

第6世代 new MPD IGBTモジュール アプリケーションノート

目次

1. 目次

2. 品種一覧	2
3. ラベル表示	3
4. 二次元コード構成	4
5. 安全規格 (UL 規格)	5
6. 断面構造	8
7. パワーモジュールを正しく安全に使用するために	9
8. 実装配置	12
8.1 コンデンサの実装配置	
8.2 取付け上の注意事項	
8.3 熱伝導性 (放熱用) グリース塗布方法例	13
8.4 スクリーンメッシュテンプレート例	14
8.5 熱抵抗の考え方	
8.6 ケース温度測定方法	15
8.7 チップ配置図	16
9. スイッチング損失	17
10. 特性測定・試験回路	18
11. 損失計算	19
12. 安全動作領域	20

本書に記載の社名、製品名及びブランド名は、各社の商標又は登録商標です。
なお、本文中では、TM, (R), (C)の各表示を明記しておりません。

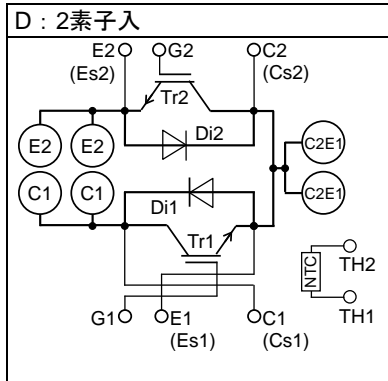
2. 品種一覧

第6世代IGBTモジュール

CM2500DY-24S

CM1800DY-34S

結線 (ラベルには表示されておりません。)



周辺素子 (出典 : p4 SELECTION GUIDE for Power Electronics 2013 イサハヤ電子株式会社)

・ゲートドライブレユニット

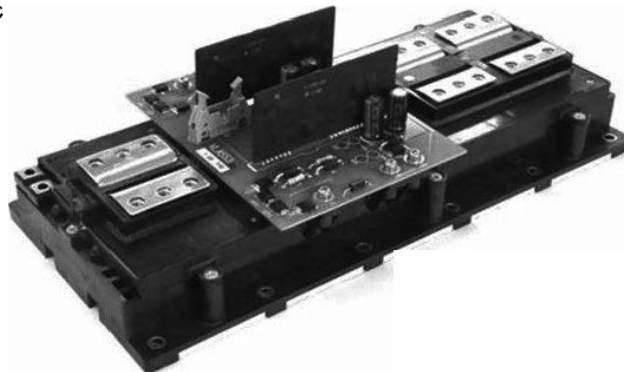
CM2500DY-24S用

VLA553-01R, VLA555-01R

CM1800DY-34S用

VLA553-02R, VLA555-02R

モジュール搭載イメージ



・ゲートドライバ

VLA552-01R

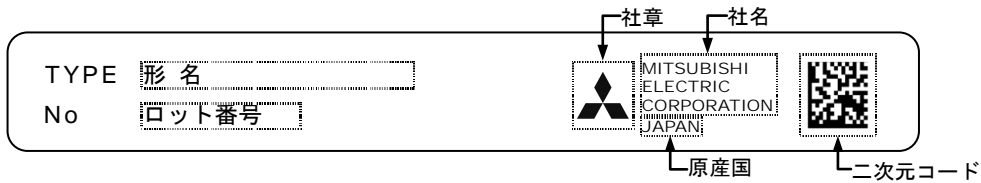
当該製品については、お手数ながら以下へお問合せいただきますようお願いいたします。

イサハヤ電子株式会社

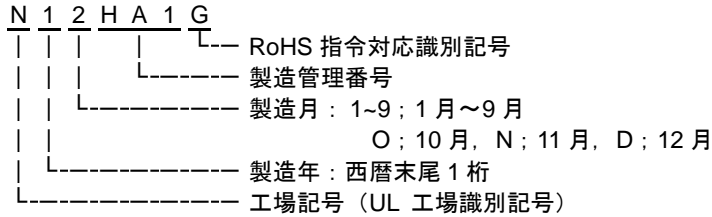
URL: <http://www.idc-com.co.jp/>

3. ラベル表示

(a) ラベル印字例



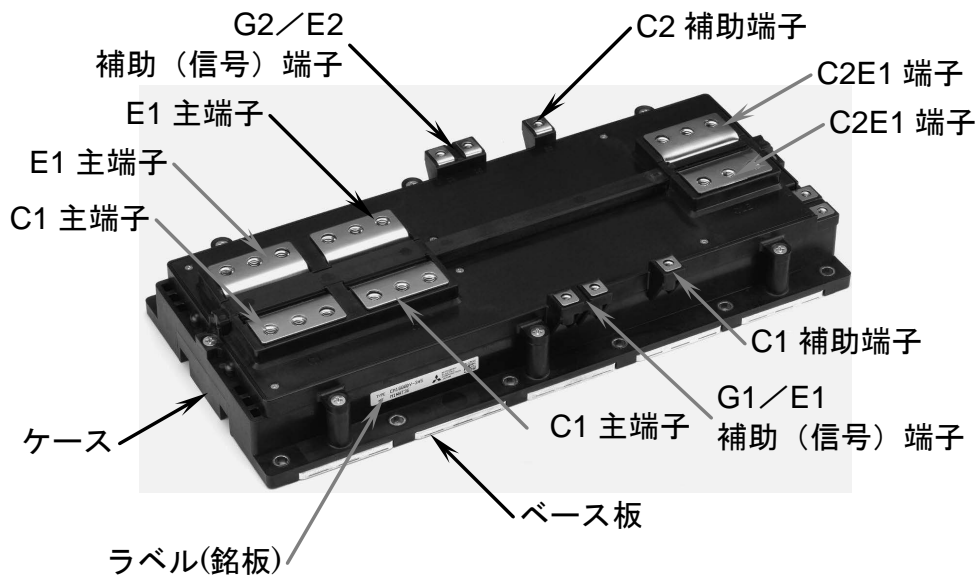
(b) ロット番号構成



(c) 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 × 6.0 mm
コードサイズ	24 セル × 24 セル
セルサイズ	0.25 mm
データ容量	32 桁

(d) モジュール各部名称



4. 二次元コード構成

データ例

項目	文字数
形 名	20
ス ペ ー ス	2
ロット番号	8
ス ペ ー ス	2
-	-
-	-
合計	32

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
C	M	2	5	0	0	D	Y	-	2	4	S	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	N	1	2	H	A	1	G	SP	SP	SP

"SP"は、スペース（空白=ASCIIコード番号 32 相当）を表します。

5. 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QQXX2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）

認証機種（形名）につきましては、ULのホームページでご確認お願いいたします。

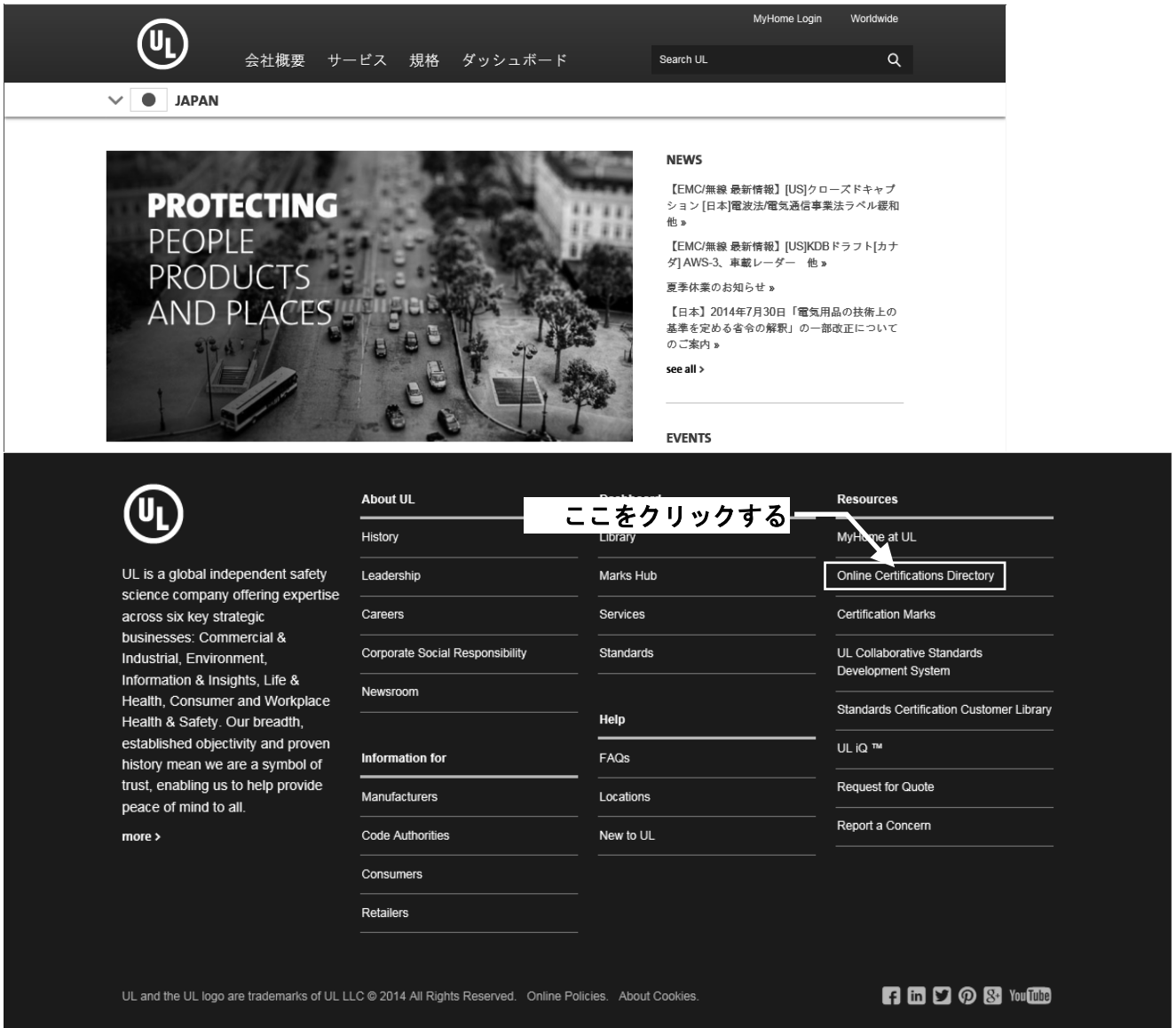
その他の安全規格（TUV, VDE, CSAなど）についての認証・認定は受けておりません。

（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られません。）

欧州CE及び中国CCCに関しては、2011年2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。

5.1 ULのWebサイト「<http://ul.com/>」（2014/9/23現在）の[Online Certifications Directory](#)をクリックします。

なお、下記画面は、言語選択を日本語に設定していませんので、アドレスバーのURLは、「<http://japan.ul.com/>」と表示されます。



又は、ブラウザのアドレスバーに <http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm> を入力。

検索画面に表示されるUL File Number入力欄にファイル番号「E323585」を入力し、**SEARCH** ボタンをクリックします。

この欄に E323585 と入力する。入力後は e323585 と表示される。

入力後この **SEARCH** ボタンをクリックする。

又は、アドレスバーに <http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/gfilenbr.html> を入力しますと下記検索画面が表示されます。

この欄に E323585 と入力する。

入力後、この **SEARCH** ボタンをクリックする。

5.2 下記検索結果画面が表示されますので、Link to File欄の表示「[QQQX2.E323585](#)」をクリックすると、認定品の一覧（次頁参照）が表示されます。

Company Name	Category Name	Link to File
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	Electrically-isolated Semiconductor Devices - Component	QQQX2.E323585

この表示（リンク）をクリックする

5.3 認証済形名例 (検索結果の一部)



ONLINE CERTIFICATIONS DIRECTORY

Home Quick Guide Contact Us UL.com

QQX2.E323585

Electrically Isolated Semiconductor Devices - Component

Page Bottom

Electrically Isolated Semiconductor Devices - Component

See General Information for Electrically Isolated Semiconductor Devices - Component

MITSUBISHI ELECTRIC CORP

E323585

POWER DEVICE WORKS

1-1-1 IMAJUKUHIGASHI, NISHI-KU

FUKUOKA-SHI, FUKUOKA 819-0192 JAPAN

Power switching semi-conductors, TSB series, Models MG400V1US51, MIG50J4CSB1W, MIG50J7CSB1W, MIG50J6CSB1W, MIG75J7CSB1W, MIG75J6CSB1W, MIG100J7CSB1W, MIG100J6CSB1W, MIG150J7CSB1W, MIG150J6CSB1W, MIG150J7CSB2W, MIG50Q6CSB1X, MIG50Q7CSB1X, MIG75Q7CSB1X, MIG600J2CMB1W, MIG300Q2CMB1X, MIG400Q2CMB1X, MG400J2YS60A, MG600J2YS60A, MG400J2YS61A, MG200Q2YS60A, MG600J2YS61A, MG300Q2YS60A, MG400Q2YS60A, MG400Q2YS70A, MG150J7KS61, MIG300J2CSB1W, MIG400J2CSB1W, MIG200Q2CSB1X, MIG100Q6CMB1X, MIG150Q6CMB1X, MIG200J6CMB1W, MIG200J6CMB2W, MG800J2YS50A, MG600Q2YS60A, MG200J6ES61, MG25Q1BS11, MG50Q1BS11, MG75Q1BS11, MG25J1BS11, MG50J1BS11, MG75J1BS11, MG100J1BS11, MG150J1BS11, MG50Q2YS50, MG75Q1ZS50, MG100Q2YS50, MG200Q2YS50, MG200Q2YS65H, MG300Q1US51, MG400Q1US51, MG400Q1US65H, MG300Q2YS50, MG50J2YS91, MG300J1US51, MG300J2YS40, MG300J2YS50, MG75Q2YS40, MG150Q2YS40, MG200Q2YS40, MG300Q1US11, MG300Q1US41, MG400Q1US1, MG400Q1US41, MG500Q1US1, MG500Q1US11, MG600Q1US51, MG25J2YS40, MG50J2YS40, MG50J2YS45, MG75J2YS40, MG100J2YS40, MG100Q2YS65H, MG150Q2YS65H, MG75J6ES50, MG50J2YS50, MG75J2YS50, MG100J2YS50, MG150J1ZS50, MG150J2YS40, MG150J2YS50, MG200J2YS40, MG200J2YS50, MG300Q2YS61, MG600Q1US61, MG25Q6ES43.

CM-U series, Models CM100DU-12H, CM100DU-24H, CM100E3U-12H, CM100E3U-24H, CM150DU-12H, CM150DU-24H, CM150E3U-12H, CM200DU-12H, CM200DU-24H, CM200E3U-12H, CM300DU-12H, CM400DU-12H, CM400DU-24H, CM50DU-24H, CM50E3U-24H, CM75DU-12H, CM75DU-24H, CM75E3U-12H, CM75E3U-24H, CM800DU-12H, CM100BU-12H, CM100TU-12H, CM300DU-24H, CM300E3U-24H, CM50BU-24H, CM50TU-24H, CM600DU-12H, CM600HU-24H, CM75BU-12H, CM75TU-12H, CM800HU-12H, CM400HU-24H, CM600HU-12H, CM100TU-24H, CM150TU-12H, CM200TU-12H, CM75TU-24H, CM150E3U-24H, CM200E3U-24H, CM300E3U-12H, CM300EC2U-12H, CM300EC3U-12H, CM400E3U-12H.

CM-F series, Models CM800E2UA-24F, CM800E3UA-24F, CM100TJ-12F, CM100TJ-24F, CM100TJA-24F, CM100TJA-24FA, CM150TJ-12F, CM150TJA-12F, CM50TJ-24F, CM50TJA-34KA, CM75TJ-24F, CM75TJA-24F, CM75TJA-24FA, CM450HA-5F, CM600HA-5F, CM600HN-5F, CM800DU-5F, CM100DU-12F, CM100DU-24F, CM100DUS-12F, CM100E3U-12F, CM100E3U-24F, CM150DU-12F, CM150DU-24F, CM150DU-24FA, CM150DUM-12F, CM150DUS-12F, CM150E3U-12F, CM200DU-12F, CM200DU-24F, CM300DU-12F, CM400DU-12F, CM400DU-24F, CM400DU-24FA, CM400DU-5F, CM50DU-24F, CM75DU-12F, CM75DU-24F, CM75DUM-12F, CM75E3U-24F, CM800E2U-24F, CM800E3U-24F, CM100TU-12F, CM150BUM6-12F, CM200DUR-24F, CM300DU-24F, CM300DU-24FA, CM50B3U-24F, CM50TU-24F, CM600DU-24F, CM600DU-24FA, CM600DU-5F, CM600HU-24F, CM75B3U-12F, CM75BUM6-12F, CM75TU-12F, CM400HU-24F, CM600HU-12F, CM100TU-24F, CM150TU-12F, CM200TU-12F, CM200TU-5F, CM350DU-5F, CM75TU-24F, CM150E3U-24F, CM200E3U-24F, CM300E2U-12F, CM400E2U-12F, CM400E4U-24F.

CM-NF series, Models CM300TJ-24NF, CM450TJ-24NF, CM1000E2UA-24A, CM1000E2UA-24D, CM1000E3UA-24A, CM1000E3UA-24D, CM400HA-24A, CM500HA-34A, CM600HA-24A, CM600HB-24A, CM150BL6-12NFH, CM100HA1-12NF, CM150HA1-12NF, CM50HA1-24NF, CM75HA1-12NF, CM100DC1-24NFM, CM150DC1-24NFM, CM200DC1-24NFM, CM300DC1-24NFM, CM100DU-24NFH, CM100DY-24A, CM100DY-24NF, CM100DY-34A, CM100E3Y-24NF, CM150DU-24NFH, CM150DY-12NF, CM150DY-12NFA, CM150DY-24A, CM150DY-24NF, CM150DY-34A, CM150E3Y2-24NF, CM150E3Y-24NF, CM200CU-12NFH, CM200DU-12NFH, CM200DU-24FA, CM200DU-24NFH, CM200DY-12NF, CM200DY-12NFA, CM200DY-24A, CM200DY-24NF, CM200DY-34A, CM200DY6-12NF, CM200E3Y-12NF, CM300DU-12NFH, CM300DU-24NFH, CM300DY1-24NF, CM300DY-12NF, CM300DY-12NFA, CM300DY-12NFB, CM300DY-24A, CM300DY-24NFH, CM400DU-12NFH, CM400DY-12NF, CM400DY-12NFA, CM400DY-12NFB, CM400E3Y-12NF, CM600DY2-12NFB, CM75DY-24NF, CM75DY-34A, CM600DU-24NF, CM600HU-24NF, CM600HUA-24NFH, CM75BU-24NFH, CM75BU-24NFM, CM900HU-24NF, CM400DY-34A, CM300DY-24NF, CM300DY-34A, CM400DU-24NFH, CM400DY-24A, CM400DY-24NF, CM600DU-12NFH, CM600DU-24NFH, CM600DY-12NF, CM600DY-12NFB, CM600DY-24A, CM600E3U-12NFH, CM100DC-24NFM, CM150DC-24NFM, CM150DC6-24NFM, CM200DC-24NFM, CM300DC-24NFM, CM400HC-24NFM, CM400HC6-24NFM, CM600HC-24NFM, CM150RL-24NF, CM150TL-24NF, CM200RL-12NF, CM200RL-24NF, CM200TL-12NF, CM200TL-24NF, CM100RL-12NF, CM100RL-24NF, CM100TL-12NF, CM100TL-24NF, CM150RL-12NF, CM150RL-12NFB, CM150TL-12NF, CM150TL6-12NF, CM200RL-12NFB, CM50FL6-12NFH, CM50RL-24NF, CM50TL-24NF, CM75RL-12NF, CM75RL-24NF, CM75TL-12NF, CM75TL-24NF, CM75TL6-12NF, CM1000DU-34NF, CM1000DU-34NF, CM1000DUC-34NF, CM1000E3U-34NF, CM1400DU-24NF, CM1400DUC-24NF, CM1400E3U-24NF, CM900DU-24NF, CM900DUC-24NF, CM300E3Y6-24NFH, CM400E3Y6-24NFH, CM400C1Y-24S, CM450DY-24S, CM800DY-24S, CM1000DUC-34SA, CM1400DUC-24S, CM300DY-24S, CM600DY-24S, CM1800DY-34S, CM2500DY-24S, CM400E4Y-24A.

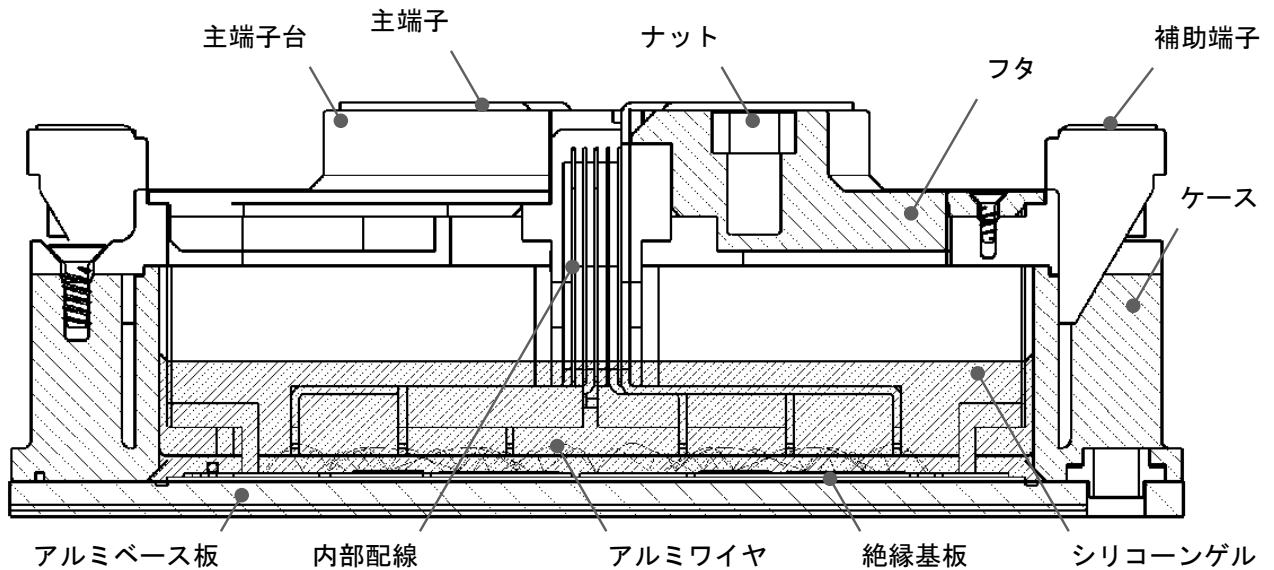
※手続きの都合により認証品でも形名の記載がない場合があります。

該当品が見つからない場合は、三菱電機支社の半導体営業部門又は三菱電機の半導体特約店までご照会ください。

※現在、イエローカードとしては、提供されておりません。

※ブラウザにInternet Explorerをご使用の場合、エンコードを西ヨーロッパ (ISO) に設定してください。

6. 断面構造



難燃性について

IGBTモジュールのケース及びフタ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、燃焼源を断てば延焼の危険性はありません。

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。

その他

弊社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、突然死の可能性が高くなると考えられます。ただし、その確率に関するデータはありません。

パワーモジュールを正しく安全に使用するために

7. パワーモジュールを正しく安全に使用するために

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。

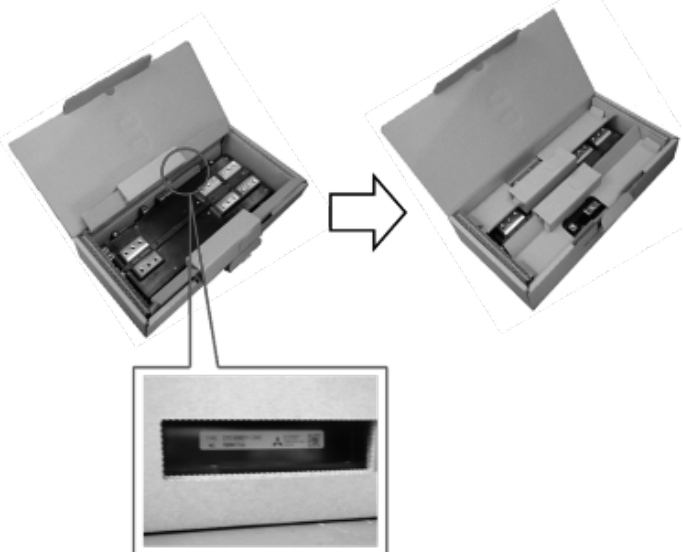


注意

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、防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"> ・水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"> ・ケース材料には、UL94 V-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"> ・パワーモジュール製品のうち、IGBT モジュール（CM***シリーズ）等の MOS ゲート構造を有する製品に対し、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。 * 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。 （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のまま、コレクタ・エミッタ間に電圧を印加しないでください。 * 素子を取外す場合、ゲート・エミッタを短絡してから取外してください。

パワーモジュールを正しく安全に使用するために

 注意

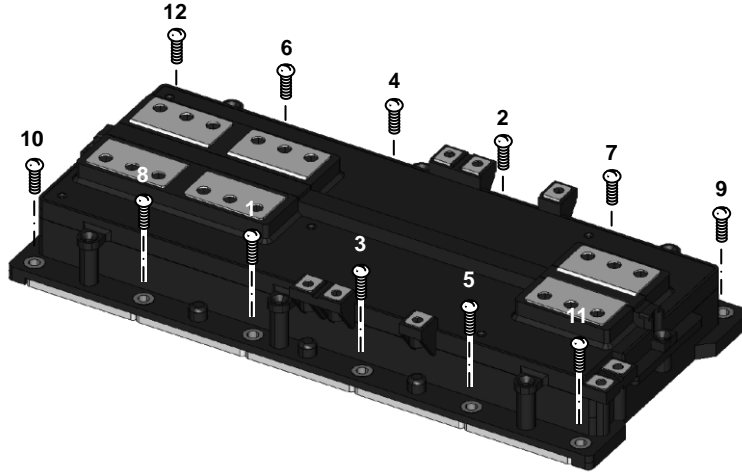
<p>静電気対策</p>	<p>(3) 梱包例 (フタを開放した状態)</p> <p>梱包箱からのモジュール取出しから機器への取付けまでの工程中は、導電マットとそのアース、作業者へのアースバンド及び除電ブローの使用など十分な静電気対策をお願いいたします。内装箱からモジュールを取出して別のコンテナなどで保管される場合は、保管用コンテナに導電性コンテナを用いるなどの静電対策を実施ください。</p> <p>また、モジュール本体は、内装箱に固定されておりませんので、内装箱の取出しや開梱の際に、はずみでモジュールを落下させたりしないよう取扱いには十分ご注意願います。</p> 
<p>(帯電対策)</p>	<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、試験終了後に梱包箱や保管用の (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。

パワーモジュールを正しく安全に使用するために

注意

取付け方法

モジュールをヒートシンクなどに取付ける際に極端な片締めを行いますと、モジュール内部に応力が加わり、絶縁破壊などの破壊要因となることがあります。締め付け順序例を図aに示します。



12点締めモジュール

仮締め 1→2→3→4→5→6→7→8→9→10→11→12

本締め 1→2→3→4→5→6→7→8→9→10→11→12

図a. 取付けねじの締め付け順序

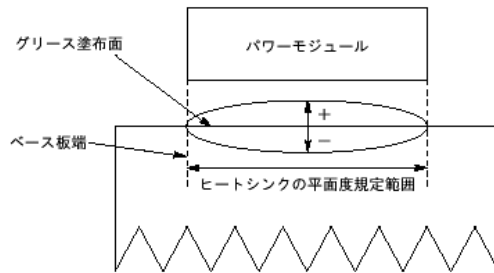
* : 仮締め締め付けトルクは、最大定格の20~30%を目安に設定してください。
(推奨値は、データシートなどの仕様書をご参照ください)

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少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（図b参照）において、長さ100mmに対して、 $\pm 0 \mu\text{m} \sim +100 \mu\text{m}$ としてください。また、表面粗さ $10 \mu\text{m}$ 以内としてください。熱伝導性（放熱用）グリースはベース板表面に薄く均一に塗布してください。ベース板及びヒートシンクの精度を考慮し、 $+50 \sim +100 \mu\text{m}$ （ $+100 \mu\text{m}$ を越えないよう）が適切と考えます。

ヒートシンクとの接触面に熱伝導性（放熱用）グリースを塗布しますと接触部の腐蝕防止にも役立ちます。ただし、塗布する熱伝導性（放熱用）グリースは、使用動作温度範囲内で変質せず、経年変化のないものをご使用ください。

締め付けにはトルクレンチなどを使用し所定のトルクまで締めます。締め付けトルクが大き過ぎますと、前記の片締め同様、素子の破壊要因となることがあります。



図b. ヒートシンクの平面度

8. 実装配置

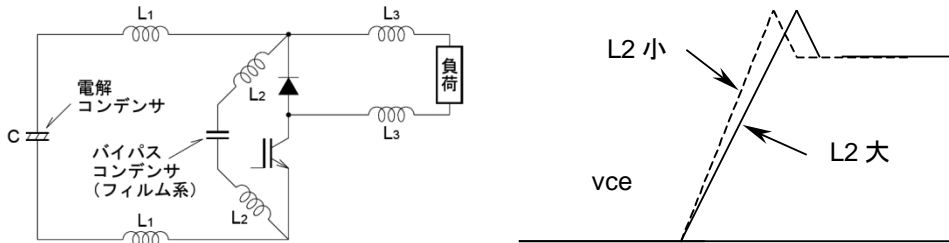
8.1 コンデンサの実装配置

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周波電流が流れ、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・di/dt電圧は、ターンオフ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電解コンデンサと素子の配置を近づけ、かつ往復線路を近づけることにより、インダクタンスを減少させる。
- ②素子の近くに、フィルム系のコンデンサを接続し、高周波電流をバイパスさせる。
- ③電解コンデンサそのものを、低インピーダンスタイプ（スイッチング用）とする。
- ④素子にスナバ回路をつけて、サージ電圧を吸収する。
- ⑤素子のスイッチング速度を遅くして、di/dtを低下させる。

このうち、IGBTモジュールに最も効果があるのは、②と⑤です。これはIGBTモジュールの場合、動作が高速なため、スナバ回路自体の配線によるインダクタンスが無視できず、複雑な回路構成が難しくなるためです。また、①は非常に効果がありますが、現状の実装技術では限度があるため、配線をできるかぎり短くしておき、抑えきれないサージ電圧を、②、④、⑤を用いて抑制するのが一般的です。ただし、②により発振を生じるときには、②のコンデンサをスナバ回路（RC、RCDi）とすることが効果的な場合があります。バイパスコンデンサ及びスナバ回路とも各素子に接続しますと配線インダクタンスが大きくなりますので、C1-E2間の一括バイパス又はスナバ回路を推奨します。



L₁：電解コンデンサと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、配線をより短く、間隔を狭く、配線の断面の周囲長を長くするほど、小さくなります。

L₂：バイパス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。また、このインダクタンスが小さくなるとターンオフ時のdv/dtはより急峻になります。(L₂ ↓ ∝ dv/dt ↑)

L₃：負荷をつなぐ配線のインダクタンス。

8.2 取付け上の注意事項

ヒートシンクの精度は、表面粗さ「10 μm以内」、平面度「長さ100 mmに対して0~+100 μm以内」のものを推奨します。

(取付け穴周辺にバリの無いようご注意ください)

ヒートシンクの接触面に熱伝導性（放熱用）グリースを塗布しますと接触部の腐蝕防止にも役立ちます。

熱伝導性（放熱用）グリースはベース板表面に薄く均一に塗布してください。ベース板及びヒートシンクの精度を考慮し、+50~+100 μm（+100 μmを越えないよう）が適切と考えます。

締付けには、トルクドライバーやトルクレンチを使用し所定のトルクまで締付けます。締付けトルクが過大ですと、前述の片締め同様に素子の破損の要因となることがあります。取付けは、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（放熱用）グリースを押出しておくと共に、締付け速度を十分に落とすか、粘性の低い熱伝導性（放熱用）グリースを使用してください。粘度の高い熱伝導性（放熱用）グリー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。

※ねじ締付け順序など詳細につきましては、「パワーモジュールを正しく安全に使用するために」の「取付け方法」をご参照ください

注) データシートに記載の接触熱抵抗は参考値です。熱伝導性（放熱用）グリースの種類、塗布量によって変わります。

実際にご使用になる熱伝導性（放熱用）グリース及びヒートシンクでご確認（実測）ください。

カタログ記載の接触熱抵抗標準値は、熱伝導率 λ=0.9 W/(mK) の熱伝導性（放熱用）グリースを使用したときの値です。

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などで規程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ください。

8.3 熱伝導性（放熱用）グリース塗布方法例

弊社における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、

$$\text{熱伝導性グリースの厚み} = \frac{\text{熱伝導性グリースの量 [g]}}{\text{モジュールのベース板の面積 [cm}^2\text{]} \times \text{熱伝導性グリースの密度 [g/cm}^3\text{]}}$$

弊社推奨の熱伝導性グリース厚みは 50~100 μm で 100 μm を越えないようご注意ください。
 なお、この厚みは、塗布時の初期値で、取付け後は、ベース板やヒートシンクの平面度に依り変化します。

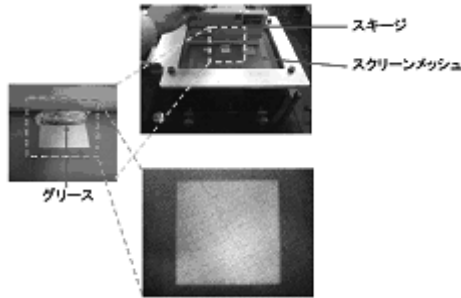
準備したパワーモジュールに必要な熱伝導性グリースの量を算出します。
 計算例：ベース板 1 枚あたりのサイズ 124 mm×54 mm、熱伝導性グリースは信越化学工業株式会社製 G-747 の場合

$$50\sim 100\mu\text{m} = \frac{\text{熱伝導性グリースの量 [g]}}{66.96[\text{cm}^2] \times 2.65[\text{g/cm}^3]}$$

∴熱伝導性グリース量≒0.9~1.8 [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、①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 殿）



熱伝導性グリース（一例）

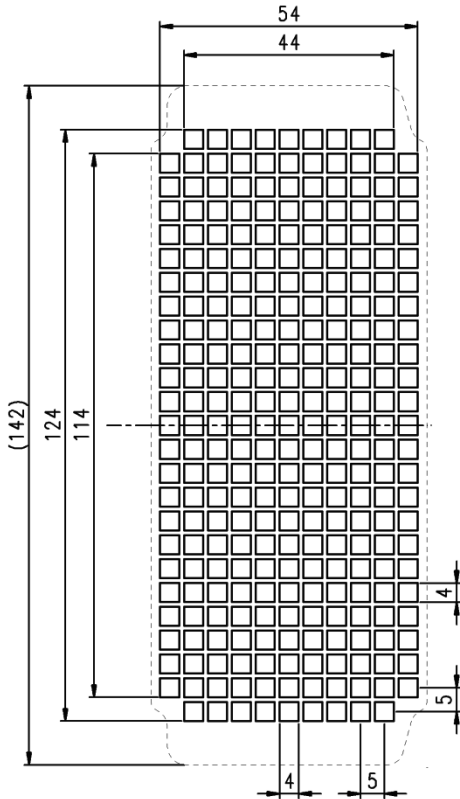
メーカー	製品例	備考
信越化学工業株式会社（信越シリコーン） http://www.silicone.jp/	G-747, G-776 他	絶縁型素子用
	G-751	非絶縁型素子用

詳細仕様、購入ルートなどについては、直接メーカーへご照会願います。

日軽ジョイントル Z や ALCAN UNIVERSAL JOINTING-COMPOUND はアルミニウム電導体接続用のグリースで、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・仕様の際には、直接グリースメーカーへご照会願います。

8.4 スクリーンメッシュテンプレート例（ベース板1枚あたり）



通常、熱伝導率 $\lambda=0.9 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ の放熱グリースを使用する場合、厚みの目安は 0.17 mm です。
 異なる熱伝導率の放熱グリースを使用する場合は、放熱グリースの熱伝導率にマッチするよう厚みを調節してください。

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、次頁をご参照願います。

Tr1/Tr2は、IGBTチップ、Di1/Di2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。

- ※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。
- ※熱伝導性（放熱用）グリースの種類、塗布量により接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ は変わります。

※水冷ヒートシンクについて

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装置や装置を設置される盤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シリコンゲルには、透湿性があります。
 モジュール内（チップ近傍）への湿気の浸入を防止するには、モジュール全体を防湿性の樹脂などでコーティングする必要があります。（硫化ガスなどの腐食ガス対策についても同様です。）
 なお、防湿性樹脂につきましては、モジュールのケースに使用しておりますPPSや充填されておりますシリコンゲルに化学変化などの影響を与えないものをご使用ください。

※（水没式）沸騰冷却について

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、使用しているシリコンゲル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 ケース温度測定方法

接合・ケース間熱抵抗 $R_{th(j-c)}$ 及びケース・ヒートシンク間接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ はチップ直下で定義されています。

このため、ケース温度はチップ直下で測定する必要があります。また、測定の精度と応答速度はこれに見合った方法が推奨されます。

測定方法は様々ですが、当社で行っている熱電対によるチップ直下ケース温度測定に方法ついて、2つの例を以下に紹介いたします。

(1) モジュールのベース板に熱電対を取付ける方法 (図1, 2参照)

図1は、ベース板の端からチップ直下まで溝加工を行った例で、ベース板に幅1.5~2 mm、深さ0.7 mmの溝加工を行います。加工後、熱電対の皮膜及びヒートシンクを傷付けないよう加工面のバリ取りを行います。

熱電対の先端合金部がベース板のチップ直下部にきちんと接触するように押さえ、溝にはわせた熱電対が溝からはみだし、ヒートシンクに取付時のかみこみによる、切断がないように充填剤を使用します。(充填剤には銀ペースト又はインジウムを使用しています。)

さらに、熱電対はモジュール側面でテープ又は接着剤で固定することが推奨されます。

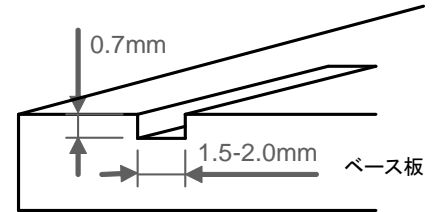


図1. 溝加工例(モジュール裏面)

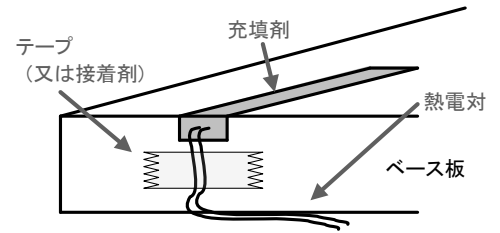


図2. 熱電対取付け例(モジュール裏面)

(2) ヒートシンクに熱電対を取り付ける方法 (図3参照)

図3は、ヒートシンクの端からチップ直下まで溝加工を行った例で、ヒートシンクに幅1.5~2 mm、深さ1 mmの溝加工を行います。加工後、熱電対の皮膜及びモジュールのベース板を傷付けないよう加工面のバリ取りを行います。

ゴムブロックを溝の中で熱電対の下に敷き、ばねの原理で熱電対の先端合金部がベース板のチップ直下部にきちんと接触するようにして、溝にはわせた熱電対が溝からはみだし、ヒートシンクに取付時のかみこみによる切断がないように充填剤を使用します。(充填剤には銀ペースト又はインジウムを使用しています。)

水冷ヒートシンクのように加工が難しい場合には、モジュールとヒートシンクの間銅板を挟むこともあります。



図3. 熱電対取付け例(ヒートシンク表面)

上記のように熱電対を取り付けた後、モジュールを熱伝導性グリスを塗ってヒートシンクに取り付けます。(熱伝導性グリス塗布方法例は、8.3節参照)。そして、マルチメータやデータロガー等の測定機器の表示が安定していることを確認し、ケース温度を測定します。

注. 熱電対の測定点は、2種類の金属の接点部であり、無効部は状況に応じて切断してもよい。

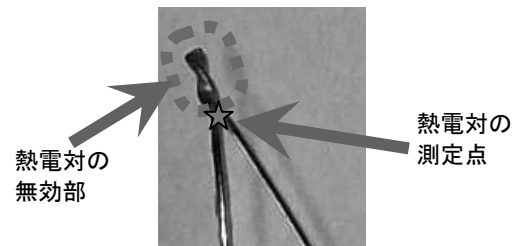
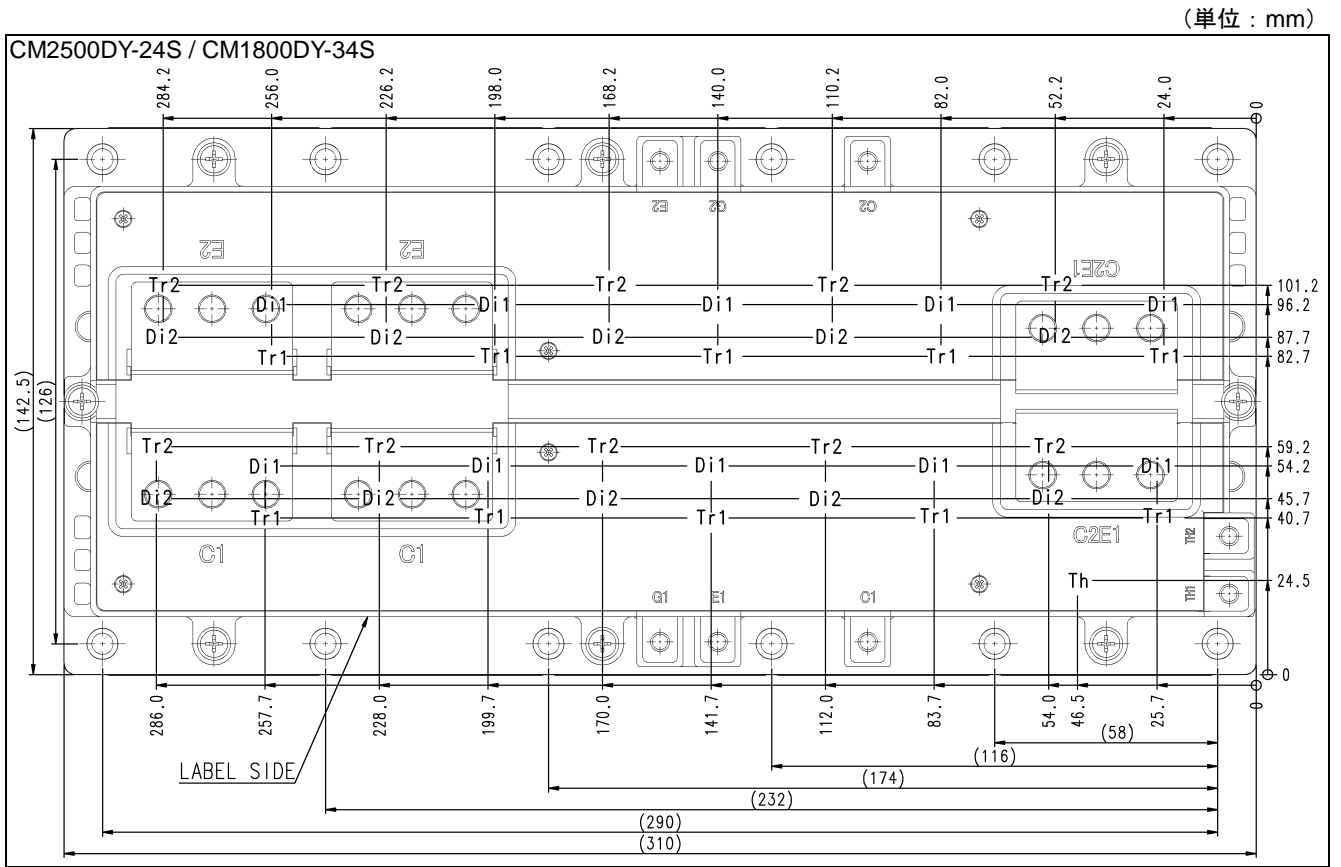


図4 熱電対の先端部と注意点

8.7 チップ配置図



Tr1/Tr2: IGBT, Di1/Di2: FWD, Th: NTCサーミスタ

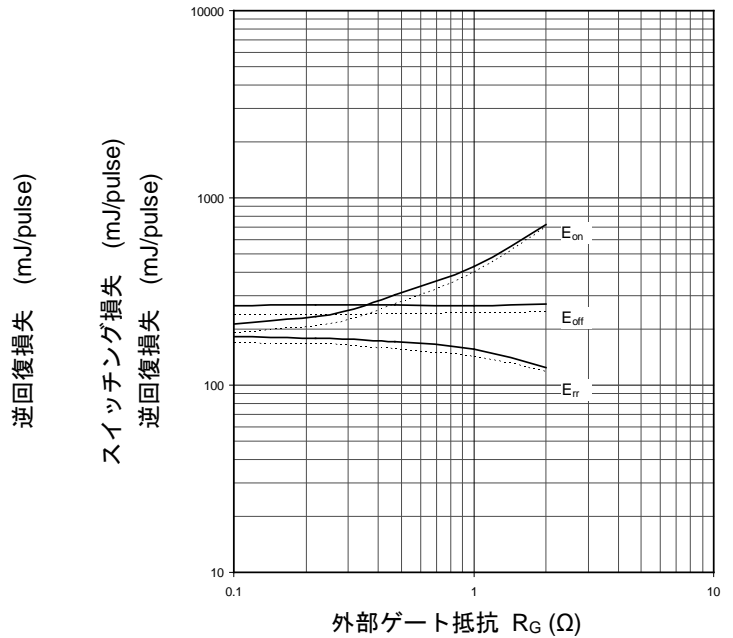
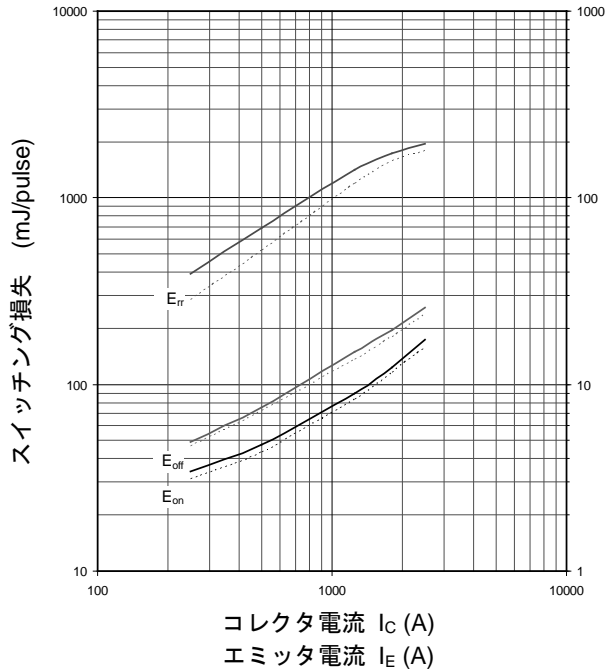
9. スwitching損失

スイッチング損失が最大となるのは、誘導負荷ハーフ（フル）ブリッジ動作を高温で行い、かつ、配線インダクタンスが十分に小さい場合です。その場合のスイッチング損失の代表例を以下に示します。

条件： $V_{GE}=\pm 15\text{ V}$ ，誘導負荷，1パルスあたり，———: $T_j=150\text{ }^\circ\text{C}$ ，-----: $T_j=125\text{ }^\circ\text{C}$

$V_{CC}=600\text{ V}$ ， $R_G=0\ \Omega$

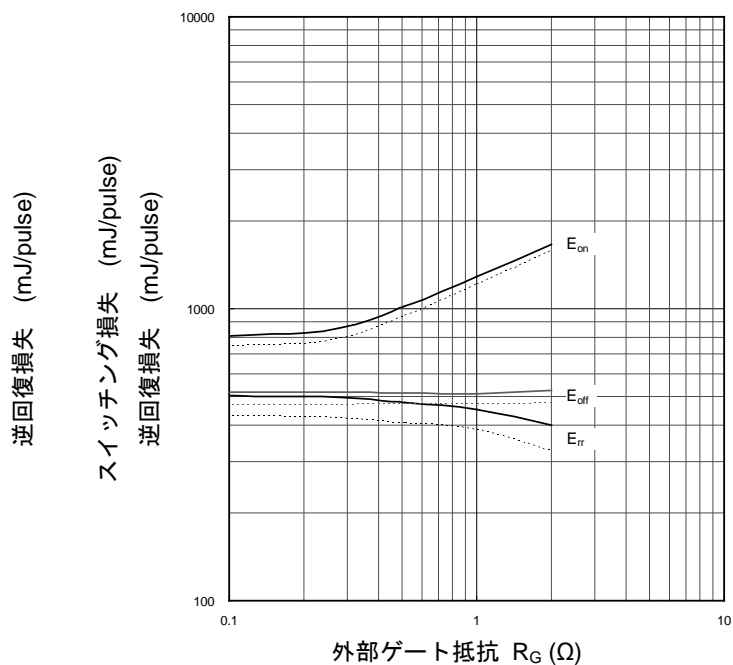
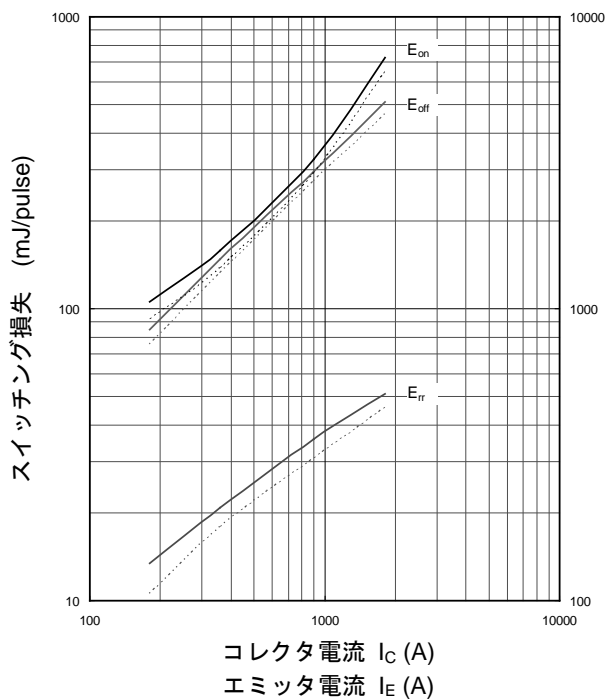
$V_{CC}=600\text{ V}$ ， $I_C/I_E=2500\text{ A}$



CM2500DY-24S ハーフブリッジ誘導負荷スイッチング損失

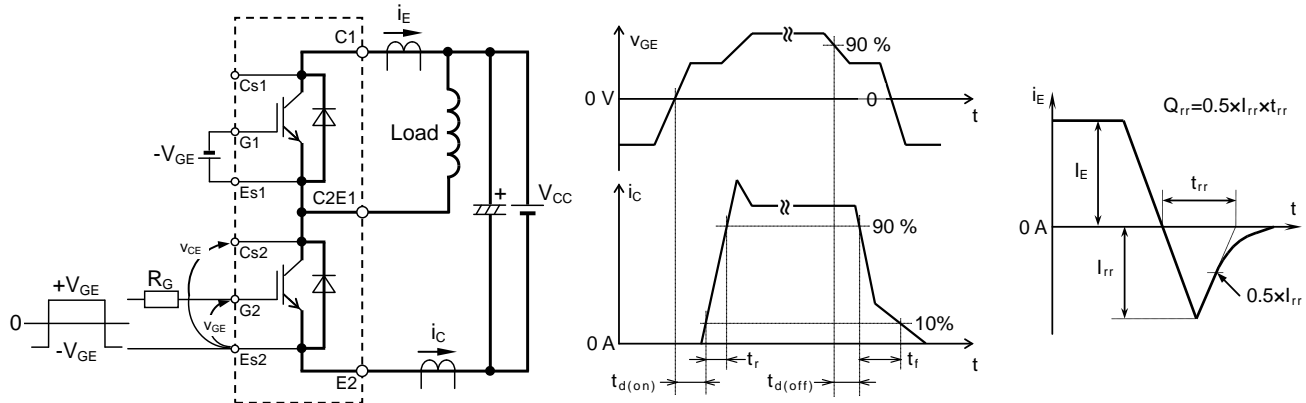
$V_{CC}=1000\text{ V}$ ， $R_G=0\ \Omega$

$V_{CC}=1000\text{ V}$ ， $I_C/I_E=1800\text{ A}$

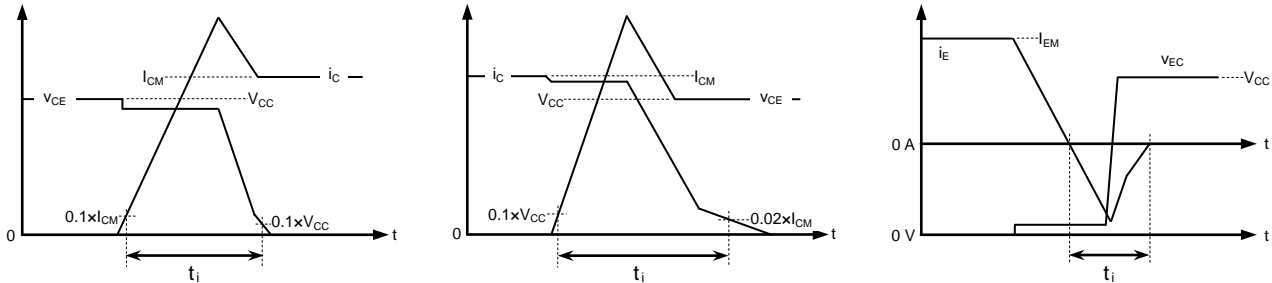


CM1800DY-34S ハーフブリッジ誘導負荷スイッチング損失

10. 特性測定・試験回路



ハーフブリッジスイッチング特性測定回路と試験波形



IGBT ターンオンスイッチング損失

IGBT ターンオフスイッチング損失

FWD 逆回復損失

スイッチング損失の積分範囲

各々の10%及び2%を決定するための100%はFWDのリカバリ電流や負荷の浮遊容量などに起因する電流・浮遊インダクタンスによるサージ電圧や電圧降下を含めません。V_{CE}の100%はV_{CC}です。

注：同補正は範囲の設定のみに対して行いますので、これらに起因する波形変化によるスイッチング損失への影響は、そのままスイッチング損失に反映されます。また、積分値には、無効電力分は分離不可能なため含まれます。

厳密には、I_cの0%はI_c=0AではなくI_{CEs}、また、V_{CE}の0%はV_{CE}=0VでなくV_{CEsat}となります。配線インダクタンスに起因する振動が十分に取除けない場合は、振動の中心を推定した線に基づいて範囲が決定されます。ただし、同推定が困難な場合には、範囲の最も内側で10%と交差した時点とすることがあります。

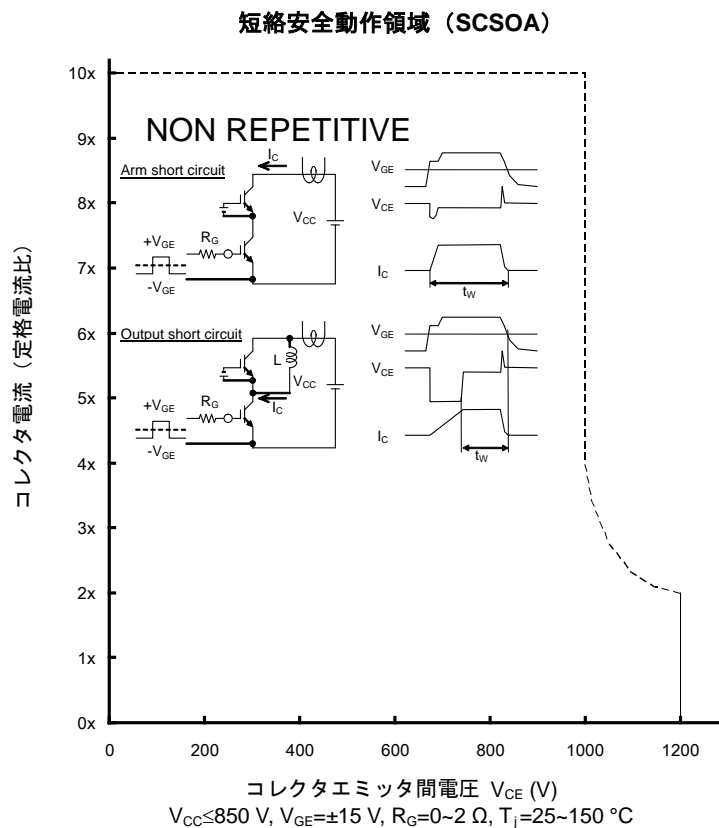
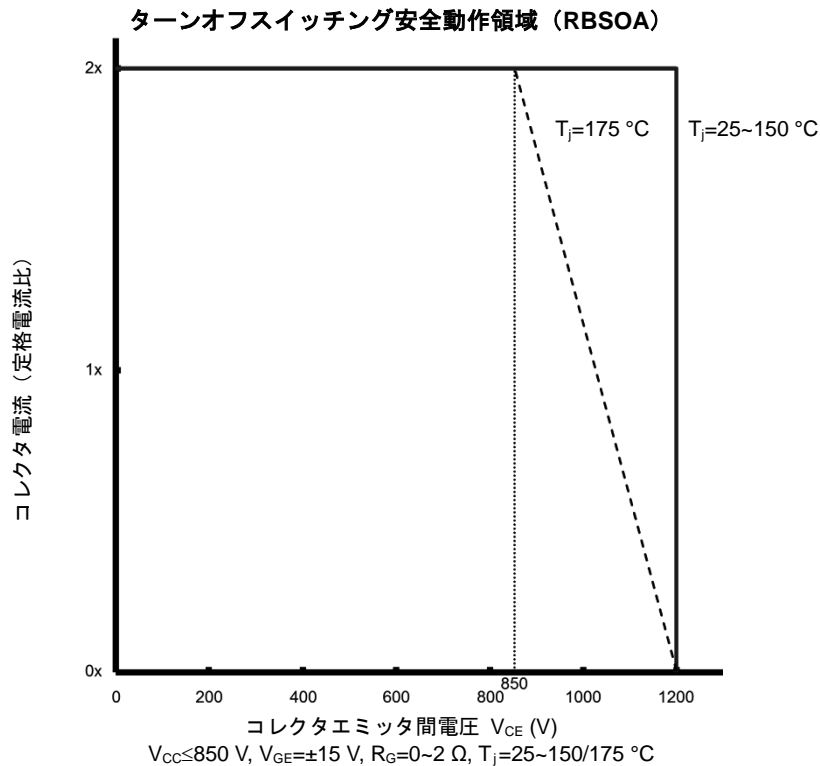
11. 損失計算

三菱電機パワーデバイス損失シミュレータにいくつかの条件を入力することで、2レベルインバータ回路（3相変調PWM・2相変調PWM）又はチョップ制御等、3レベルインバータ回路における三菱パワーモジュールの平均損失及び温度上昇を容易に計算できます。ご利用いただくためには、下記URLからお客様情報をご登録のうえダウンロードをお願いいたします。

<http://www.mitsubishielectric.co.jp/semiconductors/simulator/index.html>

12. 安全動作領域

CM2500DY-24S (300G)



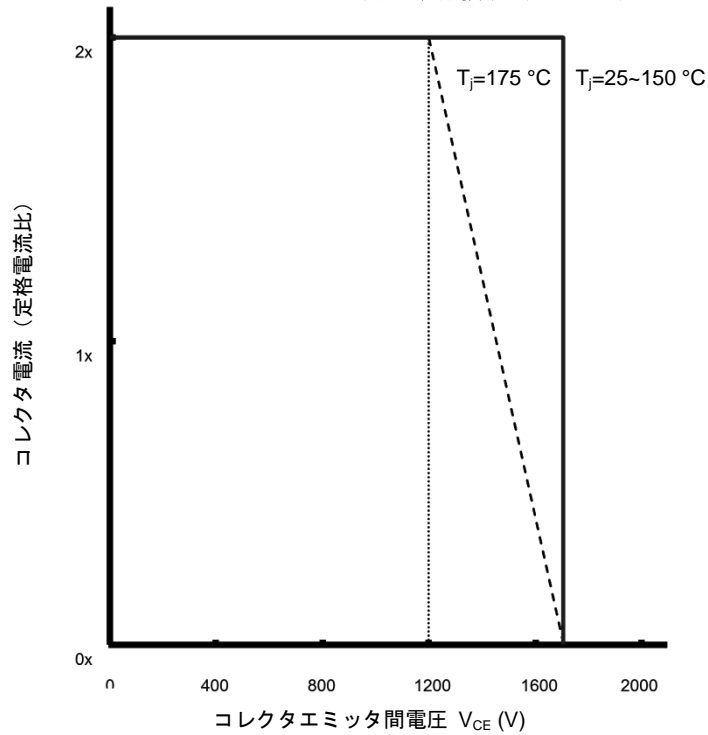
Note;

1. For suppressing V_{CE} at short-circuit turn-off below this SCSOA curve, we recommend to use a soft turn-off technique for $-di/dt$ (off) decreasing control.
2. SOA is 99% guarantee by extremal probability.
3. Collector-Emitter voltage defines the voltage between auxiliary collector and auxiliary emitter terminal.
4. In case of output short circuit, output inductance (L) should be more than 10 μH .
5. $t_w \leq 10$ μs , from V_{CE} reached 50 V.

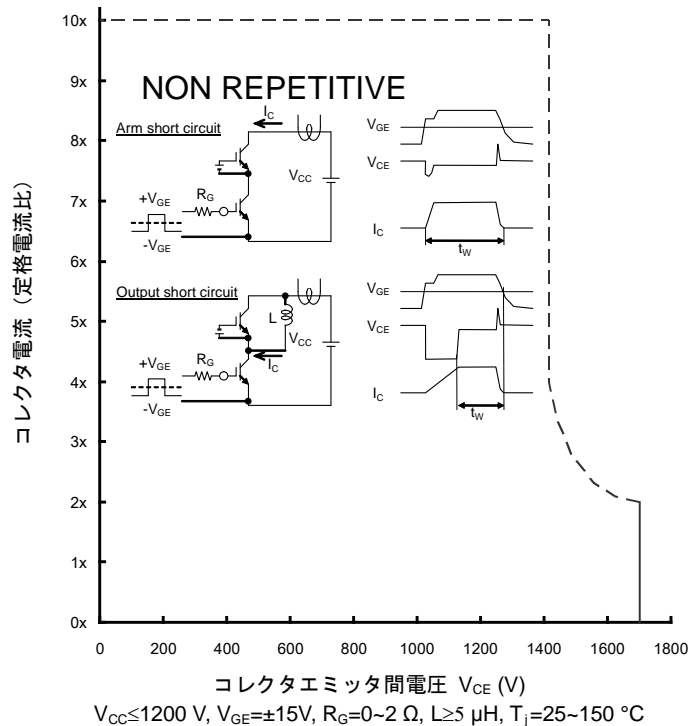
12. 安全動作領域

CM1800DY-34S (302G)

ターンオフスイッチング安全動作領域 (RBSOA)



短絡安全動作領域 (SCSOA)



Note;

1. For suppressing V_{CE} at short-circuit turn-off below this SCSOA curve, we recommend to use a soft turn-off technique for $-di/dt$ (off) decreasing control.
2. SOA is 99% guarantee by extremal probability.
3. Collector-Emitter voltage defines the voltage between auxiliary collector and auxiliary emitter terminal.
4. In case of output short circuit, output inductance (L) should be more than 5 μH .
5. $t_w \leq 10 \mu\text{s}$, from V_{CE} reached 50 V.

安全設計に関するお願い

弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような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注意ください。

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、プログラム、アルゴリズム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、プログラム、アルゴリズム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は、事前に三菱電機または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、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、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム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。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、三菱電機または特約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特約店までご照会ください。