
－ 第 3 章 －

適用上の注意事項

	目次	ページ
1	IGBT モジュールの選定	3-2
2	静電気対策 及び ゲート保護	3-3
3	保護回路の設計	3-4
4	放熱設計	3-4
5	ドライブ回路の設計	3-4
6	並列接続	3-5
7	実装上の注意事項	3-5
8	保管・運搬上の注意事項	3-6
9	信頼性上からの注意事項	3-6
10	その他 実使用上の注意事項	3-7

本章では IGBT モジュールの取り扱い時、および装置への適用時の注意点を説明します。

1 IGBT モジュールの選定

IGBT モジュールを使用する場合、どのような電圧・電流定格の IGBT モジュールを選定すれば良いか考慮が必要です。この節では様々な注意点を項目毎に分け説明しています。

1.1 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である商用電源電圧と密接な関係を持っています。この関係を表 3-1 に示しますので、この表を参考にして目的に応じた素子の選定をお願いします。

表3-1 商用電源電圧とIGBTモジュールの電圧定格の適用例

	地域		IGBTモジュールの電圧定格		
			600V	1200V	1700V
商用電源電圧 (入力電圧 AC)	アジア	日本	200V	400V, 440V	690V (産業用高圧電源、 風力発電等)
		韓国	200V, 220V	380V	
		中国	220V	380V	
	北米	アメリカ合衆国	120V, 208V, 240V	460V, 480V	
		カナダ	120V, 208V, 240V	575V	
	欧州	イギリス	230V	400V	
		フランス	230V	400V	
		ドイツ	230V	400V	
		ロシア	220V	380V	

1.2 電流定格

IGBT モジュールのコレクタ電流が大きくなると $V_{CE(sat)}$ が上昇し、発生する定常損失が大きくなります。また、同時にスイッチング損失も増大し素子の発熱が大きくなります。

IGBT モジュールはその IGBT, FWD の接合部温度 (T_j) が最大接合温度 $T_j(max)$ 以下となるように使用する必要があります。

この選定を誤ると素子破壊、或いは長期信頼性の低下を招くことがありますのでご注意ください。この様な観点から、IGBT モジュールの電流定格選定は非常に重要です。又、高周波スイッチング用途では、スイッチング損失の増大（スイッチング回数が多い程、総合のスイッチング損失が大きくなります）により発熱が大きくなるので注意が必要です。また基本的な IGBT モジュールの電流定格の選定基準はインバータ回路の交流出力電流実効値の $\sqrt{2}$ 倍より大きくなるように選定するのが一般的です。しかしながら定格電流の選定に関しては、装置の運転条件や放熱条件に依存しますので、その装置での発生損失と温度上昇を確認した上で、電流定格の選定をお願いいたします。

2 静電気対策 及び ゲート保護

IGBT モジュールの V_{GE} の保証値は一般的に最大±20V です(保証値は仕様書に記載されていますので確認ください)。 V_{GES} 保証値を超える電圧が IGBT の G-E 間に印加された場合、IGBT のゲートが破壊を起こす危険があります。したがって G-E 間には保証値を超える電圧が印加されないようにしてください。特に IGBT のゲートは静電気などに対しては非常に弱く、以下に示す注意点を守って製品を取り扱うようお願いします。

- 1) 開梱後、モジュールを取り扱う際には、人体や衣服に帯電した静電気を高抵抗 (1MΩ 程度) アースで放電させた上で、接地された導電性マット上で作業をして下さい。
- 2) IGBT モジュールは、開梱後は端子に静電気対策が施されておりませんが、端子 (特に制御端子) 部には直接接触せず、パッケージ本体を持って取り扱ってください。
- 3) IGBT 端子への半田付作業がある場合、ハンダゴテ、ハンダバスのリークによる静電気が IGBT に加わらないように、ハンダゴテ先等を十分低い抵抗で接地して下さい。

また、ゲートーエミッタ間がオープン状態でコレクターエミッタ間に電圧を印加すると、IGBT が破壊する可能性があります。

これはコレクタ電位の変化により図 3-1 に示すように電流 (i) が流れてゲート電位が上昇し、IGBT がオンして、コレクタ電流が流れる事が原因で、このコレクタ電流によって IGBT が発熱し破壊に至る可能性があります。

製品が装置に組み込まれた時に、ゲート回路の故障、或いはゲート回路が正常に動作しない状態 (ゲートがオープン状態) で主回路に電圧が印加されると上記の理由により IGBT は破壊することがあります。この破壊防止の為にゲートーエミッタ間には、10kΩ 程度の抵抗 (R_{GE}) を接続することを推奨いたします。

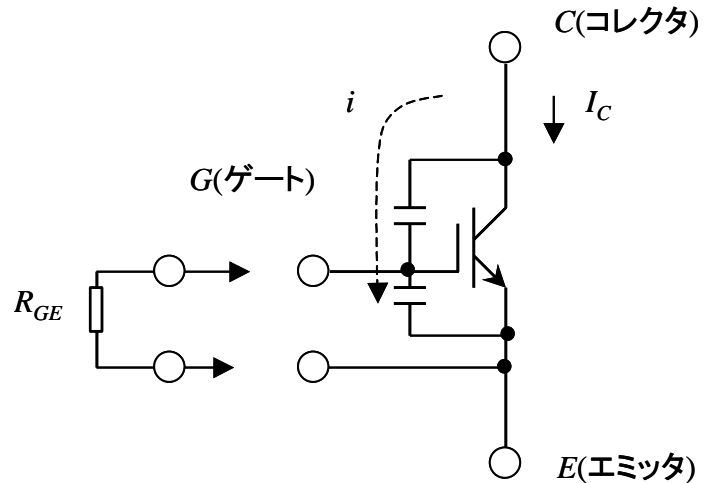


図 3-1 G-E 間オープン状態での IGBT の振る舞い

3 保護回路の設計

IGBT モジュールは、過電流・過電圧といった異常現象により破壊する可能性があります。したがって、そのような異常現象から素子を保護するための保護回路の設計は IGBT モジュールを適用する上で非常に重要です。これらの保護回路は、素子の特性を十分に理解した上で、素子の特性にマッチングするように設計することが重要です。このマッチングが取れていないと保護回路が付いていても素子が破壊するといったこととなります。その一例として、過電流保護をかける時の遮断時間が長いことやスナバ回路のコンデンサ容量が小さくて過大なスパイク電圧が発生することなどが挙げられます。これら過電流・過電圧保護方法は、第5章「保護回路の設計方法」に詳しく説明されていますので、そちらを参照願います。

4 放熱設計

IGBT モジュールには、許容できる最大接合部温度 $T_j(\max)$ が決められており、この温度以下になるような放熱設計が必要です。したがって放熱設計を行なう際には IGBT モジュールが適用されるアプリケーション動作を十分に考慮した上での設計をお願いいたします。

放熱設計を行なうためには、まず素子の発生損失を算出し、その損失をもとに許容温度以下となるような放熱フィンの選定を行ないます。放熱設計が十分でない場合、実機運転中等に素子の許容温度を越え破壊するといった問題が発生する可能性があります。この点については第6章「放熱設計方法」に詳しい記載がしてありますので、そちらを参照願います。

5 ドライブ回路の設計

素子の性能を十分に引き出せるかどうかはドライブ回路の設計で決まるといっても過言ではありません。また、保護回路の設計とも密接にかかわりあっています。

ドライブ回路は、素子をターンオンさせるための順バイアス回路と、素子のオフ状態を安定に保つため及びターンオフを速くさせるための逆バイアス回路からなり、それぞれの条件設定により素子の特性が変わってきます。また、ドライブ回路の配線方法によっては素子が誤動作するといった問題もでてきます。したがって、最適なドライブ回路を設計する事は非常に重要であり、注意点などを含め詳しい説明を、第7章「ドライブ回路の設計方法」に記載してありますので、そちらを参照願います。

6 並列接続

大容量インバータ等大電流を制御するような用途に IGBT モジュールを適用する場合、素子を並列に接続して使用する場合があります。

素子を並列に接続した場合、並列接続した素子にそれぞれ均等な電流が流れるように設計することが重要であり、もし電流バランスが崩れた場合、一つの素子に電流集中を起し破壊する可能性があります。

並列接続時の電流バランスは、素子の特性や配線方法等で変わってくるため、例えば、素子の $V_{CE(sat)}$ を合わせる、主回路の配線を均等にするとといった管理、設計が必要になります。この点について第8章「並列接続方法」に詳しい注意点が記載されていますので、そちらを参照願います。

7 実装上の注意事項

IGBT モジュールを実装する場合、特に次の事に注意して下さい。

- 1) ヒートシンクへの取り付けは、モジュール裏面にサーマルコンパウンドを塗布し、規程の締付けトルクにて十分に締付けてください。
また、ヒートシンクは、ネジ取り付け位置間で平坦度を 100mm で $50\mu\text{m}$ 以下、表面の粗さは $10\mu\text{m}$ 以下にしてください。誤った取り扱いをすると絶縁破壊を起し、重大事故に発展する場合があります。
詳細は、第6章“放熱設計方法”に詳しい説明がありますのでご参考ください。
- 2) モジュール電極端子部に過大な応力が加わるような配線は行なわないでください。最悪の場合、モジュール内部の半田付けされた電気配線などが断線するなどの不具合を起します。
詳細は、第4章に詳細な説明がありますのでそちらを参照願います。

8 保管・運搬上の注意事項

8.1 保管

- 1) 半導体デバイスを保管しておく場所の温度は5~35°C、湿度は45~75%が望ましいです。特にモールドタイプのパワートランジスタの場合、非常に乾燥する地域では、加湿器により加湿する必要があります。なお、その際、水道水を使うと含まれる塩素によりデバイスのリードが錆るので、水は純水や沸騰水を用いるようにして下さい。
- 2) 腐食性ガスを発生する場所や塵埃の多いところは避けて下さい。
- 3) 急激な温度変化のある所では、半導体デバイス表面に結露が起こることがあります。このような環境を避けて、温度変化の少ない場所に保管して下さい。
- 4) 保管状態では、半導体デバイスに外力または荷重がかからないようにして下さい。特に積み重ねた状態では思わぬ荷重がかかることがあります。
また、重いものを半導体デバイスの上に載せないで下さい。
- 5) 半導体デバイスの外部端子は、未加工の状態でも保管して下さい。端子の加工後に保管すると、錆などの発生によって製品実装時に半田付不良となることがあります。
- 6) 半導体デバイスを仮置きなどする時の容器は、静電気を帯びにくいものを選定して下さい。

8.2 運搬

- 1) 製品の運搬時に衝撃を与えたり、落下させたりしないでください。
- 2) 多数の半導体デバイスを箱に入れて運搬する時は、接触電極面等を傷つけないようにやわらかいスペーサをモジュール相互間に入れて下さい。

9 信頼性上からの注意事項（寿命設計）

一般的にインバータをはじめとする電力変換装置の運転時には、それに組み込まれている IGBT モジュールは温度の上昇と下降が繰り返されます。この温度変化により IGBT モジュールは熱ストレスを受けるため、その運転条件に応じた寿命があります。それゆえ装置の要求寿命に対して設計寿命を長く設計する必要があります。

このような寿命設計を行なうためには、IGBT モジュールの温度変化を確認し、パワーサイクル耐量から寿命設計を行なうのが一般的です。寿命設計が十分に考慮されていない場合、要求寿命に対してその寿命が短くなり、信頼性が確保されないといった問題が発生する可能性があります。それゆえ信頼性を踏まえた寿命設計は重要となります。この点については第 11 章「パワーモジュールの信頼性」に詳しく記載していますので、そちらを参照願います。

10 その他 実使用上の注意事項

- 1) ドライブ電圧 (V_{GE}) はモジュールの端子部で測定し、所定の電圧が印加されていることをご確認ください(ドライブ回路端で測定すると駆動回路終端に使用するトランジスタ等の電圧ドロップの影響を受けない電圧になりますので、IGBT に所定の V_{GE} が印加されていなくてもその不具合に気がつかず、素子破壊に至るといった可能性があります)。
- 2) ターンオン・ターンオフ時のサージ電圧等の測定は製品の主端子部で測定して下さい。仕様書に別途測定端子の記載がある場合はその端子で測定して下さい。
- 3) 製品は最大定格(電圧、電流、温度等)の範囲内で御使用下さい。最大定格を超えて使用すると、製品が破壊する場合があります。特に、 V_{CES} を超えた電圧が印加された場合、アバランシェを起こして素子破壊する場合があります。 V_{CE} は必ず最大定格の範囲内でご使用ください。
- 4) 万一の不慮の事故で素子が破壊した場合を考慮し、商用電源と半導体デバイス間に適切な容量のヒューズまたはブレーカを必ず付けて2次破壊を防いでください。
- 5) 製品の使用環境を十分に把握し、製品の信頼性寿命が満足できるか検討の上、適用して下さい。製品の信頼性寿命を超えて使用した場合、装置の目標寿命より前に素子が破壊する場合があります。
- 6) 本製品はパワーサイクル寿命以下で使用して下さい。パワーサイクル耐量にはこの ΔT_J による場合の他に、 ΔT_c による場合があります。これはケース温度(T_c)の上昇下降による熱ストレスであり、本製品をご使用する際の放熱設計に依存します。ケース温度の上昇下降が頻繁に起こる場合は、製品寿命に十分留意してご使用下さい。
- 7) 酸・有機物・腐食性ガス(硫化水素、亜硫酸ガス等)を発生する場所での使用は避けて下さい。酸・有機物・腐食性ガス(硫化水素、亜硫酸ガス等)を含む環境下で使用された場合、製品機能・外観などの保証は致しかねます。
- 8) 製品を装置に実装する際などにおいて、主端子および制御端子に過大な応力を与えないで下さい。端子の変形により、接触不良や端子構造の破壊などを引き起こす場合があります。
- 9) 本製品に使用する端子用のネジの長さは、外形図に従い正しく選定下さい。ネジが長いとケースが破損する場合があります。
- 10) FWD のみ使用し、IGBT を使用しない時(たとえばチョップ回路等への適用時)は、使用しないIGBT のG-E間に-5V以上(推奨-15V, 最大-20V)の逆バイアスをかけて下さい。逆バイアスが不足するとIGBTがFWDの逆回復時の dV/dt によって誤点弧を起こし、破壊する可能性があります。
- 11) ターンオン dV/dt が高いと対向アームのIGBTが誤点弧を起こす可能性があります。誤点弧を起こさない為の最適なドライブ条件(+ V_{GE} , - V_{GE} , RG, CGE)でご使用下さい。
- 12) 製品を過大な温度で半田付けした場合、パッケージの劣化を引き起こす可能性があります。半田付けプロセスに注意してご使用ください。
- 13) 冷却フィンにはネジ取り付け位置間で平坦度を100mmで50 μ m以下、表面の粗さは10 μ m以下にしてください。過大な凸反りがあったりすると本製品が絶縁破壊を起こし、重大事故に発展する場合があります。また、過大な凹反りやゆがみ等があると、製品と冷却フィン間に空隙が生じて放熱が悪くなり、熱破壊に繋がる場合があります。

- 14) 制御端子に過大な静電気が印加された場合、素子が破壊する場合があります。取り扱い時は静電気対策を実施して下さい。
- 15) 素子を冷却フィンに取り付ける際には、熱伝導を確保するためのコンパウンド等をご使用ください。又、塗布量が不足したり、塗布方法が不適だったりすると、コンパウンドが十分に素子全体に広がらず、放熱悪化による熱破壊に繋がる事があります。コンパウンドを塗布する際には、製品全面にコンパウンドが広がっている事を確認してください。(実装した後に素子を取り外すとコンパウンドの広がり具合を確認する事が出来ます。)
- 16) 仕様書に記載の外付け抵抗 R_g はスイッチングロスを最小化するための推奨抵抗を記載していますが、最適な R_g は使用される回路構成や使用環境によって変わります。したがって外付け抵抗 R_g の決定に際しては、IGBT モジュールが使用される回路構成や使用環境において、スイッチングロス、EMC/EMI、スパイク電圧、サージ電流や予期しない振動などの特性を充分検討した上で、仕様書に記載の内容から逸脱しないように選定する必要がありますので、ご注意ください。
- 17) 一般的に IGBT 素子には、一次宇宙線や二次宇宙線による偶発故障モードが存在します。本故障モードは、宇宙空間から飛来する一次宇宙線及び、一次宇宙線と大気との衝突で誘起された二次宇宙線が照射されることで、素子破壊に到るものです。一次宇宙線の飛来量は高地の方が高く、故障率も高地の方が高くなる傾向があります。一次宇宙線の飛来量は緯度や経度でも異なると言われており、注意が必要です。又、印加電圧が高い使用条件でも故障率が高くなります。高地、高電圧条件下で御使用される場合は、当社までご連絡願います。
- 18) 本節では主な実用上の注意点を記載していますが、詳細につきましては個々のモジュールの仕様書に記載の注意、警告内容を遵守いただきますようお願いいたします。

ご 注 意

1. このカタログの内容（製品の仕様、特性、データ、材料、構造など）は 2017年 1月現在のものです。この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。このカタログに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。
2. 本カタログに記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本カタログによって工業所有権、その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
3. 富士電機（株）は絶えず製品の品質と信頼性の向上に努めています。しかし、半導体製品はある確率で故障する可能性があります。富士電機の半導体製品の故障が、結果として人身事故、火災等による財産に対する損害や、社会的な損害を起こさぬように冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計など安全確保のための手段を講じてください。
4. 本カタログに記載している製品は、普通の信頼度が要求される下記のような電子機器や電気機器に使用されることを意図して造られています。
 - ・コンピュータ ・OA 機器 ・通信機器（端末） ・計測機器 ・工作機械
 - ・オーディオビジュアル機器 ・家庭用電気製品 ・パーソナル機器 ・産業用ロボット など
5. 本カタログに記載の製品を、下記のような特に高い信頼度を持つ必要がある機器に使用をご予定のお客様は、事前に富士電機（株）へ必ず連絡の上、了解を得てください。このカタログの製品をこれらの機器に使用するには、そこに組み込まれた富士電機の半導体製品が故障しても、機器が誤動作しないように、バックアップ・システムなど、安全維持のための適切な手段を講じることが必要です。
 - ・輸送機器（車載、船用など） ・幹線用通信機器 ・交通信号機器
 - ・ガス漏れ検知及び遮断機 ・防災／防犯装置 ・安全確保のための各種装置 ・医療機器
6. 極めて高い信頼性を要求される下記のような機器及び戦略物資に該当する機器には、本カタログに記載の製品を使用しないでください。
 - ・宇宙機器 ・航空機搭載用機器 ・原子力制御機器 ・海底中継機器
7. 本カタログの一部または全部の転載複製については、文書による当社の承諾が必要です。
8. このカタログの内容にご不明の点がありましたら、製品を使用する前に富士電機（株）または、その販売店へ質問してください。本注意書きの指示に従わないために生じたいかなる損害も富士電機（株）とその販売店は責任を負うものではありません。