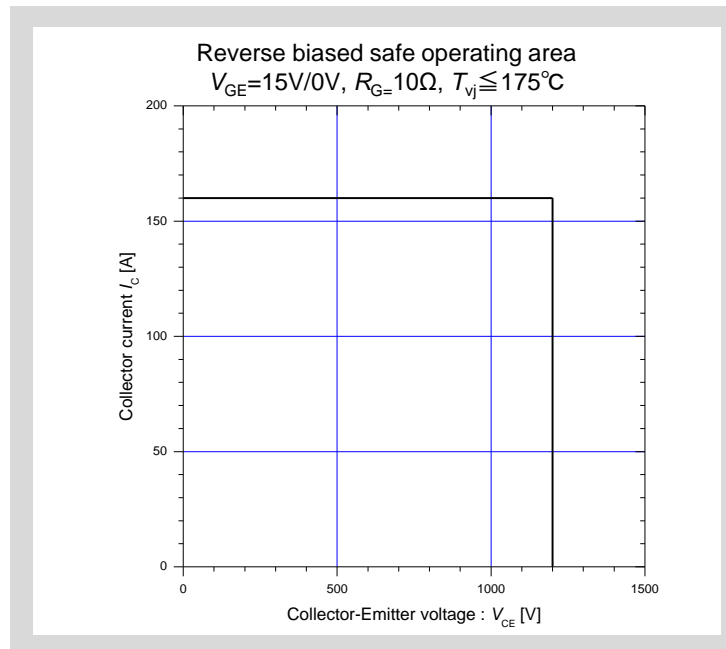


図2-13 逆バイアス安全動作領域(RBSOA)

<過渡熱抵抗特性>

過渡熱抵抗特性を図2-14に示します。単発の定電力パルスを製品に加えた時に発生する温度変化を印加電力で割った値が熱抵抗値です。熱抵抗をパルス時間単位で表した値が過渡熱抵抗特性です。

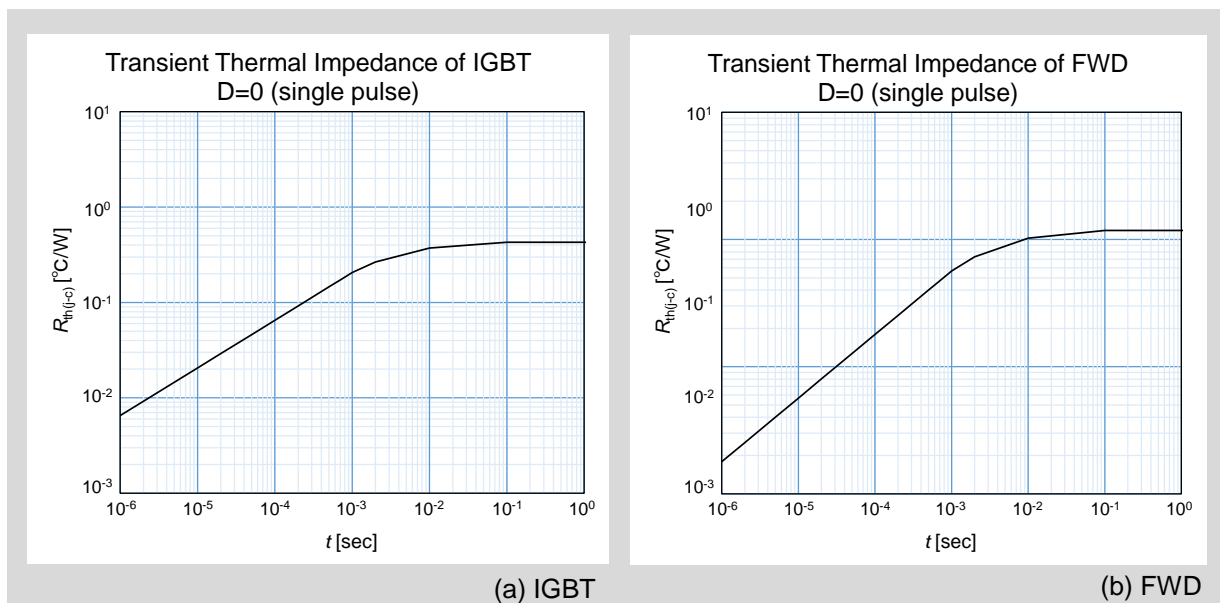


図2-14 過渡熱抵抗特性