

新電元パワーモジュール アプリケーションノート

型名：MG031 シリーズ

目次

はじめにお読みください	3
1. 特性用語一覧	4
1-1. 絶対最大定格（瞬時であっても超えてはならない値）	4
1-2. 電気的・熱的特性	5
1-3. 電気的特性	6
2. パッケージの特長	7
3. 製品の特長	7
3-1. 回路構成	7
3-2. 構造	7
4. 型式	8
4-1. 製品名とラインアップ	8
5. 実装および使用上の注意	8
6. 使用方法	9
6-1. 保護回路の設計方法	9
6-1-1. 配線のインダクタンスの最小化	9
6-1-2. デカップリングコンデンサの配置	9
6-2. ゲート駆動回路の設計方法	9
6-3. 損失及び接合温度上昇の求め方	10
6-4. 放熱設計について	10

はじめにお読みください

1. ご採用に際しては、別途仕様書をご請求の上、ご確認をお願いいたします。
2. 本資料に記載されている当社製品の品質水準は、一般的な信頼度が要求される標準用途を意図しています。

その製品の故障や誤動作が直接生命や人体に影響を及ぼすような極めて高い品質、信頼度を要求される特別、特定用途の機器、装置にご使用の場合には必ず事前に当社へご連絡の上、確認を得てください。

当社の製品の品質水準は以下のように分類しております。

【標準用途】

コンピュータ、OA 等の事務機器、通信用端末機器、計測器、AV 機器、アミューズメント機器、家電、工作機器、パーソナル機器、産業用機器等

【特別用途】

輸送機器（車載、船舶等）、基幹用通信機器、交通信号機器、防災/防犯機器、各種安全機器、医療機器等

【特定用途】

原子力制御システム、航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、生命維持のための装置、システム等

3. 当社は品質と信頼性の向上に絶えず努めていますが、必要に応じ、安全性を考慮した冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計等の手段により結果として人身事故、火災事故、社会的な損害等が防止できるようご検討ください。
 4. 本資料に記載されている内容は、製品改良などのためお断りなしに変更することがありますのでご了承ください。
- 製品のご購入に際しましては事前に当社または特約店へ最新の情報をご確認ください。
5. 本資料の使用によって起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、当社は一切その責任を負いません。
 6. 本資料によって第三者または当社の特許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。
7. 本資料に記載されている製品が、外国為替及び外国貿易管理法に基づき規制されている場合、輸出には司法に基づく日本国政府の輸出許可が必要です。
8. 本資料の一部または全部を当社に無断で転載または複製することを堅くお断りいたします。

1. 特性用語一覧

1-1. 絶対最大定格 (瞬時であっても超えてはならない値)

表 1-1 絶対最大定格 (特に記載が無い限り $T_c=25^\circ\text{C}$ における規定値)

項目	記号	用語の説明
保存温度 Storage temperature	T_{stg}	素子非動作中に超えてはならない保存周囲温度
締め付けトルク Mounting torque	T_{OR}	モジュールの締付トルクの規定値
チャネル部温度 Channel temperature	T_{ch}	素子動作中に超えてはならないチャネル部温度
ドレイン・ソース間電圧 Drain-source voltage	V_{DSS}	ゲート・ソース間を直流的に短絡した状態で、ドレイン・ソース間に印加できる電圧の最大ピーク値
ゲート・ソース間電圧 Gate-source voltage	V_{GSS}	ドレイン・ソース間を直流的に短絡した状態で、ゲート・ソース間に印加できる電圧の最大ピーク値
ドレイン電流 (直流) Continuous drain current (DC)	I_{D}	全損失の限度内において、ドレインに許容される直流電流の最大値
ドレイン電流 (ピーク) Continuous drain current (peak)	I_{DP}	規定されたパルス幅において、パルス動作時に許容されるドレイン電流の最大ピーク値
全損失 Total power dissipation	P_{T}	規定の放熱条件において、素子に連続的に消費させ得る損失の最大値
単発アバランシェ電流 Single avalanche current	I_{AS}	素子がターンオフ状態に移行する際に非繰り返しパルスで許容できるアバランシェ電流の最大値
単発アバランシェエネルギー Single avalanche energy	E_{AS}	素子がターンオフ状態に移行する際に非繰り返しパルスで許容できるアバランシェエネルギーの最大値

表 1-2 MG031AD の絶対最大定格の例 ($T_c=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	条件	規格値	単位
保存温度	T_{stg}		-55 to 150	°C
締め付けトルク	T_{OR}	Fixing screw M3	0.8	N · m
チャネル温度	T_{ch}		175	°C
ドレイン・ソース間電圧	V_{DSS}		40	V
ゲート・ソース間電圧	V_{GSS}		±20	V
ドレイン電流 (直流)	I_{D}		200	A
ドレイン電流 (ピーク)	I_{DP}	Pulse width 10μs, duty=1/100	800	A
全損失	P_{T}		154	W
単発アバランシェ電流	I_{AS}	Starting $T_{\text{ch}}=25^\circ\text{C}$ $T_{\text{ch}}\leq 150^\circ\text{C}$	54	A
単発アバランシェエネルギー	E_{AS}	Starting $T_{\text{ch}}=25^\circ\text{C}$ $T_{\text{ch}}\leq 150^\circ\text{C}$	282	mJ

1-2. 電気的・熱的特性

表 1-3 電気的・熱的特性 (特に記載が無い限り $T_c=25^\circ\text{C}$ における規定値)

項目	記号	用語の説明
ドレイン・ソース間降伏電圧 Drain to Source Breakdown Voltage	$V_{(\text{BR})\text{DSS}}$	ゲート・ソース間を短絡した状態で、規定の条件下でドレイン電流を流した時のドレイン・ソース間の電圧
ドレイン遮断電流 Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	ゲート・ソース間を短絡した状態で、規定の条件下でドレイン・ソース間電圧を印加した時のドレインに流れる電流
ゲート漏れ電流 Gate-Source Leakage Current	I_{GSS}	ドレイン・ソース間を短絡した状態で、規定の条件下でゲート・ソース間に電圧を印加した時のゲート流れる電流
ドレイン・ソース間オン抵抗 Static Drain-Source On-state Resistance	$R_{\text{DS}(\text{ON})}$	規定の条件下で、素子をオン状態にしたときのドレイン・ソース間の抵抗
ゲートしきい値電圧 Gate Threshold Voltage	V_{TH}	規定の条件下で、素子が導通し始めるのに必要なゲート・ソース間電圧
ソース・ドレイン間ダイオード順電圧 Source-Drain Diode Forward Voltage	V_{SD}	ゲート・ソース間を短絡した状態で、規定の条件下で、ソース電流を流したときのソース・ドレイン間電圧
熱抵抗 Thermal resistance	$R_{\text{th}(\text{j-c})}$	規定条件下で、定常状態での熱の伝導の度合いを表す数値。印加電力 1Wあたりに接合部と case(ケース)間で生じる温度差。指定の無い場合は、全素子印加。
	$R_{\text{th}(\text{j-L})}$	規定条件下で、定常状態での熱の伝導の度合いを表す数値。印加電力 1Wあたりに接合部と Lead 間で生じる温度差。指定の無い場合は、全素子印加。
ゲート全電荷量 Total Gate Charge	Q_g	規定の条件下で、ゲート・ソース間に電圧を印加する際に、ゲート・ソース間電圧が 0Vから規定された値に達するまでの間に必要とするゲート電荷量
ゲート・ソース電荷量 Gate to Source Charge	Q_{gs}	規定の条件下で、ゲート・ソース間に電圧を印加する際に、ゲート・ソース間電圧が 0Vからフラットになる値に達するまでに必要とするゲート電荷量
ゲート・ドレイン電荷量 Gate to Drain Charge	Q_{gd}	規定の条件下で、ゲート・ソース間に電圧を印加する際に、ゲート・ソース間電圧がフラット状態開始から終了までの間に必要とするゲート電荷量
入力容量 Input Capacitance	C_{iss}	素子の各端子間の容量は次のようにになります。 C_{gs} : ゲート・ソース間容量 C_{ds} : ドレイン・ソース間容量 C_{gd} : ゲート・ドレイン間容量
帰還容量 Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}	各容量は次のようにになります。 $C_{\text{iss}} : C_{\text{gs}} + C_{\text{gd}}$ 規定の条件下で、ドレイン・ソース間が交流的に短絡されている状態でのゲート・ソース間入力静電容量
出力容量 Output Capacitance	C_{oss}	$C_{\text{rss}} : C_{\text{gd}}$ 規定の条件下におけるドレイン・ゲート間静電容量 $C_{\text{oss}} : C_{\text{ds}} + C_{\text{gd}}$ 規定の条件下で、ゲート・ソース間が交流的に短絡されている状態でのドレイン・ソース間出力静電容量
ターンオン遅延時間 Turn-on Delay Time	$t_{\text{d}(\text{on})}$	規定の条件下で、ゲート・ソース間電圧波形がピーク値の 10%に上昇した時点から、ドレイン・ソース間電圧波形がピーク値の 90%に下降するまでの時間。または、ゲート・ソース間電圧波形がピーク値の 10%に上昇した時点から、ドレイン電流波形がピーク値の 10%に上昇するまでの時間
上昇時間 Rise Time	t_{r}	規定の条件下で、ドレイン・ソース間電圧波形がピーク値の 90%から 10%に下降するまでの時間。または、ドレイン電流波形がピーク値の 10%から 90%に上昇するまでの時間。
ターンオフ遅延時間 Turn-off Delay time	$t_{\text{d}(\text{off})}$	規定の条件下で、ゲート・ソース間電圧波形がピーク値の 90%に下降した時点から、ドレイン・ソース間電圧波形がピーク値の 10%に上昇するまでの時間。または、ゲート・ソース間電圧がピーク値の 90%に下降した時点から、ドレイン電流波形がピーク値の 90%に下降するまでの時間。
降下時間 Fall Time	t_{f}	規定の条件下で、ドレイン・ソース間電圧波形がピーク値の 10%から 90%に上昇するまでの時間。またはドレイン電流波形がピーク値の 90%から 10%に下降するまでの時間。
ダイオード逆回復時間 Diode Reverse Recovery Time	t_{rr}	規定の条件下で、逆回復電流が流れ始めた時点から、逆回復電流が規定された値に達するまでの時間。
ダイオード逆回復電荷量 Diode Reverse Recovery Charge	Q_{rr}	規定の条件下で、逆回復電流が流れ始めた時点から、逆回復電流が規定された値に達するまでの間の逆回復電流の時間積分値

1-3. 電気的特性

パワーMOSFETは電圧制御型の素子であり、ゲート電極に電圧を印加することで、ドレイン・ソース間に電流が流れます。

このため $V_{DS} \cdot I_D$ (ドレイン・ソース間電圧とドレイン電流) 特性にはゲート電圧 (V_{GS}) 依存性があり、図1のような特性となります。

V_{GS} を0Vから上昇させることで、ドレイン電流 (I_D) が流れ始めますが、ドレイン電圧 (V_{DS}) が印加された状態で I_D が流れるため、 $V_{DS} \times I_D$ の電力が発生し、損失となります。

このとき V_{DS} の最小値がオン抵抗 ($R_{DS(ON)}$) $\times I_D$ となり、パワーMOSFETにおいて $R_{DS(ON)}$ は重要なパラメータとなります。

尚、本項目の電気的特性に関する詳しい説明に関する詳しい説明に関しては、別資料 MOSFET 技術資料の P. 7~P. 13 をご参照ください。

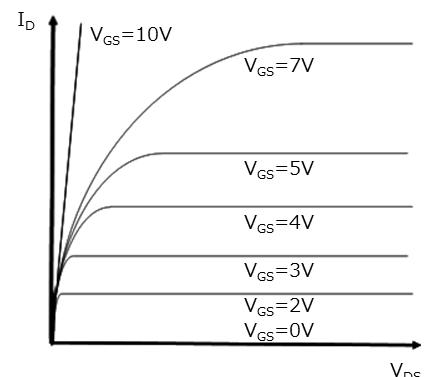


図1 パワーMOSFETの電流電圧特性の例

表2-1. MG031ADの電気的特性における定格表 (例)

項目	記号	条件	規格値			単位
			MIN	TYP	MAX	
ドレイン・ソース間降伏電圧	$V_{(BR)DSS}$	$I_D=1mA, V_{GS}=0V$	40	-	-	V
ドレイン遮断電流	I_{DSS}	$V_{DS}=40V, V_{GS}=0V$	-	-	1.0	μA
ゲート漏れ電流	I_{GSS}	$V_{GS}=\pm 20V, V_{DS}=0V$	-	-	± 0.1	μA
ドレイン・ソース間オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	Chip	$I_D=100A, V_{GS}=10V$	-	0.87	-
	$R_{DS(ON)}$	Terminal	$I_D=100A, V_{GS}=10V$	-	1.37	1.71
ゲートしきい値電圧	V_{TH}	$I_D=1mA, V_{DS}=10V$	2.0	3.0	4.0	V
ソース・ドレイン間ダイオード順電圧	V_{SD}	$I_S=100A, V_{GS}=0V$	-	-	1.5	V
ゲート全電荷量	Q_g	$V_{DD}=32V, V_{GS}=10V, I_D=100A$	-	83	-	nC
ゲート・ソース電荷量	Q_{gs}	(ディスクリートMOSFETデバイスの電気的特性値)	-	27	-	nC
ゲート・ドレイン電荷量	Q_{gd}		-	29	-	nC
入力容量	C_{iss}		-	5700	-	pF
帰還容量	C_{rss}	$V_{DS}=25V, V_{GS}=0V, f=1MHz$ (ディスクリートMOSFETデバイスの電気的特性値)	-	130	-	pF
出力容量	C_{oss}		-	1700	-	pF
ターンオン遅延時間	$td(on)$		-	13	-	ns
上昇時間	tr	$I_D=50A, V_{DD}=20V, R_L=0.4\Omega, R_G=0\Omega, V_{GS}(+)=10V, V_{GS}(-)=0V$ (ディスクリートMOSFETデバイスの電気的特性値)	-	100	-	ns
ターンオフ遅延時間	$td(off)$		-	37	-	ns
下降時間	tf		-	15	-	ns
ダイオード逆回復時間	trr		-	61	-	ns
ダイオード逆回復電荷量	Qrr	$I_F=100A, V_{GS}=0V, di/dt=-100A/\mu s$ (ディスクリートMOSFETデバイスの電気的特性値)	-	73	-	nC

表2-2. MG031ADの熱抵抗における定格表 (例)

項目	記号	条件	規格値			単位
			MIN	TYP	MAX	
熱抵抗	$R_{th(j-c)}$	接合部・ケース間	-	-	0.97	$^{\circ}C/W$
	$R_{th(j-L)}$	接合部・リード間	-	-	1.41	
		接合部・リード間(絶縁シート), 厚さ 0.3mm, 熱伝導率 3.9W/mK	-	-	2.16	

2. パッケージの特長

- Dual In-line Package (DIP)
- 非絶縁タイプ
- Cu クリップによる内部接続

3. 製品の特長

- Cu クリップ接続は従来の AI ワイヤ接続と比較して、接合強度・信頼性の向上および電線抵抗の低減が可能です。
- 接合部温度 (Tch) 175°Cを保証しております。
- 内蔵低圧 MOS (EETMOS®シリーズ) を活用し、性能向上を継続的に追求します。
- インバータ用の 6in1 と、相解放部用の 3in1 タイプをご準備しております。

3-1. 回路構成

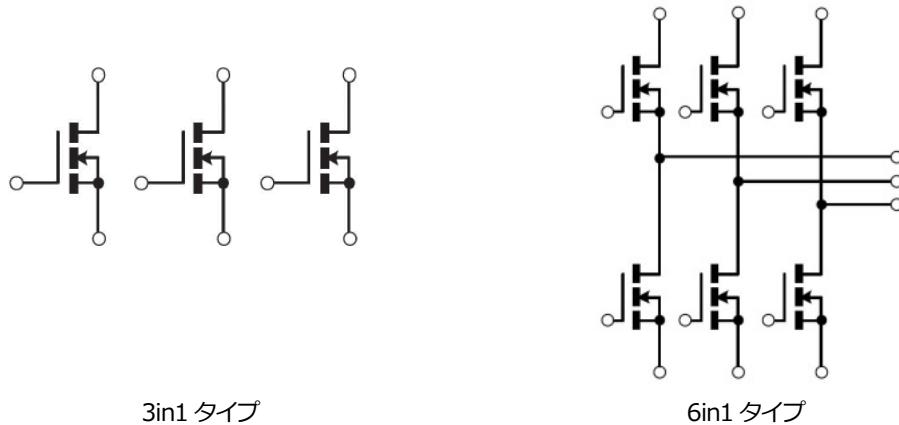


図2 各種回路構成の例

3-2. 構造

MG031 の内部接続方法は、Cu クリップ仕様となります。 Cu クリップ仕様は一般的に、AI ワイヤ仕様と比較して接合強度向上・接続信頼性向上および内部電線抵抗低減が期待できます。

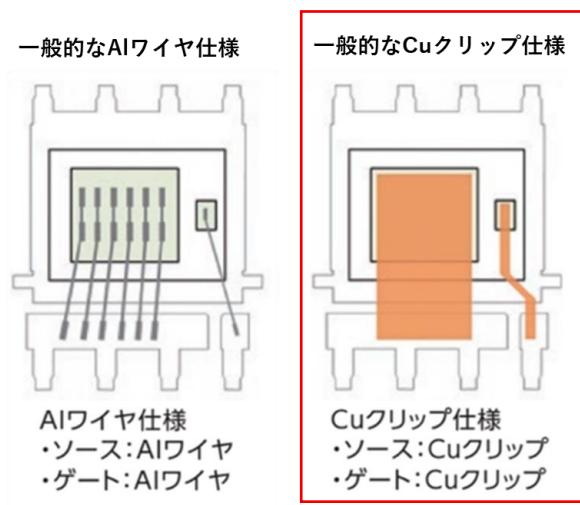


図3 内部接続方法のイメージ例

4. 型式

(例)

MG 0 3 1 M C 1 4 8 0 0 4 A

パッケージ名

シリーズ記号

電気的仕様

販売形態
A : カタログ品
B : カスタム品

4-1. 製品名とラインアップ

表4-1. MG031 シリーズ一覧

回路	MOSFET	型番	VDSS [V]	ID [A]	R _{DS(on)} [mΩ]
3in1	EETMOS 4	MG031MC148004A	40	148	Max. 2.20
		MG031MD110006A	60	110	Max. 3.80
	EETMOS 5	MG031MF200004A	40	200	Max. 1.71
		MG031MH150006A	60	150	Max. 2.95
6in1	EETMOS 4	MG031E120004A	40	120	Max. 3.10
		MG031G148004A	40	148	Max. 2.20
		MG031L080006A	60	80	Max. 5.60
		MG031N110006A	60	110	Max. 3.80
	EETMOS 5	MG031AD200004A	40	200	Max. 1.71
		MG031AF150006A	60	150	Max. 2.95

5. 実装および使用上の注意

本モジュール MG031 シリーズは、挿入型外形の製品シリーズとなっております。

また放熱板もしくは筐体への取り付け面が本外形では非絶縁となっておりますので個別の絶縁対策が必要となるなど実装方法が絶縁された一般的なパワーモジュールと異なりますので、取り付け面に放熱板を取り付ける際は絶縁シートを挟むなど、電気的絶縁を確保する必要があります。

尚、本項の詳細な実装方法につきましては、別資料【パワーモジュール 実装ガイド (MG031 シリーズ)】に詳しく説明されておりますので、そちらをご参照ください。

6. 使用方法

6-1. 保護回路の設計方法

回路動作上、サージ電圧が発生する場合には、MOSFET の定格電圧（ドレイン・ソース間電圧 $VDSS$ 、ゲート・ソース間電圧 $VGSS$ ）を超えないように使用してください。なお、過渡的な電圧を吸収する作用のあるスナバ回路例（図 4）を使用することで、サージを抑制することができます。

また、他にも各種サージを抑えるには以下の対策が有効です。

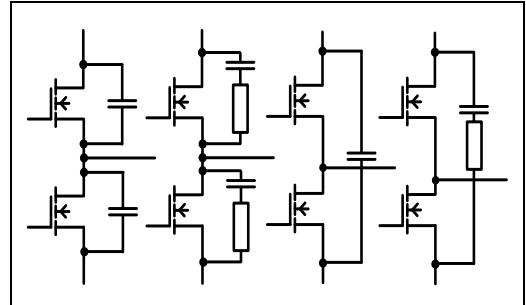


図 4 スナバ回路例

6-1-1. 配線のインダクタンスの最小化

サージの主原因は配線の寄生インダクタンス成分になり、その対策として、電源ラインとリターンラインをできるだけ近接させる並行配線を行い、その際に配線ラインを太く短くするとサージの抑制効果に繋がります。また大きな電流が印加されるケースではバスバー・や銅板を使うことも効果的です。

6-1-2. デカップリングコンデンサの配置

電源端子近くに低 ESL・低 ESR のコンデンサを配置することでもサージの抑制に期待できます。

またセラミックコンデンサを複数並列にすると高周波成分を効果的に吸収する効果もあります。

6-2. ゲート駆動回路の設計方法

MOSFET は電圧駆動デバイスのため、高速スイッチングに適正のあるデバイスです。しかし、高速スイッチングをする際にノイズやサージが発生する場合がありますので、図 5-1 のように MOSFET のゲート端子に外部抵抗 R_G を追加し、ゲートドライバとパワーデバイスのゲート端子間の配線長を短く、更にゲート信号ラインとパワーラインを直交させない等の回路レイアウトの最適化を行うことでノイズやサージを低減することができます。ただし、 R_G を追加した場合にはスイッチング時間が長くなりますので、適切な R_G での使用をご検討ください。

また、一般的に MOSFET のスイッチング動作において、オフ側のスイッチング時間が長いと、損失が増えるため、図 5-2 のように R_G に並列にダイオードや抵抗を追加することで、スイッチング損失は小さくなります。ノイズとスイッチング損失やスイッチング時間を考慮しながら、最適なゲート回路をご検討ください。

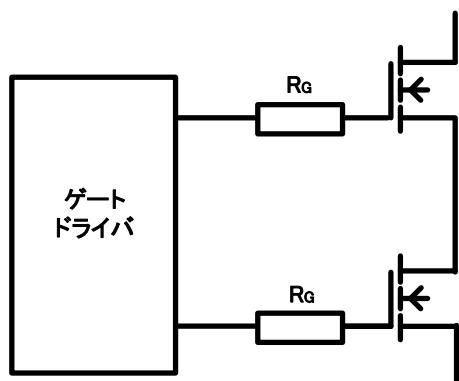


図 5-1 ゲート駆動回路例 1

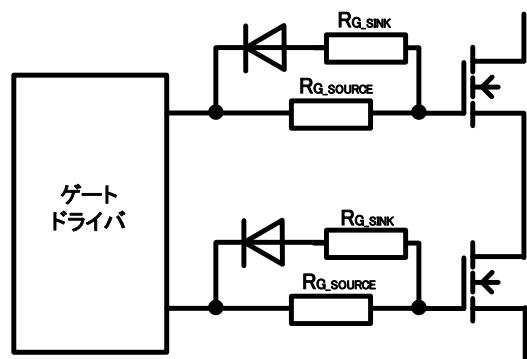


図 5-2 ゲート駆動回路例 2

6-3. 損失及び接合温度上昇の求め方

半導体デバイスが On/Off の繰り返し動作している時は、半導体チップ内の接合温度は瞬間的な温度リップルを持ちながら温度変化します。しかしながらデバイスの温度として直接観測可能なのは半導体チップ内の接合温度 T_j ではなく、半導体デバイスのプラスチックパッケージ表面や金属リード表面での観測となり、一般にそれはケース温度 T_c (case)もしくは T_l (lead)と呼ばれています。

接合温度 T_j が観測できない理由として半導体デバイス内部の PN 接合部 (ジャンクション) の温度の為、熱電対などでは直接温度変化を確認できないためです。

その為、半導体デバイスの各種データシートに記載された熱抵抗 R_{th} 、電気的特性カーブ、ケース温度 T_c 、オシロスコープ観測した動作波形などを用いて、動作時の損失を算出し、そこから発熱計算を行い、接合温度 $T_j(peak)$ や $T_j(ave)$ を推定します。またその時の半導体デバイスの動作における各種温度の関係性は、 $T_j(peak) \geq T_j(ave) \geq T_c$ となります。

本項においての詳細な説明は別資料【パワーMOSFET の損失と発熱計算手法】をご参照ください。

6-4. 放熱設計について

大電力を制御する半導体素子は動作時に発熱が伴うので、適切な放熱設計を行うことが重要です。接合温度が高い状態のまま製品を使用し続けると、長期信頼性の低下や素子の破壊を引き起こす可能性があります。そのため使用条件における発熱量を正確に把握し、適切な放熱対策を施す必要があります。熱を外部へ逃がし接合温度を下げるために、放熱板が一般的に使用されますが、製品の長期的な信頼性を確保するためには取り付け圧力や絶縁サーマルシートなどの実装条件にも十分注意する必要があります。

尚、放熱板の取り付けの際の詳細な注意事項は、別資料【パワーモジュール実装ガイド (MG031 シリーズ)】の 3-6 項『放熱板の取り付けについて』に詳しく説明されておりますので、そちらをご参照ください。

また実際どの程度の熱抵抗性能の放熱板が必要となるかモジュール動作時のケース温度や動作損失、周囲温度などから対象となる放熱板の熱抵抗値を算出することが可能であり、それについての詳細な説明は別資料【パワーMOSFET の損失と発熱計算手法】や【MOSFET 各種損失及び温度計算_ヒートシンク選定ツール】などがございますのでそちらをご参照ください。