

mitsubishi

**太陽光発電用 IPM
アプリケーションノート**

■ 目次 ■

1. 形名とロットナンバーの読み方
2. 太陽光発電用パワーコンディショナーへのIPM応用例
3. 熱設計
4. 安全規格(UL)について
5. パワーモジュールを正しく安全に使用するために
6. IPMの実装
 - 6.1 コンデンサの実装配置
 - 6.2 取付け上の注意事項
 - 6.3 熱抵抗の考え方
 - 6.4 熱伝導性グリースの塗布方法(例)
7. パワーモジュールの信頼性
 - 7.1 はじめに
 - 7.2 半導体デバイスの信頼性概説
 - 7.3 品質保証活動について
 - 7.4 信頼性試験
 - 7.5 故障解析
 - 7.6 デイレーティングと信頼度予測
 - 7.7 むすび
8. IPMの制御側インタフェース
9. 制御電源
10. フォールト(Fo)信号

種類	SC/OT/UV
Fo出力時の処理	
出力条件とタイミングチャート	
11. IPMと放熱フィンの平面度
12. その他の注意事項
13. 付録

内部構造&ブロック図
外形図

用語説明

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
FWDi	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
tdead	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	Opto-coupler	フォトカプラ
CMR	Common Mode Noise Reduction	入出力間コモンモード電圧の最大上昇率
CTR	変換効率	入力LED電流に対する出力電流の比
RoHS	Rstriction of Hardous Substances	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。」

絶対最大定格

記号	項目	定義または説明
V_{CES}	コレクタ・エミッタ間電圧	定格接合部温度範囲内においてゲート・エミッタ間を短絡した状態において、コレクタ・エミッタ間に短時間印加し得る最大電圧
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・エミッタ間に連続して流すことのできる最大電流
I_{CP}	コレクタ電流(ピーク)	指定のケース温度において、コレクタ・エミッタ間に短時間に流すことのできる最大電流
P_C	コレクタ損失	規定のケース温度において、素子が最大限許容できる電力損失
T_j	接合温度	チップが許容できる温度範囲
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_{iso}	絶縁耐力(絶縁耐電圧)	主端子を全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

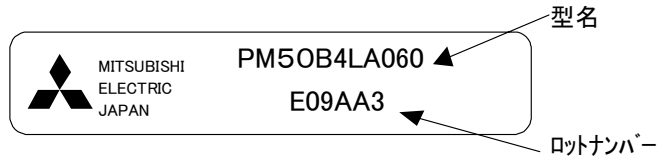
電気的特性

記号	項目	定義または説明
I_{CES}	コレクタ遮断電流	ゲート・エミッタ間を短絡した状態において、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
$V_{OE(sat)}$	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
t_{rr}	逆回復時間	規定の条件において、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。
V_{EC}	FWDi順電圧降下 (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_{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°C上昇するかを表す値
$R_{th(j-c)}$	熱抵抗 (接合-ケース間)	接合部(チップ)から外囲器(ベース板)表面までの熱抵抗
$R_{th(c-f)}$	接触熱抵抗 (ケース-フィン間)	外囲器(ベース板)表面からヒートシンクまでの熱抵抗
T_a	周囲温度	自冷また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

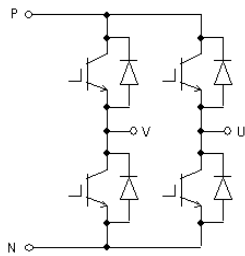
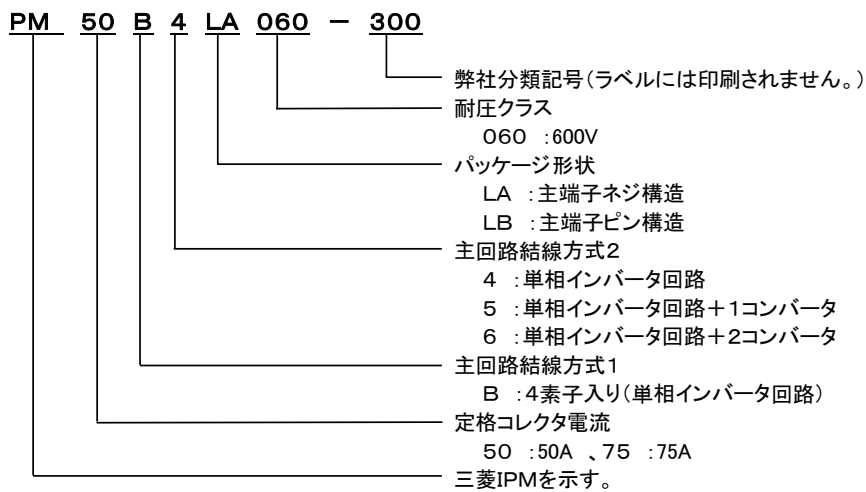
形名とロットナンバーの読み方

1. 形名とロットナンバーの読み方

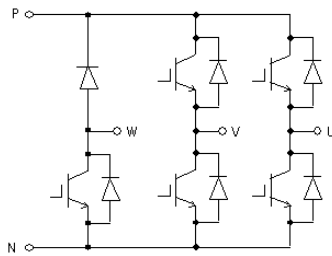
ラベル例)



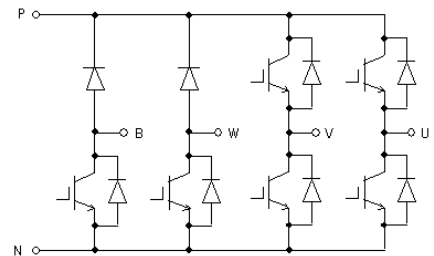
形名の見方)



結線方式2: 4

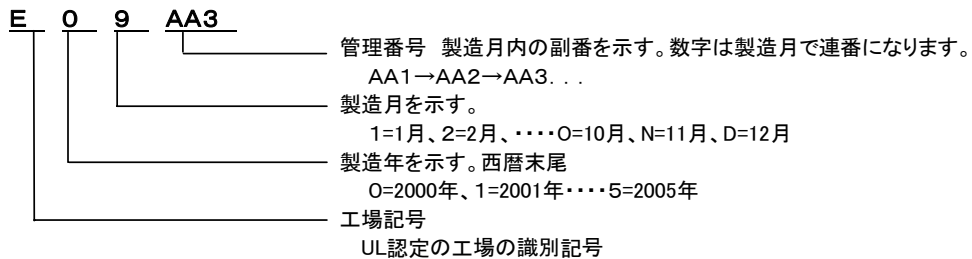


結線方式2: 5



結線方式2: 6

ロットナンバーの見方)



太陽光発電用パワーコンディショナーへのIPM応用例

2. 太陽光発電用パワーコンディショナーへのIPM応用例

太陽光発電用IPMは、単相インバータ出力、単相インバータ出力+1コンバータ(昇圧回路)、単相インバータ+2コンバータ(昇圧回路)の3仕様の回路構成のIPMをラインナップしています。

太陽光発電システムのDC/AC変換を行うパワーコンディショナー用途に最適です。昇圧回路を2系統用意していますので、2系統の太陽電池パネルからの入力が可能です。

■ IPMのメリット

IPMは、三菱電機が最初に開発・量産して以来、その有用性を認めていただきパワーデバイスの1分野を占めるようになり、さらに複数のメーカーから同様のコンセプトの製品が表れるまでに成長しています。

このアプリケーションで紹介する太陽光発電用IPMのメリットを以下に示します。

太陽光発電用IPMは、パワーチップに低損失IGBTを搭載し、かつノイズ発生の低減を図り、高性能および環境への配慮の両立を実現しました。CSTBT採用により、低損失化を実現しました。

ノイズ発生に影響を及ぼす出力電流の小電流領域でスイッチング速度を遅くし、放射ノイズの低減を図る機能をIPMに搭載。これにより、ノイズフィルタが軽減でき、装置の小型化や高機能化が可能です。

小型・新パッケージ

Lシリーズ小型パッケージと同等のパッケージを使用し、小型化を実現しました。

低損失

第5世代1 μ ルールIGBTチップを採用しているため、低損失です。
放熱フィンやファン容量を小型化できます。

開発工程を短縮

IGBTゲート駆動回路を内蔵しています。
制御電源は+15Vのみ(逆バイアス電源不要)なので、周辺回路を容易に設計できます。
制御回路のCMOS化を実現。制御回路による損失電力を低減。

異常検出と保護回路(短絡電流・過熱・制御電源電圧)を内蔵しています。
このため、従来のように設計>>試作>>評価>>再設計のループを何回も繰り返す作業を削減します。

静電気対策不要

バイポーラTTLと同等に取り扱うことができます。IGBTモジュールに対する対策は不要です。
注) すべての静電対策が不要という事ではなく、バイポーラロジックIC(TTL等)と同等の取り扱いでよいということです。

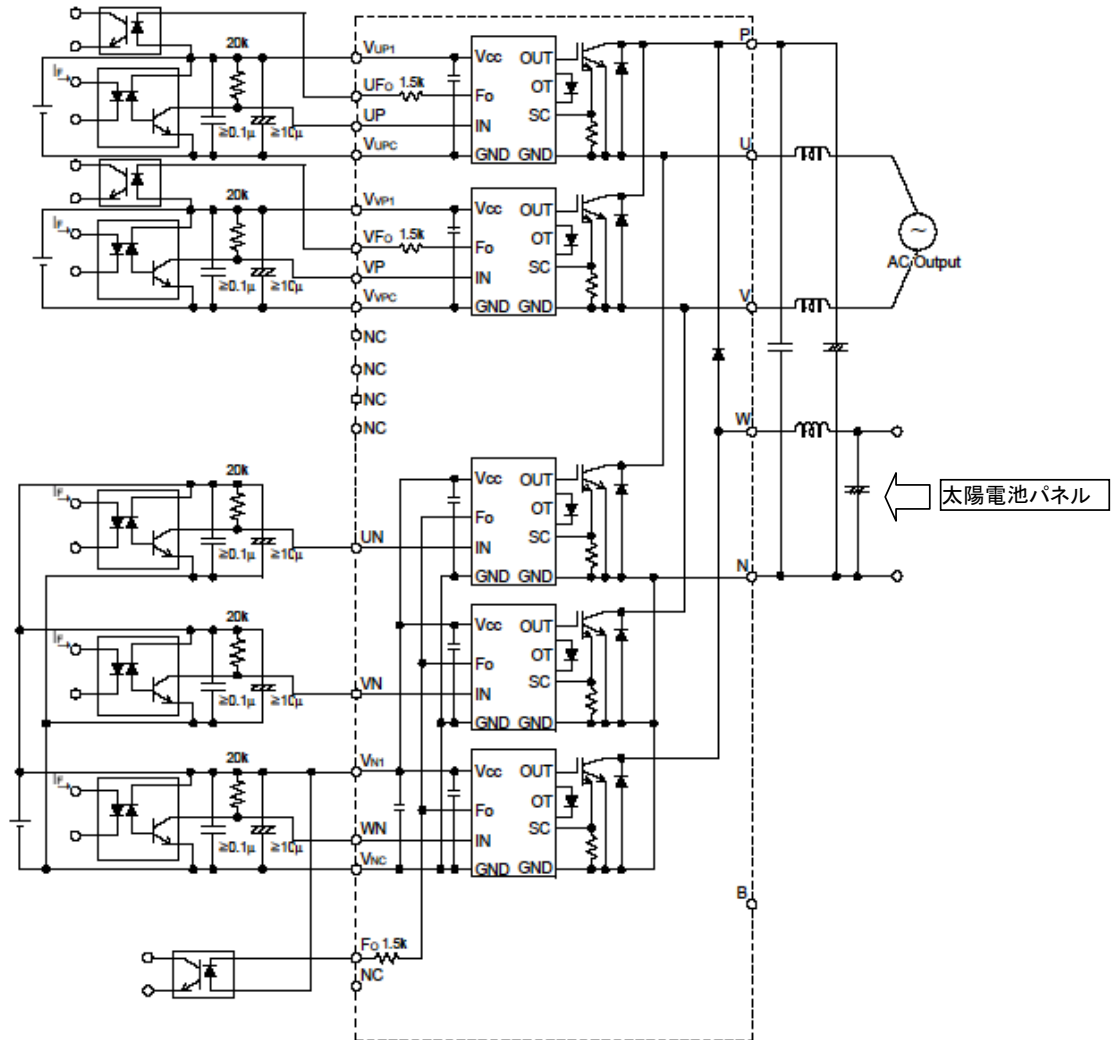
信頼性向上

保護回路を内蔵しているため、従来に比して過負荷や誤動作による破壊を低減します。
サービス・補修コストも低減させられます。

IPMを開発するには、IGBTチップだけでなくパッケージおよび回路・ICの各分野の技術を要します。
それらを総合して、より壊れにくく使いやすいデバイスを目指して製品化をしていますが、更に信頼性を向上できるように、および最適な型名を選定するために、IPMの注意事項と動作の詳細をここに記します。

太陽光発電用パワーコンディショナーへのIPM応用例

■太陽光発電用パワーコンディショナーへの応用回路例
(PM50B5LA/LB060、PM75B5LA/LB060の例)



- フォトカプラとIPMの端子間配線は極力短くし、フォトカプラの1次・2次間の浮遊容量を増加させないパターンレイアウトとしてください。
- 高速フォトカプラ: t_{PLH} 、 $t_{PHL} \leq 0.8 \mu s$ 、高CMRタイプをご使用ください。
また、IPMとの配線は極力短くし、浮遊容量を最小とするレイアウトでご使用ください。
低速フォトカプラ: CTR100~200のものをご使用ください。
- 各制御電源は、瞬時変動の小さい、絶縁したものを3個独立して供給してください。また、各制御電源端子には高周波インピーダンスの低いコンデンサを近接して取り付けるとして、過渡的な電圧変動を出来るだけ小さくしてご使用ください。
- P-N間の直流母線は出来るだけ低インピーダンス化し、かつモジュールのP-N端子間にコンデンサを接続するなどして、サージ電圧を低減してください。

3. 熱設計

■ 熱設計の考え方

そこでIPMを適用して製品設計する際は、最大温度 T_j と温度振幅 ΔT_j の2点を考慮します。
 言換えると T_j が最大定格を越えないように、また ΔT_j が要求寿命を満たすような範囲に入るように熱設計を行います。
 手順は、

- ① 応用製品(パワーコンディショナー)の仕様中の製品寿命から、パワーサイクルを導く。
- ② パワーサイクルカーブから、そのサイクル数に対応する ΔT_j を算出。
- ③ 使用条件から損失を算出し、IPM・放熱フィンの熱抵抗を乗算して、 T_j と ΔT_j を算出する。
- ④ それらの値が範囲内であること(=可否)を確認する。

放熱モデルは、図のようになります。総合損失はスイッチング波形とスペックからシミュレーションで推定し、熱抵抗はスペック値を使用、ケース温度は装置で実測して求めて、 T_j 温度を算出します。

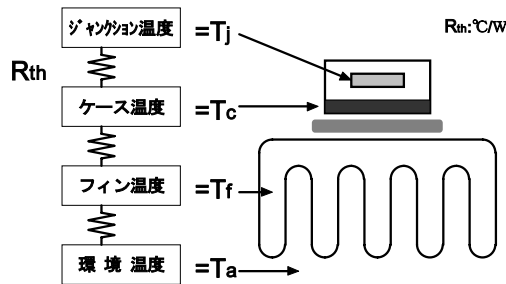
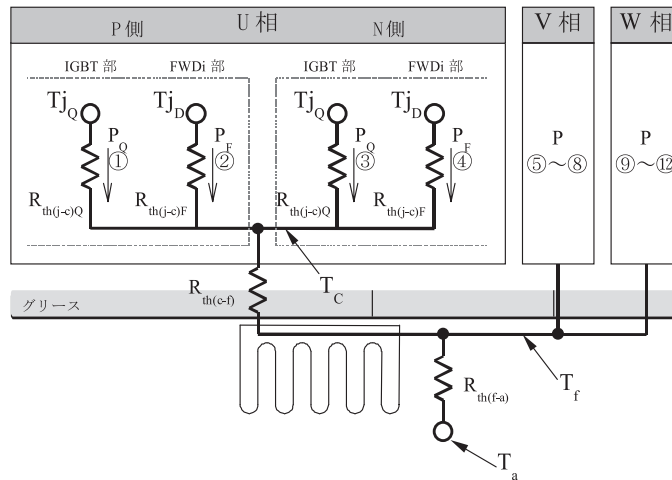


図 熱抵抗モデル



B4LA/LB(4素子入り=IGBT×4+FWDi×4)を1個使用した例は、

$$\text{IGBTの } T_{jQ} = T_c + P_{Q(AV)} \times R_{th(j-c)Q}$$

$$\text{FWDiの } T_{jD} = T_c + P_{F(AV)} \times R_{th(j-c)F}$$

$$T_c = T_f + (P① + P② + \dots + P⑫) \times R_{th(c-f)}$$

$$= T_f + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times C \times R_{th(c-f)}$$

$$T_f = T_a + (P① + P② + \dots + P⑫) \times R_{th(f-a)}$$

$$= T_a + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times C \times R_{th(f-a)}$$

T_a : 周囲温度
 C : 素子数=4
 $P_{Q(AV)}$: IGBT部の平均ロス
 $P_{F(AV)}$: FWDi部の平均ロス
 $R_{th(f-a)}$: フィン環境の熱抵抗
 $R_{th(c-f)}$: ケースーフィン熱抵抗
 $R_{th(j-c)}$: ジャンクションーケース熱抵抗

として導きます。

三菱半導体<太陽光発電用 IPM>
安全規格(UL)について

4. 安全規格(UL)について

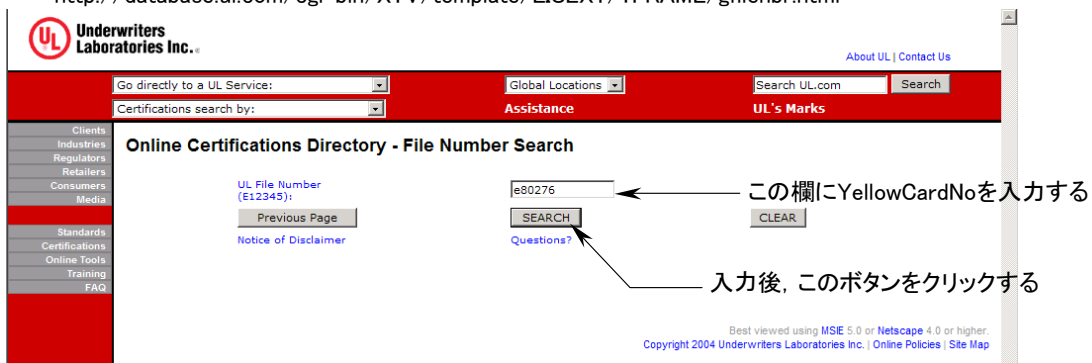
太陽光発電用IPMは、UL1557に対してUL認定を受けております。(File No.E80271, YellowCardNo.E80276)
認定機種(形名)につきましては、ULのホームページでご確認をお願いいたします。
(イエローカード E80276 は、現在発行しておりません。また、Netscape4.7xxでは正確に表示されません)

1. 下記認定品検索サイト(2004/11/30現在)の“UL File Number”をクリックし、検索画面に表示されるUL File No入力欄にイエローカード番号「E80276」を入力し、“SEARCH” ボタンをクリックします。
※ファイル番号は「E80271」ですが、ここで入力する番号はYellowCardNoになります。

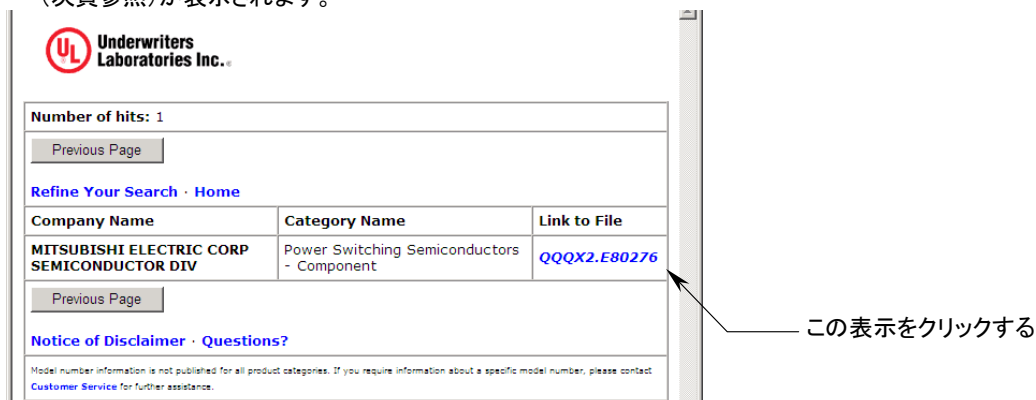
http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm



http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/gfilenbr.html



2. 下記検索結果画面が表示されますので、Link to File欄にある「QQX2.E80276」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。



3. 認定品一覧(一部)

Power Switching Semiconductors - Component	
Guide Information	
MITSUBISHI ELECTRIC CORP SEMICONDUCTOR DIV MITSUBISHI DENKI BLDG MARUNOUCHI TOKYO 100-8310, JAPAN	E80276
<p>Diodes, Type RM or SR followed by 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 or 500, followed by C, C1A, C1F, C1Z, C2Z, CA, CF, CZ, D2F, DA, DF, DZ, HA, HC, TA, TB, TC, TPM or UZ, followed by 2H, 5H, 6S, 10F, 12, 12F, 12S, 16, 16F, 20, 20F, 20S, 24, 24F, 24S, 40, H or M.</p> <p>Types RM10TB-H, -TB-M, RM15TB-H, -TB-M, -TPM-2H, RM20TPM-2H, -TPM-24, -TPM-H, -TPM-M, RM30TB-H, -TB-M, -TPM-H, -TPM-M.</p> <p>Power switching semi-conductors, Cat. Nos. BCR30GM; Types A, B, C.</p> <p>Type CM followed by 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, or 1000, followed by AD00 thru AD63, DY, E3Y, HA, LD, LDL, MD, MDL, MD1, MD1L, MD3 or MDC, followed by -12H, -24H, -28H or -28K.</p> <p>Type CM followed by 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, or 1000, 1200, followed by DK, DY, DY1, E3Y, HA, HA1, HB, HK, TF or TX, followed by -12, -12E, -12G, -12H, -12HE, -20, -24, -24E, -24G, -24H, -24J, -28 or -28H.</p>	

4. 形名の読み取り方


PM50B4LA060の場合、「Power Switching Semi conductors,Cat.Nos.BCR30GM;TypesA,B,C」から15行目と18行目の間(下図)の表示「Type PM followed by 10,15,20... 060-21」の中の, PM, 50, B, 4LA, 060(下線部)の組合わせから、ULの認定を受けていることがわかります。

Type PM followed by 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 or 800, followed by B, C, D, E, H, R or V, followed by AN, BS, EA, FE, HA, HB, HC, HS, KA, KF, KK, LA, LB, LCA, LG, LS, MA, MC, NA, NC, NE, NJ, RA, RB, RS, SA, SAA, SB, SC, SD, SE, SEA, SF, SH, SJ, SK, TJ, TK, TM, VA, VAA, VD, ZF, 4LA, 4LB, 5LA, 5LB, 6LA or 6LB, followed by 060, 060-1, 060-3, 060-4, 060-5, 060-8, 060-9, 060-10, 060-12, 060-13, 060-16, 060-17, 060-21,

パワーモジュールを正しく安全に使用するために

5. 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。当社のパワーモジュールを 安全にご使用頂くため、次に示す注意事項を守り、正しくご使用ください。

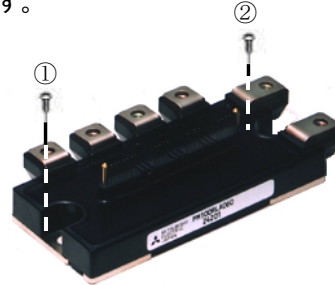
 注 意	
運送・運搬方法	<p>(1) 運送中は梱包箱を正しい向きに置いてください。逆さにしたり、立てかけたり不自然な力を加えると、電極端子が変形したり樹脂ケースが壊れる原因になります。</p> <p>(2) 投げたり、落としたりすると素子が壊れる原因になります。</p> <p>(3) 水に濡れると使用時の故障原因になります。降雨、降雪時の運搬には濡らさないように注意してください。</p>
保管方法	<p>本製品を保管する場所の温度及び湿度は、5～35℃、45～75%常温常湿範囲内が望ましく、この温度、湿度から極度にかけ離れた環境では素子の性能や信頼性を低下させることがあります。</p>
長期保管	<p>本製品を長期(1年以上)に保管する場合は、除湿(防湿)対策をしてください。なお、長期保管後、ご使用の際は、外観に傷、汚れ、錆などが無いことを確認してください。</p>
使用環境	<p>直接、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。</p>
難燃性について	<p>エポキシ充填樹脂及びケース材料にはUL規格の94-V0認定品を使用していますが、不燃性ではありません。</p>
静電気対策	<p>(1) 静電気破壊に対する注意事項</p> <p>人体や梱包材料に帯電した静電気やIPMの制御端子に、過大な電圧(±20V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、帯電した電荷をすばやく逃がすことが重要です。</p> <p>① 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。</p> <p>② モジュールを使用する直前まで、素手で端子間を絶対に触らないようにしてください。</p> <p>③ 組立時(導電スポンジなどを取外した後)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は導電性マットを敷き、接地することを推奨します。</p> <p>④ 半田ゴテを使用する場合は、コテ先をアースしてください。</p>

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もなります。締付け順序例を図5.1に示します。



(a) 2点締めモジュール
仮締め①→②
本締め②→①
図5.1 IPMの締付け順序

* : 仮締め締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。

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(反り/凹凸)は、モジュール取付け面(図5.2参照)において、 $-100\mu\text{m} \sim +100\mu\text{m}$ としてください。また、表面仕上げ12s以内としてください。モジュールとヒートシンクとの接触面には熱伝導性のよいグリースを $100\mu\text{m}$ 程度($200\mu\text{m}$ を越えないよう)均一になるように塗布して下さい。

ヒートシンクとの接触面に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。

締付けにはトルクレンチを使用し所定のトルクまで締めます。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または、劣化を招く危険性があります。

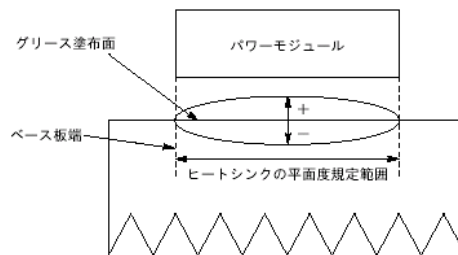


図5.2 ヒートシンクの平面度

6. IPMの実装

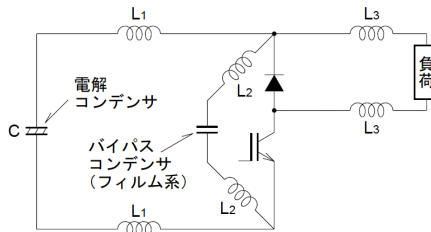
6.1. コンデンサの実装配置

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 $-L \cdot di/dt$ 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。

このうち、IPMに最も効果があるのは、②です。これはIPM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のコンデンサスナバを他のスナバ回路(RC, RCDi)とすることが効果的な場合があります。



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程、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。

L3: 負荷をつなぐ配線のインダクタンス。

6.2. 取付け上の注意事項

モジュールをヒートシンクなどに取付ける場合、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損又は劣化を招くことにもなります。

また、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。ヒートシンクは表面仕上げ12sで反りが100 μm 以内のものをご使用ください。ヒートシンクの接触面に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選ぶことが重要です。

グリースはベース全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、100 μm (200 μm を越えないよう)が適切と考えます。

締付けにはトルクレンチを使用し所定のトルクまで締めます。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。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グリー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、粘性の低いグリースを使用してください。粘度の高い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」を参照

注) データシートに記載の接触熱抵抗は参考値です。グリースの種類、塗布量によって変わりますので、実際に使用するグリース及びヒートシンクでご確認ください。カタログ記載の接触熱抵抗標準値は信越化学工業株式会社G-746使用時のものです。

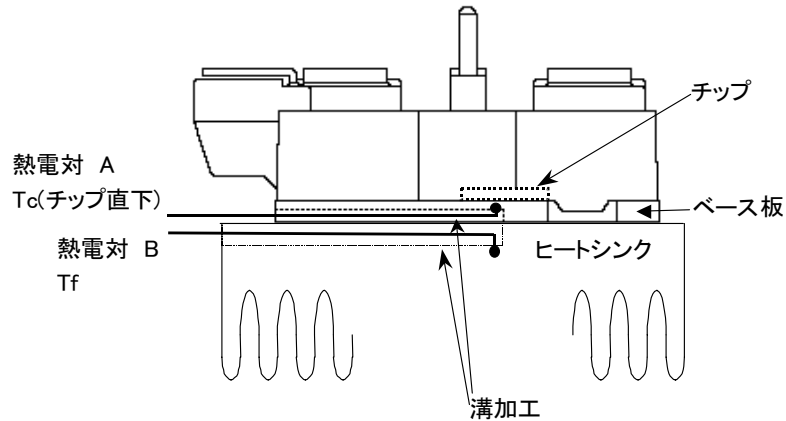
(G-746は信越化学工業(株)発行のカタログ「放熱用シリコン(2004/10 Web版)」には未掲載です。

同カタログ掲載のG-747を使用した場合も標準値には影響はありません)

6. 3. 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・フィン(ヒートシンクまたは放熱フィン)間の接触熱抵抗 $R_{th(c-f)}$ を規定しています。熱抵抗の基準点(ケース温度)は、従来、ベース板の側面としていましたが、太陽光発電用IPMでは、欧州メーカーの対応に合わせて、チップ直下に変更しています。(次頁参照)

弊社の熱抵抗測定では、モジュールとヒートシンクとの接触面に熱伝導率 $0.92W/m\cdot^{\circ}C$ の放熱用グリースを $100\mu m$ ($200\mu m$ を越えないよう)程度均一に塗布し、規定のねじサイズ・締付けトルク強度で締付け、下図に示す位置に熱電対をつけ、ベース板およびヒートシンク温度を測定しています。



太陽光発電用IPMの T_c, T_f 測定点:

・注意事項

- ※使用するヒートシンクの材質、面積、厚みにより熱抵抗は変わることがあります。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。
- ※グリースの種類、塗布量により熱抵抗は変わることがあります。

IPMの実装

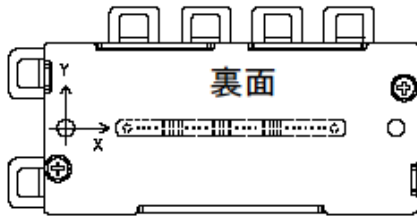
熱抵抗

IPM形名	インバータ チップ直下		コンバータ チップ直下			接触熱抵抗 モジュール直下
	IGBTチップ 接合-ケース間 Rth(j-c)Q	FWDiチップ 接合-ケース間 Rth(j-c)	IGBTチップ 接合-ケース間 Rth(j-c)Q	FWDi(P側)チップ 接合-ケース間 Rth(j-c)	FWDi(N側)チップ 接合-ケース間 Rth(j-c)	ケース-フィン間 Rth(c-f)
PM50B4LA/LB060	0.95	1.61	—	—	—	0.038
PM50B5LA/LB060	0.95	1.61	0.95	0.95	1.61	0.038
PM50B6LA/LB060	0.95	1.61	0.95	0.95	1.61	0.038
PM50B4LA/LB060	0.32	0.53	—	—	—	0.038
PM50B5LA/LB060	0.32	0.53	0.32	0.33	0.53	0.038
PM50B6LA/LB060	0.32	0.53	0.32	0.33	0.53	0.038

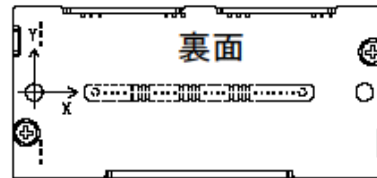
チップ位置

単位(mm)

		UP		VP		WP	BP	UN		VN		WN		BN	
		IGBT	FWDi	IGBT	FWDi	FWDi	FWDi	IGBT	FWDi	IGBT	FWDi	IGBT	FWDi	IGBT	FWDi
PM50B4LA/LB060	X	31.1	30.6	61.0	60.5	—	—	38.2	40.7	52.9	50.4	—	—	—	—
	Y	-10.0	-2.2	-10.0	-2.2	—	—	8.0	0.2	8.0	0.2	—	—	—	—
PM50B5LA/LB060	X	32.7	32.2	62.8	63.3	82.9	—	38.8	39.3	53.0	52.5	75.6	75.1	—	—
	Y	-10.0	-0.2	-8.8	-2.0	-8.4	—	8.0	0.8	3.8	-2.8	3.8	-2.8	—	—
PM50B6LA/LB060	X	32.7	32.2	62.8	63.3	82.9	21.8	38.8	39.3	53.0	52.5	75.6	75.1	18.1	25.9
	Y	-10.0	-0.2	-8.8	-2.0	-8.4	6.8	8.0	0.8	3.8	-2.8	3.8	-2.8	-10.0	-8.4
PM75B4LA/LB060	X	30.4	30.4	61.7	61.7	—	—	39.7	39.7	52.4	52.4	—	—	—	—
	Y	-8.3	-0.8	-8.3	-0.8	—	—	6.3	-1.2	6.3	-1.2	—	—	—	—
PM75B5LA/LB060	X	33.6	31.2	66.0	66.0	85.8	—	40.5	41.6	56.2	56.2	76.3	76.3	—	—
	Y	-7.5	4.5	-8.6	0.6	-3.1	—	8.0	0.0	2.7	-5.5	2.7	-6.5	—	—
PM75B6LA/LB060	X	33.6	31.2	66.0	66.0	85.8	22.7	40.5	41.6	56.2	56.2	76.3	76.3	18.7	26.1
	Y	-7.5	4.5	-8.6	0.6	-3.1	7.2	8.0	0.0	2.7	-5.5	2.7	-6.5	-10.1	-9.0



1) ネジタイプ



2) ピンタイプ

6. 4. 熱伝導性グリースの塗布方法(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(以下グリースと呼びます)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, グリース, へら又はローラー, 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グリースと同じ機能を果たしますが、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塗布するグリースの量と厚みの関係は下記ようになっており、

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

弊社推奨のグリース厚みは100 μm です。(200 μm を越えないようにご注意ください)

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反り量によって変動致します。準備したパワーモジュールに必要なグリースの量を算出します。

計算例: ベース板サイズ110 \times 89 (PM100CSD060), グリースは信越化学工業(株)G-746の場合

$$100 \sim 200 \mu\text{m} = \frac{\text{グリースの量}[\text{g}]}{97.9[\text{cm}^2] \times 2.66[\text{g}/\text{cm}^3]}$$

\therefore グリース量 \approx 2.6 \sim 5.2[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で算出したグリースの量を加えます。
グリースの加え方は特に指定しておりません。
- ⑤加えたグリースをへら(又ローラー)で均一になるようベース板全面に延ばします。
他にはグリースのマスク印刷があります。
- 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、方法は問いません。
- ⑥ヒートシンク取付け後に、はみ出すグリースを全て拭取らない方が、接触面の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。

半導体用熱伝導性グリース(例)

メーカー	製品例	備考
信越化学工業株式会社(信越シリコン) GE東芝シリコン株式会社	KS-613, G-747 他 YG6260, YG6260V	
ALCAN	UNIVERSAL JOINTING-COMPOUND	非絶縁形モジュール用
ELECTROLUDE(英) Austerlitz Electronic(独)	HTC WPS-II	非シリコン系

詳細仕様、購入ルートなどについては各メーカーへお問合せ願います。

熱伝導性グリース別称

サーマルコンパウンド, オイルコンパウンド

Thermal Conductive (Fluid) Compound, Heat Transfer Compound

パワーモジュールの信頼性

7. パワーモジュールの信頼性

7.1. はじめに

電力用半導体デバイスであるパワーモジュールは1970年後半のバイポーラ系半導体チップを搭載したBip系モジュール(トランジスタモジュール, サイリスタモジュール等)の市場投入, 及び1980年前半のMOS系半導体チップを搭載したMOS系モジュール(IGBTモジュール等)の本格的市場投入により, 現在では, その用途はエアコン, 冷蔵庫, 洗濯機に代表される家庭電化製品及び, 各種インバータ, サーボ, UPS, 電力・電鉄の周辺機器等の産業用機器に幅広く使用されています。

一方, 信頼性面についても, これら半導体デバイスの技術向上と共に急速に向上しています。一般的に, 高信頼度が要求される機器では, 半導体デバイスの故障率は10~100FIT(1FIT=1×10⁹/時間)程度が必要ですが, このような信頼度を実現する為には, 半導体固有の信頼度の向上は勿論のこと, 半導体の特質と半導体の信頼度に与える各種のストレスの大きさを充分加味した機器設計, 使用条件との調和が非常に重要な問題といえます。実際に同じ製法でつくられた半導体デバイスが機器設計上の余裕度, 使用方法の違いより, 市場における故障率が1桁以上異なることも, しばしば見られます。

ここでは半導体デバイスの信頼性について, 一般的に機器設計, 使用上で考慮する必要がある問題点, 実際の市場故障に至った故障要因事例, 弊社での信頼性試験結果事例及び品質保証活動について紹介いたします。

7.2. 半導体デバイスの信頼性概説

7.2.1 半導体デバイスの故障率経時変化

一般に電子機器, 電子部品の故障率は, 図7.1(a)のように初期故障期, 偶発故障期を経て磨耗故障に至る, いわゆるバスタブカーブ形の変遷をたどります。このような故障率カーブにおいて, 機器に使用する半導体デバイスの選定は, 機器の用途, デバイス故障発生時の影響・波及性, 予防保全体制等から, 初期故障期の故障率, 偶発故障期の故障率, 及び有用寿命期間の3点を考慮して選定する必要があります。

また, 半導体デバイスの故障率カーブの特徴として一般に図7.1(b)のように故障率が時間の経過と共に徐々に減少していく傾向を示す特徴があります。このことは見方を変えますと, 偶発故障期において故障率が低くなり安定しているにもかかわらず, 故障分布の形からは初期故障期が引き続いているとも言えます。実際の半導体デバイスの故障率の経時変化例は図7.2に示すように製造直後は高い故障率を示していますが, これをエージングし, デバックングすることにより, 故障率は, さらに減少していきます。このように高信頼度が要求される半導体デバイスのエージング, デバックングとしては高温エージング, 電力エージングなどが有効適切に利用されます。

先述の如く, 半導体デバイスの故障率カーブは漸次減少形の分布を示しますので, 機器の信頼度を上げるためには, 初期故障率(特に断線, 短絡などの重欠点の故障率)の低いものを使うことに考慮を払う必要があります。

次に, 機器メーカー殿で, 組立調整及びエージングに入りますが, この期間中の故障率は重欠点で≤0.1%です。もし, この値を大幅に越えるようなら, 回路設計, 組立工程, 試験工程か又はデバイス自体に問題がありますので, 原因の究明が必要です。放置しておきますと, 市場での故障多発につながることもあります。この組立調整及びエージング期間の重欠点故障率と市場故障率は相関のある場合が多く, 故障率が高い場合には注意を要します。

さて, 機器が市場に出ますと, さらにストレスレベルは低下しますので故障率は一段と低下し, 通常, 数Fit~数100Fitになります。この為には機器使用面からの余裕のある設計が必要で, 一般には電圧は最大定格の50~60%以下, 接合温度は最大定格の70~80%以下にデイレティングして使用頂くのが望ましい条件です。さらに使用する半導体デバイスと使用回路, 環境条件(各種ストレス等)との協調も信頼性向上の為, 忘れてはならない重要な要素です。

なお先述していますように機器の信頼度設計上, デバイスの選択で考慮しておかなければならない問題に, 性能及び信頼性と経済性との問題があります。

高性能, 高信頼度化と経済性の両方を達成することは容易ではない為, この両者のバランスをとって, 機器の目標とする性能, 信頼度と調和のとれた, 半導体デバイスを選択することがユーザー側の重要な課題といえます。

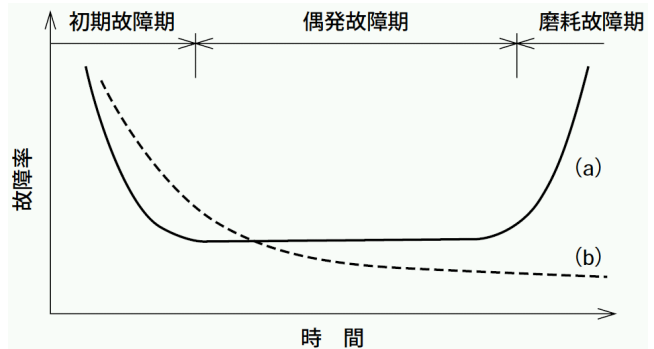


図7.1 故障率の経時変化

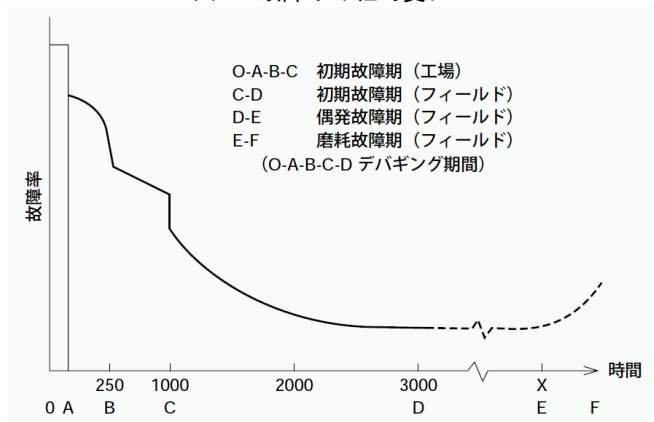


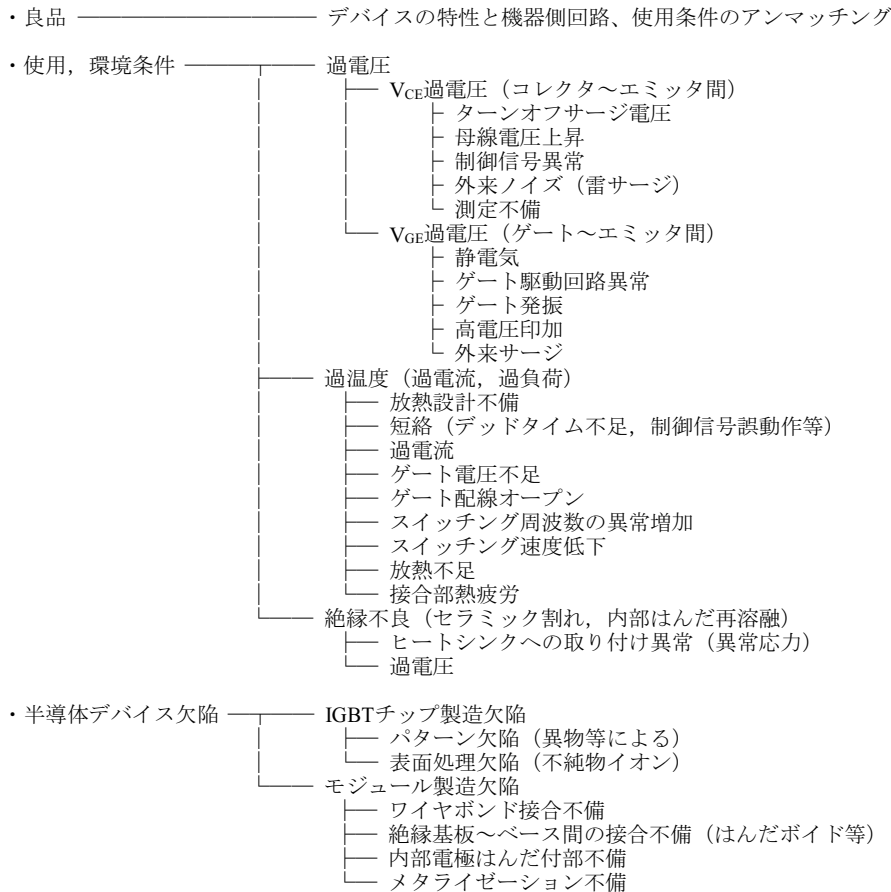
図7.2 半導体デバイスの故障率経時変化

パワーモジュールの信頼性

7.2.2 電力用半導体パワーモジュールの故障要因について

機器組立て調整段階・市場から故障として返却された素子について解析を行いますと、特性的に良品である場合、使用条件・環境に問題のある場合または、素子に欠陥のある場合があります。

IGBTモジュールでは、次のような故障要因が挙げられます。



上記要因の内では有用寿命期間を決定する要因の一つとしてモジュール内部のワイヤとチップ間のワイヤボンダ接合部及び絶縁基板～ベース板接合部(はんだ接合)の熱疲労故障があります。

この熱疲労現象及び、その故障事例について次頁以降に説明いたします。

パワーモジュールの信頼性

7.2.3 電力用半導体モジュールの熱疲労現象について

7.2.3.1 モジュール動作時の熱ストレスモデル

パワーモジュールを動作させた場合の熱ストレスモデルは図7.3の如く2つの動作パターンに区分しその有用寿命を考慮してモジュールの選定、機器設計を行う必要があります。

■サーマルサイクル寿命

システム全体の起動から停止までなど比較的穏やかな温度変化が生じる動作パターンでの寿命

図の上側の「システム稼働ON時間」終了後、次のシステム稼働ONまでのケース温度(T_c :ベース板のチップ直下の温度)の変化が1サイクルに相当

■パワーサイクル寿命(P/C寿命)

ケース温度の変化は少ないが接合部温度(T_j)変化が頻繁に生じる動作パターンでの寿命。

図中矢印で示された拡大部のようにシステム稼働ON時間中に接合温度の変化 ΔT_j が短時間に大きく変動する

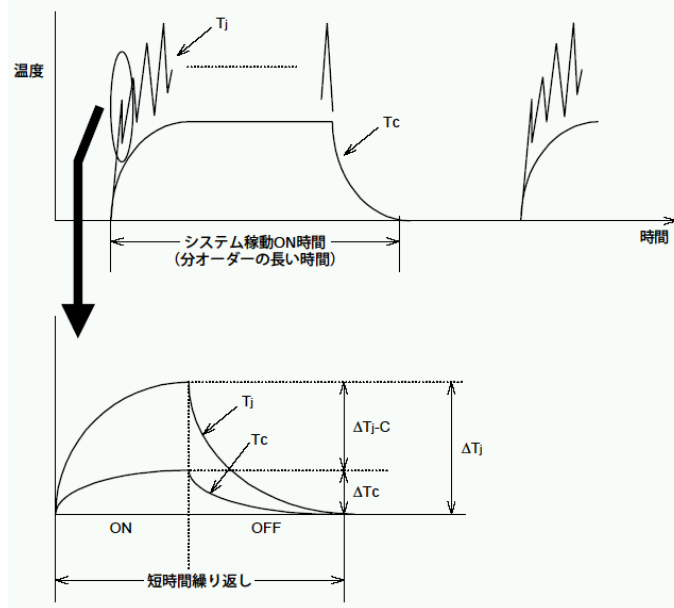


図7.3. 動作パターンとモジュール温度変化

7.2.3.2 パワーサイクル寿命の故障メカニズム

図7.4の一般的なパワーモジュールの構造においてモジュール動作で接合温度変化が生じるとアルミワイヤとシリコンチップの線膨張係数の差によって生ずる応力で、この接合面に亀裂が生じ、この亀裂が進展し最終的には剥離モードとなります。

インバータ動作等でモジュールのケース温度は比較的穏やかな場合での、接合温度変化が頻繁に起こる条件においては、このパワーサイクル破壊を機器設計段階から考慮しておく必要があります。図7.5にパワーサイクルによる接合部剥離写真事例を示します

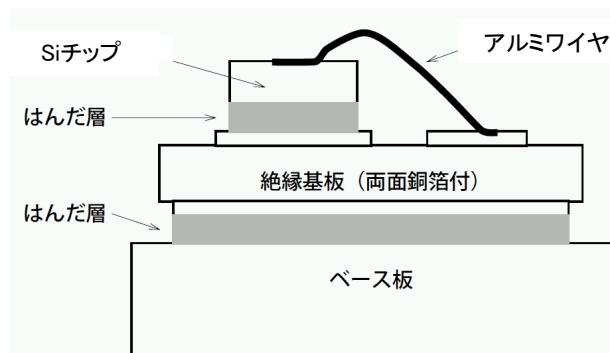


図7.4. モジュール構造断面図(模式図)

パワーモジュールの信頼性

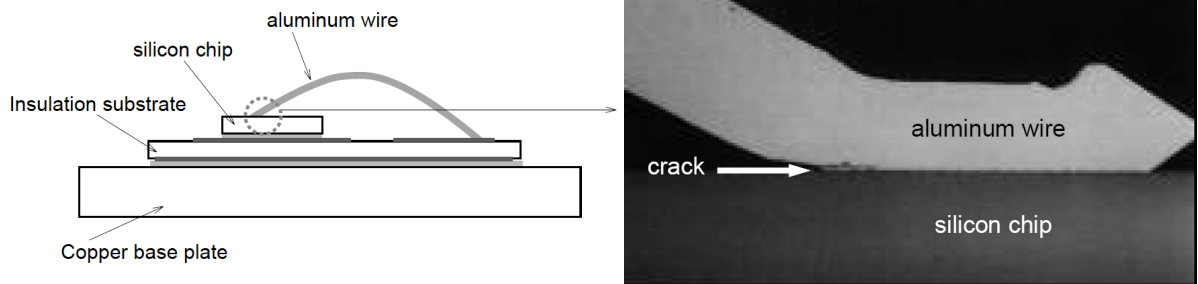


図7.5. パワーサイクル試験による接合部疲労状態

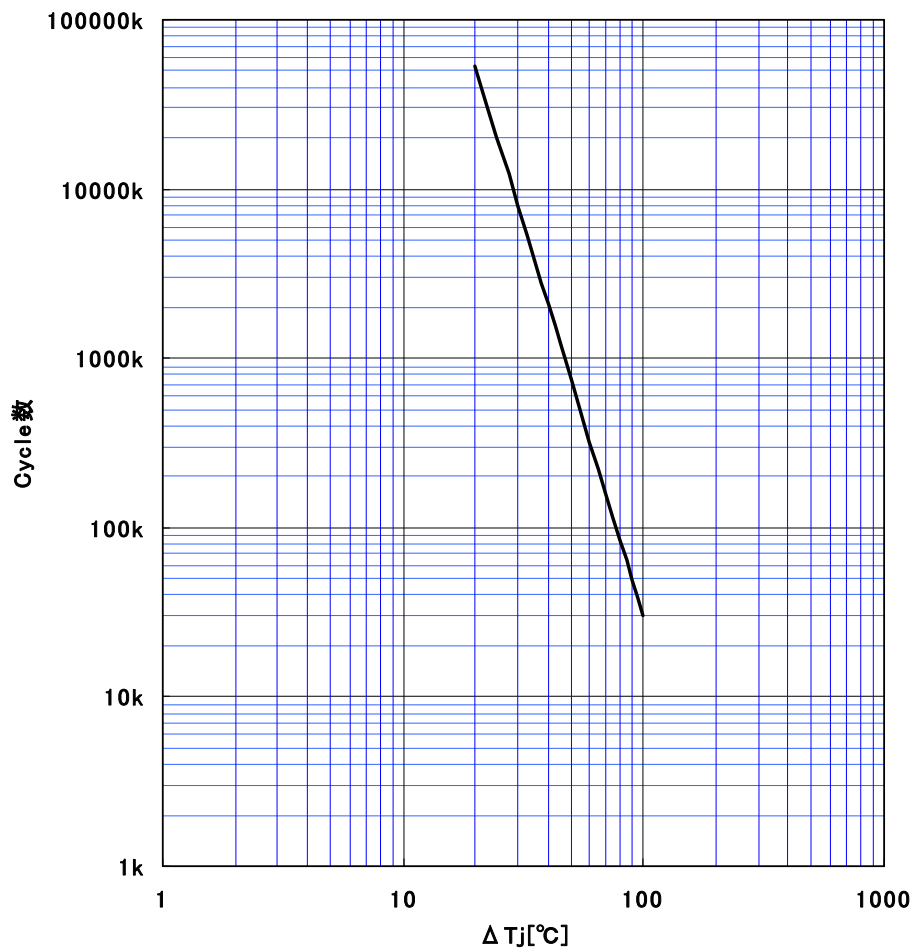


図7.6. 太陽光発電用IPMパワーサイクル寿命カーブ

パワーモジュールの信頼性

7.3. 品質保証活動について

製品の品質、価格、納期及びサービスは、いずれも重要な要素として、それぞれ最善をつくさなければなりません。品質はその製品が存在する限り絶えずその使用者とともにあり、使用者に奉仕を続ける、切り離すことのできない重要なものです。

半導体工業では、製品に要求される品質水準が非常に高く、一方、その製造は「ウェハ工程」に見られるきわめて精密なプロセス制御能力や、「アセンブリ工程」に見られる微細な作業など非常に高度な技術を要する大量生産方式ですので、それだけに、高い品質管理を必要とします。

以下に、その品質保証活動の概要を説明いたします。

7.3.1 量産を行うための手順

開発試作から量産試作を経て、量産に至るまでの各段階ごとに、性能、信頼性確認のために一連の形式試験を実施し、あわせて図面標準類の検討も行います。開発から量産まで品質保証系統図を図7.6に示します。また、形式試験のうち、信頼性確認のための信頼性試験については次節で述べます。

7.3.2 環境管理

半導体工業では、環境が製品の品質に影響を与えることがとくに大きく、防塵、防湿、恒温を保つため、管理基準が定められ、厳密な管理が実施されています。工場で使用するガス類及び水についても同様の処置がとられています。

7.3.3 製造装置、計測機器などの定期点検及び保守管理

半導体工業は装置工業ともいわれ、製造装置、計測機器などの管理は、デバイスの製造上、重要な要素です。装置の精度低下、故障などを未然に防ぐため、定期的な点検、保全が実施されています。

7.3.4 購入資材の管理

受入検査基準に基づき、分光分析器などを使用し、厳密な分析、検査を行います。発注に際しては、品質上の留意点を確認するとともに、十分なサンプル検討を行い、問題点を解決してから正式納品が開始されます。また、納入者の製造工程の品質管理にも十分配慮をしています。

7.3.5 製造工程の管理

品質に重要な影響を与える要因となる純水の純度、雰囲気、炉関係の温度、ガス流量などの条件値については、それぞれ計測器を取り付け、作業者のチェックシートによる点検、または、自動記録を行います。さらに拡散など特性にとくに大きく影響を与える作業については、拡散深さ、表面濃度などを記録し、作業条件の管理データとして活用しています。また、アセンブリ工程においては、ワイヤボンド作業の圧着加重、強度管理などと品質に影響を与える工程については、データ取得と管理を行い、品質の安定に努めています。

7.3.6 中間検査及び最終検査

中間検査及び最終検査の実施についての考え方は、製品の品質特性、すなわち、外観、寸法、構造、機械的及び電気的特性などの良否の判定を行うとともに、それにより得られた品質情報を前工程にフィードバックし、品質の維持向上、ばらつきを減少を計ることを目的としています。

中間検査としては、ウェハテスト及びアセンブリ工程の抜取検査があり、いずれも「品質は製造工程で作り込む」という基本的な考え方に基づく作業部門の自主チェックと品質管理部門の検査の2本立てで実施しています。自主チェックは自主的確認による品質の是正はもとより、完成品では発見しにくい事項の確認に重点をおいています。製品完成後は、完成品検査として最終検査を行います。最終検査としては電気的特性、外観検査を全数について行います。品質保証部門は、最終的にユーザが使用する観点に立って総合的な性能、品質を確認し保証するために、製品を倉入れする前に、外観、電気的特性及び信頼性について抜き取りによる品質保証検査を実施し、ロットごとに倉入れの可否を厳重にチェックしています。

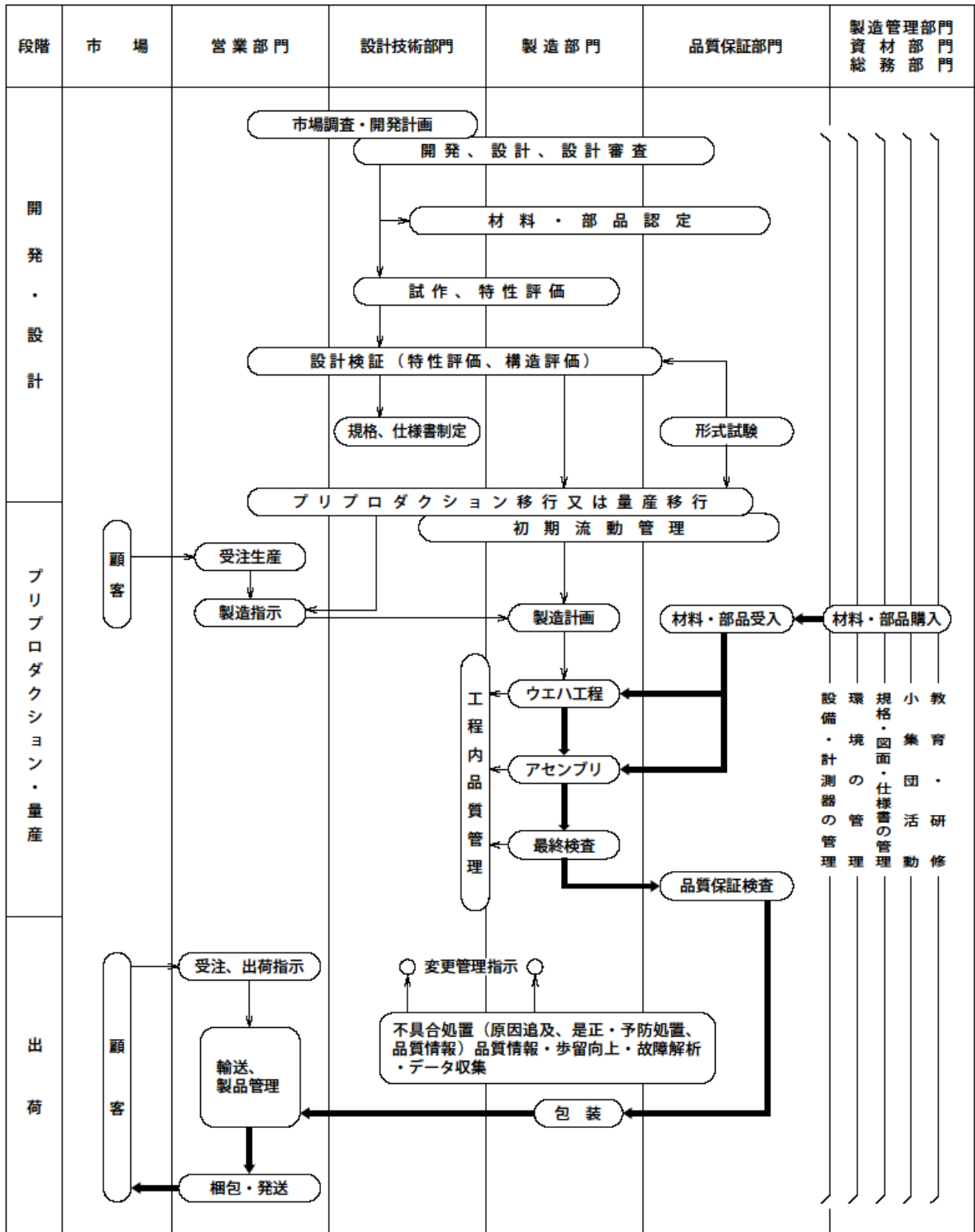
以上に述べました品質保証活動の系統図は前述の図7.6に示すとおりであります。

7.3.7 品質情報

検査結果記録及び客先情報などの各種品質情報は、主として品質保証部内で作成され品質の維持改善のため製造部門をはじめ関係部門へ迅速にフィードバックされます。

さらに、情報管理の近代化を計るため、コンピュータによる合理的かつ効果的な品質管理システムを採用しています。

パワーモジュールの信頼性



→ 製品、材料・部品の流れ → 情報の流れ

図7.6. 品質保証系統図

パワーモジュールの信頼性

7. 4. 信頼性試験

7.4.1 信頼性試験法

三菱半導体デバイスは高信頼度を保証できる設計、製造工程における厳密な品質管理、製造ロットごとの品質保証検査を行っていますので、十分満足して使用できる信頼度水準に達しています。この信頼度水準を確認するために、種々の信頼性試験を実施しています。

本節では、パワーモジュールの代表品種についての試験例を紹介しますが、ここで行われている試験内容について表11に示します。なお、三菱半導体デバイスの信頼性試験は、社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 規格に準拠して実施しております。(関連規格: 国際電気標準会議 (IEC) 規格, 社団法人 日本電子機械工業会 (EIAJ) 規格)

7.4.2 IPMモジュール 信頼性試験結果

代表例として定格電流75AのIPM PM75B5LA060の信頼性試験結果を表7.2に、またこのときの故障判定基準を表7.3に示します。

表7.1 三菱パワーモジュール 信頼性試験

	試験項目	試験方法		試験条件
環境試験	熱衝撃	ED-4701	B-141	[条件A] 100°C:5分, 0°C:5分, 10サイクル
	温度サイクル	"	B-131	Tstg min 60分~Tstg max 60分, 100サイクル
	振動	"	A-121	[条件B] 10~500Hz/15分, 98.1m/s ² , 6時間
	端子強度(引張り)	"	A-111-I	9.8~40N, 10±1秒
	はんだ耐熱	"	A-132	[条件A] 260±5°C, 10±1秒, ロジン系フラックス使用
	はんだ付け性	"	A-131	[条件A] 235±5°C, 5±0.5秒, ロジン系フラックス使用
耐久性試験	締付トルク強度	"	A-112-II	M5: 1.96~3.5N・m, 10±1秒
	高温保存	"	B-111	Ta=Tstg max, 1000時間
	低温保存	"	B-112	Ta=Tstg min, 1000時間
	耐湿性	"	B-121	[条件B] Ta=60°C, RH=90%, 1000時間
	断続通電	"	-	ΔTc=50°C(ΔTc=100°C), 5000サイクル
	高温逆バイアス	"	-	Ta=Tstg max, V _{CE} =V _{CES} の85%, V _{GE} =0V, 1000時間

*: 社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 規格 ED-4701 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法

表7.2 PM75B5LA060信頼性試験結果

	試験項目	試験方法		試験条件	試料数	故障数
環境試験	熱衝撃	ED-4701	B-141	[条件A] 100°C(5分), 0°C(5分), 10サイクル	5	0
	温度サイクル	"	B-131	-40°C(60分)~125°C(60分), 10サイクル	5	0
	振動	"	A-121	[条件B] 10~500Hz/15分, 98m/s ² , 2時間	5	0
	端子強度(引張り)	"	A-111-I	9.8N, 10±1秒	5	0
	締付強度(締付トルク)	"	A-112-II	M5, 3.5N・m, 10±1秒	5	0
耐久性試験	高温保存	"	B-111	Ta=125°C, 1000時間	5	0
	低温保存	"	B-112	Ta=-40°C, 1000時間	5	0
	耐湿性	"	B-121	Ta=60°C, RH=90%, 1000時間	5	0
	高温逆バイアス	-	-	Ta=125°C, V _{CES} =510V, 1000時間	5	0
	断続通電	-	-	Tc=50°C~100°C, 5000サイクル	5	0

表7.3 PM75B5LA060故障判定基準

測定項目	測定条件	故障判定基準		備考
		下限	上限	
I _{CES}	V _{CE} =600V	-	U.S.L. × 2.0	
V _{GE(sat)}	I _C =75A, V _D =15V, V _{CIN} =0V	-	U.S.L. × 1.2	
V _{EC}	-I _C =75A	-	U.S.L. × 1.2	
SC	V _D =15V, V _{CIN} =0V	L.S.L. × 0.9	-	
UV	トリップ	L.S.L. × 0.9	U.S.L. × 1.1	
絶縁耐力	AC2500V 1分間	絶縁破壊		

注. U.S.L.: 規格上限値 L.S.L.: 規格下限値

パワーモジュールの信頼性

7.5. 故障解析

品質水準及び信頼性の維持・向上に必要な情報を得る手段の一つとして故障解析があります。故障解析は、開発、製造段階での半製品、製品の故障品、信頼性試験で生じた故障品、ユーザでの試験や使用中で生じた故障品などに対して実施しております。

故障解析は、外部検査、電氣的検査、内部検査、チップ解析に大別されます。故障解析の手順を図7.7に、その内容を表4に示します。

信頼性試験結果及び故障解析結果により故障モードや故障メカニズムが明確になり、プロセス技術部門や製造部門にフィードバックして必要な是正措置をとることによって製品の信頼性を絶えず改善するように努めております。

7.6. ディレーティングと信頼度予測

半導体デバイスの信頼度は、使用条件、環境条件によって同一品種でも大きく異なってきます。また、半導体デバイスの設計基準、製造方法及び製造管理の水準などに基づく固有の信頼度によっても大きく左右されます。このため半導体デバイスのディレーティングと信頼度との関係も、一筋なわけではありません。詳細につきましては、三菱半導体信頼性ハンドブックをご参照ください。

<http://www.semicon.melco.co.jp/confidence/index.html>

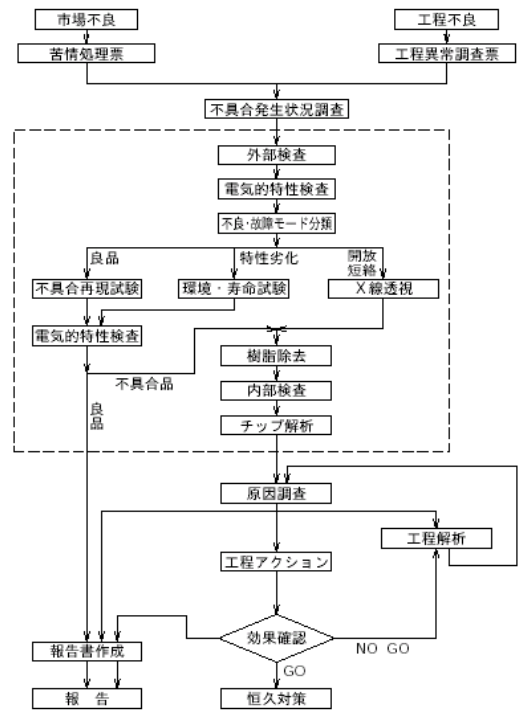


図7.7 故障解析手順

表7.4 故障解析の内容と設備

検査項目	検査内容	設備
外部検査	○ リード、めっき、はんだ付け、溶接部分の状態 ○ パッケージの欠陥 ○ はんだ付け性	実体顕微鏡 金属顕微鏡
電氣的特性検査	○ 電氣的静特性、電圧、温度マージン、動作特性の検査による開放・短絡及び特性劣化の調査 ○ 内部配線	シンクロスコープ カーブトレーサ 特性試験器 X線透過装置
内部検査	○ デバイスのパッケージを取り除き、内部構造を観察するチップの表面観察 ○ マイクロプローバによる電氣的特性のチェック ○ ホットスポット、異常など	金属顕微鏡 マイクロプローバ 走査電子顕微鏡 X線マイクロアナライザ
チップ解析	○ 内部検査でのチップ観察を補足するための解析 ○ チップ断面解析により、酸化膜、拡散、メタライズの解析	赤外線マイクロスキャナ 分光分析装置

7.7. むすび

以上、電力用半導体デバイスであるパワーモジュールの一般的な信頼性の考え方、信頼性試験及びディレーティングと信頼度予測などについて簡単ですが紹介しました。本文ですでに述べましたように、半導体デバイスの実用上での信頼度を高めるためには、半導体デバイスのもつ特質をよく把握するとともに、機器、セットに調和した半導体デバイスの選択を行うこと、また使用条件、環境条件面からディレーティングを十分考慮した余裕ある信頼度設計を行うことなどが、重要なキーポイントとなります。機器、セットとしてのデバギングの実施や工程中あるいはフィールドのデータを解析し、それを設計、製造にフィードバックすることも見のがしてはならない重要な要因です。このように、信頼度設計を行う上で検討すべき事項が多い現状ですが、品質、信頼性ならびに経済性も含めた総合的観点より細心の注意をもってうまく半導体デバイスを使用されることをおすすめします。

IPMの制御側インタフェース

8. IPMの制御側インタフェース

■ IPMに接続するインタフェース(I/F)の回路と定数
IPMとシステム制御側(CPU)との接続に必要な部品は、
各相の入力端子部に

- ①高速フォトカプラ
- ②プルアップ抵抗
- ③コンデンサ(リップル除去用セラミックタイプ & 電源安定化用電解タイプ)
- ④低速フォトカプラ (直接接続できます)
- ⑤相互に絶縁された+15Vの安定化電源(3系統)です。

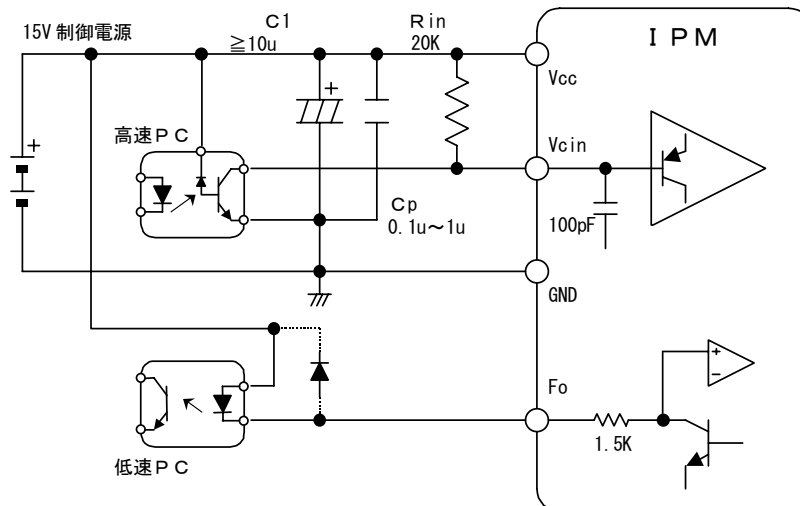
エラー信号(Fo)端子に
制御電源は

IGBTモジュールに必要な逆バイアス用のマイナス電源は不要です。

定数例

記号	名称	推奨定数	注記
Rin	プルアップ抵抗	20KΩ	ブレーキ端子を含む全端子共通
C1	平滑コンデンサ	10μF以上	IGBTゲートへの充放電電流, dv/dt電流
Cp	バイパスコンデンサ	0.1~1μF以上	を吸収できること
PC	フォトカプラ	高CMR、CTR	PS9613など

■ インタフェース回路と内部構造図例



■ 制御入力端子

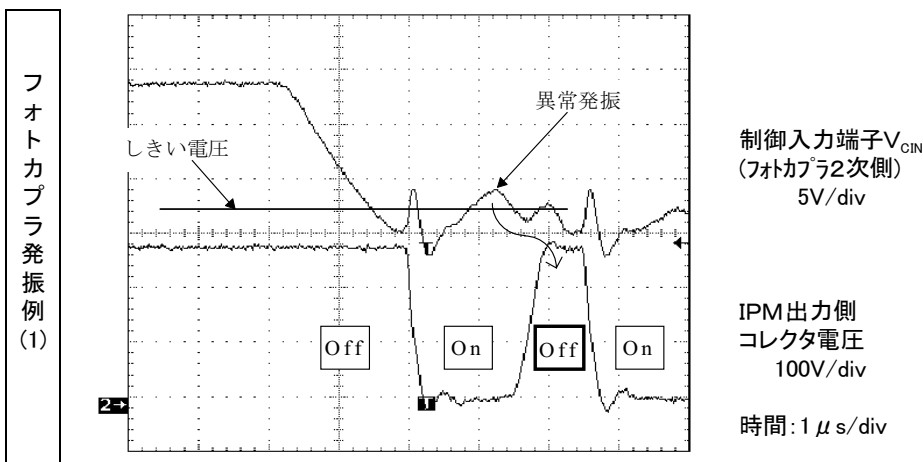
この制御入力端子に電圧を与えることで、内部IGBTのオン/オフスイッチングを制御します。
制御信号はIGBTチップのゲートを直接ドライブしていないので、制御入力電圧をオン(オフ)しきい電圧以下(以上)で微調整しても、またプルアップ抵抗値を変更しても、IGBTのスイッチング特性・DC特性は変化しません。このようにIPMとの関係だけから捉えると、しきい電圧を満たしているならば、プルアップ抵抗値は任意に設定可能です。
但しプルアップ抵抗値を小さくすると、フォトカプラの1次・2次電流は増加させなければならず、その寿命に悪影響を与えます。また伝達遅延も悪化します。そこで、フォトカプラのCTR・経時特性を考慮して、上記値を提案しています。
ノイズ誤動作対策などのためにプルアップ抵抗値を小さくすることは可能です。その場合は、寿命を含むフォトカプラ特性とその1次・2次電流(=プルアップ抵抗値)との関係を、フォトカプラメーカーにお問い合わせ・確認された後で設定してください。

IPMの制御側インタフェース

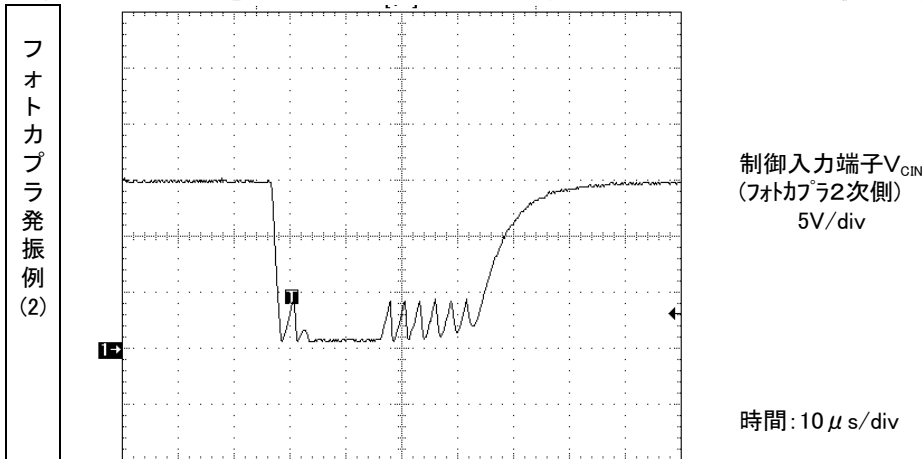
制御入力端子の内部はコンパレータに接続されていて、ハイインピーダンスになっています。オフ時はフォトカプラの出力インピーダンスも高くなっていますので、周辺回路を接続したときの全体のインピーダンスはプルアップ抵抗(=20K Ω)に近い値です。なお、この端子には、ノイズ除去のためにパスコンデンサ(100pF)を内蔵しています。

パターンの引き回し・モーターの種類等によっては、制御信号パターンにSW電源からのノイズ・自己/反対アームからのスイッチングノイズ(特にターンオフ時)が現れて、IPMは、これらの誤信号でオンして短絡・保護停止することがあります。そこで、外来ノイズで不用意にオフ→オン誤動作しないように、フォトカプラの出力端子とIPMの制御入力端子間のパターンレイアウトに注意してください。フォトカプラ1次側の配線と2次側の配線を交差させないなどの工夫が必要です。パターンは回りこまないよう最短(2~3cm以下)とし、その電流ループ内に磁界が横切らないようにしてください。更に、フォトカプラの電源-GND間に周波数特性の良いコンデンサを付けてください。

パターンレイアウトによっては、以下のようにリングングすることがあります。この場合は正常時と比べて出力電流は見かけ上それほど変化しませんが、IPMのスイッチングロスはそのリングング回数に比例して増加しますので、熱破壊に至ることになります。設計時に確認が必要です。



以下の例では、オンの直後とオフの直後の両方に発振が起きています(=誤オン/オフ)。特にオフ直後の発振がデッドタイム以上続くと反対アームがオンになる期間と重なりますので、上下同時オンになりアーム短絡が発生します。IPMは保護回路が動作して F_o 出力します。この現象は無負荷でも起きることがあり、IPM側の誤動作と混乱しやすく、原因究明に時間を要します。対策はフォトカプラの電源インピーダンスを下げること、及びIPM対応のフォトカプラ使用が効果的です。



IPMの制御側インタフェース

フォトカプラの種類によっては、フォトカプラの出力端子電圧がGND以下になり、フォトカプラ規定以上の逆バイアスが発生したときに、フォトカプラ発振例(1)に示すように、フォトカプラ出力電圧が持ち上がり、IPMしきい値を超えてOFFする場合があります。このような場合は、フォトカプラ出力端子-GND間にクランプ用のDiを追加してください。

■ Fo出力端子

IPMの異常状態を示す出力です。

異常モードは、過熱・負荷(アーム)短絡・制御電源の減電圧があります。これらの種類は区別できません。

Fo端子の内部は、抵抗(1.5KΩ)を直列に接続したオープンコレクタが接続されています。

この端子と制御電源VDとの間に、フォトカプラ(又は、LED)を直接接続できます。外付け抵抗は不要です。

注意)

Fo不使用時の処理

特定のFo端子、例えば上アーム(P側)Foを使用しない場合は、例えばP側のみを経由する地落等に対して異常を検出できないので、システムとの保護協調がとれず、繰り返して地落することになります。

これが続くとIPMの破壊を招く場合がありますので、全てのFo端子を使用することを推奨します。

Fo端子は内部でコンパレータ入力回路にも結線されています。

この端子をオープンのままにすると、この端子からノイズが侵入してIPM内部の回路が誤動作する可能性があります。この場合は、0.1μF程度の高周波タイプコンデンサをFo端子とGND間に追加挿入すると効果があります。また、使用しない場合は、ノイズが重畳しないように15V制御電源に直接プルアップしてください。

注意)

PN母線と制御電源のパターンや回路方式によっては、Fo端子に20V以上のサージ電圧が観測されることがあります。このサージ電圧で接続したフォトカプラのLED部が耐圧オーバーで破壊しますので、パターンレイアウトに注意してください。キャンセルできないときは逆並列にダイオードを追加してください。低インピーダンスにすることが重要です。



IPMの制御側インタフェース

■ 型名

制御入力端子に使用する絶縁用のフォトカプラは、高速駆動用と低速駆動用に分けられます。

◎高速駆動用

IPMの制御入力端子に使用します。

応答時間(t_{PLH} 、 t_{PHL})とCMRの値を重視します。
 t_{PLH} 、 t_{PHL} 共に $0.8 \mu\text{sec}$ 以下であり、高CMR (CM_H 、 CM_L)タイプの製品を推奨します。
 特に、リングング等の現象が起きないかを確認してください。

- (例) : PS9613 (NEC)
 : HCPL-4503 (Agilent Technologies)、HCPL-4504 (Agilent Technologies)、
 HCPL-4506 (Agilent Technologies)
 : TLP559 (東芝)、TLP559 (IGM) (東芝)

フォトカプラメーカーでは、特性を選別したIPM専用品(別形名)を持っている場合があります。
 誤動作防止のためにIPM対応のフォトカプラを問い合わせ・発注してください。

◎低速駆動用

IPMのF_o出力ピンに使用します。

CTRの値を重視します。
 CTRが100%以上の製品を推奨します。

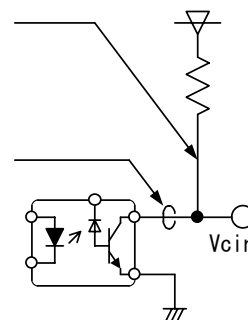
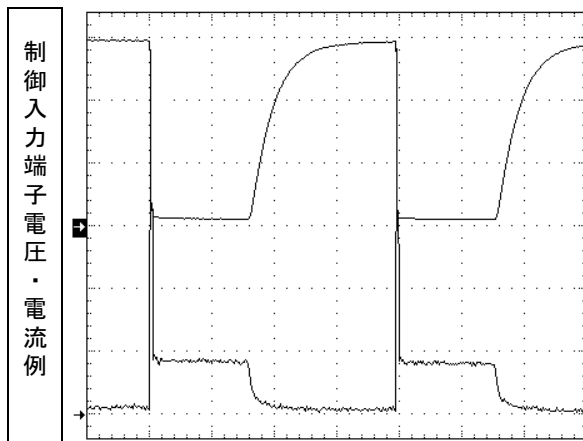
- (例) : TLP521 (東芝)、PS2502 (NEC)

上記の製品がデータシートでは該当しますが、弊社で動作保証するものではありません。
 想定している使用環境で問題なく動作するかどうかについては、詳細を各メーカー様までお問合せください。

■ 用語

- CTR 電流伝達比(Current Transfer Ratio)
 1次側の入力電流に対する2次側の出力電流比
- CMR 同相信号除去比(Common Mode Rejection)
 入出力間電圧変動に対する出力側ノイズ電圧の比

- t_{PLH} L→H 伝達遅延時間
 t_{PHL} H→L 伝達遅延時間

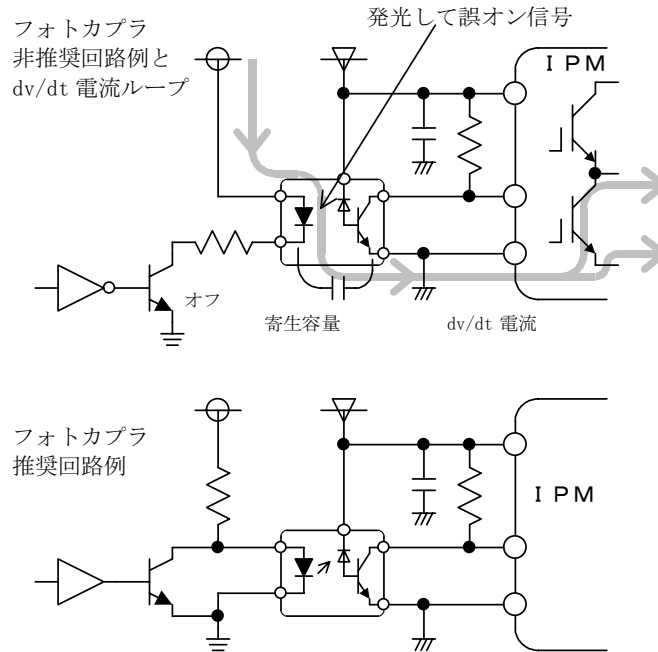


IPMの制御側インタフェース

■ 使用時の注意

「フォトカプラは1次2次間が電氣的に絶縁されているデバイスです。」---この表現は高周波的には正しくありません。なぜならフォトカプラの1次2次間には寄生容量があり、 dv/dt が与えられると、それを經由して1次側から2次側へパルス電流が流れるからです。

そこで、この dv/dt によって1次側(LED)電流が流れて誤オン信号にならないように、回路を設計することが重要になってきます。オフ信号時にはフォトカプラ1次側LED両端が低インピーダンスになるような回路構成にしてください。



この推奨回路例では、 dv/dt 電流はLEDを発光させないループで流れるので、誤オン信号になりません。

フォトカプラ周辺の設計詳細については、各フォトカプラメーカーのアプリケーションノートを参考にしてください。

IPMの制御側インタフェース

■ 制御端子用コネクタの型名例

弊社の信頼性試験で使用している制御入力端子コネクタは、ヒロセ電機(株)製の下記型名品です。

・ B4LA / B5LA / B6LA タイプ

◎2.00mmピッチコネクタ

型名: シングルロウレセプタクル・ストレートディップタイプ
DF10-31S-2DSA (62), (68)

適用IPM: PM 50B4LA
PM 50B5LA
PM 50B6LA
PM 75B4LA
PM 75B5LA
PM 75B6LA

注記:IPM専用です。P側UVW相及びN相間の絶縁距離をとった計19ピンのコネクタです。

お問合わせについて

詳細仕様およびその他の該当する型名については、コネクタメーカー様までお問合せください。

名称: ヒロセ電機 株式会社

* B4LB / B5LB / B6LB タイプは主端子・制御端子共に半田付けでの実装を推奨しております

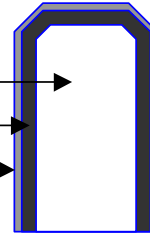
■ 制御端子の材質 (B4LA / B5LA / B6LA タイプ)

他のコネクタを使用される場合は、その構造と信頼性に注意して選定してください。

コネクタとIPM端子との接触が不完全になると、制御信号の欠落・発振・サージノイズでの誤動作が起き易くなります。低圧・低電流端子ですので、長期的に接触を確保するために金メッキ処理品を推奨します。

コネクタ選定の参考として、IPM側の制御端子の材質・表面処理を示します。

基部材質	真鍮(黄銅)	
メッキ仕様	下地	ニッケル(Ni) 厚み= 1~5 μm
	表面	金 (Au) 厚み= 0.05~0.2 μm



* B4LB / B5LB / B6LB タイプの制御端子は半田付けでの実装を推奨していますので、表面は錫メッキの仕様になります

■ ガイドピン

制御端子の両脇のガイドピンは金属製です。

ガイドピンの下部は、IPM内部でプラスチックでモールドされていて、絶縁されています。

9. 制御電源

■ 制御電源

リップルを含めて電圧範囲は、規格内に入るようにしてください。

制御電圧 (V _{DC})	内 容
0 ~ 4.0	電源を入れない状態と同じです 外来ノイズで誤動作(オン)することがあります 電源電圧低下保護(UV)は動作せず、F _o も出力しません
4.0 ~ 12.5	制御入力信号を加えても、スイッチング動作を停止していません 電源電圧低下保護(UV)が動作し、F _o を出力します
12.5 ~ 13.5	スイッチング動作します 但し推奨範囲外ですので、IPMの仕様書で規定しているV _{ce(sat)} ・スイッチング時間共に規格値をはずれてコレクタ損失が増加し、接合温度が上昇します
13.5 ~ 16.5	正常動作します 推奨電圧範囲です
16.5 ~ 20	スイッチング動作します。但し推奨範囲外です。 短絡時にはその電流ピーク値が大きくなりすぎて、チップの耐量を超えて破壊することがあります
20 ~	IPM内の制御回路及びIGBTゲート部が破壊されます

■ リップルノイズの規定

制御ICの電源ラインに高周波ノイズが重畳されると、ICが誤動作してF_oを出力し、更には出力を停止(ゲート遮断)することがあります。

この誤オフを回避するために、ノイズの立ち下がり成分が±5V/μsより緩やかになるよう、また、リップル電圧の振幅が2Vより小さくなるように、電源回路を設計してください。

$$\text{規定: } \frac{dV}{dt} \leq \pm 5V/\mu s \quad , \quad V_{ripple} \leq 2V_{p-p}$$

電源ラインに現れるノイズの成分が高周波(パルス幅<約50nsec以下、パルス高<約5V以下)であり、かつF_oが出ていない時は、通常そのノイズを無視できますが、制御電源はより低インピーダンスである方が望ましいので、パターンレイアウトに注意してください。

平滑コンデンサや周波数特性の良いパスコンをIPMの直近に接続することは、誤動作対策に効果的です。

■ 電源の入り/切り手順

制御電源は、主電源(PN間の電源)よりも早く立ち上げてください。

制御電源の立ち下げは、主電源よりも遅く立ち下げてください。

制御電源が不安定な状態で主電源が先に立ち上がっているか、または主電源が残っていると、IPMは外来ノイズで誤動作することがあります。

■ 単相インバータに適用する場合

P側(上アーム)は2相すべて各々絶縁された制御電源を使用してください。

N側(下アーム)は2相およびコンバータ部共通の電源を使用できるので、計3個の制御電源を使用します。

制御電源

■ 制御電源の消費電流リスト

下表のDCと20KHzの値は、時間平均値(Ave)です。 (条件: $V_b=15V$, 単位mA, $T_j=25^\circ C$)

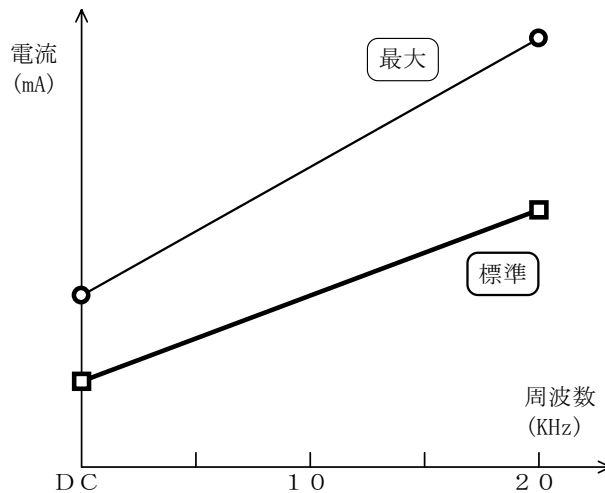
■ AC 220V電源

LシリーズIPM 対応 形名	N側				P側(各相)			
	DC		20kHz		DC		20kHz	
	Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max
PM 50B4LA/LB060	10	20	28	38	5	10	12	17
PM 50B5LA/LB060	15	25	34	46	5	10	12	17
PM 50B6LA/LB060	20	30	41	56	5	10	12	17
PM 75B4LA/LB060	15	25	46	62	6	12	16	22
PM 75B5LA/LB060	20	30	56	76	6	12	16	22
PM 75B6LA/LB060	24	34	65	88	6	12	16	22

■ 他の周波数での制御電源の消費電流

制御電源の消費電流は、ほぼキャリア周波数に従って増加しますので、この制御部消費電流・電力は、下記のようにキャリア周波数に対応した直線として近似できます。

図のDCと20KHzでの消費電流値(○・□)は上述の一覧表を用いてください。



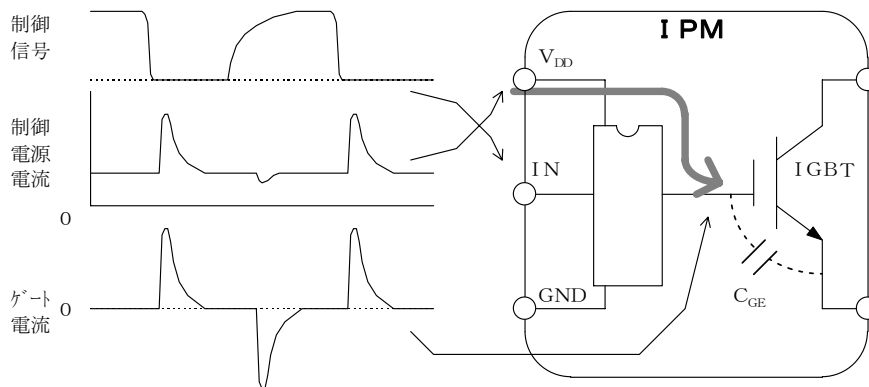
制御電源

■ 制御電流の最大値

IPMに使用しているIGBTゲート部は、入力容量 ($C_{ies} = C_{GE} + C_{CG}$) を持っていますので、ON(OFF)のスイッチング毎に、ゲートを充(放)電するための電流が流れます。
このピーク電流が1~2AになるIPMもあります。

更に、オフ時にはIGBTコレクタからのdv/dt電流が制御電源側に流れ込みます。
この電流を吸収できるように制御電源を低インピーダンスに設計する必要があります。
そうでないと、このdv/dt電流が制御IC(制御入力端子、Fo端子)をゆさぶり、誤オン信号となって、アーム短絡を起こさせることがあります。

スイッチング波形



■ 制御電源の設計

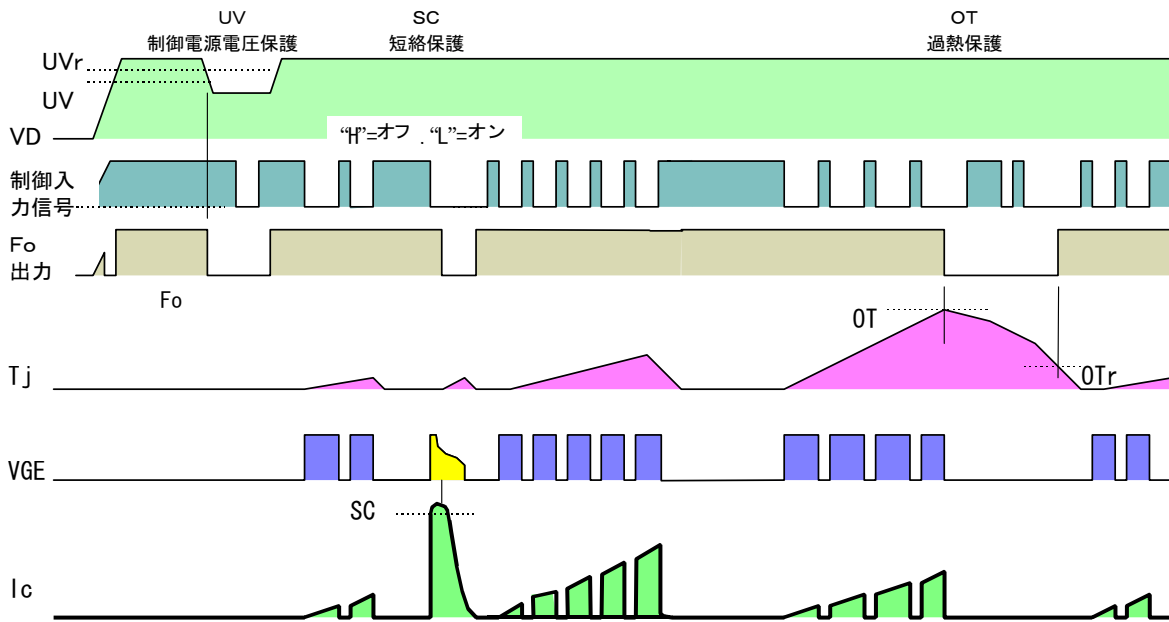
制御電源回路は、これらの電流変動を供給・吸収できるだけの容量が必要です。
通常この最大電流とインピーダンスについては、制御電源の特性ではなく、付随する平滑コンデンサおよびリップル除去コンデンサ(高周波パスコン)で対処できます。
その効果はコンデンサの種類だけでなく、基板パターン・配線のインダクタンスに影響されますので、実際の基板・装置で検証した上で、コンデンサの種類・容量を選定して下さい。

10. フォールト(Fo)信号

■ IPMの保護の種類

IPMは異常の発生要因に合わせて4種類の保護回路を使用しています。
 それらはSC(短絡保護)、OT(過熱保護)、とUV(制御電源電圧低下保護)です。

制御と保護モードのタイミングチャート



■ 制御電源電圧低下保護(UV)

UVは、制御電源電圧が低下した時に生じるIGBTの $V_{CE(sat)}$ 損失増加=熱破壊を防止するために、制御電圧を検出していて、設定電圧(UVトリップレベル)以下になるとIGBTチップを強制的にオフします。

■ 過熱保護(OT)

OTはIGBT素子のチップ温度を直接検出していて、設定温度(OTトリップレベル)以上になると、IGBTチップをオフします。

■ 短絡(SC)

SCは短絡破壊を防止するために、IGBTの順方向コレクタ電流を検出していて、SCトリップレベルの設定電流以上になるとIGBTをオフにします。

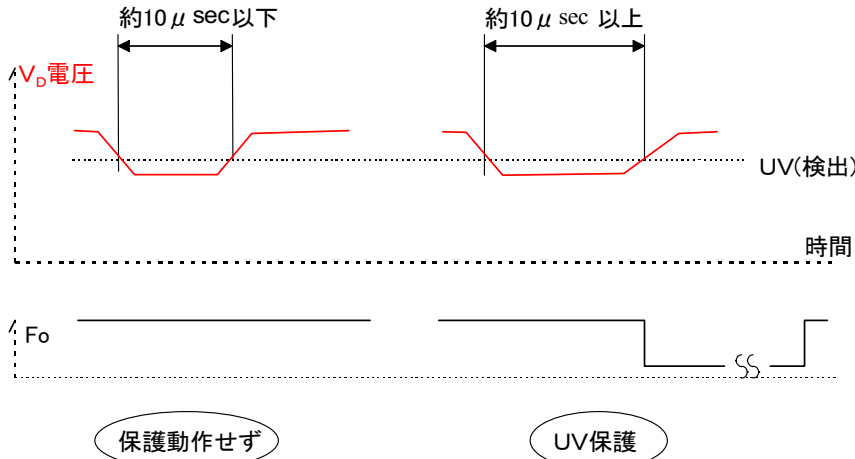
注意) SCは、IGBTと逆並列に接続されたフリーホイールダイオード(FWDi)に流れる回生電流は検出していません。

これらの保護回路があるので、IPMは極めて大きな破壊耐量をもったパワーデバイスとなっています。

■ 保護までの動作時間

SC検出は、高速(約1 μ sのパルスに回答)に検出するようにしています。
 一方UVを検出するには、IC内部に約10 μ sのフィルター回路が付加されていますので、約10 μ s以上の間、UV以下が続くことが必要です。

OTにはコンデンサによるフィルター回路が付加されています。



注意) この時間は参考値です。条件(機種・使用温度・負荷など)により多少の遅延/短縮があります。

■ 保護動作

IPMは上記の保護回路からのトリガ信号を受けると、内部の保護回路の状態をセットし、エラー信号(Fo)を出力すると同時に、制御入力信号を無効にして駆動回路を停止させます。

特に、SCはターンオフサージ電圧を軽減するために緩やかに遮断させて、過電圧がIGBTにかからないようにしています(ソフト遮断)。

SC、UV、OTは、P側の場合、エラーが発生した相のIGBTのみを個別にオフさせます。
 この時、N側の各相はスイッチング可能です。

一方、N側ではエラーが発生した相にかかわらず、N側2相(+コンバータ部)全てのIGBTをオフさせます。
 この時、P側の各相はスイッチング可能です。

全ての保護に関して、Foの立下がり(=出力開始)とIGBTのオフは、同期しています。
 更に、Foの出力期間(="L"レベルである状態のとき)とIGBTのオフは一致しています。
 Fo="L"のときに、外部から制御信号を入力してもIGBTはオンしません。

■ リセット(解除)

SCは、Fo出力が終了した後入力信号(Vcin)がオフ("H")になっている時に、出力電流が設定電流以下になっていれば、保護を解除します。そして、入力信号の立ち下がりで保護回路の状態をリセットし、通常動作に復帰します。

Foのパルス幅は、内部のタイマー回路で生成するので一定です。(注意: typ=1.8ms に設定)

OTはヒステリシスを持った設定温度(OTリセットレベル)以下になると、また、UVはヒステリシスを持った設定電圧(UVリセットレベル)以上になると、保護動作を解除します。

その間はエラー信号を出力し続けるため、Foのパルス幅は一定ではありません。

最小のFoパルス幅は、内部タイマー回路のtyp=1.8msです。

フォールト(Fo)信号

■ 注意事項

////////////////////////////////////

IPMは非線返し異常に対して、各種の保護回路が動作するようにしています。

IPMを使用して装置を設計されるときは、最大定格を越えたストレスを定常的に(繰り返して)印加しないように配慮してください。

エラー信号(Fo)が出力されたときは、IPMの保護動作だけに依存せず、制御入力信号を停止して、動作を停止させなければなりません。

IPMは、異常の原因を排除するものではないので、システム側で異常処理をする必要があります。

(エラー信号がリセットされても、リセット以降の正常動作を保証するものではありません。)

◎ SCIについて

短絡時には、SC検出 > 保護 > 遮断で停止しますが、保護停止時間は一定(typ1.8ms)であり、ラッチされたままではありません。このため、引き続き入力端子にPWM信号を受けると、タイマー終了(Fo解除)後にリセットされて再度スイッチングします。

短絡条件が続いていれば繰返し、

短絡 > 保護 > 停止 >> 再動作 > 短絡 > 保護 > 停止 >> 再動作 となります。

このような動作は、IGBTチップの限界付近での使用法ですので、過度のチップ温度上昇を招き、熱破壊する誘因となります。安全に使用できるように原因を取り除いてから再スタートさせてください。

注記) 雷サージ等の外来ノイズやマイコンの暴走で、IPMの入力端子が同時ONになり、短絡

する可能性は、インバータの製品寿命中に数回程度だろうと想定しています。

短絡の繰返し回数は保証していませんが、弊社での短絡耐量試験では100回以上の実力があります。

◎ OTについて

過熱保護が動作する原因は、恒常的な過負荷かまたは周囲環境の異常です。

過渡的な過負荷(IPMを組み込んだ汎用インバータがモーターロックで大電流が流れて、IGBTチップの接合温度が急激に上昇したとき)や特定の素子だけに通電するような場合(ブレーキ用IGBTを高周波でスイッチングさせる)などには、対応出来ないことがあります。

このような過負荷も含めて、熱設計は確実にこなしてください。

◎ UVIについて

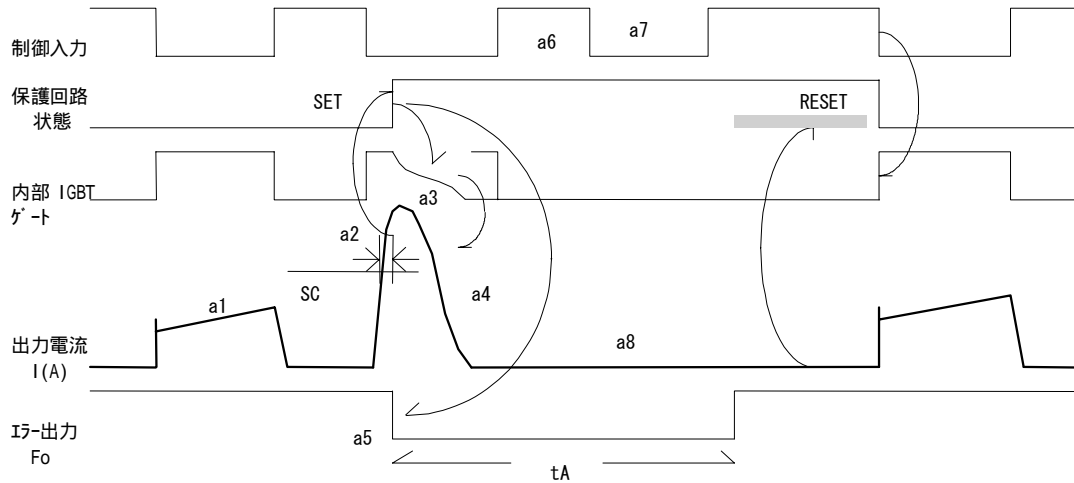
制御電源に急峻なリップルが加わると、内部の制御ICが誤動作して、電源電圧低下保護が動作することがあります。ノイズの少ない安定した電源を供給してください。

■ SC動作シーケンス:

- a1.正常動作=IGBTオン=出力電流あり
- a2.短絡電流検出 (SCトリガ)
- a3.IGBTゲートをソフト遮断
- a4.IGBT 緩やかにオフ
- a5.Foタイマー動作開始
- a6.入力="H"=オフ
- a7.入力="L"=オン
- a8.IGBTはオフのまま

→パルス幅固定: t_A (typ1.8msec)です

←(a6~a7)が t_A より短い時間で起きたとき



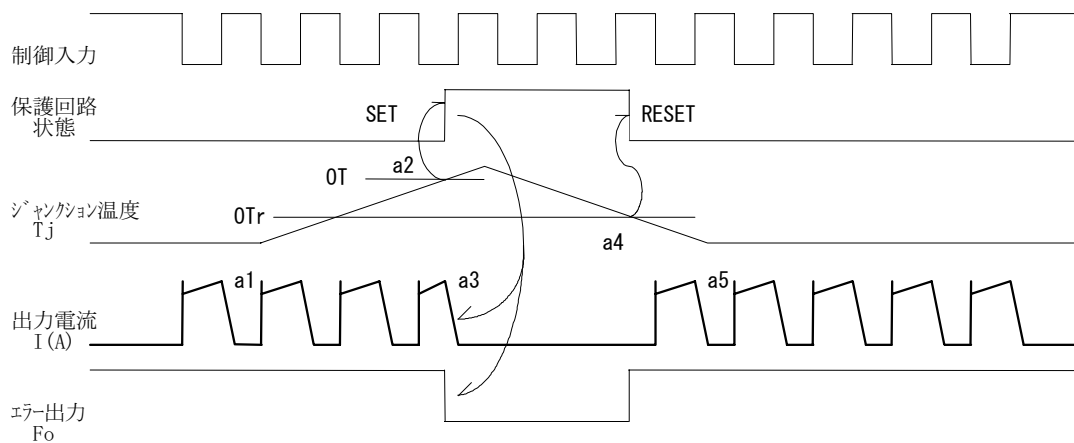
■ OT動作シーケンス:

- a1.正常動作=IGBTオン=出力電流あり
- a2.過熱検出 (OT)
- a3.IGBTオフ
- a4.過熱検出リセット(OTr)
- a5.正常動作=IGBTオン=出力電流あり

←ノイズフィルター含む

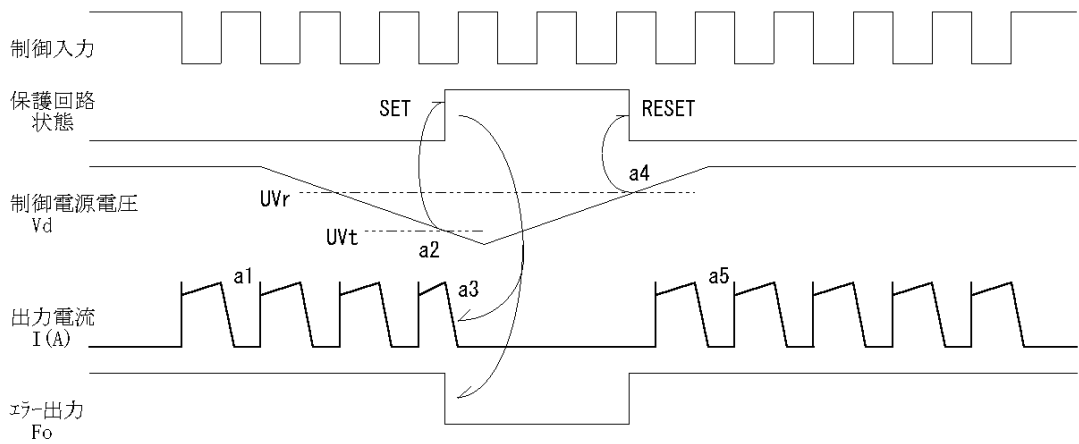
←制御入力の状態に関らず、オフ

←ノイズフィルター含む



■ UV動作シーケンス:

- a1.正常動作=IGBTオン=出力電流あり
- a2.制御電源電圧低下(UVt) ←10 μ s ノイズ除去含む
- a3.IGBTオフ ←制御入力の状態に関らず、オフ
- a4.制御電源電圧低下(UVr) ←10 μ s ノイズ除去含む
- a5.正常動作=IGBTオン=出力電流あり



IPMと放熱フィンの平面度

11. IPMと放熱フィンの平面度

■ IPMのケース面

下図のように、取り付け穴間を基準にして直線x(またはy)を引きます。
この直線x(またはy)上の両端(黒印●)と、指定した中心点(a)での凹凸(矢印部分 $\langle \rangle$)を、平面度x(またはy)と定義します。極性は放熱フィン側に反ったとき凸(+)、IPMの主電極側に反ったとき凹(-)とします。

IPMの平面度は、x、yの各方向毎に

規格(例): $-100 < \text{平面度}x < +100$
 $-100 < \text{平面度}y < +100$ (単位 = μm)
 になるようにしています。

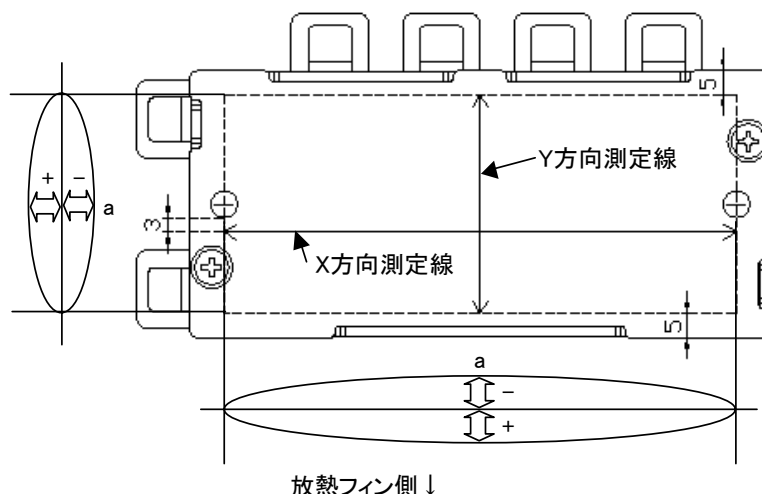
注) 各IPMの個別の値はその納入規格を参照してください。

放熱フィンの平面度は、 $\pm 100 \mu\text{m}$ 以内になるように設計してください。

極性は凸側を(+)、凹側を(-)としています。

放熱フィンの平面度がこの値より大きくなると、取り付けネジを締めた時にIPMのケースの特定の部分に応力が集中して、IPM内部構造が破壊して絶縁が劣化することがあります。

またケース・フィン間熱抵抗はスペックから外れ、大きな値になります。



■ グリース

IPMと放熱フィン間に塗布するグリースは、使用温度範囲が広く長期間安定して、かつ熱伝導率の良い特性のものを使用してください。

IPMと放熱フィンの両方のそりによる隙間を埋めるために、その厚みが標準 $150 \mu\text{m}$ になるように均一に塗布してください。推奨厚みは $100 \sim 200 \mu\text{m}$ の範囲です。

グリース以外の材質、例えばシリコンラバー・サーモストレート等を使用すると、IPMケース・放熱フィン間の熱抵抗が、実際にはその製品仕様よりも大きな値になることがあります。これはそりがある場合に、グリースではその隙間に入り込み熱を伝導できる場合でも、グリース以外の材質では接触できず、熱を伝える面積が低下するためです。このような熱伝導特性の悪いスポットがある場合には、IPM内部のチップが異常に高温になってしまいます。IPM対応としては、三菱半導体ホームページの“IPM活用の手引き”に記載した以外の材質は推奨いたしません。

12. その他の注意事項

■ コンバータ(昇圧回路)出力

コンバータ部(昇圧回路部)のIGBTチップは、主出力チップの約50%程度の電流定格です。
 再生電流が過大であるような用途では、発熱による温度上昇に注意してください。

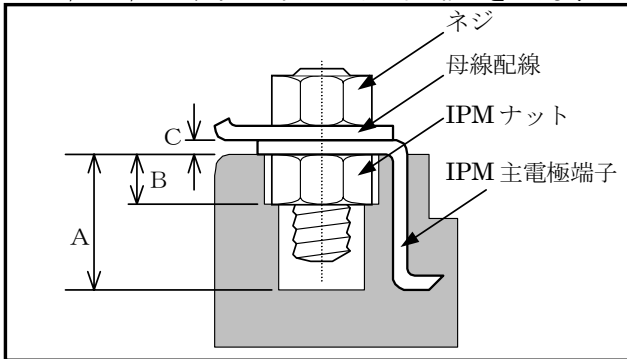
■ 空き端子の処理

B4LA,B4LBタイプには外観上BおよびW出力端子が付いています。また、B5LA,B5LBタイプには、外観上B出力端子が付いていますが、IPM内部ではこの端子は何も接続されていません。
 この端子にパターンを接続することは不可能ではありませんが、その引き回しは注意してください。
 パターンを接続すると、この端子を経由してノイズがIPM内部に侵入することがあります。
 この端子はオープンのままにすることを推奨しています。

IPMの内部の特定相を使用しない場合でも、その不使用の回路にも制御電源を印加して、かつ制御入力端子をプルアップしてオフに固定してください。
 その不使用の回路が、ノイズで不用意にオンすることを防ぐためです。

■ ネジ主端子部構造。

B4LA,B5LA,B6LAタイプのネジ主端子部の構造を示します。



パッケージ	IPMネジ穴深さ 図記号A (mm)	IPMナット厚み 図記号B (mm)	IPM主電極厚み 図記号C (mm)
B4LA, B5LA, B6LA	Typ9.5/min9.0	Typ4.0	Typ0.8

■ ピン主端子。

B4LB,B5LB,B6LBタイプのピン主端子は基板へのハンダ付けを推奨します。

■ 上下アームの出力について

P側各U、Vのグラウンドは各々絶縁してください。更にVNCとも絶縁してください。共用できません。

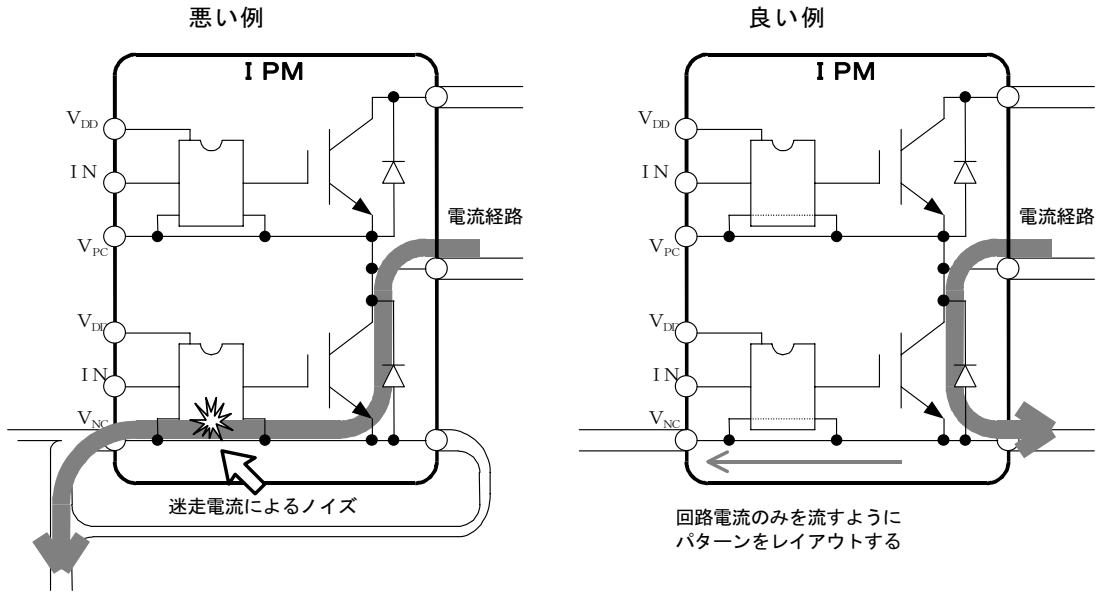
■ 並列運転

IPMは、並列接続できません。
 各モジュールのスイッチング 時間・電流バランスが同一にならず、そのためIPMの損失が一方に偏ります。
 また各IPM間の保護協調ができず、異常時に破壊する可能性があります。

■ 制御電源グランド(V_{NC}/V_{PC})と出力エミッタ(NまたはU/V/W)との接続について

この両方の端子をIPM外部の基板上でパターン接続しないことを推奨いたします。(ノイズの影響を受けやすいので、制御部の回路電流ループと母線電流ループは、分離して配線されることを推奨します)

例えば、 V_{NC} とNの両端子はIPM内部で接続されていますが、 V_{NC} には制御部の回路電流が流れ、Nには母線電流が流れるように、IPM外部のパターンを設計してください。 V_{NC} は制御ICの電源の基準グランドですので、迷走電流(本来Nを通るべき母線電流)が流れると、内部パターンの寄生インダクタンス成分で、N- V_{NC} 間に電位差が生じて、制御ICのグランドレベルが変動し誤動作を起す場合があります。

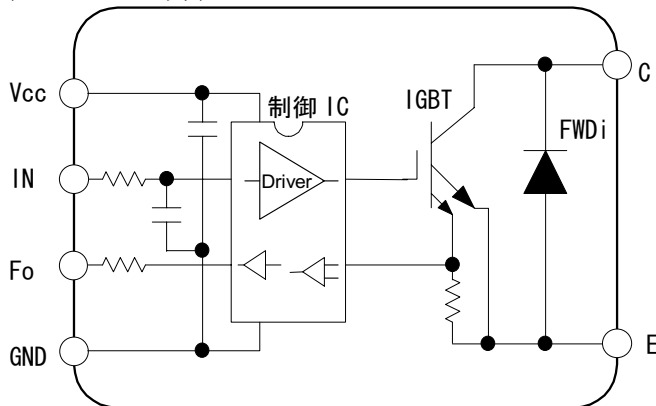


■ 内部構造について

IPMの内部は下図のようになっていて、IGBTチップ・FWDiチップ・制御IC、および抵抗・コンデンサなどで構成されています。IGBTチップのゲート部はMOS構造ですが、IPMの信号端子には直接接続されていません。制御電源・グランド・制御信号・F_o出力の各信号端子は、内部制御ICに接続されています。そこで、IPMを端子から見るとすべてバイポーラ構成であると思なせますので、MOS構造のICに対して行なう静電対策は、不要です。

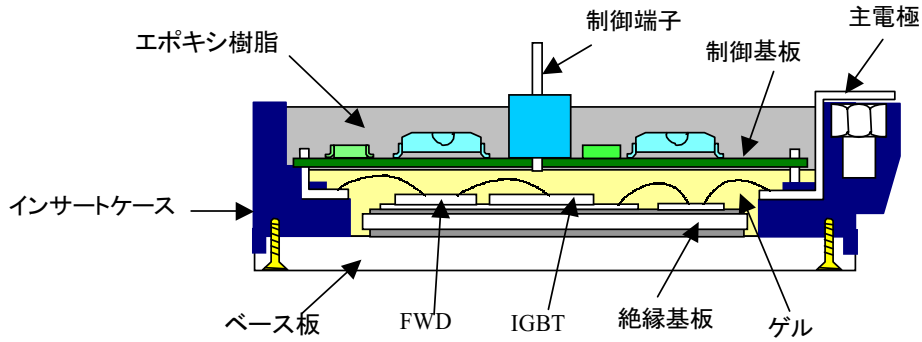
注)これは、全ての静電対策は不要であるということではなく、バイポーラロジックIC(TTL等)と同等の取扱いで良いという意味です。

(IPM 回路ブロック)

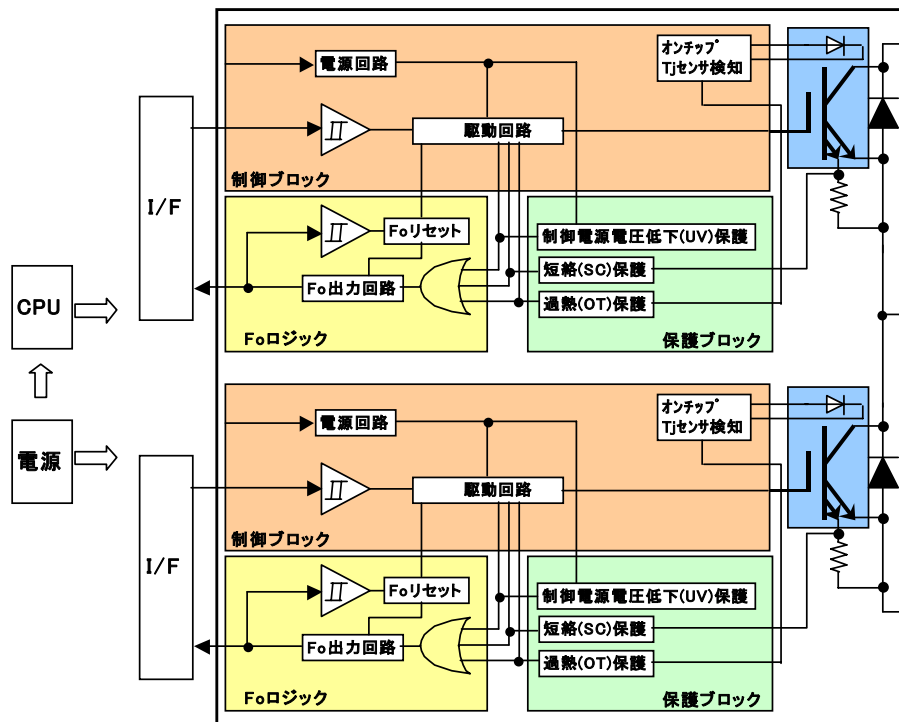


13. 付録

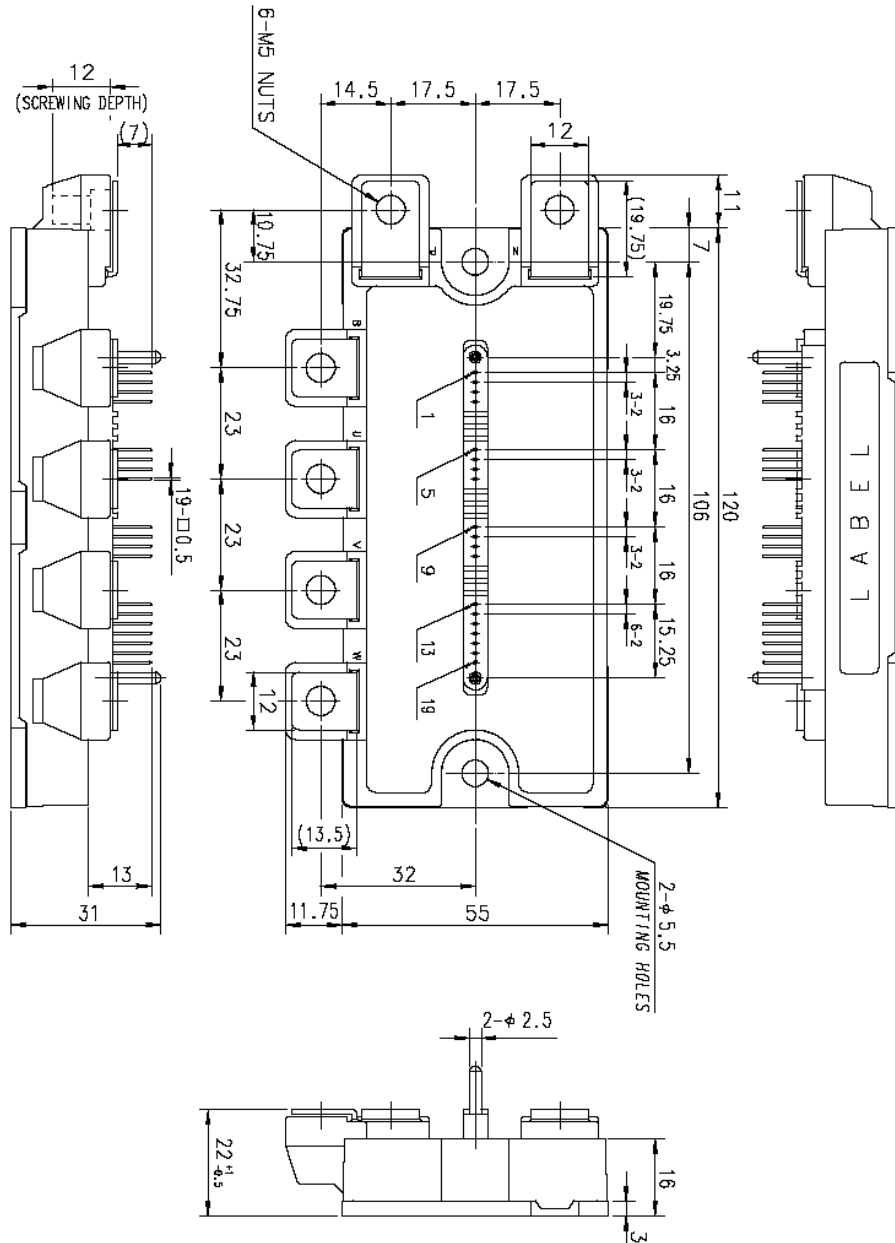
■ IPMの内部構造図



■ IPMの内部機能ブロック図



■ 外形図
ネジタイプパッケージ
B4LA/B5LA/B6LA

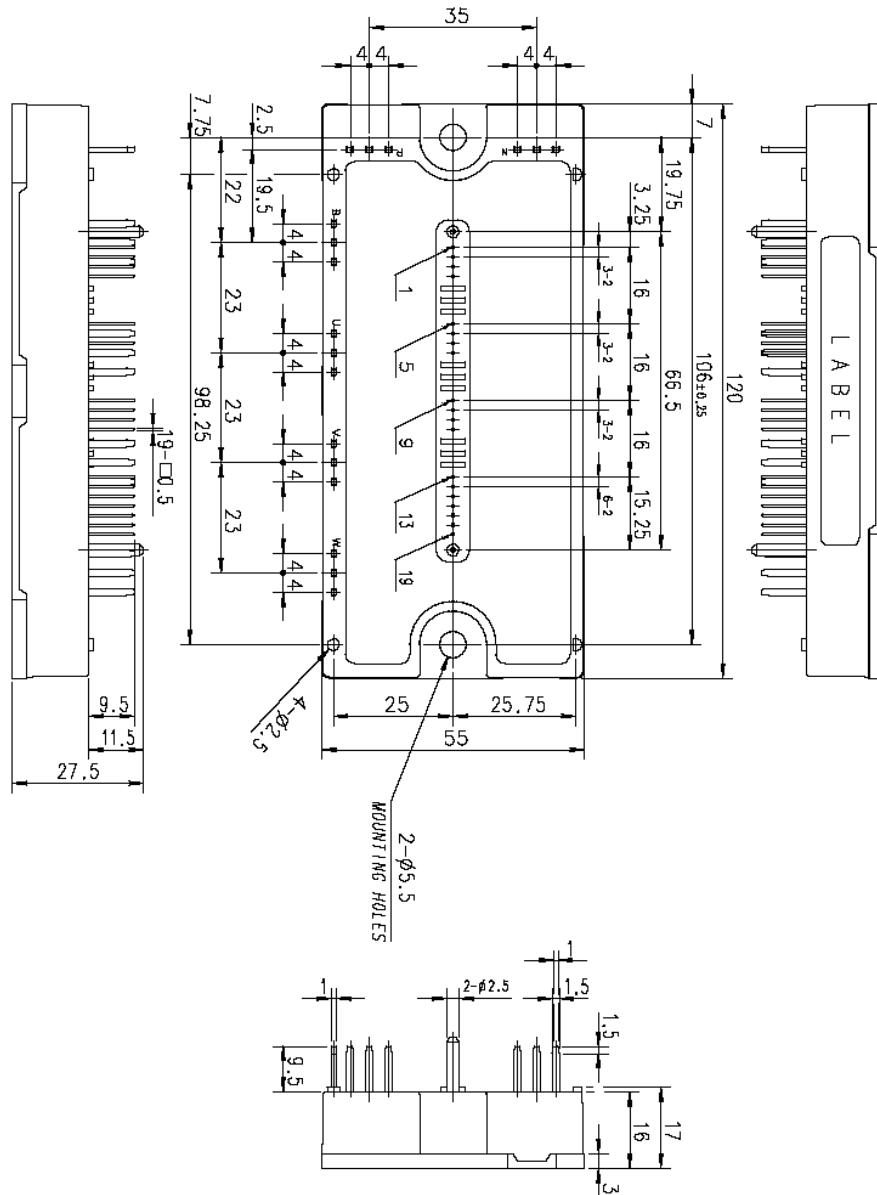


制御端子

No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名
1	VUPC	6	VFO	11	NC	16	UN
2	UFO	7	VP	12	NC	17	VN
3	UP	8	VVP1	13	VNC	18	WN ^{*注}
4	VUP1	9	NC	14	VN1	19	Fo
5	VUPC	10	NC	15	BR ^{*注}	20	

注) BR端子は、B4LA、B5LAの場合は“NC”となります。WN端子は、B4LAの場合は“NC”となります。

ピンタイプパッケージ
B4LB/B5LB/B6LB



制御端子

No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名	No.	端子名
1	VUPC	6	VFO	11	NC	16	UN
2	UFO	7	VP	12	NC	17	VN
3	UP	8	VVP1	13	VNC	18	WN *注
4	VUP1	9	NC	14	VN1	19	Fo
5	VUPC	10	NC	15	BR *注	20	

注) BR端子は、B4LB、B5LBの場合は“NC”となります。WN端子は、B4LBの場合は“NC”となります。

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また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は負いません。
- ・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、その他お気付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。