

目次

1. 第 7 世代 IGBT モジュールの特徴	3
1.1. 第 7 世代 IGBT・ダイオードチップの特徴.....	4
1.2. パッケージ技術.....	6
1.3. 構造（部品・材質）.....	8
2. 用語説明	10
2.1. 一般.....	10
2.2. 最大定格.....	11
2.3. 温度定格.....	11
2.4. 熱的定格・特性.....	11
2.5. 電気的特性.....	12
3. 製品ラベル記載情報	13
3.1. 形名の構成.....	13
3.2. ラベル表示.....	14
3.3. 二次元コード構成.....	14
4. ラインアップ（品種一覧）	15
5. アプリケーションへの適用	18
5.1. 汎用インバータへの適用例.....	18
5.2. 汎用サーボアンプへの適用例.....	19
5.3. PV, UPS への適用例.....	20
6. 安全規格（UL 規格）	21
7. 取扱上の注意事項	21
7.1. 取扱上の注意.....	21
7.2. 難燃性について.....	22
8. 実使用上の注意事項	23
8.1. モジュールのヒートシンクへの取付け方法.....	23
8.2. パワーモジュールの実装配置.....	25
8.3. スタンドオフ推奨使用条件（NX タイプ）.....	27
8.4. 熱伝導性（放熱用）グリース塗布方法例.....	28
8.5. 熱抵抗の考え方.....	29
8.6. 熱電対取付け例.....	30
8.7. スナバ回路.....	32
8.8. サーミスタの使用方法.....	34
8.9. その他.....	36
9. IGBT モジュールの使用方法	37
9.1. IGBT モジュールの選定.....	37
9.2. 推奨駆動条件・駆動回路.....	37
9.3. ゲート駆動電源.....	39
9.4. デッドタイム設定.....	41
9.5. 短絡時の保護について.....	42
9.6. IGBT モジュールの並列接続.....	45

10. 損失と放熱設計	48
10.1. 発生損失の求め方	48
10.2. 温度上昇の求め方	51
安全設計に関するお願い.....	56
本資料ご利用に際しての留意事項.....	56

1. 第7世代IGBTモジュールの特徴

NX タイプ



std タイプ



近年、汎用インバーター・エレベーター・無停電電源装置(UPS)・風力／太陽光発電・サーボアンプなどの産業用機器において、エネルギー使用の効率化や機器の長寿命化に対する要望の益々高まるなか、さらなる低消費電力化と高信頼性を実現するために、第 7 世代 IGBT とダイオードを搭載し、パッケージの内部構造を改善した「IGBT モジュール T/T1 シリーズ(NX タイプ, std タイプ)」を開発しました。第 7 世代 IGBT モジュールでは電力損失の低減、小型・軽量パッケージ、豊富なラインアップ、応用製品のアセンブリ工程の簡略化を実現します。

1) 応用製品の電力損失を低減

第 7 世代薄厚 IGBT チップ及び薄厚 RFC ダイオードチップ(1200V 品, 1700V 品)搭載により、応用製品の電力損失の低減が可能となります。

2) 新規パッケージ構造による小型・軽量パッケージ、豊富なラインアップ

第 7 世代 IGBT モジュールでは NX, std タイプにそれぞれ新規構造を採用しています。NX タイプでは、絶縁部とベース部が一体化した樹脂絶縁銅ベース板を採用し、従来製品では必要であった絶縁部とベース部間のはんだを使用しておりません。また内部充填剤として DP(Direct Potting)樹脂を使用しています。std タイプでは、主電極の内部構造をラミネート化し、NX タイプと同様の一体化基板である厚銅セラミック銅ベース板を採用しています。NX, std タイプ共にモジュール内部レイアウトの最適化により従来比 30%減となる低インダクタンス化をしています。650V 耐圧、1200V 耐圧及び 1700V 耐圧の豊富なラインアップを揃えています。

3) 応用製品のアセンブリ工程の簡略化

PC-TIM 塗布品(オプション)を使用することでグリース塗布工程の削除が可能となります。また、NX タイプにおいては、プレスフィットピンの搭載により制御基板スルーホールへのはんだ付け工程を削除しプレスによる一括接続が可能となります。このように応用製品のアセンブリ工程を簡略化することが可能です。

1.1. 第 7 世代 IGBT・ダイオードチップの特徴

第 7 世代 IGBT チップでは、製品の省エネルギー性能向上につながる定常損失及びスイッチング損失の低減を実現するため、電荷蓄積型 IGBT (CSTBT™) の薄ウエハ化、及び MOS (Metal Oxide Semiconductor) 構造を最適化しています。第 7 世代ダイオードチップにおいても薄ウエハ化し、裏面拡散層形成技術を用いた RFC ダイオード (Relaxed Field of Cathode) を適用しました。

※ CSTBT™: キャリア蓄積効果を利用した当社独自の IGBT

※ RFC ダイオード: カソード側に部分的に P 層を追加、リカバリー時にホールを注入しリカバリー波形をソフトにすることで急な電圧の立ち上がりを抑制できるダイオード

オン電圧 (V_{CEsat}) とターンオフ損失 (E_{off}) の低減

図 1-1 に第 7 世代 IGBT と従来の第 6 世代とのオン電圧 (V_{CEsat}) とターンオフ損失 (E_{off}) とのトレードオフ特性比較 (1200V 耐圧) を示します。第 7 世代 IGBT は第 6 世代 IGBT に比べオン電圧を約 0.2V 低減、ターンオフ損失を約 7% 低減しています。IGBT チップは世代を重ねるごとに、このオン電圧とターンオフ損失のトレードオフ特性を改善しています。第 7 世代 IGBT チップでは薄ウエハ化や表面構造の最適化によりこのトレードオフを改善しています。

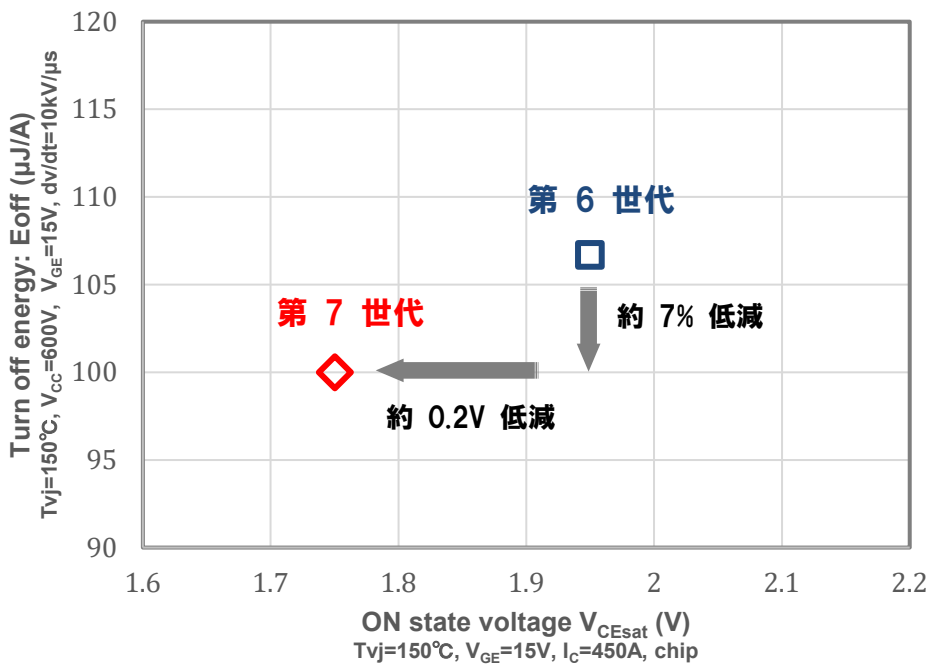


図 1-1. トレードオフ特性比較

R_G によるターンオフ損失(E_{off})と $dv/dt(off)$ の制御性を向上

IGBT モジュールは外付けのゲート抵抗 R_G を変更してスイッチングスピードを制御することができます。
第7世代 IGBT モジュールではこの R_G によるターンオフ損失(E_{off})と $dv/dt(off)$ の制御性を向上しています。

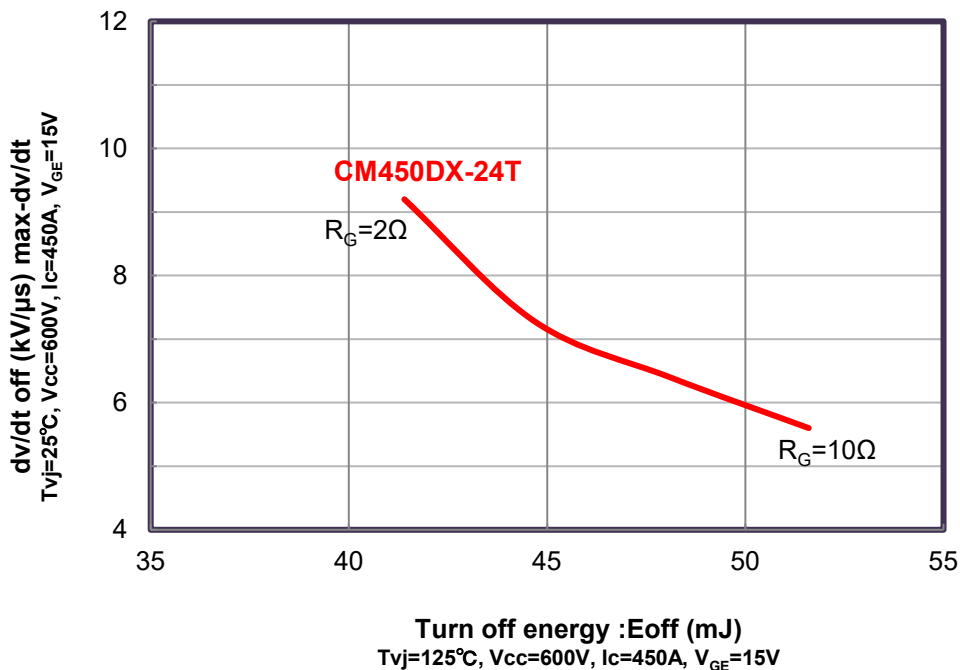


図 1-2. $dv/dt\ off$ - ターンオフ損失

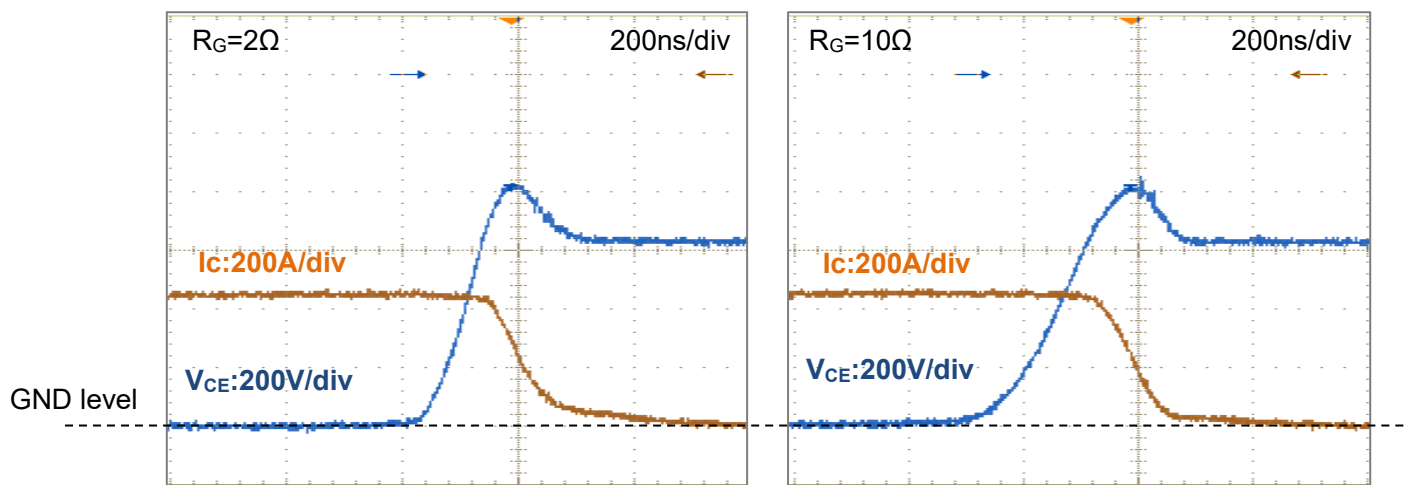
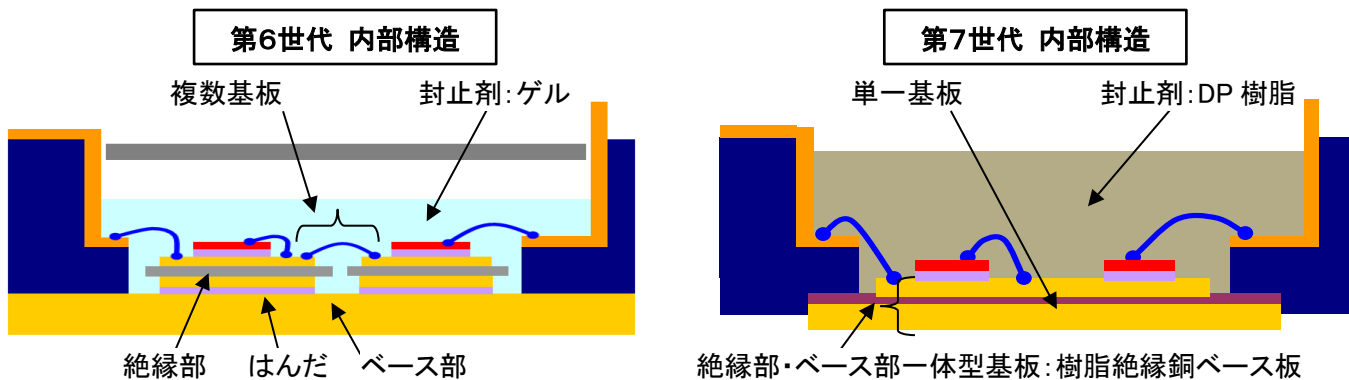


図 1-3. ターンオフ波形(CM450DX-24T)

1.2. パッケージ技術

パッケージ構造と特徴(NX タイプ)



項目	6 世代 NX	7 世代 NX	利点
内部インダクタンス(比)	1	0.7	(Ls 30%低減)
パッケージサイズ (W*D*H)	152 × 62 × 17 mm	152 × 62 × 17mm	(互換パッケージ)
重量※	350 g	300 g	(15%モジュール軽量化)
端子形状	はんだ付け用ピン	はんだ付け用ピン プレスフィットピン	(アセンブリ簡略化)

※ CM600DX-24S1 と CM600DX-24T との比較

・ 第 7 世代モジュール内部構造(NX タイプ)

絶縁部とベース部が一体化した樹脂絶縁銅ベース板を採用し、従来製品では必要であった絶縁部とベース部間のはんだを使用しておりません。また、充填剤に一般的なゲルに替わり DP 樹脂を使用しています。

・ 互換・軽量パッケージ

従来の NX タイプと互換パッケージを採用し、新規内部構造により重量を 15%低減しています。またモジュール内部の銅回路パターン
の厚み・幅の見直しや従来の絶縁基板を複数枚使用する構造を一枚基板にすることでチップ搭載エリアを拡大し同一パッケージでの
定格電流を向上しています。

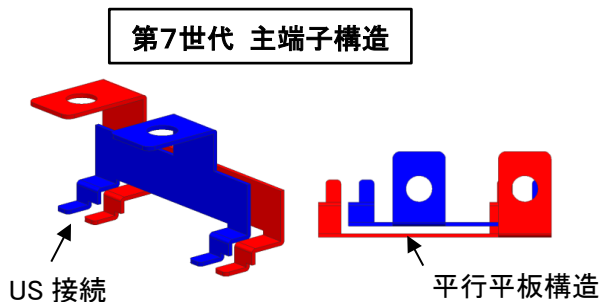
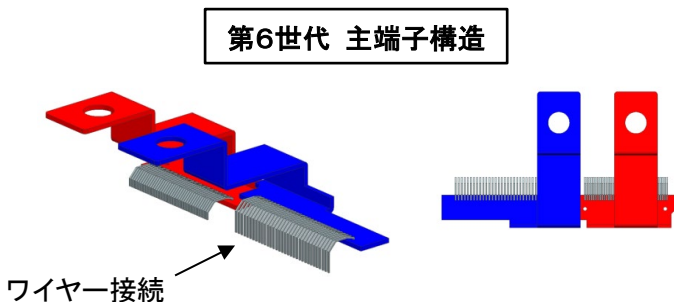
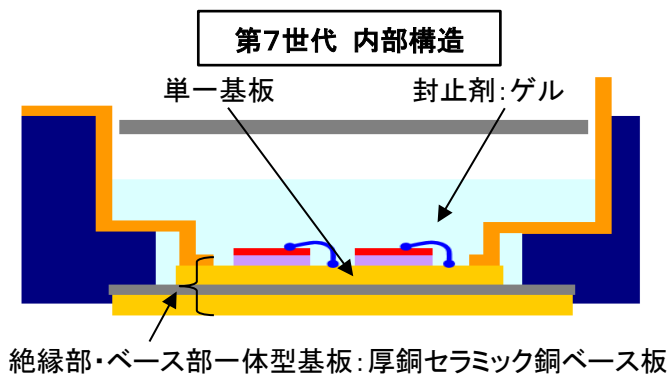
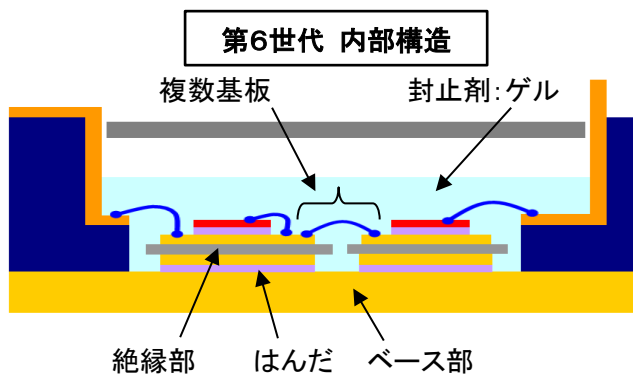
・ プレスフィットピン対応

モジュール上面の複数端子を制御基板のスルーホールへプレス挿入することで、一括接続が可能となります。
それにより、モジュール端子の制御基板スルーホールへのはんだ付けが不要となり、アセンブリ工程の簡略化が可能となります。
詳細はプレスフィットのアプリケーションノートをご参照ください。

・ PC-TIM 適用可能(オプション)

製品裏面への PC-TIM(Phase Change Thermal Interface Material)塗布に対応しています。
詳細は PC-TIM のアプリケーションノートをご参照ください。

パッケージ構造と特徴(stdタイプ)



項目	6 世代 std	7 世代 std	利点
内部インダクタンス(比)	1	0.7	(Ls 30%低減)
パッケージサイズ※ (W*D*H)	110×80×29 mm	108×62×30mm	(20%フットプリント低減)
重量※	580 g	260 g	(55%モジュール軽量化)

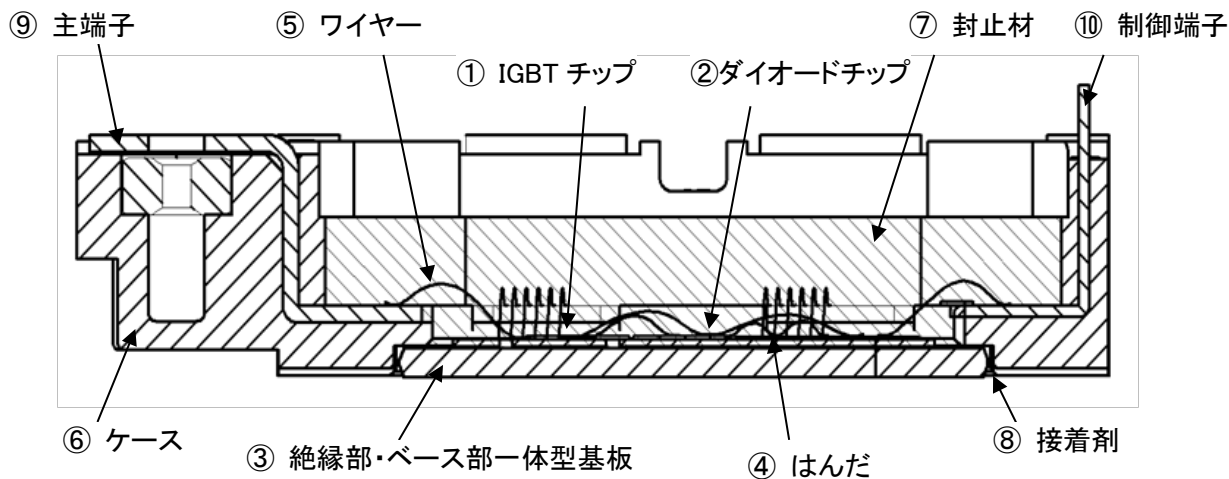
※ CM600DY-24S と CM600DY-24T との比較

- 第7世代モジュール内部構造(stdタイプ)**
 絶縁部とベース部を一体化した厚銅セラミック銅ベース板を採用し、従来製品では必要であった絶縁部とベース部間のはんだを使用しておりません。また、主電極は従来のアルミワイヤー接続に替わって US 接合を使用し、一部パッケージでは平行平板構造を採用しています。
- 小型・軽量パッケージ**
 従来の絶縁基板を複数枚使用する構造を単一基板化及び US 接合技術を採用することで、チップ搭載エリアを拡大し同一パッケージでの定格電流の向上を実現しています。
 定格電流 600A、電圧 1200V 製品においてパッケージサイズを 1 サイズ小型のものへ置き換えが可能となり、第 6 世代と比較してパッケージサイズを 20%小型化、重量を 55%軽量化しています。
- PC-TIM 適用可能(オプション)**
 製品裏面への PC-TIM(Phase Change Thermal Interface Material)塗布に対応しています。
 詳細は PC-TIM のアプリケーションノートをご参照ください。

1.3. 構造（部品・材質）

NXタイプ

CM150RX-13T の構造図を代表例として記載しています。

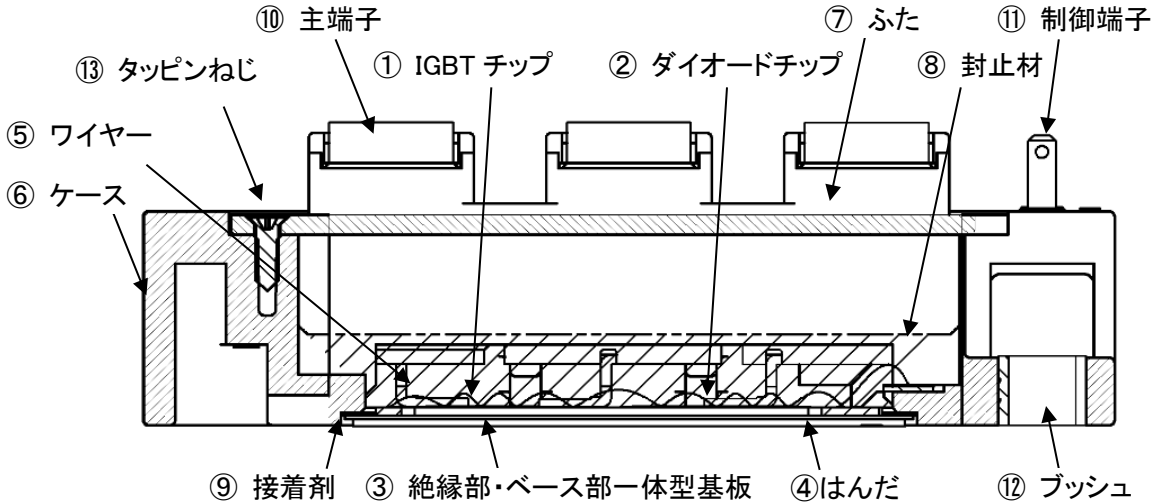


※ 本図は、材料説明のために代表例の構造図を示しています。正確なパッケージ寸法やチップサイズ・レイアウトを示すものではありません。一部パッケージにおいては使用していない部品もございます。

	部品	材質	難燃性
1	IGBT チップ	シリコン	
2	ダイオードチップ	シリコン	
3	絶縁部・ベース部一体型基板 (樹脂絶縁銅ベース板)	絶縁部: 樹脂	UL 94V-0
		ベース部: 銅	
4	はんだ	錫	
5	ワイヤー	アルミニウム	
6	ケース	PPS	UL 94V-0
7	封止材	エポキシ樹脂	UL 94V-0
8	接着剤	エポキシ樹脂	
9	主端子	主材: 銅 (Cu), めっき: ニッケル (Ni)	
10	制御端子	主材: 銅 (Cu), めっき: 錫 (Sn), 下地めっき: ニッケル (Ni)	
-	ブッシュ(ヒートシンク取付け部)	スチール	

std タイプ

CM300DY-13T の構造図を代表例として記載しています。



※ 本図は、材料説明のために代表の構造図を示しています。正確なパッケージ寸法やチップサイズ・レイアウトを示すものではありません。一部パッケージにおいては使用していない部品もございます。

部品	材質	難燃性
1 IGBT チップ	シリコン	
2 ダイオード チップ	シリコン	
3 絶縁部・ベース部一体型基板 (厚銅セラミック銅ベース板)	絶縁部: Si ₃ N ₄ ベース部: 銅	
4 はんだ	錫	
5 ワイヤ	アルミニウム	
6 ケース	PPS	UL 94V-0
7 ふた	PPS	UL 94V-0
8 封止材	シリコーンゲル	
9 接着剤	シリコーン	
10 主端子	主材: 銅 (Cu), めっき: ニッケル (Ni)	
11 制御端子	主材: 銅 (Cu), めっき: ニッケル (Ni)	
12 ブッシュ	スチール	
13 タッピンねじ	スチール	

2. 用語説明

2.1. 一般

項目		説明
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	絶縁ゲートバイポーラトランジスタ
FWD	Free Wheeling Diode	フリーホイール(フライホイール)ダイオード
IPM	Intelligent Power Module	インテリジェントパワーモジュール
t _{dead}	デッドタイム	上下アームトランジスタ間のオン信号に設ける休止(無信号)時間
PC	Photocoupler or Optocoupler	フォトカプラ
CMR	Common Mode Rejection	フォトカプラの入出力間共通モード電圧の最大上昇率
CMH		既定のハイレベルを維持できる, 入出力間共通モード電圧の最大上昇率
CML		既定のローレベルを維持できる, 入出力間共通モード電圧の最大上昇率
CTR	Current Transfer Ratio, 変換効率	フォトカプラの入力 LED 電流に対する出力電流の比
UL	Underwriters Laboratories	米国の安全規格のひとつ。アメリカ保険業者安全試験所が認定。 三菱パワーモジュールの UL 認定品は UL1557 に適合。
RoHS 指令	Restriction of Hazardous Substances の頭文字 (原文)DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.	電気製品への 4 種の重金属と 2 種の臭素系難燃剤の使用禁止規制。 「基本概念は、電気機器の新製品への鉛、水銀、カドミウム、六価クロムの重金属と、臭化物難燃剤 PBB と PBDE の使用を 2006 年 7 月 1 日までに原則として非含有とすることを目的とされています。」 WEEE: waste electrical and electronic equipment
PC-TIM	Phase Change - Thermal Interface Material	常温では固相、温度上昇に伴い軟化する高熱伝導性グリース
DP 樹脂	Direct Potting Resin	熱膨張率の合わせ込みや密着性などを高めた特別に調整された樹脂材料
US 接合	Ultra-Sonic Bonding	超音波接合
PressFit		プレスフィット端子をプリント基板のスルーホールに挿入することによって完結し、はんだ付けを不要とする方式
RFC Diode	Relaxed Field of Cathode Diode	カソード側に部分的に P 層を追加、リカバリー時にホールを注入し、リカバリー波形をソフトにすることで急な電圧の立ち上がりを抑制できるダイオード
CSTBT™		キャリア蓄積効果を利用した当社独自の IGBT

2.2. 最大定格

記号	項目	定義又は説明
V_{CES}	コレクタ・エミッタ間電圧	ゲート・エミッタ間を短絡した状態で、コレクタ・エミッタ間に短時間印加し得る最大電圧。
V_{GES}	ゲート・エミッタ間電圧	コレクタ・エミッタ間を短絡した状態で、ゲート・エミッタ間に短時間印加し得る最大電圧。
V_{RRM}	アノード・カソード間 (繰返しピーク)逆電圧	クランプダイオードのアノード・カソード間に短時間印加し得る最大電圧。
V_{CC}	電源電圧	コレクタ・エミッタ間に印加し得る直流電源電圧。
I_C	コレクタ電流	定格接合部温度範囲内において、コレクタからエミッタに連続して流すことのできる最大電流。
I_{CRM}	(最大)コレクタ電流	定格接合部温度範囲内において、コレクタからエミッタに短時間に繰返し流すことのできる最大電流。通常は、 I_C の 2 倍。
I_E	エミッタ電流	定格接合部温度範囲内において、エミッタからコレクタ(フリーホイールダイオード)に流すことのできる最大電流。
I_{ERM}	(最大)エミッタ電流	定格接合部温度範囲内において、エミッタからコレクタ(フリーホイールダイオード)に短時間に繰返し流すことのできる最大電流。通常は、 I_E の 2 倍。
I_F	順電流	定格接合部温度範囲内において、クランプダイオードのアノードからカソードへ流すことのできる最大電流。
I_{FRM}	(最大)順電流	定格接合部温度範囲内において、クランプダイオードのアノードからカソードへ短時間に繰返し流すことのできる最大電流。通常は、 I_F の 2 倍。
P_{lot}	コレクタ損失	規定のケース温度において、IGBT が最大限許容できる電力損失。
T_{stg}	保存温度	電力を印加しない状態で保存する場合の周囲温度範囲で、最高許容温度と最低許容温度。
V_{isol}	絶縁耐電圧	主端子と制御端子を一括して短絡した状態において、端子-ベース板間に印加し得る最大電圧。通常は、実効値で表される。
M_t	締付けトルク	端子ねじの締付けトルク範囲。
M_s	締付けトルク	取付けねじの締付けトルク範囲。
T_{vjop}	連続動作接合温度	連続動作におけるチップが許容できる温度範囲(リップル温度含む)。
T_{vjmax}	最大接合温度	過負荷等の瞬時動作におけるチップが許容できる最大温度(リップル温度含む)。

2.3. 温度定格

記号	項目	定義又は説明
T_a	周囲温度	自冷又は風冷で使用する場合、発熱体の影響を受けない点の空気温度。
T_c	ケース温度	素子の外囲器(ベース板)上の定められた点の温度。
T_s	ヒートシンク温度	放熱器(ヒートシンク又は放熱フィン)上の定められた点の温度。

2.4. 熱的定格・特性

記号	項目	定義又は説明
R_{th}	熱抵抗	接合部の消費電力による熱流が平衡状態にあるとき、接合部の温度が外部の指定点よりも単位電力あたり何 K 上昇するかを表す値。
$R_{th(j-c)}$	熱抵抗	接合部(チップ)から外囲器(ベース板)表面までの熱抵抗。
$R_{th(c-s)}$	接触熱抵抗	外囲器(ベース板)表面から放熱器(ヒートシンク又は放熱フィン)表面間の熱抵抗。通常は、熱伝導性グリースを塗布したときの値。

2.5. 電気的特性

記号	項目	定義又は説明
I_{CES}	コレクタ・エミッタ間遮断電流	ゲート・エミッタ間を短絡した状態で、コレクタ・エミッタ間に規定の電圧を印加したとき流れるコレクタ電流。
I_{GES}	ゲート・エミッタ間漏れ電流	コレクタ・エミッタ間を短絡した状態で、ゲート・エミッタ間に規定の電圧を印加したとき流れるゲート電流。
$V_{GE(th)}$	ゲート・エミッタ間しきい値電圧	規定の条件において、規定のコレクタ電流を流すのに必要なゲート・エミッタ間電圧。
V_{CEsat}	コレクタ・エミッタ間飽和電圧	規定の条件にて、規定のコレクタ電流を流したときのコレクタ・エミッタ間電圧。
C_{ies}	入力容量	規定の条件にて、コレクタ・エミッタ間を交流的に短絡した状態において、ゲート・エミッタ端子間からみた素子内部の容量。
C_{oes}	出力容量	規定の条件にて、ゲート・エミッタ間を交流的に短絡した状態において、コレクタ・エミッタ端子間からみた素子内部の容量。
C_{res}	帰還容量	規定の条件にて、コレクタ・エミッタ間を交流的に短絡した状態において、コレクタ・ゲート端子間からみた素子内部の容量。
$t_{d(on)}$	ターンオン遅延時間	ターンオン時、ゲート電圧の 0% からコレクタ電流が最終値の 10% に上昇するまでの時間。
t_r	上昇時間	ターンオン時、コレクタ電流が最終値の 10% から 90% まで上昇するまでの時間。
$t_{d(off)}$	ターンオフ遅延時間	ターンオフ時、ゲート電圧が 90% に下降した時間からコレクタ電流が最終値の 90% に下降するまでの時間。
t_f	下降時間	ターンオフ時、初期のコレクタ電流が 90% に下降した時間から 10% に下降するまでの時間。
t_{rr}	逆回復時間	規定の条件にて、内蔵フリーホイールダイオードの電流を順方向から逆方向に切り換えたとき、逆回復電流が流れる時間。
Q_{rr}	逆回復電荷	規定の条件にて、内蔵フリーホイールダイオードの電流を順方向から逆方向に切り換えたとき、素子内部に蓄積された電荷。逆方向に流れる逆回復電流の時間積分。
V_{EC}	エミッタ・コレクタ間電圧	内蔵フリーホイールダイオードに規定の電流を流したときの電圧降下。
R_G	外部ゲート抵抗	素子と駆動回路間に接続するゲート抵抗の許容範囲。
E_{on}	ターンオンエネルギー (ターンオン損失)	ターンオン時、コレクタ電流が最終値の 10% まで上昇した時点からコレクタ・エミッタ間電圧がターンオン開始直前の 10% まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧の積の時間積分値。
E_{off}	ターンオフエネルギー (ターンオフ損失)	ターンオフ時、コレクタ・エミッタ間電圧が最終値の 10% まで上昇した時点からコレクタ電流がターンオフ開始直前の 2% まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧の積の時間積分値。
E_{rr}	逆回復エネルギー (逆回復損失)	ターンオン時、ダイオードの順方向電流が 0 A になった時点から、逆回復電流がピーク電流まで達した後 0 A となる時点までの逆回復電流とエミッタ・コレクタ間電圧の時間積分値。

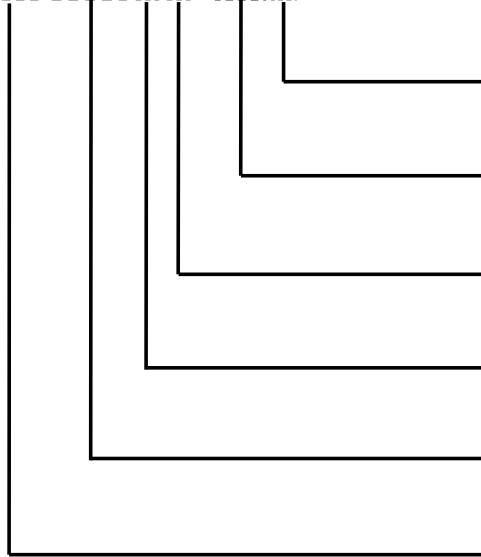
※記号や定義は、参照規格 (IEC, JEC) の改定により変更となる場合があります。

3. 製品ラベル記載情報

3.1. 形名の構成

形名例

CM:300:DY-24:T

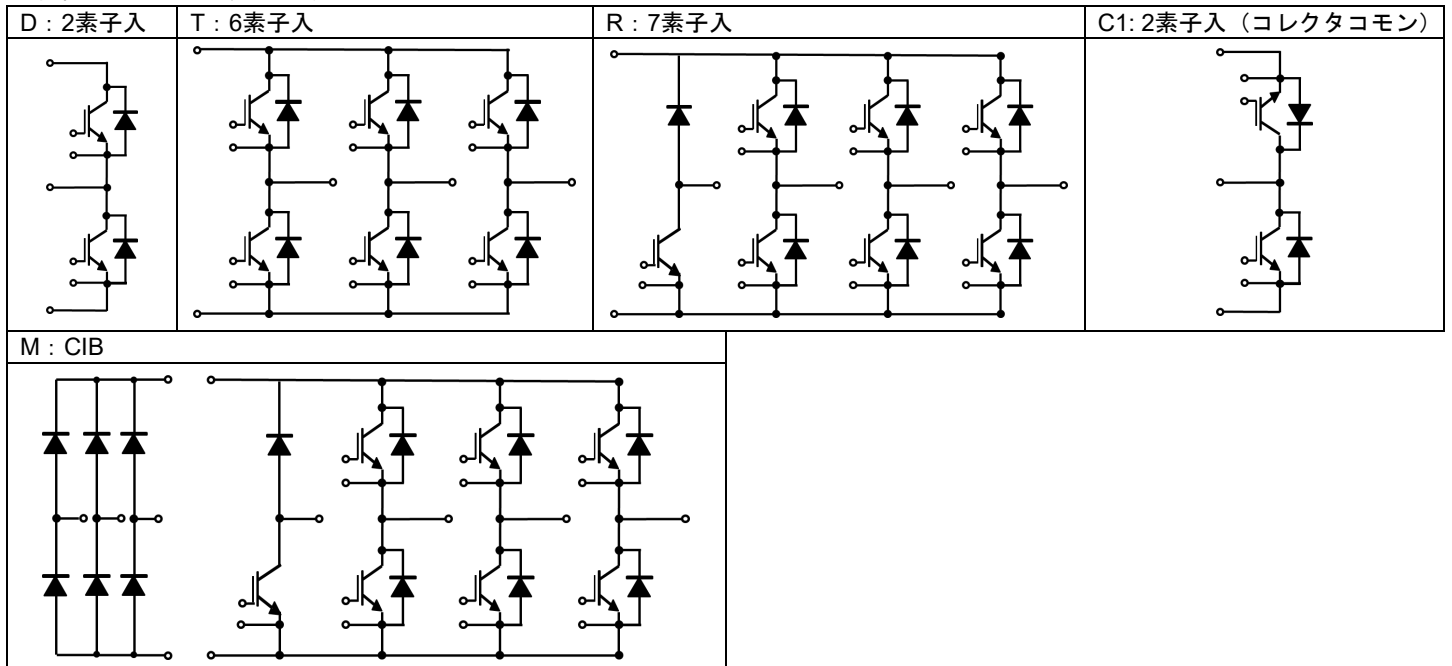


- シリーズ名
T, T1
- 耐電圧クラス(下表参照)
13, 24, 34
- 外形その他の変更
X, Y など
- 結線方式(下表参照)
例) D, T, R, C1, M
- コレクタ電流定格
例) 300: $I_c=300A$
- モジュールの種類
CM: IGBT モジュール

耐電圧クラス (数字の50倍が定格 V_{CES})

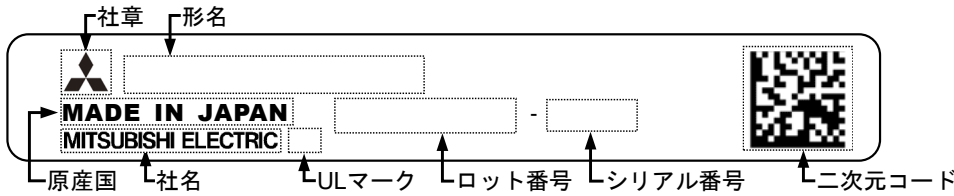
耐電圧クラス	V_{CES} (V)
13	650
24	1200
34	1700

結線 (ラベルへの表示はありません)



3.2. ラベル表示

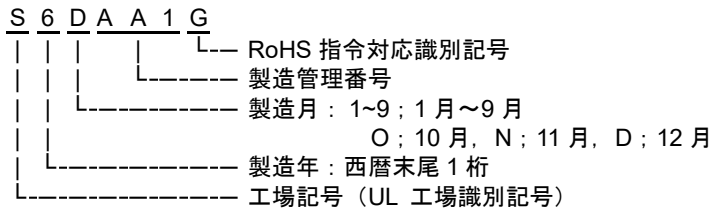
1 ラベル印字例



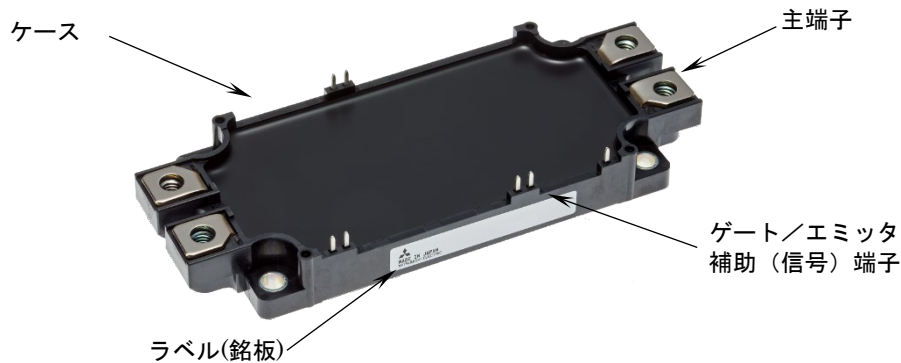
本製品は RoHS※指令（2011/65/EU）に準拠しています。

※Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment

2 ロット番号構成



3 モジュール各部名称 (2 素子入での例)



3.3. 二次元コード構成

二次元コード仕様仕様

項目	仕様
コード種別	Data Matrix (ECC200)
データ種別	英数字
誤り訂正能力	20 - 35 %
シンボルサイズ	6.0 mm x 6.0 mm
コードサイズ	24 セル x 24 セル
セルサイズ	0.25 mm
データ容量	39 桁

データ内容

項目	文字数
形名	20
スペース	2
ロット番号	8
スペース	1
並列仕様記号	3
スペース	1
シリアル	3
スペース	1
合計	39

データ例

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
C	M	4	5	0	D	X	-	2	4	T	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	N	1	2	H	A	1	G	SP	SP	P	SP	SP	SP	SP	0	0	1	SP

“SP”は、スペース(空白=ASCIIコード番号 32 相当)を表します。

4. ラインアップ(品種一覧)

第 7 世代 T シリーズ NX タイプ

V _{CES} (V)	形名		素子数	PKG サイズ (単位: mm)
	はんだピン	プレスフィット		
650	CM300DX-13T	CM300DXP-13T	2	152 × 62
	CM450DX-13T	CM450DXP-13T		
	CM600DX-13T	CM600DXP-13T		
	CM100TX-13T	CM100TXP-13T		
	CM150TX-13T	CM150TXP-13T	6	122 × 62
	CM200TX-13T	CM200TXP-13T		
	CM150RX-13T	CM150RXP-13T		
	CM200RX-13T	CM200RXP-13T	7	137 × 77.1
	CM50MXUB-13T	CM50MXUBP-13T		
	CM75MXUB-13T	CM75MXUBP-13T	CIB	107.5 × 45
	CM100MXUB-13T	CM100MXUBP-13T		
	CM100MXUD-13T	CM100MXUDP-13T		122 × 62
CM150MXUD-13T	CM150MXUDP-13T			
1200	CM225DX-24T	CM225DXP-24T	2	152 × 62
	CM300DX-24T	CM300DXP-24T		
	CM450DX-24T	CM450DXP-24T		
	CM600DX-24T	CM600DXP-24T		
	CM1000DX-24T	CM1000DXP-24T		
	CM100TX-24T	CM100TXP-24T	6	122 × 62
	CM150TX-24T	CM150TXP-24T		
	CM200TX-24T	CM200TXP-24T		
	CM100RX-24T	CM100RXP-24T	7	137 × 77.1
	CM150RX-24T	CM150RXP-24T		
	CM35MXUA-24T	CM35MXUAP-24T	CIB	107.5 × 45
	CM50MXUA-24T	CM50MXUAP-24T		
	CM75MXUB-24T	CM75MXUBP-24T		
	CM75MXUC-24T	CM75MXUCP-24T		122 × 62
	CM100MXUC-24T	CM100MXUCP-24T		
	CM150MXUD-24T	CM150MXUDP-24T		
1700	CM225DX-34T	CM225DXP-34T	2	152 × 62
	CM300DX-34T	CM300DXP-34T		
	CM450DX-34T	CM450DXP-34T		
	CM600DX-34T	CM600DXP-34T		
	CM100TX-34T	CM100TXP-34T	6	122 × 62
	CM150TX-34T	CM150TXP-34T		

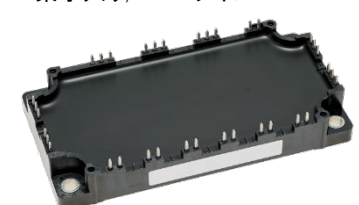
2 素子入り, PKG サイズ 152x62mm



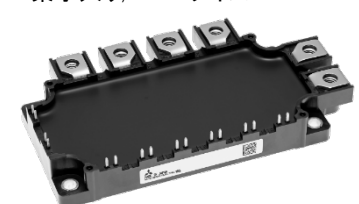
2 素子入り, PKG サイズ 137x110mm



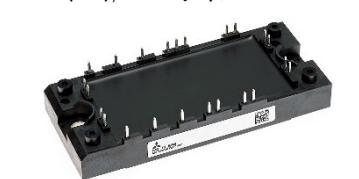
6 素子入り, PKG サイズ 122x62mm



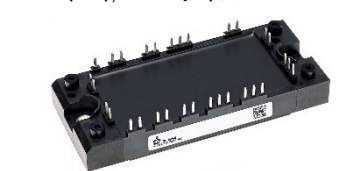
7 素子入り, PKG サイズ 137x77.1mm



CIB (UA), PKG サイズ 107.5x45mm



CIB (UB), PKG サイズ 107.5x45mm



CIB (UC), PKG サイズ 122x62mm



CIB (UD), PKG サイズ 122x62mm



第7世代Tシリーズ stdタイプ

V _{CES} (V)	形名	素子数	PKG サイズ (単位:mm)
650	CM100DY-13T	2	94 × 34
	CM150DY-13T		
	CM200DY-13T		
	CM300DY-13T		94 × 48
	CM400DY-13T		
	CM600DY-13T		
1200	CM100DY-24T		94 × 34
	CM150DY-24T		
	CM200DY-24T		94 × 48
	CM300DY-24T		
	CM450DY-24T		108 × 62
	CM600DY-24T		
	CM450C1Y-24T		
	CM600C1Y-24T		
1700	CM75DY-34T		94 × 34
	CM100DY-34T		
	CM150DY-34T		94 × 48
	CM200DY-34T		
	CM300DY-34T	108 × 62	
	CM400DY-34T		

2 素子入り, PKG サイズ 94x34mm



2 素子入り, PKG サイズ 94x48mm



2 素子入り, PKG サイズ 108x62mm



第 7 世代 T1 シリーズ

V _{CES} (V)	形名		素子数	PKG サイズ (単位: mm)
	はんだピン	プレスフィット		
650	CM50MXUB-13T1	CM50MXUBP-13T1	CIB	107.5 × 45
	CM75MXUB-13T1	CM75MXUBP-13T1		
	CM100MXUB-13T1	CM100MXUBP-13T1		122 × 62
	CM100MXUD-13T1	CM100MXUDP-13T1		
	CM150MXUD-13T1	CM150MXUDP-13T1		
1200	CM225DX-24T1	CM225DXP-24T1	2	152 × 62
	CM300DX-24T1	CM300DXP-24T1		
	CM450DX-24T1	CM450DXP-24T1		
	CM600DX-24T1	CM600DXP-24T1		
	CM800DX-24T1	CM800DXP-24T1		
	CM35MXUA-24T1	CM35MXUAP-24T1	CIB	107.5 × 45
	CM50MXUA-24T1	CM50MXUAP-24T1		
	CM75MXUB-24T1	CM75MXUBP-24T1		
	CM75MXUC-24T1	CM75MXUCP-24T1		122 × 62
	CM100MXUC-24T1	CM100MXUCP-24T1		
	CM150MXUD-24T1	CM150MXUDP-24T1		

2 素子入り, PKG サイズ 152x62mm



CIB (UA), PKG サイズ 107.5x45mm



CIB (UB), PKG サイズ 107.5x45mm



CIB (UC), PKG サイズ 122x62mm

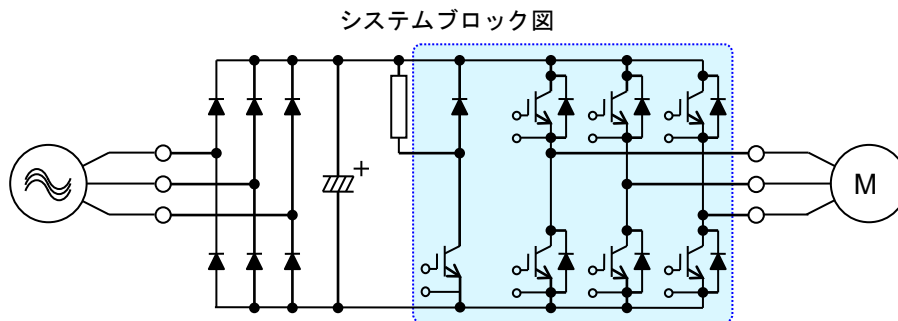


CIB (UD), PKG サイズ 122x62mm



5. アプリケーションへの適用

5.1. 汎用インバータへの適用例



a.AC220V 電源

適用 モータ定格 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
11	CM100TX-13T	CM100DY-13T ×3
15	CM150TX-13T	CM150DY-13T ×3
18.5	CM150TX-13T	CM150DY-13T ×3
22	CM200TX-13T	CM200DY-13T ×3
30	CM200TX-13T	CM200DY-13T ×3
37	CM300DX-13T ×3	CM300DY-13T ×3
45	CM450DX-13T ×3	CM400DY-13T ×3
55	CM450DX-13T ×3	CM400DY-13T ×3
75	CM600DX-13T ×3	CM600DY-13T ×3

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)、Br素子、Conv素子を内蔵したCIBタイプ (MX) も一部の定格でラインアップしております。

※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

b.AC440V 電源

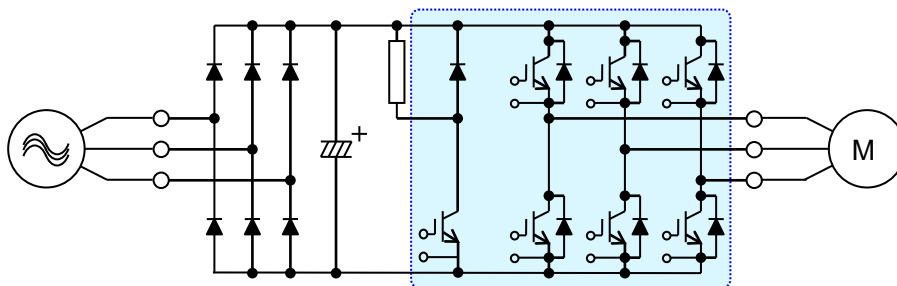
適用 モータ定格 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
15	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
18.5	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
22	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
30	CM150TX-24T	CM150DY-24T ×3
37	CM200TX-24T CM225DX-24T ×3	CM200DY-24T ×3
45	CM200TX-24T CM225DX-24T ×3	CM200DY-24T ×3
55	CM300DX-24T ×3	CM300DY-24T ×3
75	CM300DX-24T ×3	CM300DY-24T ×3
90	CM450DX-24T ×3	CM450DY-24T ×3
110	CM450DX-24T ×3	CM450DY-24T ×3
132	CM600DX-24T ×3	CM600DY-24T ×3
160	CM1000DX-24T×3	-

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)、Br素子、Conv素子を内蔵したCIBタイプ (MX) も一部の定格でラインアップしております。

※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

5.2. 汎用サーボアンプへの適用例

システムブロック図



a. AC220V 電源

適用 モータ定格 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
3	CM100TX-13T	CM100DY-13T ×3
5	CM150TX-13T	CM150DY-13T ×3
7.5	CM200TX-13T	CM200DY-13T ×3
11	CM300DX-13T ×3	CM300DY-13T ×3
15	CM450DX-13T ×3	CM400DY-13T ×3
22	CM600DX-13T ×3	CM600DY-13T ×3

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)、Br素子、Conv素子を内蔵したCIBタイプ (MX) も一部の定格でラインアップしております。

※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

b. AC440V 電源

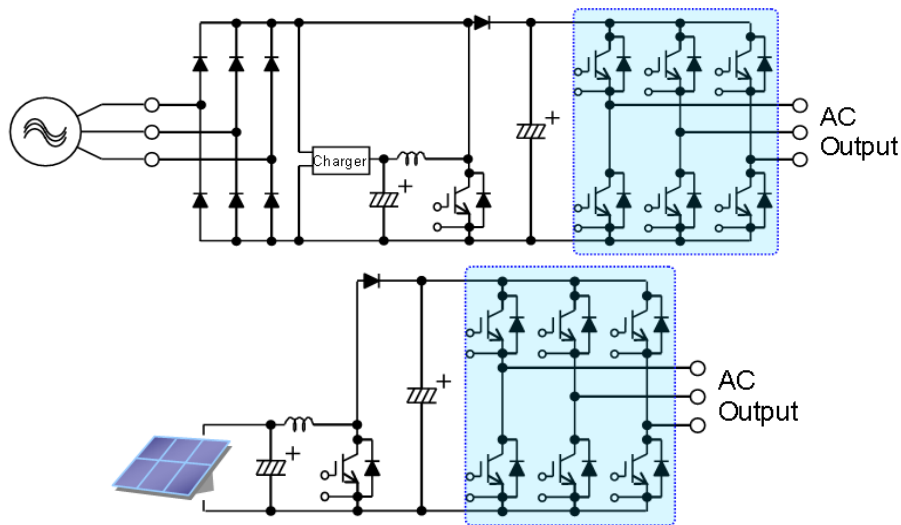
適用 モータ定格 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
5	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
7.5	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
11	CM150TX-24T	CM150DY-24T ×3
15	CM200TX-24T CM225DX-24T ×3	CM200DY-24T ×3
22	CM300DX-24T ×3	CM300DY-24T ×3
30	CM450DX-24T ×3	CM450DY-24T ×3
37	CM450DX-24T ×3	CM450DY-24T ×3
45	CM600DX-24T ×3	CM600DY-24T ×3

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)、Br素子、Conv素子を内蔵したCIBタイプ (MX) も一部の定格でラインアップしております。

※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

5.3. PV, UPSへの適用例

システムブロック図



a.650V系素子

適用容量 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
3.3	CM100TX-13T	CM100DY-13T ×3
5.5	CM100TX-13T	CM100DY-13T ×3
10	CM150TX-13T	CM150DY-13T ×3
20	CM200TX-13T	CM200DY-13T ×3
30	CM300DX-13T ×3	CM300DY-13T ×3
50	CM450DX-13T ×3	CM400DY-13T ×3
100	CM600DX-13T ×3	CM600DY-13T ×3

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)、一部の定格でラインアップしております。
 ※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

b.1200V系素子

適用容量 (kW)	インバータ部 IGBTモジュール	
	NX Type	std Type
5.5	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
10	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
20	CM100TX-24T	CM100DY-24T ×3
30	CM150TX-24T	CM150DY-24T ×3
50	CM300DX-24T ×3	CM300DY-24T ×3
100	CM600DX-24T ×3	CM600DY-24T ×3

※NXタイプには、Br素子を内蔵した7in1タイプ(RX)一部の定格でラインアップしております。
 ※NXタイプには、プレスフィットピンタイプ(-P)も全ての定格でラインアップしております。

6. 安全規格(UL規格)

三菱パワーモジュールは、UL規格1557、カテゴリコードQQQX2に対してUL認証 (Recognized) を受けております。
(一部の特殊品を除き File No.E323585)

その他の安全規格 (TUV, VDE, CSAなど) についての認証・認定は受けておりません。


(CEマーキングの強化絶縁への対応を考慮した設計はされておりません。)

欧州CE及び中国CCCに関しては、2016年10月現在、パワーモジュールとして対象となる規制は確認できておりません。

7. 取扱上の注意事項

パワーモジュールは、使用条件 (電氣的・機械的ストレス, 取扱いなど) によっては素子が破壊することがあります。
弊社のパワーモジュールを安全にご使用いただくため、次に示す注意事項を守り、正しくご使用ください。

7.1. 取扱上の注意

 注意	
運送・運搬方法	<ul style="list-style-type: none"> ・運送中は、梱包箱を正しい向きに置いてください。逆さにしたり、立てかけたり不自然な力を加えますと、電極端子が変形したり樹脂ケースが壊れる原因になります。【天地無用】 ・投げたり、落したりしますと素子が壊れる原因になります。【ワレモノ注意】 ・水に濡れますと使用時の故障原因になります。降雨、降雪時の運搬には濡らさないように注意してください。【水濡れ注意】
保管方法	<ul style="list-style-type: none"> ・製品を保管する場所の温度及び湿度は、5～35℃、45～75%の常温常湿範囲内が望ましく、この温度、湿度から極度にかけ離れた環境では、素子の性能や信頼性を低下させることがあります。
長期保管	<ul style="list-style-type: none"> ・製品を長期 (1年以上) に渡って保管する場合は、除湿対策をしてください。なお、長期保管後のご使用の際には、外観に傷、汚れ、錆等がないことを確認してください。
使用環境	<ul style="list-style-type: none"> ・高湿度環境 (結露も含む) や有機溶剤が直接付着する場所、腐蝕性ガスを発生する場所、また、爆発性ガス、粉塵、塩分などのあるところでの使用は重大な事故につながる可能性がありますので避けてください。
難燃性	<ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ充填樹脂及びケース材料には、UL 規格の 94V-0 認定品を使用しています。不燃性ではありませんので、ご注意ください。
静電気対策	<ul style="list-style-type: none"> ・静電気による破壊を防止するために下記事項を守ってください。 (1) 静電気破壊に対する注意事項 <ul style="list-style-type: none"> 人体や梱包材料に帯電した静電気やゲート・エミッタ間に過大な電圧 (±20 V 以上) が印加されると、素子が破壊することがあります。静電気対策の基本は、静電気の発生をできるだけ抑えることと、帯電した電荷をすばやく逃がすことです。 * 運搬、保存に静電気を帯びやすい容器は使用しないでください。 * モジュールを使用する直前まで、カーボクロス等でゲート・エミッタ間を短絡することを推奨します。また、素手で端子間を絶対に触らないように手袋をしてください。 手袋や作業衣はナイロンなどのような帯電しやすい布地のものは避けてください。 * 組立は、使用機器や人体を接地して作業を行ってください。 また、作業台表面及び作業台周囲の床には導電性マットを敷き、接地されることを推奨します。組立は、製品を梱包箱から取出す時点からを指します。 * 素子を実装したプリント基板上でゲート・エミッタ間が開放状態になっていいますと、プリント基板に帯電した静電気により破壊することがありますのでご注意ください。 * はんだごてを使用する場合は、半導体用の低電圧 (12 V～24 V) のはんだごてを用い、こて先を接地してください。 (2) ゲート・エミッタ間開放時の注意事項 <ul style="list-style-type: none"> * ゲート・エミッタ間が開放状態で、コレクタ・エミッタ間に電圧を印加しないでください。 * 素子を取外す際は、ゲート・エミッタを短絡して取外してください。



注意

<p>静電気対策</p>	<p>(3) 内装箱</p> <p>内装箱には導電性プラスチックを使用していますので、ゲート・エミッタ間の短絡に用いていた導電性スポンジを廃止しております。なお、この導電性プラスチックトレイは従来の導電性スポンジと同様に、ゲート・エミッタ間を完全に短絡したり、過電圧をクランプしたりするような静電対策部品ではありません。</p> <p>梱包箱からのモジュール取出しから機器への取り付けまでの工程中は、導電マットとそのアース、作業員へのアースバンド及び除電ブローの使用など十分な静電気対策をお願いいたします。内装箱からモジュールを取出して別のコンテナなどで保管される場合は、保管用コンテナに導電性コンテナを用いるなどの静電対策を実施ください。</p> <p>また、モジュール本体は、内装トレイに固定されておきませんので、内装トレイの取出しや開梱の際に、はみでモジュールを落下させたりしないよう取扱いには十分ご注意願います。</p>	 <p>内装トレイ梱包例</p>
<p>帯電対策</p>	<ul style="list-style-type: none"> ゲート・エミッタ間に電圧を印加するような受入れ検査（飽和電圧試験など）を実施される場合、試験終了後に梱包トレイや保管用の（導電性）コンテナへ戻す前にゲート・エミッタ間に蓄積された電荷を高抵抗（10 kΩ程度）で放電させてください。 	
<p>配線方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> モジュールを製品に実装する場合は、ねじ端子（構造）部に過大な応力を加えないでください。端子構造部自体や端子構造部ケースの接合部の破損を招く恐れがあります。 プリント基板などを用いてピン形状の主端子及び制御端子を配線する場合は、過大な応力で変形させないようにご注意ください。 プリント基板をモジュールケース部にタッピンねじで固定する場合は、ねじのサイズ及び取付け方法に十分ご注意願います。ねじのサイズや取付け方法を誤りますとモジュールのケースを破損することがあります。 	

7.2. 難燃性について

NXタイプ


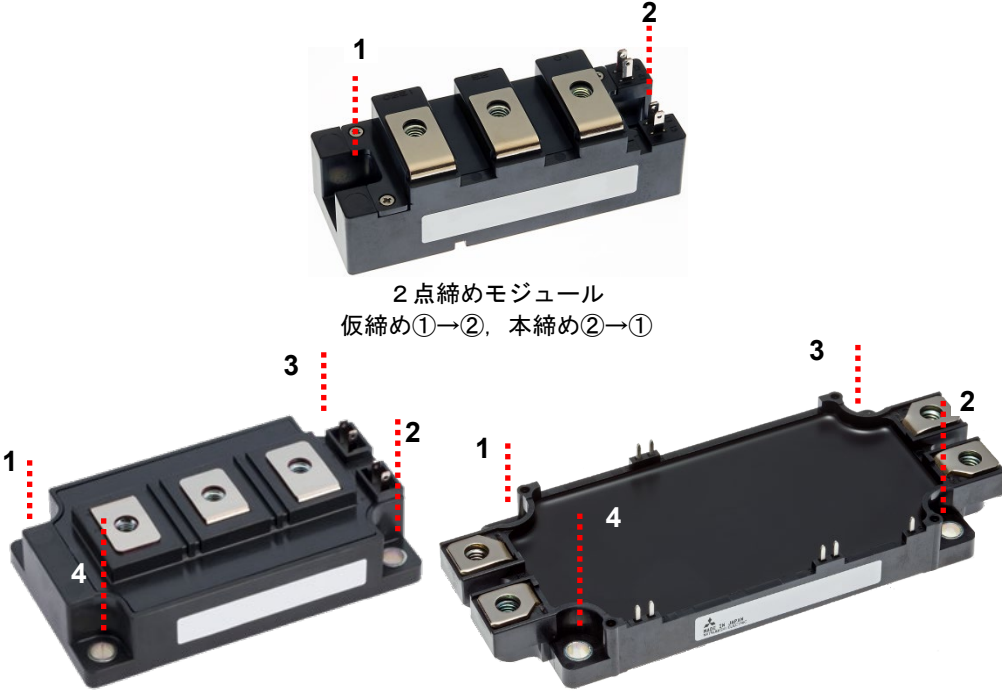
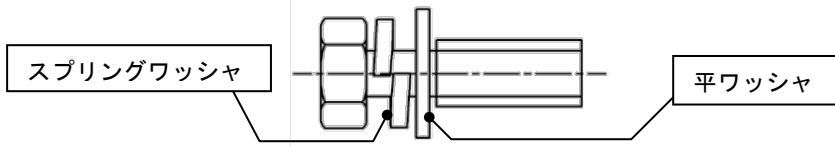
IGBTモジュールのケースに使用しておりますPPS及び基板絶縁部と封止材に使用しております樹脂は、UL94 V-0適合の難燃性を有し、自己消火性を有しておりますので、燃焼源を断れば延焼の危険性はございません。その他のシリコンチップ、銅ベース板などには該当するULの難燃性基準はありません。

stdタイプ

IGBTモジュールのケース及びふたに使用しておりますPPSは、UL94 V-0適合の難燃性を有し、自己消火性を有しておりますので、燃焼源を断れば延焼の危険性はございません。シリコーンゲルは可燃性で、UL94 V-0には適合していません。引火点340°C、発火点450°Cで、硬化後の絶縁破壊強度が、10 kV/mm以上の特性の製品を使用しています。また、自己消火性もありませんので、火災時は、粉末消火剤・二酸化炭素消火剤・泡消火剤などを使用して消火する必要があります。その他のシリコンチップ、銅ベース板などには該当するULの難燃性基準はありません。

8. 実使用上の注意事項

8.1. モジュールのヒートシンクへの取付け方法

	 <h1 style="display: inline; margin-left: 10px;">注意</h1>
<p>取付け方法</p>	<p>モジュールをヒートシンクなどに取り付ける場合、極端な片締めを行いますと、モジュール内の絶縁用セラミック基板やシリコンチップに応力が加わり素子の破壊又は劣化を招くことになります。締め付け順序例を図8-1に示します。</p> <div style="text-align: center;">  <p>2点締めモジュール 仮締め①→②, 本締め②→①</p> <p>4点締めモジュール 仮締め①→②→③→④, 本締め④→③→②→①</p> </div> <p>図 8-1. 取付けねじの締め付け順序</p> <p>* : 仮締め締め付けトルクは最大定格の10~30%を目安に設定してください。 * : スプリングワッシャ及び平ワッシャをご使用ください。 座金 (スプリングワッシャ+平ワッシャ) 組み込みねじを推奨いたします。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図 8-2. 座金組み込みねじ例 (スプリング及び平ワッシャ)</p> </div>
	<ul style="list-style-type: none"> 放熱効果を最大限得るためには、その接触面積をできるだけ大きくし接触熱抵抗を最小にする必要があります。 ヒートシンクの平面度は、モジュール取付け面において、$-50\mu\text{m} \sim +50\mu\text{m}$ (※stdタイプは平面度p-p <math>50\mu\text{m}</math>) (長さ100mmに対して) としてください。また、表面粗さは、長さ100mmに対して$10\mu\text{m}$以内としてください。ヒートシンク表面に十分な平面度が確保されていざないと、過度のマイナス (凹) 反りは、接触熱抵抗 $R_{\text{th}(c-s)}$ が大きくなりモジュールの放熱性に影響を及ぼします。また、過度のプラス (凸) 反りは、取り付けの際にモジュール内部に応力が加わり、モジュールの破壊要因となることがあります。

※使用される放熱フィンの推奨範囲を超える場合は、破壊や熱抵抗の悪化など問題がない事を十分に確認の上、使用をご判断ください。

- 第 7 世代 IGBT モジュールは、PC-TIM (Phase Change-Thermal Interface Material) をベース面に塗布した製品をご提供可能です (オプション)。PC-TIM は熱伝導率が高く (3.4W/(m・K))、印刷により均一に塗布することができるため、接触熱抵抗が減少し、温度上昇を抑えることができます。取扱詳細については別紙「PC-TIM アプリケーションノート」を参照ください。
- 従来どおりモジュールとヒートシンクとの接触面に熱伝導性グリース (以下グリースと称します) を適用することも可能です。その場合の厚みは 50 μm ~ 100 μm 程度で均一になるように塗布してください。
- 熱伝導グリース及び PC-TIM における経時的な特性変化 (ポンピングアウト等による熱抵抗の上昇など) についてはお客様の実使用条件において十分な検証を実施してください。また、経時的な特性変化による温度上昇を考慮して最大定格 (T_{vjmax} , T_{vjop} , T_{Cmax}) の温度範囲内で使用してください。
- 締付けにはトルクレンチを使用し所定のトルクまで締付けます。締付けトルクが大きすぎると、前記の片締め同様素子の破損又は、劣化を招く危険性があります。

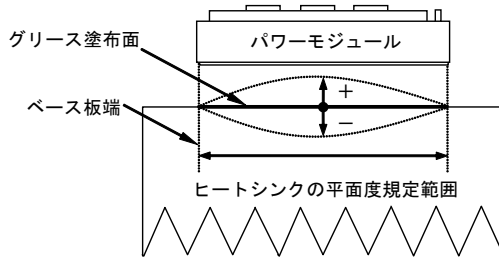


図8-3. ヒートシンクの平面度

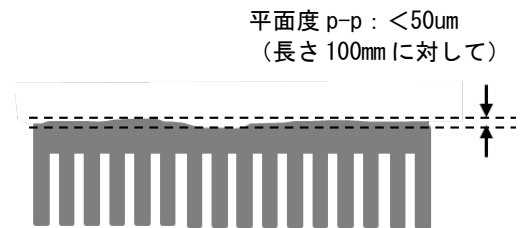


図8-3-a. stdタイプヒートシンクの平面度

モジュール取付けねじ穴の加工形状

モジュール取り付けのためのヒートシンク側ねじ穴加工について、取付けねじの軸力確保 (ねじ緩みを防止)、及びケース樹脂材への応力集中防止のため、図 8-4 中のねじ穴の最大外径寸法 (ϕA) を表 8-1 のとおり設定いただくことを推奨します。

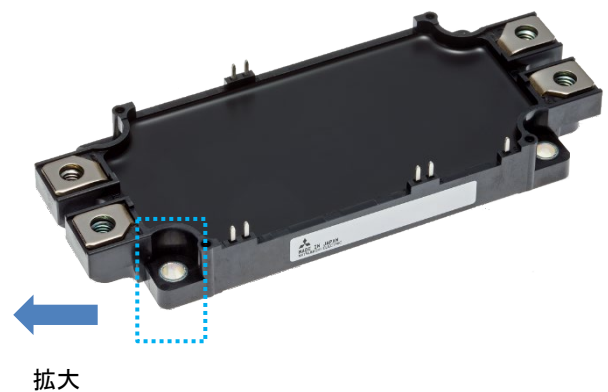
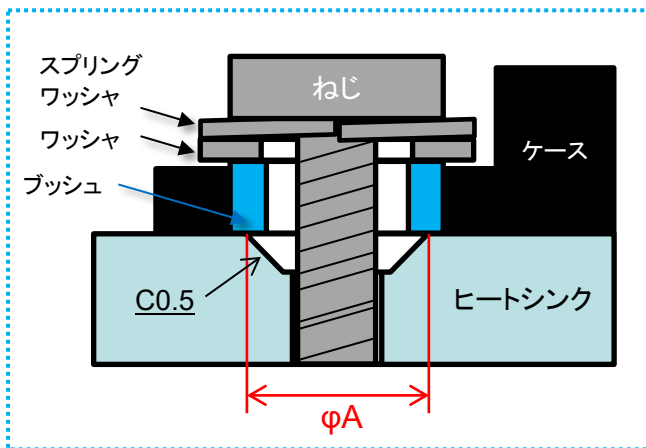


図 8-4. モジュールのヒートシンク取付け部 模式図

表 8-1. ヒートシンク側ねじ穴の推奨最大外径寸法 ϕA

PKG タイプ	取付け使用ねじ	推奨最大 ϕA [mm]
NX タイプ	M5	6
std タイプ	M6	7

8.2. パワーモジュールの実装配置

コンデンサの実装配置

コンデンサからスイッチング素子を通してコンデンサへと戻る閉回路には、スイッチング時に高い di/dt が発生します。この回路の配線が長い場合、配線インダクタンスによる $L \cdot di/dt$ 電圧は、ターンオフ時やリカバリ時にサージ電圧として素子に印加され、これが耐電圧を越えれば素子は破壊します。

これを防ぐ方法には下記のようなものがあり、これらを併用するのが一般的です。

- ① 平滑コンデンサと素子の配置を近づけ、かつ往復線路をラミネート状に配置し磁界をキャンセルすることにより、インダクタンスを減少させる。
- ② 素子の端子直近に、スナバコンデンサを接続し、高周波電流をバイパスさせ、サージ電圧を吸収する。
- ③ 平滑コンデンサそのものを、低インピーダンスタイプとする。
- ④ 素子のスイッチング速度を遅くして（ゲート抵抗を増加するなど）、 di/dt を低下させる。

①や③により主回路の配線インダクタンス(L1)をできるだけ抑え、それでもサージ電圧が大きい場合②や④を用いて抑制することが一般的な対策になります。②については、配線インダクタンス(L2)が大きいとC1-L1間の共振により電圧の振動が大きくなる場合があります。その時はC1の値を変更すると振動が抑えられます。

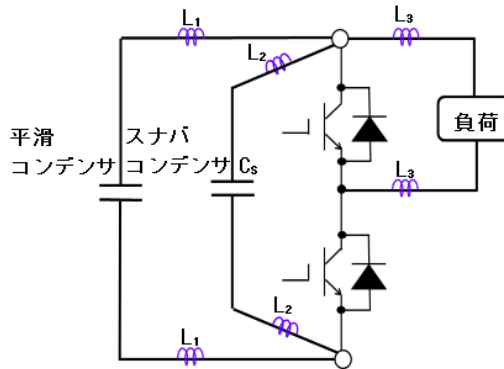


図8-5. パワーモジュールの適用回路

- L₁: 平滑コンデンサとIGBTモジュールを接続する配線のインダクタンス。往復線路なので、絶縁体を挟んだ平行平板の金属板によるラミネート状の配線とし互いの磁界がキャンセルするようにすることが必要です。
- L₂: スナバコンデンサのリード線のインダクタンス。このインダクタンスが大きいと、バイパスしなくなります。
- L₃: 負荷をつなぐ配線のインダクタンス。

取付け上の注意事項

取り付けは可能な限り手締めにて行ってください。電動ドライバなどにて締付ける場合には、締付ける前にモジュールをヒートシンクに押付けるなどして余分な熱伝導性グリスを押し出しておくと共に、締付け速度を十分に落とすか、粘性の低い熱伝導性グリスを使用してください。粘度の高い熱伝導性グリスが多量に挟まっている状態で高速に締付けますと、モジュールが変形し、破損することがあります。

注) PC-TIMの場合は、ヒートシンクに取り付けた後、45℃以上で軟化が始まります。

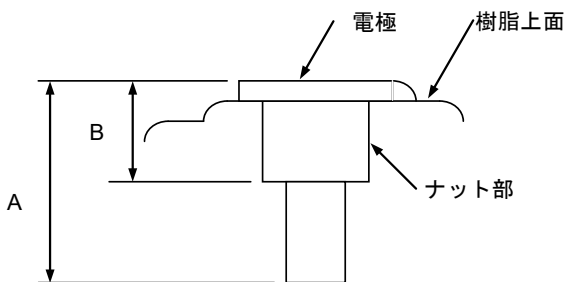
取付けねじ及びワッシャなどは、モジュール取付け穴サイズに合ったものをご使用ください。

推奨ねじサイズより小さいサイズのねじ（平ワッシャ付）を使用されますとねじの中心線ずれが発生し、平ワッシャにせん断力が掛り、締付け力がモジュール取付け穴に均等に掛らなくなる可能性が考えられます。それにより取付けねじの緩みが発生することになります。軸力を揃えると共にボルトの頭部端面が取付け穴全面を覆うよう中心線ずれ以内に収めるような取付け方法が理想的と考えます。

取り付け及びねじ端子モジュールの配線に鉄ねじを使用される場合も、締付けトルクはモジュール本体の樹脂ケースなどの強度で制限されます。JISなどで規定された鉄ねじの基準締付けトルクで締付けますとケースの破損の要因となることがありますのでご注意願います。

注) ねじの長さにご注意ください。

必要以上に長いねじを使用されますと、端子部の樹脂の破損の原因となります。接続用電極の厚みと下記寸法を参照の上、最適な長さのねじをご使用願います。



端子ねじ穴深さ（単位：mm）

ねじとサイズ		代表パッケージ	A	B	電極厚
主端子	M5		13.0	5.2	0.8
					1.0
主端子	M6		14.3	6.3	1.0
			13.9	7	1.5

※寸法A及びBには、電極の浮きは含みません。

パワーピン端子として2個（2ピン）や3個（3ピン）を備えた製品があります。各外部端子は、内部では接続されていますが、外部との接続には必ず全ての（ピン）端子をご使用ください。1個（1ピン）だけでは、主端子として電流容量不足となり、端子の温度上昇が製品の許容レベルを越える危険性があります。

8.3. スタンドオフ推奨使用条件 (NXタイプ)

推奨使用条件

プリント基板固定にスタンドオフねじ締めを行われる際の推奨条件を以下に記載いたします。

・第7世代推奨ねじ

ねじ種類	ねじサイズ	締付けトルク	締付け方法
B1タッピングねじ	φ2.6x10	0.75N・m±10%	手作業 (電動ドライバー30rpm相当) ~電動ドライバー 600rpm以下
B1タッピングねじ	φ2.6x12		
PT [®] Screw	K25x8	0.55N・m±10%	
PT [®] Screw	K25x10	0.75N・m±10%	
DELTA PT [®] Screw	K25x8	0.55N・m±10%	
DELTA PT [®] Screw	K25x10	0.75N・m±10%	

※PT[®]・DELTA PT[®]は、EJOT社の登録商標です。

- *1 上記条件はプリント基板厚みt=1.6使用時の締付条件です。
- *2 推奨外のねじをご検討の場合や、各種条件変更の際は別途評価確認の上、条件を設定願います。
- *3 電動ドライバー等の高速締付けツールをご使用の際は、推奨条件を満たす性能を有し、回転数・トルク共に定期校正されたものをご使用ください。
- *4 取り付け/取り外し回数は、全ねじともに1回とします。
- *5 上記条件は使用環境等により異なる可能性があります。必ず実機評価の上で条件決定されますようお願いいたします。

ピン端子

・第7世代端子仕様

項目	仕様	
端子材質	銅 (Cu)	
めっき種類	錫 (Sn)	
	下地 ニッケル (Ni)	
めっき厚	Sn	4~10 μm
	Ni	1~6 μm

・推奨はんだ付条件 (共通)

はんだ浸せきによるはんだ付け (フローはんだ)

はんだ温度	浸せき時間
260 °C±5 °C	10秒±1秒

はんだごてによるはんだ付け (手はんだ)

コテ先温度	加熱時間
360 °C±10 °C	5秒±1秒

プレスフィットについて

NXタイプには従来からのはんだピンタイプに加え、プリント基板へのはんだ付けが不要となるプレスフィットピンタイプをラインアップしています。(形名: CM**XP-**T)

スルーホールに規定の圧力及びスピードで挿入することによってスルーホール部のメッキと金属結合し、はんだ付けが不要となります。適合するプリント基板の推奨仕様、取付け装置・治具、取付け方法などに注意が必要です。取扱詳細については別紙「プレスフィットアプリケーションノート」を参照ください。

8.4. 熱伝導性（放熱用）グリース塗布方法例

パワーモジュールに使用する熱伝導性グリースの塗布方法についてご説明します。

- ① 準備するもの：パワーモジュール、熱伝導性グリース、スクリーン、電子質量計、手袋
サーマルコンパウンドと呼ばれているものも基本的には熱伝導性グリースと同じ機能を果たすものですが、粘度の高いものを使用する場合は、ベース全面に広がるよう塗布前によく攪拌ください。
- ② 塗布する熱伝導性グリースの量と厚みの関係は下記のようにっており、

$$\text{熱伝導性グリースの厚み} = \frac{\text{熱伝導性グリースの量 [g]}}{\text{モジュールの取り付け面積 [cm}^2\text{]} \times \text{熱伝導性グリースの密度 [g/cm}^3\text{]}}$$

弊社推奨の熱伝導性グリース厚みは 50 μm ~ 100 μm です。
なお、この厚みは、塗布時の初期値で、取り付け後は、ベース板やヒートシンクの平面度に依り変化します。

準備したパワーモジュールに必要な熱伝導性グリースの量を算出します。

計算例：取り付け面積 97 mm × 58 mm、熱伝導性グリースは信越化学工業株式会社製 G-747 の場合

$$50 \mu\text{m} = \frac{\text{熱伝導性グリースの量 [g]}}{56.26[\text{cm}^2] \times 2.65[\text{g/cm}^3]}$$

∴熱伝導性グリース量 ≒ 0.75 [g] となります。

- ③ 準備したパワーモジュールの質量を計測します。
- ④ 電子質量計を使ってパワーモジュールのベース板に、②で算出した熱伝導性グリースの量を加えます。
熱伝導性グリースの加え方は特に指定しておりません。
- ⑤ 加えた熱伝導性グリースを均一になるようベース板全面に塗布します。
最終的に、目的の厚みがパワーモジュールのベース板全面でほぼ均一となる方法であれば、特に方法は問いません。

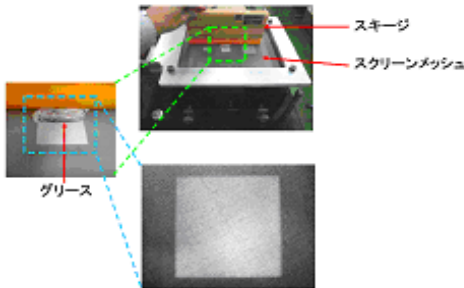
※塗布する際に異物や気泡が混入しないようご注意ください。

ローラーなどで塗布する場合は、グリースに気泡が混入しないようご注意ください。

金属へらを使用する場合は、ベース板表面に傷を付けないようご注意ください。

ヒートシンク取り付け後に、はみ出した熱伝導性グリースを全て拭取らないことで、接触面の熱伝導性グリースの経年変化を抑制する効果が上がることがあります。

スクリーンメッシュ（マスク）とスキージを使用する例
（塗布例：出展 信越化学工業株式会社 様）



アルミニウム電導体接続用のグリースは、アルミニウム表面の接触性改善や腐食防止による電気・接触抵抗低下を主目的としたものです。長期の使用実績があるようですが、接触部の熱伝導を改善する目的のものではないため、接触熱抵抗低減効果はあまり期待できません。もし、これらを採用される場合には、さらに十分な放熱設計が必要となります。

用途、使用方法により最適な熱伝導性グリースは異なりますので、選定・使用の際には直接グリースメーカーへご照会ください。

8.5. 熱抵抗の考え方

モジュールは、 接合・ケース(ベース板)間熱抵抗 $R_{th(j-c)}$ とケース・ヒートシンク間の接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ を規定しています。熱抵抗の基準点(ケース温度)は、チップ直下です。各製品のチップ配置につきましては、 データシートに記載しています。その例を下記に記載します。

Tr^{**} は、 IGBTチップ、 Di^{**} は、 FWDチップの中心位置を示します。2素子入の場合、 $Tr1/Di1$ は、 上アーム、 $Tr2/Di2$ は、 下アームを示します。

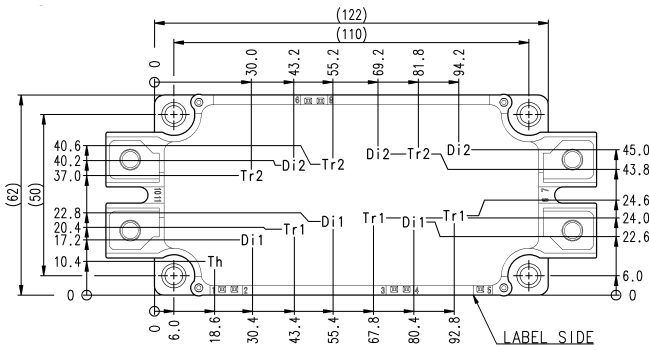


図8-6 チップ配置(2素子入:CM225DX-24Tの例)

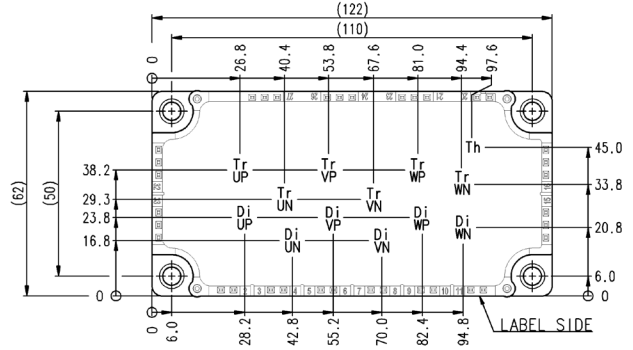


図8-7 チップ配置(6素子入:CM200TX-24Tの例)

図中に示します位置(チップ直下)に熱電対を取り付けるなどして、ベース板及びヒートシンク温度を測定します。

注意事項

- ・使用するヒートシンクの材質、面積、厚みによりヒートシンクの熱抵抗は変わります。一般的に同一材質のヒートシンクでは、面積が小さいほど、厚みが薄くなるほど熱抵抗が大きくなります。
- ・データシートに記載の接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ は、注釈に記載された熱伝導性(放熱用)グリース塗布条件における標準値です。グリース熱伝導率については、NXタイプでは0.9W/(m・K)、stdタイプでは3W/(m・K)を想定した接触熱抵抗値を記載しております。実際の接触熱抵抗は、熱伝導性(放熱用)グリースの種類や塗布量、また発熱条件によって変わりますので、実際に使用される熱伝導性グリース及びヒートシンクを使用した実動作条件でご確認(実測)ください。特に、チョップ動作のように、チップの負荷に偏りがある場合などは、熱設計される上で使用される接触熱抵抗の値にご注意ください。
- ・水冷ヒートシンクについて
 - 一般産業用パワーモジュールは、自冷及び空冷ヒートシンクを用いた冷却システムでの使用を前提としております。水冷ヒートシンクを用いますと、熱の拡がりの性質上、熱抵抗 $R_{th(j-c)}$ 及び接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ が大幅に変わることがあります。また、結露が発生した場合、主電極間で放電が発生することが考えられます。結露による破壊原因としましては、放電により発生するサージ電圧による過電圧破壊が想定されます。水冷で使用される場合、モジュールとしての結露対策はありませんので、モジュールをご使用になるユニットとして結露対策を採っていただく必要があります。モジュール内に充填しております封止材(DP樹脂)には、透湿性があります。
- ・一般産業用パワーモジュールのパッケージは、気密構造ではありませんので、液体はモジュール内部に容易に滲入可能です。パッケージ素材、半導体チップ共、使用しているDP樹脂以外のものとの長期接触を想定して設計していません。したがって、IGBTモジュールをシリコンオイルなどに浸せきした場合については、特性や信頼性を保証できません。

8.6. 熱電対取付け例

チップ直下のケース温度を測定する場合の熱電対取付け例を以下に示します。

●ケース温度測定

接合温度 T_{vj} の推定に、チップ直下のケース温度を使用します。(具体的な推定方法は10章「損失と放熱設計」をご参照下さい。)

NXタイプとstdタイプそれぞれの熱電対取付け例を以下に示します。

NXタイプ

<Step1>

図8-8のようにIGBTモジュールのベース部に溝を掘ります。

(溝の深さは1mm、幅は1mmを目安とする*1)

この時、測定したいポイント(チップ直下)に熱電対先端の根元(青点線部)がくるように注意してください。

※1. 素線径0.3mm(推奨値)の熱電対を使用した場合

<Step2>

Step1で掘った溝に熱電対を挿入し、モジュールベース部にあて、熱電対が動かないように、上から高熱伝導性の充填材で封止してください。

図8-9はモジュール裏面の溝加工実施例を示します。

加工後のバリや充填材によりモジュールの平坦度を損なわないように注意ください。

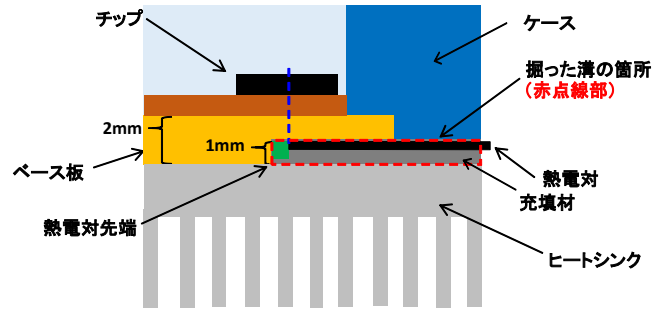


図 8-8. 熱電対取付け例(NX タイプ モジュールベース部)

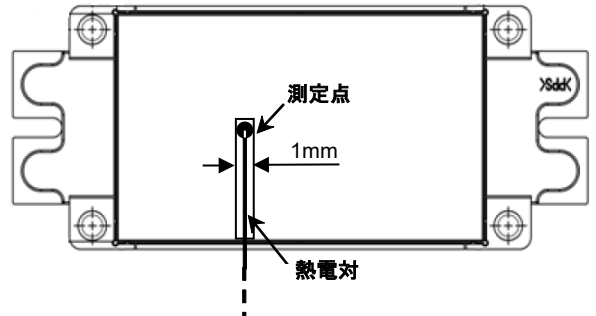


図 8-9. 溝加工実施例(NX タイプ モジュール裏面)

stdタイプ

<Step1>

図8-10のようにIGBTモジュールのベース部に溝を掘ります。

(溝の深さは0.4mm、幅は0.3mmを目安とする*2)

この時、測定したいポイント(チップ直下)に熱電対先端の根元(青点線部)がくるように注意してください。

※2. 素線径0.1mm(推奨値)の熱電対を使用した場合。

<Step2>

Step1で掘った溝に熱電対を挿入し、モジュールベース部にあて、熱電対が動かないように、上から高熱伝導性の充填材で封止してください。

図8-11はモジュール裏面の溝加工実施例を示します。

加工後のバリや充填材によりモジュールの平坦度を損なわないように注意ください。

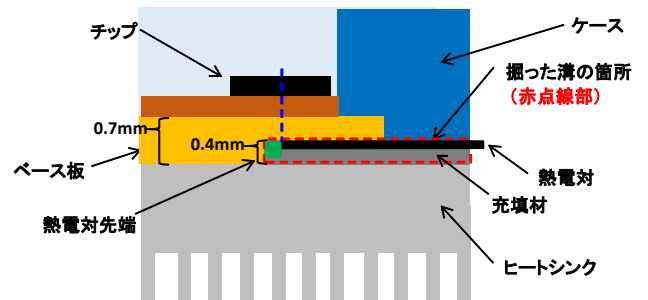


図 8-10. 熱電対取付け例(std タイプ モジュールベース部)

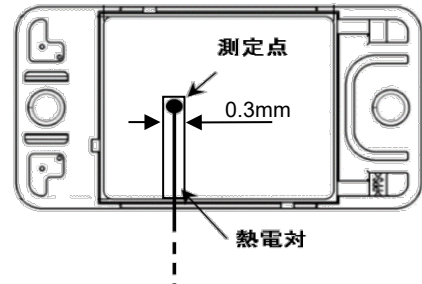


図 8-11. 溝加工実施例(std タイプ モジュール裏面)

注)接合温度を推定する場合は、実際に使用するグリースとヒートシンクをご使用の上で、ケース温度を実測することを推奨します。

なお、ヒートシンク温度を測定する場合においては、以下の参考例をご参照ください。

●ヒートシンク温度測定 (NXタイプ/stdタイプ共通)

<Step1>

図8-12に示すように、ヒートシンクに溝を掘ります。

(溝の深さは1mm, 幅は1mmを目安とする※3)

この時、測定したいポイント(チップ直下)に熱電対先端の根元(青点線部)がくるように注意してください。

※3. 素線径0.3mm(推奨値)の熱電対を使用した場合。

<Step2>

Step1で掘った溝に熱電対を挿入し、ヒートシンクにあて、熱電対が動かないように、上から高熱伝導性の充填材にて封止してください。

熱電対をヒートシンクにかしめても問題ありません。

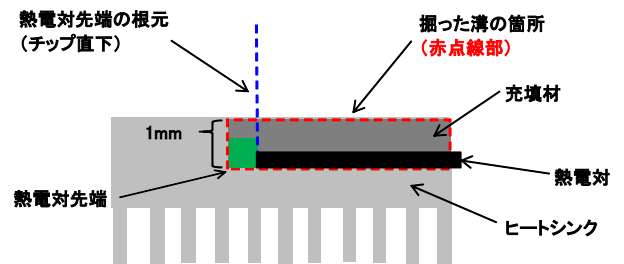


図 8-12. 熱電対取付け例(ヒートシンク)

図8-13にヒートシンクの溝加工実施例を示します。

加工後のバリや充填材によりヒートシンクの平坦度を損なわないように注意ください。

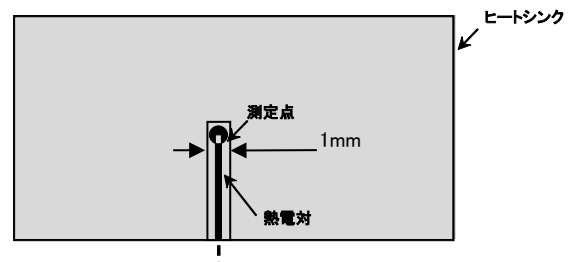


図 8-13. 溝加工実施例(ヒートシンク)

8.7. スナバ回路

スナバ回路の適用例

図 8-14.に、スナバ回路の適用例を示します。本回路例におけるスナバインダクタンス(L₂)及びスナバコンデンサ(C_s)設計値の参考例を下記に示します。ターンオフ時の V_{CE} 電圧波形例を図 8-15 に示します。回路のトータルインダクタンスを L(=2xL₁+2xL₂)とします。

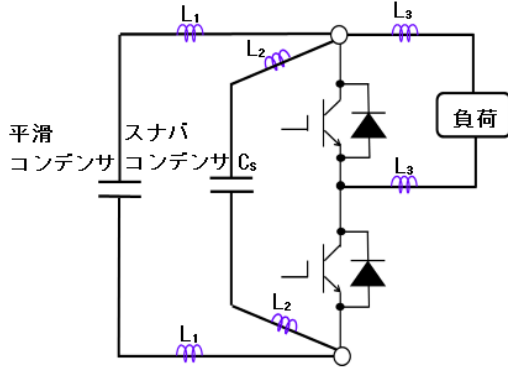


図8-14 スナバ回路の適用例

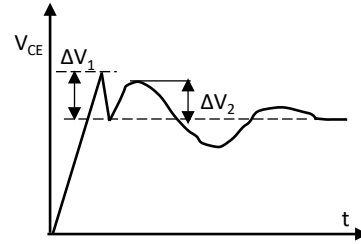


図8-15 ターンオフ時のV_{CE}電圧波形例

図8-14.の回路では、ターンオフ直後にまずIGBTのターンオフによるdi/dtとスナバコンデンサ(C_s)のインダクタンス(L₂)によるサージ電圧 ΔV₁(=2xL₂・di/dt)が発生します。ΔV₁を抑えるためにはスナバインダクタンスL₂の低減が必要です。図8-16.にスナバインダクタンスの設計値参考例を示します。di/dtについては、typ.値として実測のターンオフ時の電流波形に接線を引き求めています。特性により多少ばらつく可能性がありますので、あくまで目安として考えていただき、実機評価により十分確認をお願いします。

その後、L₁が大きいとL₁+L₂とスナバコンデンサ(C_s)との共振が発生し、そのピーク電圧 ΔV₂が発生します。ΔV₂を抑える為にはスナバコンデンサC_sの値を十分大きくすることが必要です。図8-17.にスナバ容量の設計値参考例を示します。C_sは図中の式を用いて求められます。I_{OFF}は短絡時に流れる電流を想定しており、定格電流x5倍として計算しています。

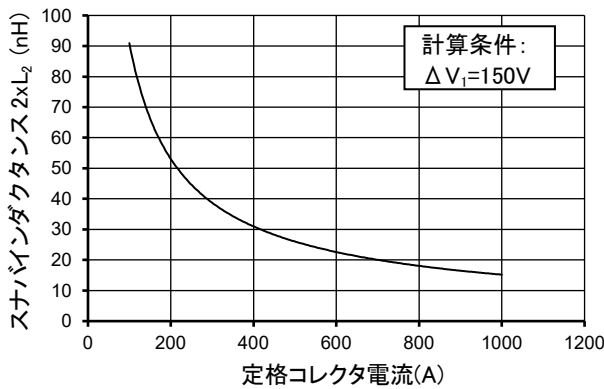


図8-16 スナバインダクタンス - コレクタ電流依存性

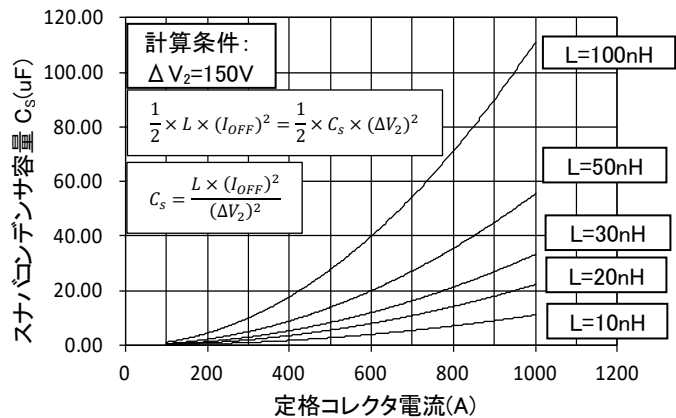


図8-17 スナバコンデンサ容量 - コレクタ電流依存性

スナバインダクタンス(L₂)の計算例

定格コレクタ電流	スナバインダクタンス "2xL ₂ " (nH)
100A	< 89 nH
200 A	< 54 nH
300 A	< 39 nH
450 A	< 28 nH
600A	< 22 nH
1000A	< 15 nH

条件: ΔV₁=150V
 想定 di/dt は定格コレクタ電流時のターンオフ di/dt (I_c=定格, typ, @T_{vj}=25°C)

スナバコンデンサ(C_s)の計算例

定格コレクタ電流	トータルインダクタンス "L" (nH)	スナバコンデンサ "Cs" (μF)
100A	< 100 nH	> 1.1
200 A	< 50 nH	> 2.2
300 A	< 30 nH	> 3.0
450 A	< 20 nH	> 4.5
600A	< 15 nH	> 6.0
1000A	< 10 nH	> 11.1

条件: ΔV₂=150V
 想定電流値は定格コレクタ電流 x5 倍

モジュールを並列接続する場合は、各モジュール個々にスナバ回路をつけることを推奨します。スナバを並列してスナバ容量を大きくする場合も、複数モジュールに対して分割してスナバ回路を接続することを推奨します。スナバ回路を一括接続するより、スナバ配線インダクタンス(L₂)低減及びスナバ電流容量の面でより良い方法と考えます。

サージ電圧低減策

①回路インダクタンス(L₁, L₂)の低減

- 50~200 A(6,7素子入):プリント基板実装
- 100A~1000 A(2素子入):平行平板(ラミネート)配線

②スナバ回路

- 50~200 A(6,7素子入):スナバ回路aもしくはb
- 100~600 A(2素子入):スナバ回路b(各相に)又はa(各相に)
- 400 A以上:スナバ回路a及びc(各相に)

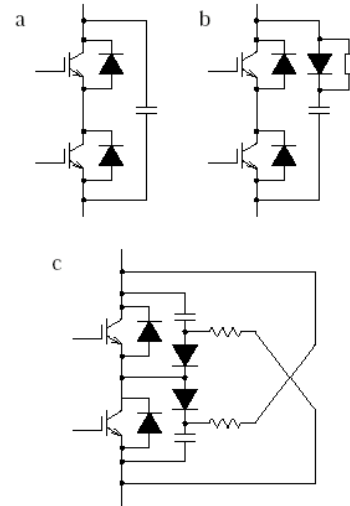


表 8-2. 適用スナバ回路例

モジュール	適用スナバ回路例
NX タイプ	a,b,又は a+b
std タイプ	a,b 又は c

図8-18. 各種スナバ回路例

パワーモジュールの配線例

2枚の直流母線用導体(P層,N層)と絶縁層をはさんで重ね合わせた配線を用います。重ねる順序は配線インダクタンスには影響ありません。この多層板とモジュールとの接続方法の例を示します。

三相フルブリッジを1つのユニットとする場合のレイアウト例

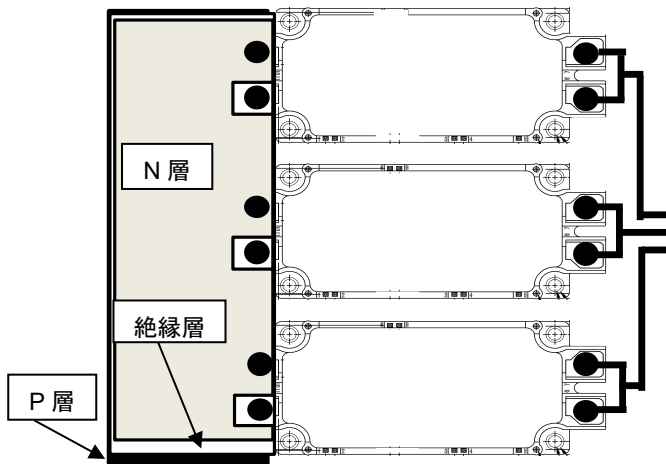


図8-19. NXタイプ(2素子入り)の例

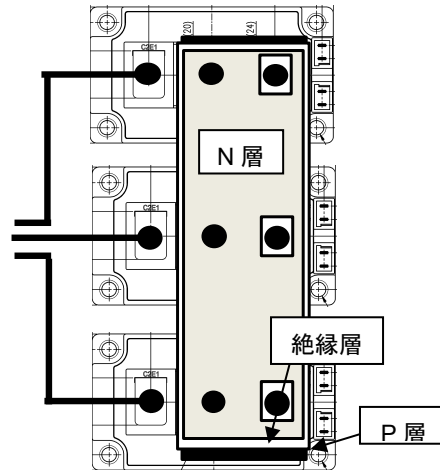


図8-20. stdタイプ(2素子入り)の例

省配線・低インダクタンス配線(バスバー)メーカー例: 菱電化成株式会社:「ラミネートバスバー」<http://www.ryoka.co.jp/>
 詳細はメーカーへ直接お問い合わせください。

8.8. サーミスタの使用 方法

(1) サーミスタの特性

サーミスタの抵抗には温度特性があり、その特性から温度センサーとして利用されています。NX モジュールに搭載されているサーミスタはNTC(Negative Temperature Coefficient: 負の温度係数)のため、温度が上がるとサーミスタの抵抗値は下がります。サーミスタ抵抗値 R は次の式で定義されています。

R_{25} は $T_{25}(25^{\circ}\text{C})=298.15$ [K]の時の抵抗値です。B は温度依存の傾きを意味する定数です。サーミスタの B 定数は定義によって値が変わります。IGBT モジュールのデータシートで次のように定義されています。B 定数には 2 つの温度点を定義する必要があります。B(25/50) は 25°C と 50°C の温度点の時の定数値です。

Symbol	Item	Conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
R_{25}	Zero-power resistance	$T=25^{\circ}\text{C}$	-	5.00	-	k Ω
$B_{(25/50)}$	B-constant	Approximate by equation	-	3375	-	K

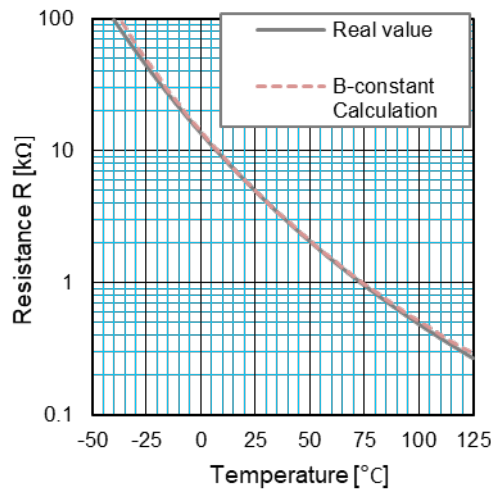


図8-21. サーミスタ温度特性

図8-22はサーミスタの特性カーブ(黒線)とB(25/50)の値を使用して計算した特性カーブ(赤線)を示したグラフです。このグラフから計算から求めたカーブが実際のサーミスタの特性と概ね一致していることが分かります。パワー半導体の動作温度においてB(25/50)の値を使用した計算が十分に正確であることが確認できます。また計算値は実際の値よりも高いため、より安全な推定となります。

$$R = R_{25} \exp \left\{ B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right) \right\}$$

(2) NTC サーミスタの搭載位置

NTC サーミスタは基板の上に搭載されています。チップからの発熱は基板を介してサーミスタへ伝わるため、サーミスタ温度は実際のチップ温度よりも低くなりケース温度に近い値となります。

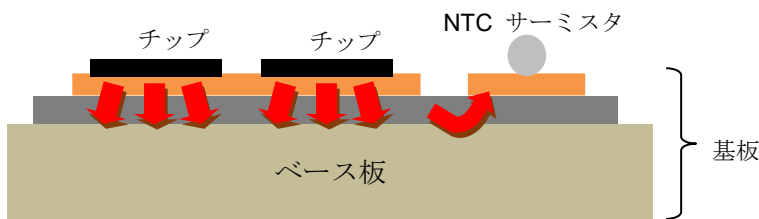


Fig. 8-22: NTC サーミスタ搭載位置と熱伝導経路

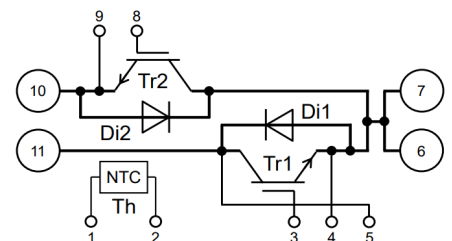


Fig. 8-23: NXモジュールの回路結線

NTCサーミスタは図8-23記載のNo1とNo2の端子で接続されており、サーミスタ温度はこれらの端子間から測定される抵抗値から計算できます。

(3) NTC サーミスタ抵抗の測定方法

サーミスタの温度測定のためにはサーミスタ抵抗を測定する必要があります。抵抗値の測定は新たに外部抵抗を直列に接続し、分圧することで測定できます。サーミスタとの直列接続に使用する抵抗値は目標温度で正確に測定できるように適切な値を選択する必要があります。

サーミスタ抵抗とサーミスタ温度は次の式から計算できます。

$$R = \frac{V_{out}}{V_{in} - V_{out}} \cdot R_1$$
$$T = \frac{1}{\frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_{25}}\right) + \frac{1}{T_{25}}}$$

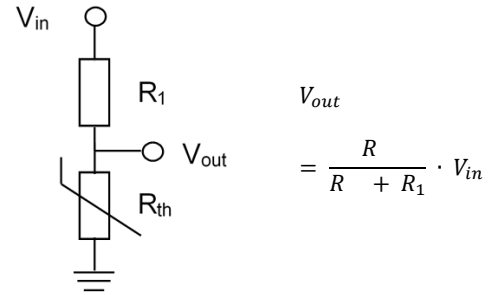


Fig. 8-24: 温度測定回路

8.9. その他

IGBT モジュールでは、UL840 を参照規格として絶縁距離をとっていますが、一般的に高度が上がると気圧が下がるため、同じ空間距離に対する耐電圧は下がり、絶縁能力が低下してしまい空間距離が確保できないおそれがあります。

また、高度が上がると、一般に宇宙線量が急増します。宇宙線が半導体に当たると一般に破損することが知られており、偶発故障の可能性が高くなると考えられます。アプリケーションノート「IGBTモジュールご使用上の注意点 絶縁耐圧及びLTDSについて」を参照ください。

9. IGBTモジュールの使用方法

9.1. IGBTモジュールの選定

(1) 電圧定格

IGBT モジュールの電圧定格は適用する装置の入力電源電圧あるいはモジュールの P-N 間に印加される母線電圧によって決定されます。一般に入力電源電圧, 母線電圧, 素子定格の目安を表 9-1 に示します。

表 9-1. 入力電源電圧と素子定格の適用例

	IGBT モジュールの電圧定格		
	650V	1200V	1700V
入力電源電圧(AC)	~240Vrms	~480Vrms	~690Vrms
P-N 間母線電圧(DC)	~450V	~850V	~1200V

(2) 電流定格

直流電流として流すことのできる電流値です。スイッチング動作 (パルス) においては, 2 倍の定格電流まで許容できます。

ただし, 実使用においてはジャンクション温度やケース温度, 寿命 (パワーサイクルやサーマルサイクル等の寿命) 等を考慮する必要があります。

9.2. 推奨駆動条件・駆動回路

(1) 推奨駆動条件

正の推奨ゲート電圧は, $+V_{GE}=15V \pm 10\%$ です。この推奨範囲より高い条件で使用される場合, 短絡電流が大きくなることにより短絡エネルギーが増大しますので遮断までの時間を短くする必要があります。また, 推奨範囲より低い場合, 図 9-1 の第 7 世代 IGBT 代表 (CM600DX-24T) 出力特性に示しますように, 活性領域での動作となることが想定されます。この活性領域で使用される場合, 急激な温度上昇により短時間で熱破壊する可能性がありますので注意が必要です。

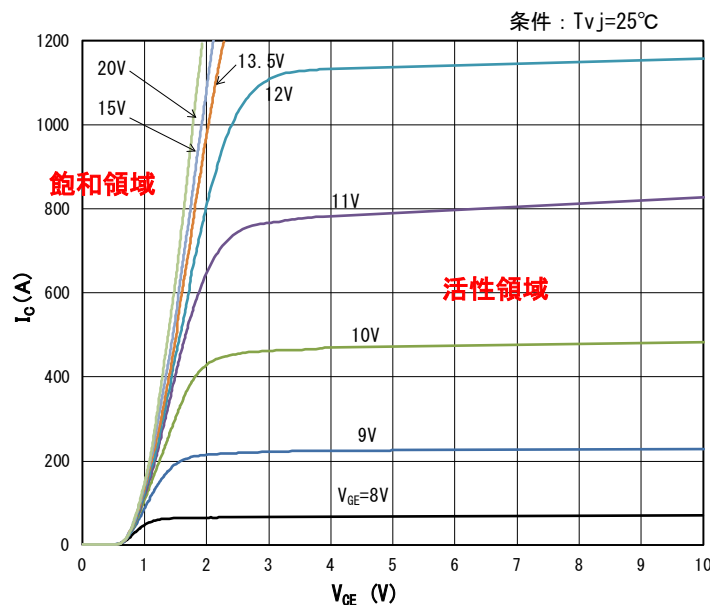


図 9-1. CM600DX-24T の出力特性

負のゲート電圧は以下の逆バイアス電圧とスイッチング損失の依存性より、推奨 $-V_{GE}=-15V$ です。
外部からのノイズや dv/dt による誤点弧しないだけの逆バイアス電圧を印加してください。

(2) 駆動回路

IGBT モジュールのゲート駆動回路設計のキーポイントはゲート電圧、ゲート抵抗及び配線です。
ゲート回路の基本形を図 9-2 に示します。

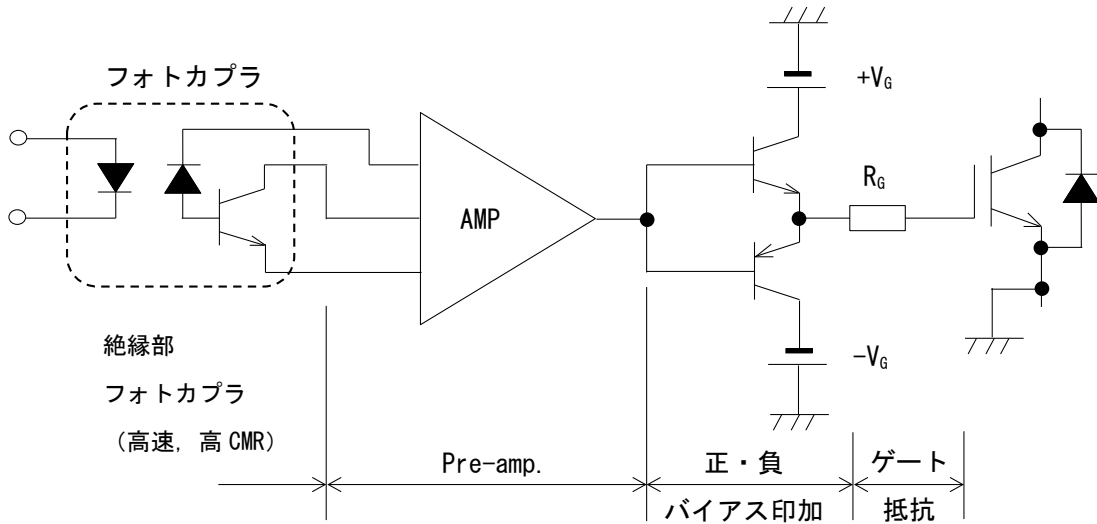


図 9-2. ゲート回路の基本形

- フォトカプラを使用することで IGBT モジュールと入力信号間を電氣的に絶縁します。
使用するフォトカプラは高速でノイズ耐量の大きいもの(高 CMR)を選定する必要があります。
- 正負バイアス印加するバッファ回路はゲート電流を十分流しうる設計としてください。
- ゲート駆動回路と IGBT モジュール間の配線は極力短くし、ゲート配線とエミッタ配線はツイスト配線等により主回路配線等の誘導ノイズを受けないよう配慮ください。また、他相とのゲート配線と一緒に束ねたりしないでください。
- 負荷短絡時等で、ゲート・エミッタ間電圧 V_{GE} が持ち上がり、より大きな電流が流れることで破壊する場合があります。よって、ゲート・エミッタ間電圧の持ち上がりを抑制することを推奨します。図 9-3. に一例を示します。
- ゲート回路が確立する前に主回路に電圧が印加されると IGBT モジュールが破壊することがありますので、ゲート回路が確立されたあと主回路電源を投入されるようお願いいたします。
- ゲート回路が確立される前に主回路に電圧が印加される場合には、ゲート・エミッタ間に抵抗を挿入することを推奨いたします。(抵抗値例: 数 $k\Omega$ ~ 数十 $k\Omega$ です)
- IGBT モジュールの駆動回路については、直接フォトカプラで駆動できるものもあります。フォトカプラメーカーやその他 IGBT 駆動回路メーカーにお問合せください。

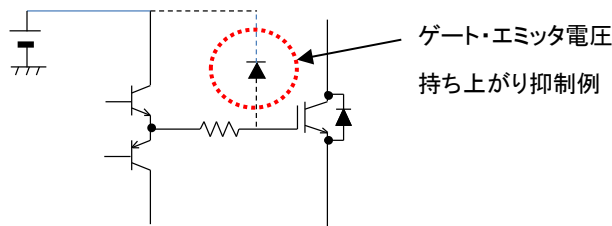


図 9-3. ゲート・エミッタ間電圧持ち上がり対策例

(3)ゲート抵抗の選定

ゲート抵抗 R_G に関しては、データシートに推奨値として上限値と下限値を記載しています。推奨下限値は IGBT モジュールの電气的特性スイッチング時間を規定しているゲート抵抗条件であり、実使用条件を想定した場合の最小抵抗値です。ゲート抵抗 R_G は、スイッチング時間やスイッチング損失に大きく影響を及ぼします。以下に CM600DX-24T のスイッチング時間- R_G 、スイッチング損失- R_G のグラフを示します。

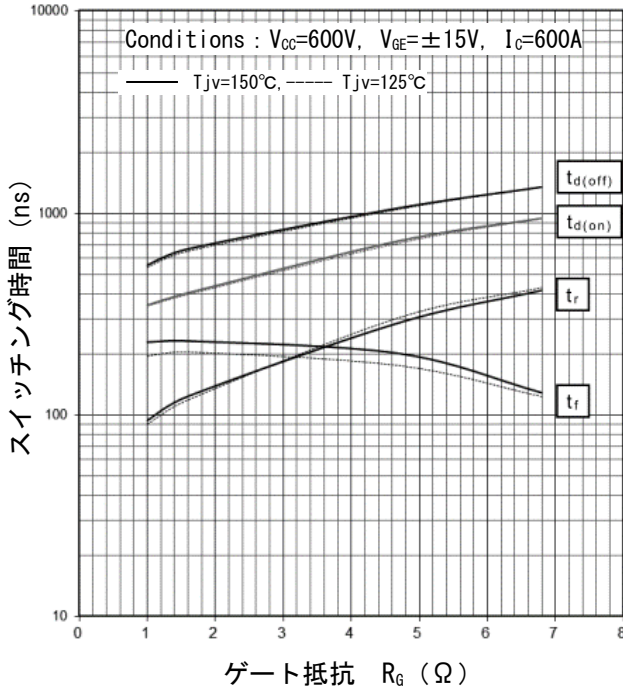


図 9-4. スwitching 時間- R_G

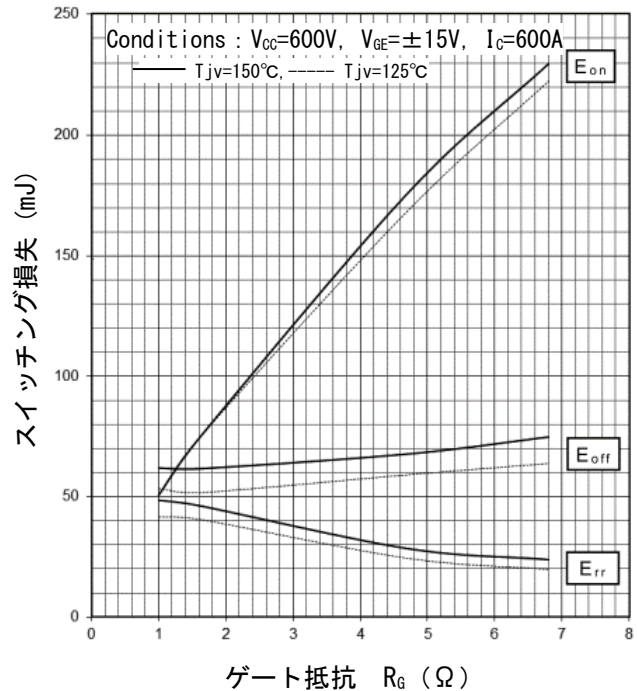


図 9-5. スwitching 損失- R_G

R_G はスイッチング時間やスイッチング損失、サージ電圧等の特性から最適な値を選定する必要があります。

ご使用環境における動作において、接合温度や耐圧などの絶対定格を超えていないことや、短絡・発振動作等の異常動作が無いことを十分ご確認の上で、最適な値をご選定下さい。過小な R_G は、IGBT や FWD の素子破壊を引き起こす恐れがありますので、推奨下限値以上の R_G を強く推奨します。推奨上限値を超える R_G については、スイッチング損失の増加や発振動作等の異常動作の可能性を十分ご考慮の上、最適な値をご選定ください。

なお、装置の配線インダクタンスやスナバ回路等によってサージ電圧は変わってきますので、最適な値はユーザーによって異なります。性能を最大限発揮させるために、ゲート抵抗をターンオン側とターンオフ側で個々に設定することを推奨します。

9.3. ゲート駆動電源

ゲート電流、駆動電力を十分供給できるゲート駆動電源が必要です。ゲート電圧及びゲート抵抗 R_G が決定されると駆動回路のゲート電流及び必要な駆動電力は以下のように計算されます。

(1) 平均電流 ($V_{GE}=\pm 15V$ で駆動させる場合、駆動回路による消費分を除く)

$$\text{平均駆動電流 (Typ)} = Q_G(-15 \rightarrow +15V) \times f_c$$

Q_G : ゲート電荷量 (-15V → +15V)

f_c : スwitching キャリア周波数

図 9-6 に CM600DX-24T のゲート電荷の特性を示します。

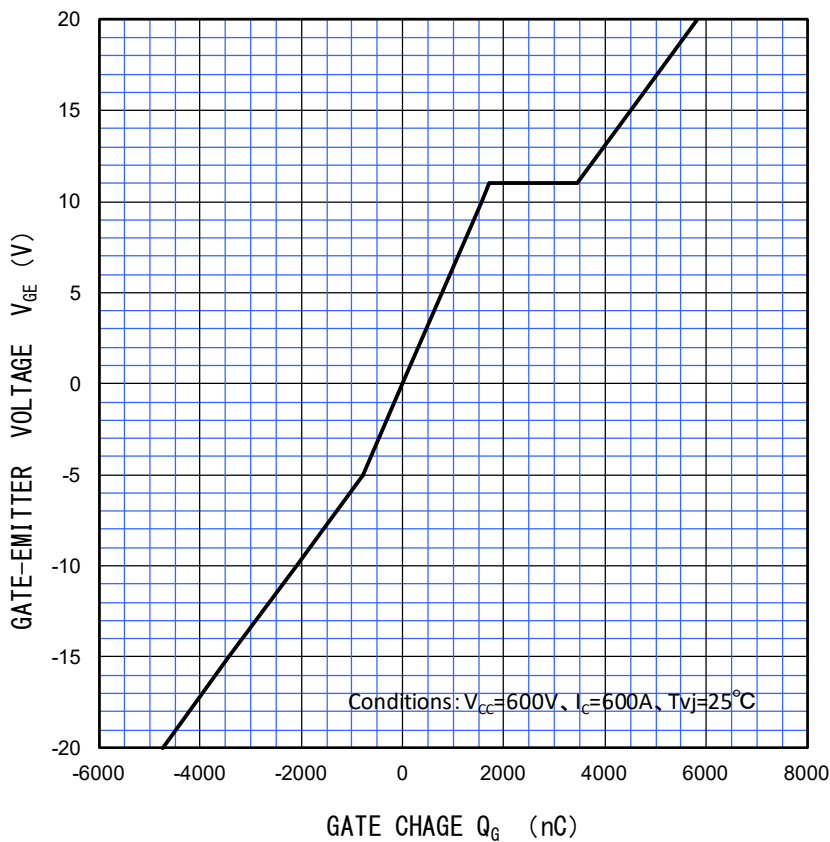


図 9-6. ゲート電圧と電荷量

(2)ピーク出力電流

$$I_{Gpeak} = \frac{(+V_{GE}) - (-V_{GE})}{(\text{外付け}R_G) + (\text{モジュール内部}r_g)}$$

注)実際には駆動回路の遅れや駆動配線のインダクタンス等により計算値より電流値が小さくなることがあります。

(3)平均ドライブ電力

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{T} \int V \cdot idt \\ &= (+V_{GE}) \frac{1}{T_1} \int idt + (-V_{GE}) \frac{1}{T_2} \int idt \\ &= (+V_{GE}) \cdot Q_G \cdot fc + (-V_{GE}) \cdot Q_G \cdot fc \\ &= ((+V_{GE}) + (-V_{GE})) \cdot Q_G \cdot fc \end{aligned}$$

9.4. デッドタイム設定

インバータ回路などでは上下アーム短絡防止のため、駆動信号のシーケンスに上下アーム休止時間(デッドタイム)を設ける必要があります。

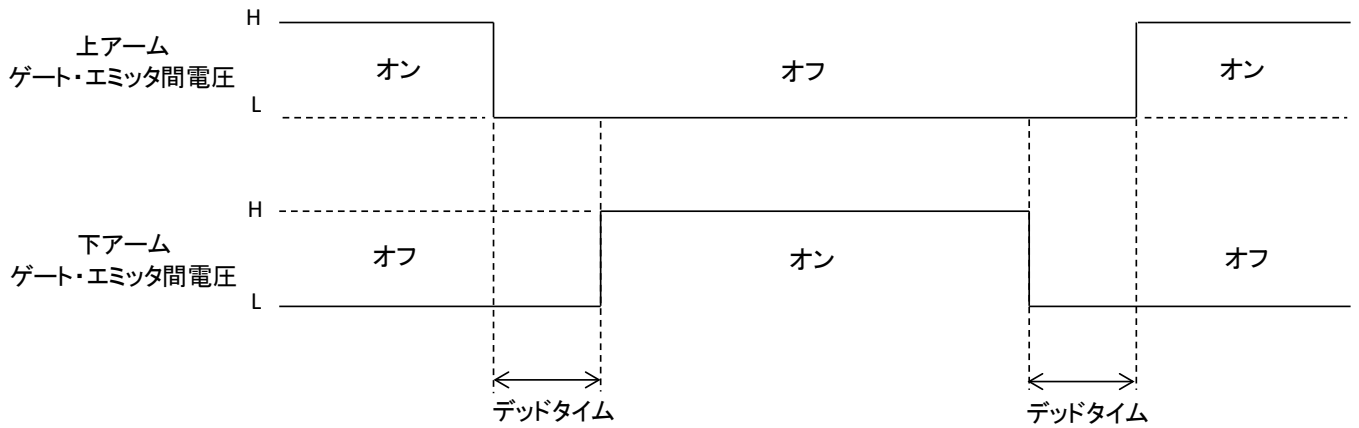


図 9-7. 上下アーム休止時間(デッドタイム)

必要なデッドタイムは、上下アームのターンオン時、ターンオフ時のスイッチング時間に左右されます。よってゲート抵抗値により必要なデッドタイムは変わってきます。デッドタイムが短い場合、上下アームが上下短絡し短絡電流が流れ熱破壊に至る可能性がありますので注意が必要です。実機にて確認の上、デッドタイムの設定をお願いします。

9.5. 短絡時の保護について

短絡が発生した場合を想定し、短絡 SOA (短絡時の安全動作領域) をデータシートに規定しています。

(1) 短絡 SOA の規定条件 (安全動作領域についてはデータシートご参照ください)

・耐圧 650V 製品

$V_{CC} \leq 400V$, $V_{GE} = \pm 15V$, $T_{vj} = 25 \sim 150^{\circ}C$, $R_G =$ 推奨ゲート抵抗値, 短絡時間 $t_w \leq 8 \mu s$, 非繰返し

・耐圧 1200V 製品

$V_{CC} \leq 800V$, $V_{GE} = \pm 15V$, $T_{vj} = 25 \sim 150^{\circ}C$, $R_G =$ 推奨ゲート抵抗値, 短絡時間 $t_w \leq 8 \mu s$, 非繰返し

短絡時間 t_w の定義は図 9-8, 9-9 に示します。

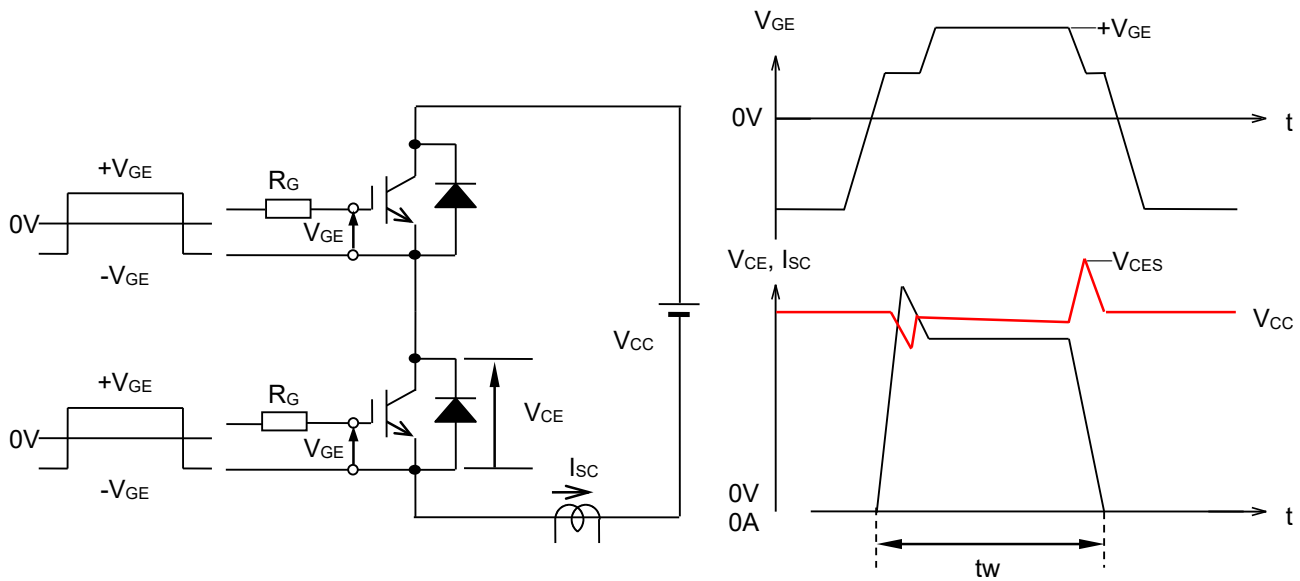


図 9-8. アーム短絡の場合の短絡時間 t_w の定義

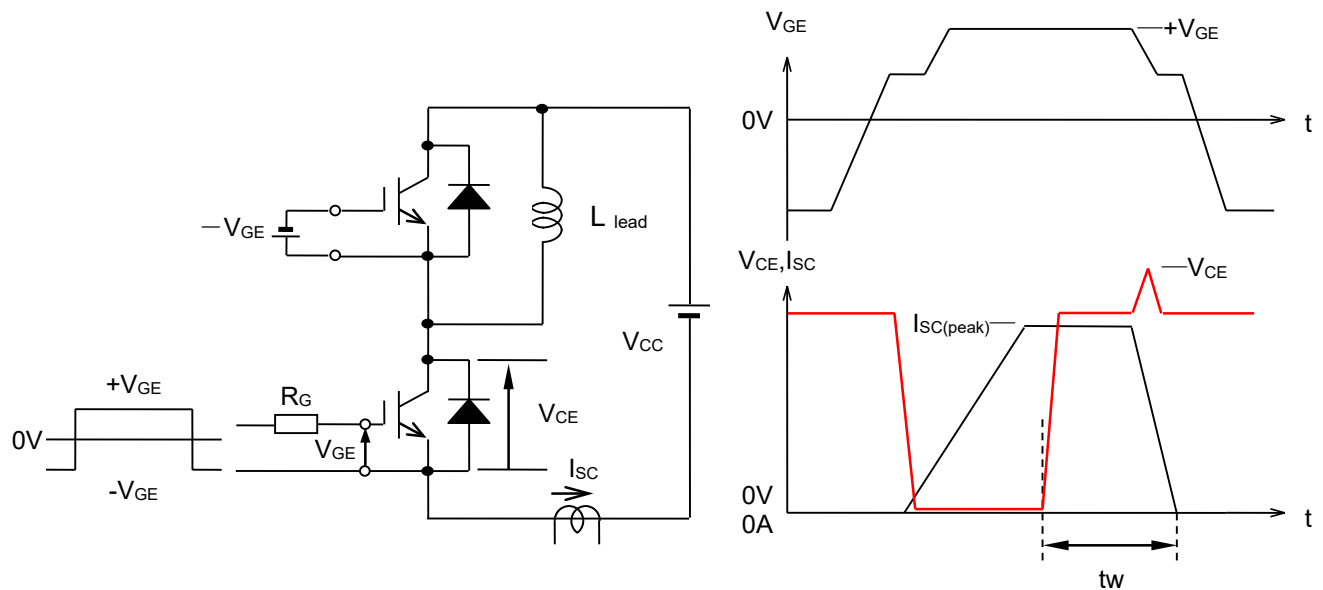


図 9-9. 負荷短絡の場合の短絡時間 t_w の定義

(2) 短絡保護方法

コレクタ電流を検出せずに短絡の発生を検知する簡易的な方法として、IGBT オン時のオン電圧を検出する方法がよく用いられます。短絡保護機能を内蔵した IGBT ドライバなども市販されています。IGBT ドライバに内蔵している短絡保護回路は、ゲート出力がオン状態で IGBT のコレクタ電位が高い時、短絡状態と判断し、ゲート電圧を遮断する機能となっています。なお、大電流を遮断することでサージ電圧(C-E 間)が大きくなりますので、ゲート電圧をソフト遮断しサージ電圧(C-E 間)を抑制する方法を推奨します。

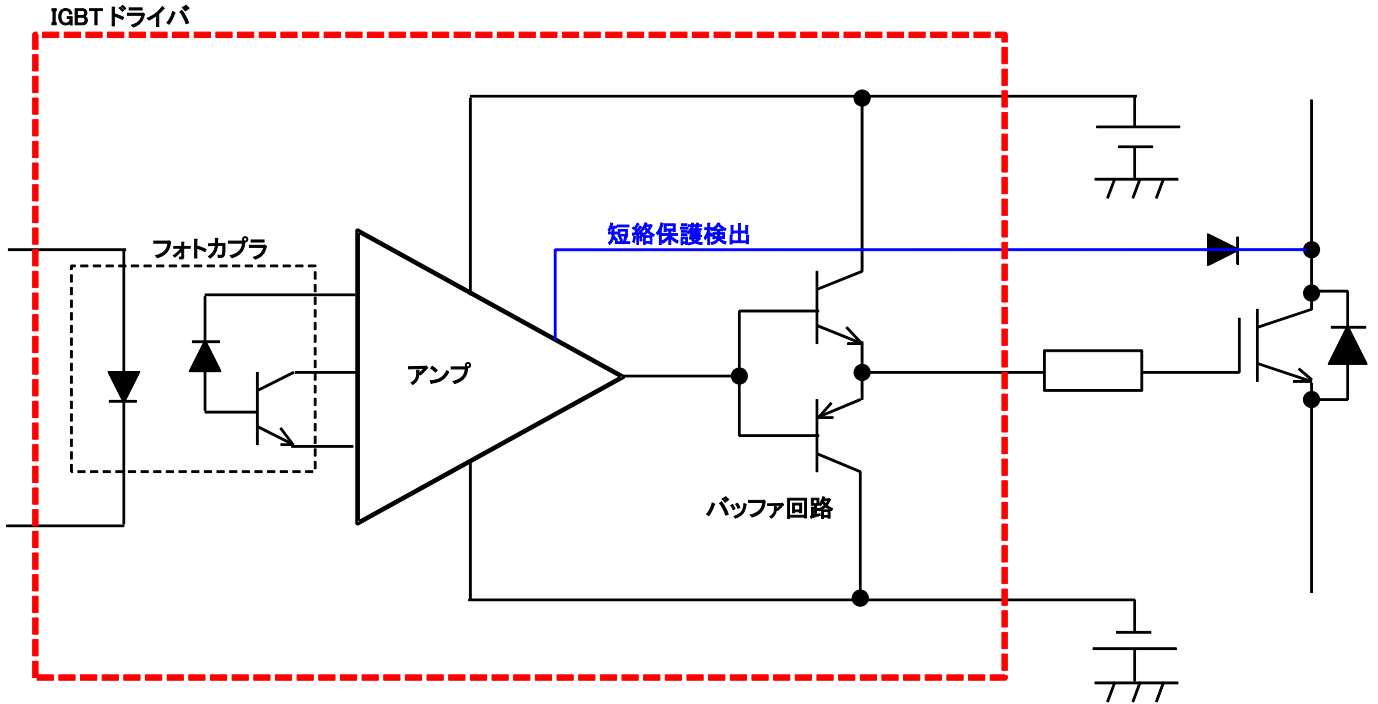
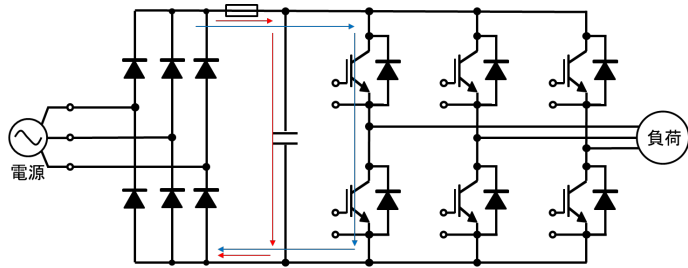
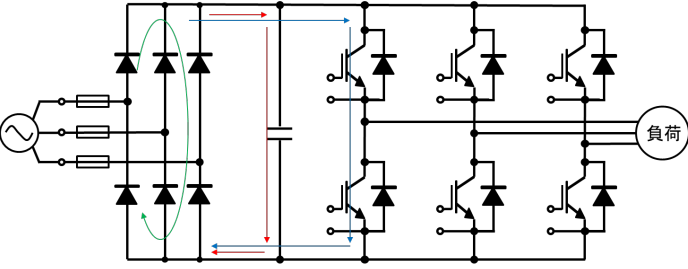
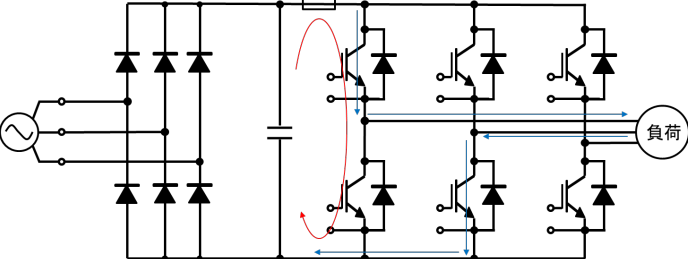


図 9-10. IGBT ドライバの短絡保護例

(3)ヒューズによる保護

スイッチング素子やダイオード、コンデンサ等が破壊した場合に、二次的に商用電源やシステムユニットに電気的な被害が加わる可能性があります。商用電源やシステムユニットの破壊を防止するために、適切な位置にヒューズまたはブレーカーをお取り付けください。ヒューズの適用箇所は、下表を参考に決定してください。ヒューズの仕様は、使用される電圧や遮断電流を考慮し、適切な定格の製品を選定ください。下表に示すヒューズの適用箇所は一例であり、この限りではありませんのでご注意ください。

ヒューズ適用位置例

ヒューズ適用位置	保護内容
	コンデンサ破壊やアーム短絡時の電源への被害防止
	コンデンサ破壊、アーム短絡、コンバータ部ダイオード破壊時の電源への被害または地絡防止
	アーム短絡、負荷短絡時のシステムユニット保護や地絡防止

9.6. IGBTモジュールの並列接続

(1) IGBT モジュールの並列接続

第 7 世代 IGBT モジュールの並列接続の留意点について記載します。

第 7 世代 IGBT モジュールの $V_{CEsat}-I_C$ 特性は正の温度依存性をもっています。7 世代 IGBT モジュールは正の温度依存性により、接合温度 T_j が高くなると、 V_{CEsat} が高くなりコレクタ電流が減少し、並列接続間の電流アンバランスが抑制されます。

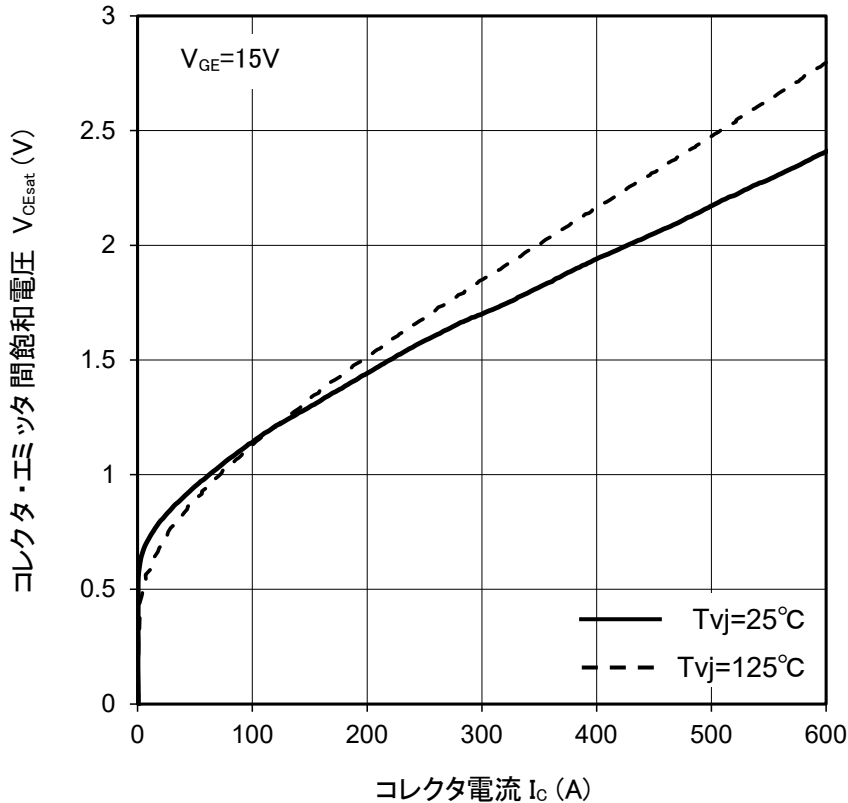


図 9-11. CM300DX-24T コレクタ・エミッタ間飽和電圧特性

並列仕様の第 7 世代 IGBT モジュールの 2 素子間の電流不平衡率は最大で±15%になります。 V_{CEsat} の差が小さい程、2 素子間の電流不平衡率は小さくなるため、同一製品ロットを組み合わせることを推奨します。(並列仕様の詳細については、営業窓口までお問い合わせ下さい。)

また、並列で使用する場合には以下の計算式により電流ディレーティングを行ってください。並列数の増加に伴い、1 素子にコレクタ電流が集中し易くなりますので、並列数に応じてディレーティング量を設定する必要があります。

n個を並列接続したときの電流ディレーティング量(低減量)は、不平衡率を±x%とすると、

$$\left\{ 1 - \frac{(n-1) \times \frac{1-x/100}{1+x/100} + 1}{n} \right\} \times 100\%$$

となります。ただし、 V_{CEsat} の差をそろえれば静的な電流バランスはそろいますが、スイッチングの瞬間の電流アンバランスには効果がありません。高速スイッチング素子のスイッチングの瞬間の電流アンバランスは、素子外部の配線インダクタンスのバランスに支配されますので、インダクタンスの低減と対称性にご留意ください。

(2) 主回路配線

IGBT モジュールの並列接続において主回路配線の留意点を以下に示します。

- 各素子の配置は対称とし、配線インダクタンスを均一かつ低減するようご注意ください。各素子の配線インダクタンスのアンバランスは電流アンバランスを引き起こし、一部の素子に損失が偏ることで素子が熱破壊にいたりします。(図 9-12)
- 各素子にスナバ回路を接続し、配線インダクタンスを低減し、サージ電圧を抑制してください。

<アンバランス例>

素子間の配線インダクタンスに差があり、素子間のコレクタ電流に大きく差が発生。

<バランス例>

素子間の配線インダクタンスは均一であり、素子間のコレクタ電流も均一。

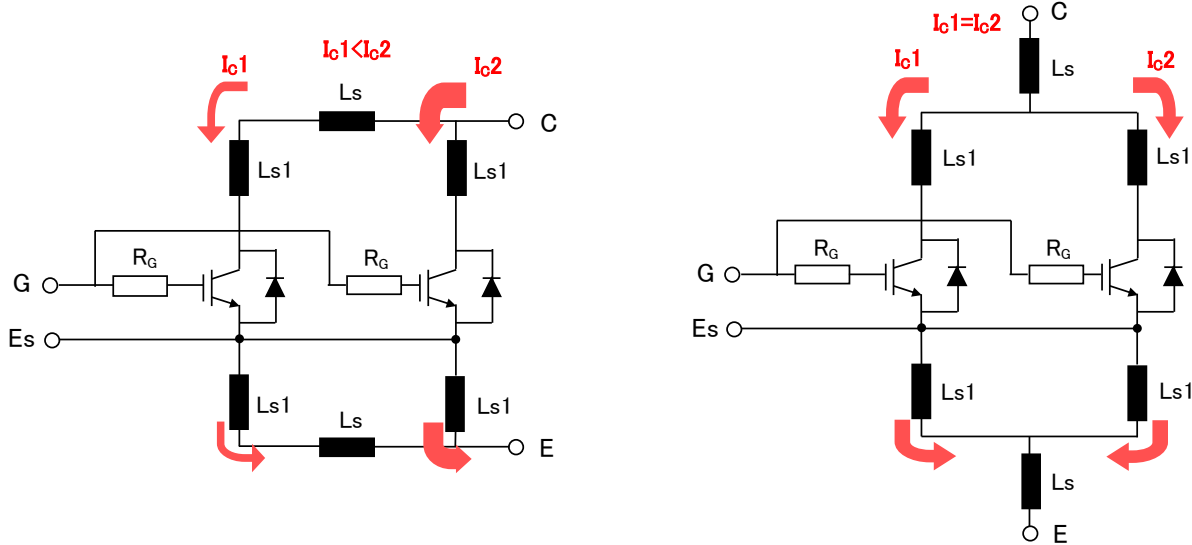


図 9-12. 主回路配線における電流アンバランス

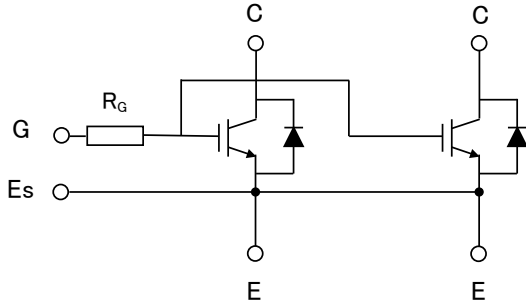
(3) ドライバ回路

IGBTモジュールの並列接続においてドライバ回路の留意点を以下に示します。

- 各素子に接続するゲート抵抗と配線インダクタンスを含むインピーダンスが大きい場合、各素子間で電流アンバランスが生じますので、ドライバ毎のインピーダンスをそろえてください。
- 配線は、短い同じ長さのツイスト線にして、インピーダンスの差が生じないようにご注意ください。
- R_G が大きくなりすぎないようにご注意ください。
- 主回路にドライバ配線が平行にならないようご注意ください。
- ゲート抵抗は並列素子においてまとめず、各素子にゲート抵抗を接続してください。各素子にゲート抵抗を挿入しない場合はゲート発振の原因になります。(図 9-13)
- エミッタ主配線とドライバ配線間の経路で、配線インダクタンスの起電力により電流が流れる場合には、エミッタのドライバ配線に 0.1Ω 程度の抵抗又はフェライトコアなどを挿入し、起電力による電流を抑制して並列素子のスイッチング速度に差が発生しないようにしてください。(図 9-14)

<アンバランス例>

素子間のゲート抵抗をひとまとめにして、各ゲート部に配線を接続。



<バランス例>

素子毎にゲート抵抗を接続して、ゲート発振対策としてください。

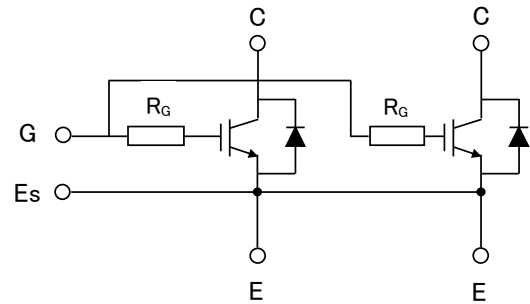
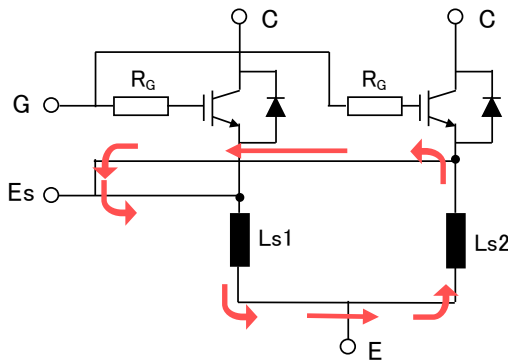


図 9-13.. ゲート発振対策

<アンバランス例>

各素子の配線インダクタンス(Ls1,Ls2)に差があり、ドライバのエミッタ部を経由してループ電流が発生。



<バランス例>

各素子のドライバエミッタ部の配線に Rs=0.1Ω 程度の抵抗またはフェライトコアを挿入してループ電流を抑制。

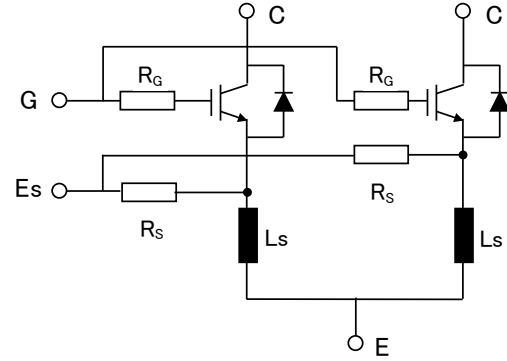


図 9-14. エミッタ配線に流れる電流対策

10. 損失と放熱設計

10.1. 発生損失の求め方

パワーモジュールの損失計算について

パワーモジュールを安全にご使用いただくために、ご使用になる条件での発生損失及び、接合温度を把握し、絶対定格以内で使用いただく必要があります。パワーモジュール選定の際は弊社 WEB サイトよりシミュレーションソフトをダウンロードし、ご利用いただけます。

ダウンロードサイト：<http://www.mitsubishielectric.co.jp/semiconductors/simulator/index.html>

ページ内の「お客様情報ご登録へ」をクリックいただき、必要事項をご入力いただきますと、ダウンロードページが表示されます。

* : 対応 OS は、Windows®98SE 以降の Windows®のみとなります。

ソフトの使用方法につきましては、ダウンロードマニュアル「パワーデバイス損失シミュレータ Ver.*.** 操作マニュアル」をご参照ください。

パワー損失と接合温度

IGBT モジュールをご使用いただく上で接合温度を把握することが非常に重要です。接合温度の求め方を図 10-1 の波形を例に説明します。例として IGBT 部の計算を示しますが、ダイオード部の考え方も基本的に同じです。また、温度上昇につきましては最大定格を超えないようにするだけでなく、温度変化による接合部のパワーサイクル寿命にもご注意ください。

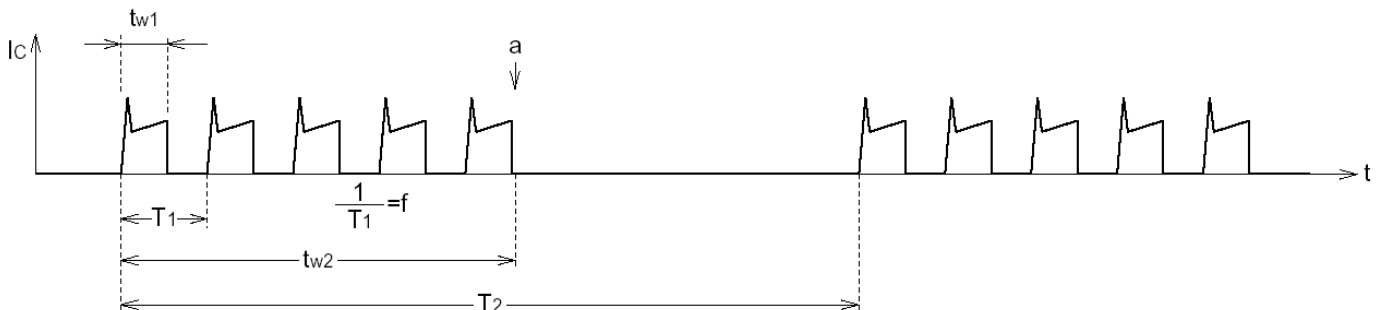


図 10-1. 接合温度の求め方 模式図

パワー損失

接合温度を求めるためには、IGBT モジュールの損失を知る必要があります。最初に 1 パルス当りの損失を求めます。

1 パルスの損失は定常損失とスイッチング損失に分けて考えます。

(1) 定常損失

V_{CEsat} vs. I_C 特性のグラフを用い、エネルギー (J) を求めます。

$$E_{(sat)} = \frac{I_{C1} \times V_{CEsat1} + I_{C2} \times V_{CEsat2}}{2} \times t_{w1}$$

注) 上式は簡略化した式ですが、本来は

$$E_{(sat)} = \int_0^{t_{w1}} I_C(t) \cdot V_{CE}(t) dt$$

なお、この時 V_{CEsat} vs. I_C のグラフは $T_{vj}=150^{\circ}C$ のデータを使用します。

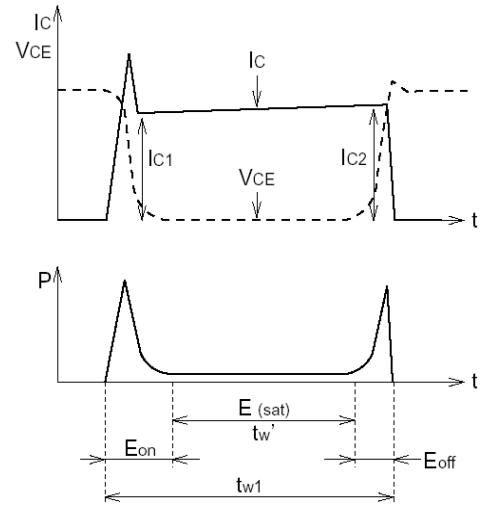


図 10-2. 定常損失とスイッチング損失

(2) スwitching 損失

スイッチング損失は実際の波形から区分求積により求めます。

$$E_{on} / E_{off} = \int_{t_a}^{t_b} I_C(t) \cdot V_{CE}(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n P_n \times (t_b - t_a) \quad n: \text{分割数}$$

($t_a \sim t_b$ の区間を n 等分し、各点ごとのパワー損失を求め平均化します)

(1), (2)より、1 パルス当りの IGBT の損失を E_1 とした時、

$$E_1 = E_{sat} + E_{on} + E_{off}$$

また、FWD 部の損失も IGBT 部と同様に求めます。

$$E_{rr} = \int_{t_a}^{t_b} I_E(t) \cdot V_{EC}(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n P_n \times (t_b - t_a)$$

スイッチング損失の積分範囲は以下を参照ください

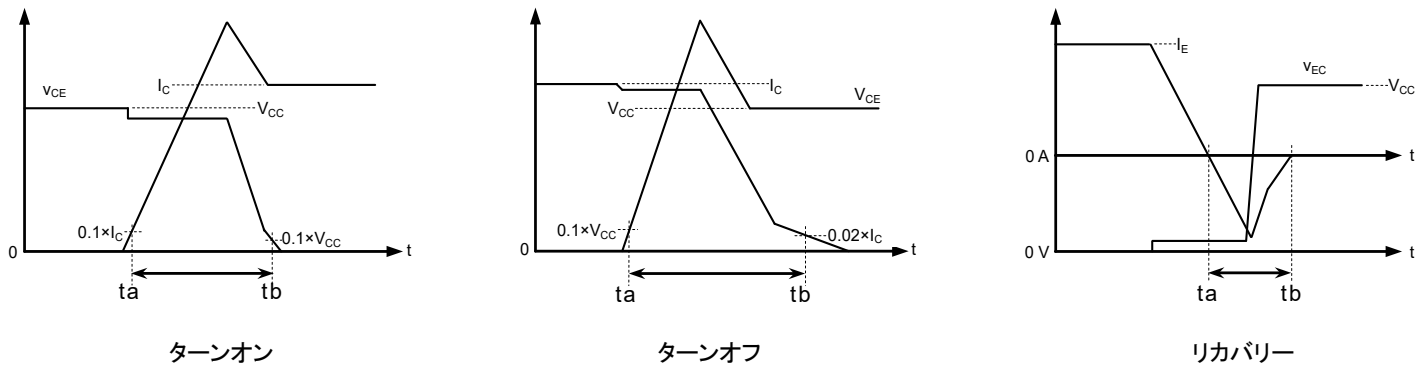


図 10-3. スwitching 損失の積分範囲

(3) 平均パワー損失を求めます。

1 パルス内の平均パワー損失は、

$$P_1 = \frac{E_1}{t_{w1}} \quad (\text{W})$$

で表されます。図 10-1 の波形を電力に関して矩形波近似すると図 10-4 のようになります。



図 10-4. 平均パワー損失の考え方 1

t_{w2} 期間内の平均パワー損失を求めます。(図 10-5 参照)

$$P_{av} = \frac{E_1}{t_{w2}} \times N \quad (\text{W})$$

N: t_{w2} 期間内のパルス数

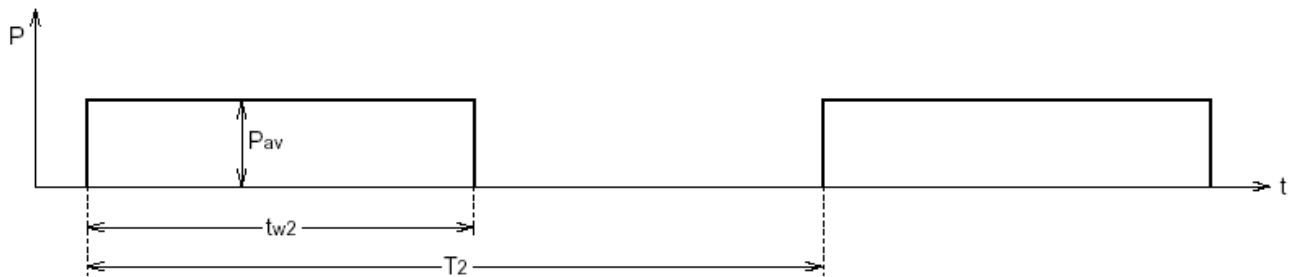


図 10-5. 平均パワー損失の考え方 2

全体の平均パワー損失を求めます。(図 10-6 参照)

$$P_{AV} = P_{av} \times \frac{t_{w2}}{T_2} \quad (\text{W})$$

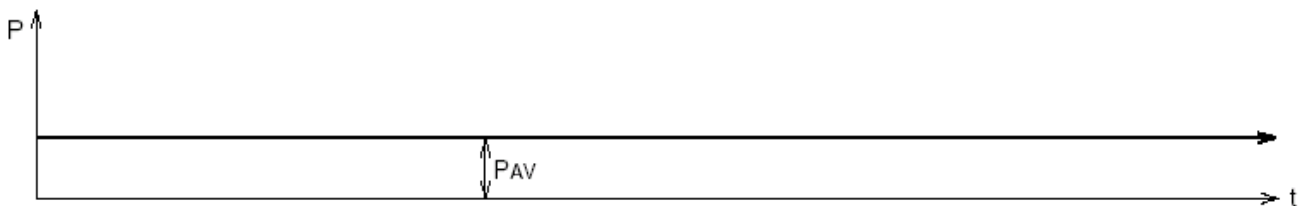


図 10-6. 平均パワー損失の考え方 3

10.2. 温度上昇の求め方

これまでに求めた P_1 , P_{av} , P_{AV} を用いて接合温度を求めます。

(1) $t_{w1} < 1 \text{ ms}$

図 10-5 の近似において接合温度が最も高くなるのは、ケース温度（又は、ヒートシンク温度）が定常に達し、かつ t_{w2} の切れる時点です。（図 10-7 参照）

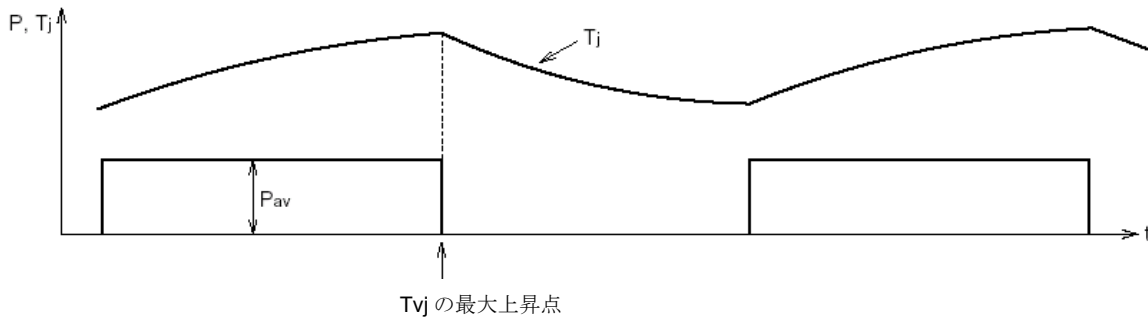


図 10-7. 接合温度の考え方 1

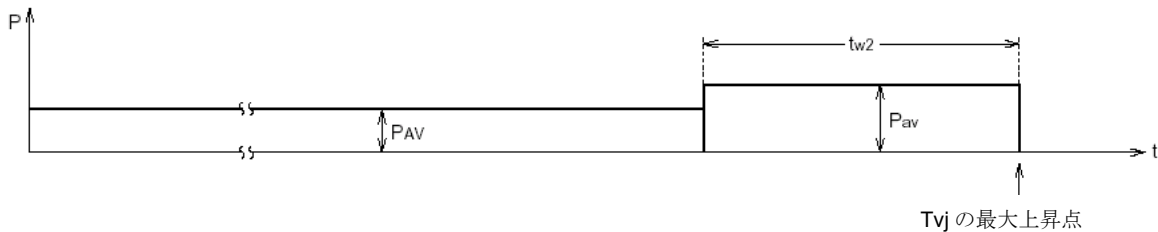


図 10-8. 接合温度の考え方 2

接合・ケース間の温度差を $\Delta T_{(j-c)}$ とすると、

$$\Delta T_{(j-c)} = R_{th(j-c)} \times P_{AV} - Z_{th(j-c)}@t_{w2} \times P_{AV} + Z_{th(j-c)}@t_{w2} \times P_{av} = R_{th(j-c)} \times P_{AV} + (P_{av} - P_{AV}) \times Z_{th(j-c)}@t_{w2}$$

$R_{th(j-c)}$ …… 接合・ケース間の熱抵抗

$Z_{th(j-c)}@t_{w2}$ …… 接合・ケース間の t_{w2} 時点での過渡熱インピーダンス

この計算結果を用いて、接合温度は

$$T_{vj} = T_c + \Delta T_{(j-c)}$$

と計算できます。（ここで T_c はチップ直下位置における熱電対での実測値）

また、この接合温度が最大定格 $T_{vjmax} = 175^\circ\text{C}$ を超えないためには、ケース温度の最大上昇値は

$$T_{c(max)} = 175 - \Delta T_{(j-c)}$$

以下とする必要があります。

※ただし、ケース温度が最大定格 T_{cmax} を超えないようご注意ください。

(2) 定常運転から過負荷の場合

この場合は P_{OL} によるリップルも考慮に入れる必要があります。(1)の場合と同様に図 10-9 のような矩形波近似を行います。

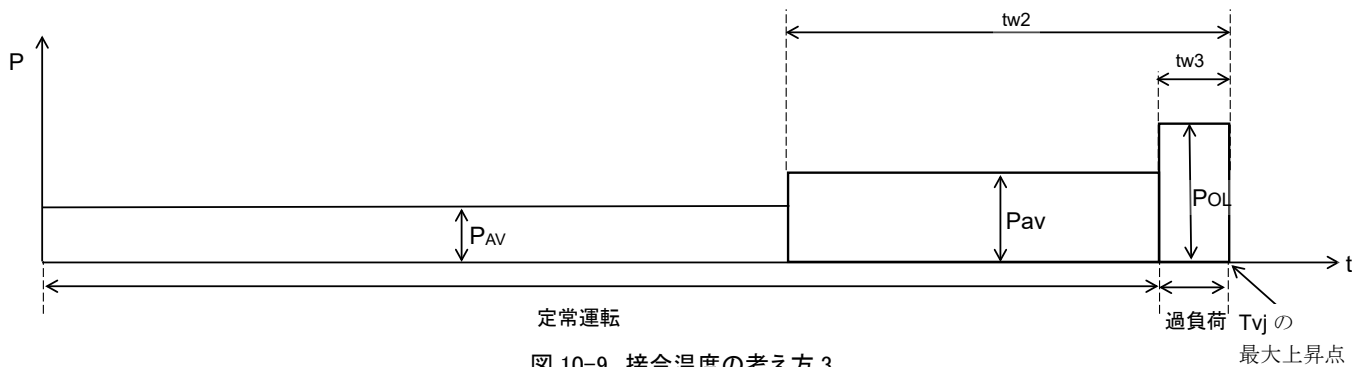


図 10-9. 接合温度の考え方 3

$$\begin{aligned} \Delta T_{(j-c)} &= R_{th(j-c)} \times P_{AV} - Z_{th(j-c)}@t_{w2} \times P_{AV} + Z_{th(j-c)}@t_{w2} \times P_{av} - Z_{th(j-c)}@t_{w3} \times P_{av} + Z_{th(j-c)}@t_{w3} \times P_{OL} \\ &= R_{th(j-c)} \times P_{AV} + (P_{av} - P_{AV}) \times Z_{th(j-c)}@t_{w2} + (P_{OL} - P_{av}) \times Z_{th(j-c)}@t_{w3} \end{aligned}$$

- $R_{th(j-c)}$ ……接合・ケース間の熱抵抗
- $Z_{th(j-c)}@t_{w2}$ ……接合・ケース間の t_{w2} 時点での過渡熱インピーダンス
- $Z_{th(j-c)}@t_{w3}$ ……接合・ケース間の t_{w3} 時点での過渡熱インピーダンス

この計算結果を用いて、接合温度は $T_{vj} = T_c + \Delta T_{(j-c)}$ と計算できます。(ここで T_c はチップ直下位置における熱電対での実測値)

※ただし、ケース温度が最大定格 $T_{c,max}$ を超えないようご注意ください。

(3) 過渡熱インピーダンス

各時間での過渡熱インピーダンスは、下記の式で導出されます。

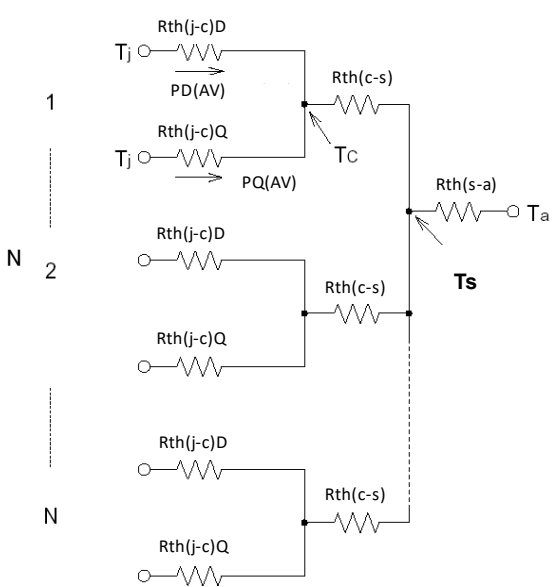
$R_{th(j-c)}$ 、 R_i 、 τ_i の具体的な数値は、各製品のデータシートを参照ください。

$$Z_{th(j-c)} = R_{th(j-c)} \times \sum_{i=1}^4 \left\{ R_i \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right) \right\}$$

ヒートシンクの選定方法

図 10-10 に複数のモジュールを 1 つのヒートシンクに取り付けた場合の熱等価回路を示します。

この等価回路において、ヒートシンクの温度は、 $T_s = T_a + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times N \times R_{th(s-a)}$



- T_a : 周囲温度
- $P_{Q(AV)}$: トランジスタ部の平均パワー損失 (W)
- $P_{D(AV)}$: ダイオード部の平均パワー損失 (W)
- N: 素子数
- $R_{th(s-a)}$: ヒートシンク・周囲間の熱抵抗 (K/W)

図 10-10. 熱等価回路

ケース温度 T_c は、

$$T_c = T_s + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times R_{th(c-s)}$$

$$= T_a + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times N \times R_{th(s-a)} + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times R_{th(c-s)}$$

$R_{th(c-s)}$: ケース・ヒートシンク間接触熱抵抗

このケース温度が、10.2.(1)で求めた最大許容ケース温度 $T_{C(max)}$ を超えないようなヒートシンクを選定する必要があります。

したがって、求めるヒートシンクの熱抵抗は、

$$T_c = T_a + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times N \times R_{th(s-a)} + (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times R_{th(c-s)} < T_{C(max)}$$

$$\therefore R_{th(s-a)} < \frac{T_{C(max)} - T_a - (P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times R_{th(c-s)}}{(P_{Q(AV)} + P_{D(AV)}) \times N}$$

なお、 $T_{C(max)}$ は IGBT 部のパワー損失から求めた値と、ダイオード部のパワー損失から求めた値を比較して、低い方の値を適用します。

(ただし、ケース温度が最大定格 $T_{c,max}$ を超えないようご注意ください)

インバータへの応用時の一般的な注意点

前述の計算方法は簡易計算方法です。詳細な計算実施時には以下についてご留意ください。

- ①出力電流 1 周期分を多数分割し、各点における実際の「PWM デューティー」, 「出力電流」, その電流における「 V_{CEsat} , V_{EC} , E_{on} , E_{off} , E_{rr} 」に基づいて計算し加算する必要があります。
- ②PWM デューティーは、信号の発生方法に依存します。
- ③出力電流波形や出力電流と PWM デューティーの関係は、信号の発生方法、負荷、その他の種々の要因に依存しますので、実波形を基にします。
- ④ V_{CEsat} , V_{EC} は、 $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ の値を使用します。
- ⑤ E_{on} , E_{off} 及び E_{rr} は、 $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ハーフブリッジ動作時の値を使用します。

熱設計への応用時の注意点

- ①損失が最悪となる動作条件を検討する必要があります。
- ②出力電流の周期による温度変化を加味します。
(60 Hz で約 30%程度。数 Hz の出力電流が数秒続く際には、ピーク電流の直流連続スイッチングと同等となります。)
- ③ T_{vjmax} だけでなく、パワーサイクル及びサーマルサイクルの影響も考慮する必要があります。

特記事項

本資料に記載されている情報は、いかなる場合でも、条件、特性及び品質を保証するものではありません。弊社半導体製品は必ず本資料に記載された最大定格の範囲内でご使用いただき、また、適用される法令による要求、規範及び基準をお客様が遵守することを前提としております。

なお、弊社の権限を有する者が署名した書面による明示の承諾がある場合を除き、人身事故を招くおそれのある用途に弊社半導体製品を使用することはできません。

パワー半導体製品は、長期の信頼性（パワーサイクルやサーマルサイクル等）について寿命を有していることや、特殊環境下（結露、高湿度、高粉塵、高塩分、高地、有機物・腐食性ガス・爆発性ガスが多い環境、端子部等への過度な応力等）での使用により、故障が発生したり、誤動作したりする場合がありますので、十分ご注意ください。また、技術的要件によっては弊社半導体製品に環境規制物質等が含まれる可能性があります。詳細確認を要する場合には、最寄りの弊社営業所、あるいは代理店までお問い合わせください。

本資料の内容・データは、専門技術・教育を受けられた技術者を対象としています。弊社半導体製品のお客様用途への適合性及び適合性に関する弊社製品データの完全性については、お客様の技術部門の責任にて評価・判断してください。なお、貴社製品への適用検討にあたって、弊社半導体製品単体で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、適用可否をご判断ください。必要に応じ、電源と半導体製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを取り付けて二次破壊を防ぐなど、安全設計に十分ご注意ください。関連するアプリケーションノート・技術資料も合わせてご参照ください。

安全設計に関するお願い

本製品は一般産業用途向け製品であり、納入規格書に記載の特性及び品質レベルを保証します。

弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は、信頼性寿命（パワーサイクルやサーマルサイクルなど）を有していることや特殊環境下（高湿度、高粉塵、高塩分、高地、有機物・腐食性ガス・爆発性ガスが多い環境、端子部への過渡な応力）でのご使用により、故障が発生したり、誤動作する場合があります。貴社製品への適用検討にあたって、半導体製品単体で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、適用可否を判断いただくとともに、弊社の半導体製品の故障又は誤動作により、結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないように、電源と半導体製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを取り付けて2次破壊を防ぐなど、安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご留意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

- ・本資料は、お客様が用途に応じた適切な三菱半導体製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について三菱電機が所有する知的財産権その他の権利の譲渡及び実施、使用を許諾するものではありません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表、その他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、三菱電機は責任を負いません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表、その他全ての情報は本資料発行時点のものであり、三菱電機は、予告なしに、本資料に記載した製品又は仕様を変更することがあります。三菱半導体製品のご購入に当たりますには、事前に三菱電機または代理店へ最新の情報をご確認いただきますとともに、三菱電機半導体情報ホームページ（www.MitsubishiElectric.co.jp/semiconductors/）などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
- ・本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したのですが、万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、三菱電機はその責任を負いません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容を流用する場合は、技術内容単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。三菱電機は、適用可否に対する責任を負いません。
- ・本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありませんので、人的障害を招く恐れのある用途に使用できないことをご了承ください。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、三菱電機または代理店へご照会ください。
- ・本資料の転載、複製については、文書による三菱電機の事前の承諾が必要です。
- ・本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたら三菱電機または代理店までご照会ください。

記載されている会社名及び商品名は、一般に各社の商標又は登録商標です。