SiC MOSFET モジュール
iXPLV
アプリケーションノート
取り扱い方法

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

目次

1. SiC MOSFET モジュール 3
1.1. 対象品種 3
1.2. SiC MOSFET モジュール(iXPLV)の特徴 3
1.3. 回路構成 3
1.4. 温度検知用サーミスター 4
1.5. 電流センス用インダクタンス 5
1.6. 絶縁耐圧設計 5
1.7. 宇宙線影響 5
2. SiC MOSFET モジュールの運搬・保管・取り付け 6
2.1. 運搬 6
2.2. 保管 6
2.3. 静電気対策 6
2.4. 放熱フィンへの取り付け 7
2.4.1. 素子の配置 7
2.4.2. 放熱フィンの設計 7
2.4.3. グリースの塗布 8
2.4.4. 素子のネジ締め 8
2.5. 主回路配線部材の取り付け 9
2.6. 信号回路配線部材の取り付け 11
製品取り扱い上のお願い 13

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

1. SiC MOSFET モジュール

1.1. 対象品種

本アプリケーションノートの対象は表 1.1.1 に記載の製品です。

表 1.1.1 本アプリケーションノートの対象製品

品名	ドレイン・ソース電圧 絶対最大定格 (V_{DSS})	電流定格 (I_D)	ゲート・ソース電圧 絶対最大定格 (V_{GSS})	推奨ゲート駆動 電圧 ($+V_{GG}/-V_{GG}$)
MG800FXF2YMS3	3300V	800A	+25V/-10V	+20V/-6V
MG800FXF1JMS3	3300V	800A	+25V/-10V	+20V/-6V
MG800FXF1ZMS3	3300V	800A	+25V/-10V	+20V/-6V

1.2. SiC MOSFET モジュール(iXPLV)の特徴

シリコンカーバイド(SiC)はシリコン(Si)と比較して、絶縁破壊電界強度、飽和電子速度、熱伝導度などが高い半導体材料です。そのため、半導体デバイスへ適用した場合、Si デバイスと比較して高耐圧特性、高速スイッチングや低オン抵抗特性の実現が可能です。これにより、電力損失の大幅低減、機器の小型化に貢献できる次世代の低損失デバイスとして期待されています。

iXPLV (intelligent fleXible Package Low Voltage)は産業用機器向けに新開発のシリコンカーバイト (SiC) MOSFET チップを搭載した SiC MOSFET モジュールです。鉄道車両向けコンバーター、インバーターなどの電力変換装置、再生可能エネルギー発電システムなど産業用機器の高効率化や小型化に貢献します。

1.3. 回路構成

iXPLV はパッケージ内に 2 素子を搭載する回路構成で、温度検知用サーミスターと電流センス用インダクタンスを内蔵しています。

温度検知用サーミスターは 6 番端子と 8 番端子の間に搭載しています。サーミスター定格抵抗と B 定数はデータシートを参照してください。

電流センス用インダクタンスは 1 番端子（電流センス端子）と 8 番端子（下アーム ソース センス端子）との間に L_{sCS} を搭載しています。L_{sCS} の値はデータシートを参照してください。

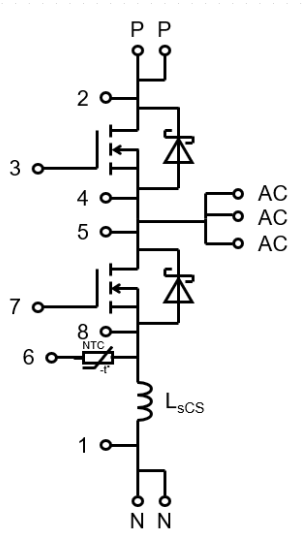


図 1.2.1 回路構成

1.4. 温度検知用サーミスター

iXPLV に搭載されている温度検知用サーミスターでモジュールの温度をモニターすることができます。サーミスターの温度 T は、サーミスターの抵抗値 $R_{(T)}$とデータシートに記載のサーミスターB 定数とサーミスター定格抵抗 R_{25} を用いて式(1.3.1)であらわすことができます。

$$R_{(T)} = R_{25} \exp B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right) \quad \cdots(1.3.1)$$

サーミスターは、チップから離れたところに搭載されている、およびサーミスター自体に熱容量があることから、短時間に温度が上昇する短絡検出などの過渡域での温度計測はできません。

サーミスターは最大定格内で使用してください。サーミスターは最大定格電圧 7.1V、最大定格電流 5mA（推奨電流　100μA）、最大定格電力 10mW、検出温度-40℃~150℃です。

図 1.3.2 にサーミスターの温度検出のための回路と出力電圧、電流の例を示します。

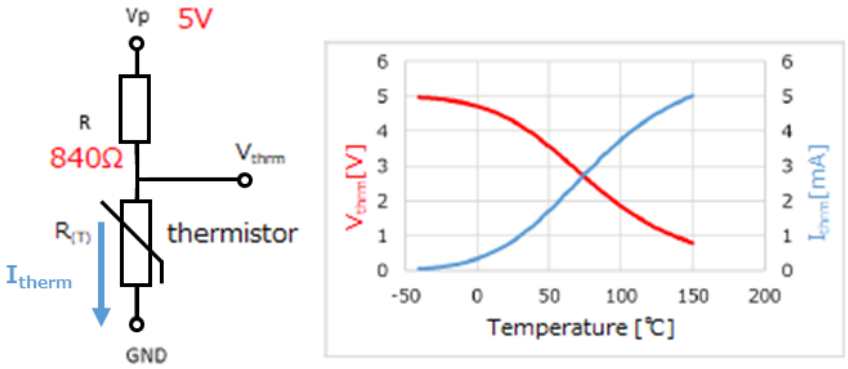


図 1.3.2　サーミスターの温度検出の回路と出力電圧、電流の例

1.5. 電流センス用インダクタンス

iXPLV に搭載されている電流センス用インダクタンス L_{sCS} で下アームの素子に流れる電流の時間変化を検出することができます。電流センス用インダクタンスの両端（1 端子・8 端子間）の電圧 V_{LS} を使って下アーム素子の電流 I_D の時間変化 dI_D/dt を式(1.4.1)であらわすことができます。

$$V_{LS} = -L_{sCS}\frac{dI_D}{dt} \quad \cdots(1.4.1)$$

電流センス用インダクタンスを用いる場合は 1 端子・8 端子間電圧 V_{LS} にノイズが乗らないよう注意して配線を設計してください。

1.6. 絶縁耐圧設計

iXPLV の端子間空間距離と沿面距離は標高 2000m 以下に適用される IEC60664-1 から導出される値を満足するように設計されています。標高 2000m 以上の高地では大気圧の低下に伴い必要とされる空間距離と沿面距離が長くなるため、高地で製品をご使用の場合はお客様の絶縁空間距離基準・沿面距離基準に沿って設計してください。

1.7. 宇宙線影響

SiC パワーデバイスもシリコンパワーデバイス同様、宇宙線が原因で偶発故障が発生する場合があります。

宇宙線の量は緯度と高度の影響を受け、標高が高い場所で特に多くなります。また、宇宙線による破壊現象は使用電圧が高いほど発生しやすくなります。

標高の高い場所あるいは使用電圧の高い条件での製品の使用に際し、宇宙線偶発故障率の見積をご希望の際はお問い合わせください。

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

2. SiC MOSFET モジュールの運搬・保管・取り付け

2.1. 運搬

(1) 素子定格・構造上、重量が大きいものが多くあります。素子の落下により人体にけがをしないように注意してください。
(2) 包装箱の向き・最大積み重ね数は、包装箱の表記にしたがってください。
(3) 梱包箱の破損、素子が壊れる原因となりますので、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。
(4) 水濡れは素子使用中の故障原因となりますので、雨天、降雪中の運搬時など、水に濡らさないように注意してください。

2.2. 保管

(1) 素子を保管しておく場所の温度は常温常湿環境(温度 5～35℃、湿度 45～75%)を推奨します。
(2) 腐食性ガス・有機溶媒などの雰囲気や塵埃の多いところでの保管は避けてください。
(3) 素子納入時の包装箱はダンボールが主材のため、長期の保管については適しておりません。
(4) 保管が長期(目安 1 年以上)に及ぶ場合は保管用に別の包装を検討願います。
(5) 急激な温度変化のある所では、素子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ください。
(6) 包装箱の表記に従い保管してください。特に積み重ねた状態での包装箱の偏りは思わぬ荷重がかかることがあります。

2.3. 静電気対策

iXPLV に搭載されている SiC MOSFET のゲート・ソース間電圧には最大値が設けられています。最大値は仕様書を確認してください。このゲート・ソース間電圧最大値を超える電圧が印加された場合、ゲートに不具合を起こす危険があります。ゲート・ソース間にはデータシートに記載の最大値を超える電圧が印加されないよう注意・保護をお願いします。

製品が装置に組み込まれたときに、ゲート回路の故障、ある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素子が破壊することがあります。この破壊防止のために、ゲート回路の電源が入っていない状態ではゲート・ソース間をショート状態にする、ゲート回路電源が入っていること（ゲート・ソース間が負バイアスとなっていること）が確認できないと主回路に電圧が印加されないようにする、など保護回路を付加することを推奨します。

また、SiC MOSFET のゲートは静電気に対しても注意が必要です。取り扱いの際には以下の注意点を守って素子を取り扱うようお願いします。

(1) 素子を取り扱う際には、人体や衣服に帯電した静電気をアースバンドなどで放電させた上で、接地された導電性マット上で作業をしてください。
(2) 素子は帯電防止袋に個包装されています。取り出しの際には素子の端子部には直接触れずに、パッケージ本体を持って取り扱ってください。取り出し後はゲート・ソース間をショートしてください。
(3) 端子へ配線部材（ブスバー、ワイヤ、など）を接続・固定する際には、(1)と同様に静電気が素子に加わらないように、使用材料の放電および帯電対策をおこなってください。

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

2.4. 放熱フィンへの取り付け

2.4.1. 素子の配置

素子に熱または機械的ストレスを加えずに十分な放熱効果を得るために、放熱フィンに素子を取り付ける際は以下の点に注意してください。

素子を放熱フィンに取り付ける場合、素子のパッケージ部が接触しないようにしてください。接触するとパッケージが破損する可能性があります。パッケージ寸法は仕様書を確認してください。

図 2.4.1.1 に放熱フィンに複数の素子を取り付ける場合の例を示します。放熱フィンへの取り付け位置はそれぞれのモジュールの発熱を考慮して設計してください。

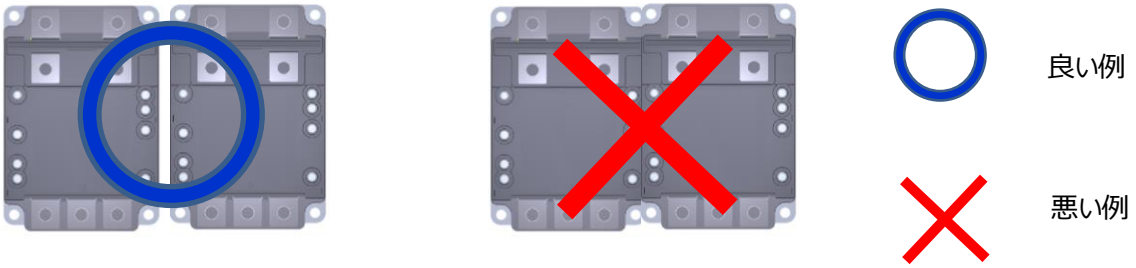


図 2.4.1.1 放熱フィンに複数の素子を取り付ける際の注意事項

2.4.2. 放熱フィンの設計

素子の発熱量に対して適切な冷却器を選定してください。

空冷式、水冷式のどちらの放熱フィンを使う場合も、使用中の素子のチャネル温度が T_{ch} を、ケース温度 T_c が動作温度範囲を超えないようにご注意ください。

放熱フィンは図 2.4.2.1 に示すように、素子との接触部位の平面度を素子ベース板の長さ・幅あたり 30μm 以下、平面度の急激な変化は避けてください。表面粗さは 10μm 以下にしてください。



図 2.4.2.1 放熱フィンの平面度、面粗さ

十分な放熱効果を得るために、素子のベース板を直接フィンにマウントしてください。放熱フィンに素子を取り付けるネジはデータシートに記載のネジを使用してください。ベース板への局所的なネジ荷重を避けるためにネジとベース板間にワッシャーを挿入、もしくはフランジ付きネジを使用してください。局所的なネジ荷重は破損の原因になります。

2.4.3. グリースの塗布

ケース・フィンの間の熱抵抗改善のために素子とフィンの間にグリースを塗布してください。グリースは高熱伝導性（必要な熱伝導率を確保できるもの）で、不揮発性、長寿命タイプのものを選定し、素子のベース面と放熱フィンの間に空気が入り込まないように、薄く均一に（推奨 50μm）塗布してください。

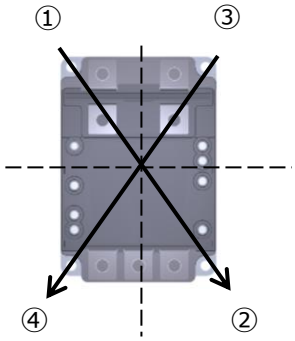
十分な放熱効果を得るためにはグリースを薄く塗布することが重要です。

グリースは熱抵抗の他、塗布の容易さや、熱伝導率の劣化の起きにくさなどによりグリースメーカーより特性の異なるものが発売されていますので、適切なものを選択してください。

2.4.4. 素子のネジ締め

グリース塗布後、図 2.4.4.1 の順番で仕様書に記載の推奨トルクで放熱フィンに素子を締め付けてください。 ネジ締めの際には、3 回締め（1 回目は推奨トルクの 20%（ネジの噛み合わせ）、2 回目は推奨トルクの 60%（複数ネジの片締め防止）、3 回目は推奨トルクの 100%（本締め））を推奨します。推奨トルク以下の締め付けは使用中に緩みが生じる恐れがあります。片締め、最大定格トルク以上での締め付けは破損の原因になります。電動トルクドライバーやエアトルクドライバーは瞬間的に設定以上のトルクがかかるものがあるため、手動のトルクドライバーの使用を推奨します。

ネジ・ネジ穴・ワッシャー座面・ベース座面は清浄にしてください。



点線部での線対称のネジ締め付け順番としてもよい

例：
②→①→④→③ OK
③→④→①→② OK

図 2.4.4.1　放熱フィンと素子間のネジ締め付け順番

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

2.5. 主回路配線部材の取り付け

主回路配線部材は、図 2.5.1 のように、全ての端子(P 端子:2 箇所,N 端子:2 箇所,AC 端子:3 箇所)にネジ締め・接続してください。接続しない端子があると、仕様書に記載の性能との相違、また素子破壊の原因になります。

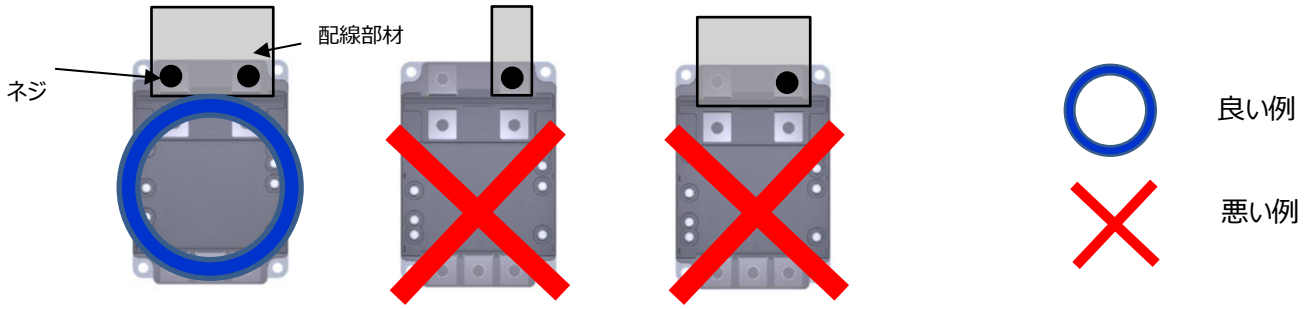


図 2.5.1　端子と主回路配線部材の接続(P 端子の接続例)

主回路配線部材は、図 2.5.2 のように、各端子(P 端子:2 箇所,N 端子:2 箇所,AC 端子:3 箇所)に対して、均等に電流が流れるように設計してください。素子を並列で使用する場合も同様です。

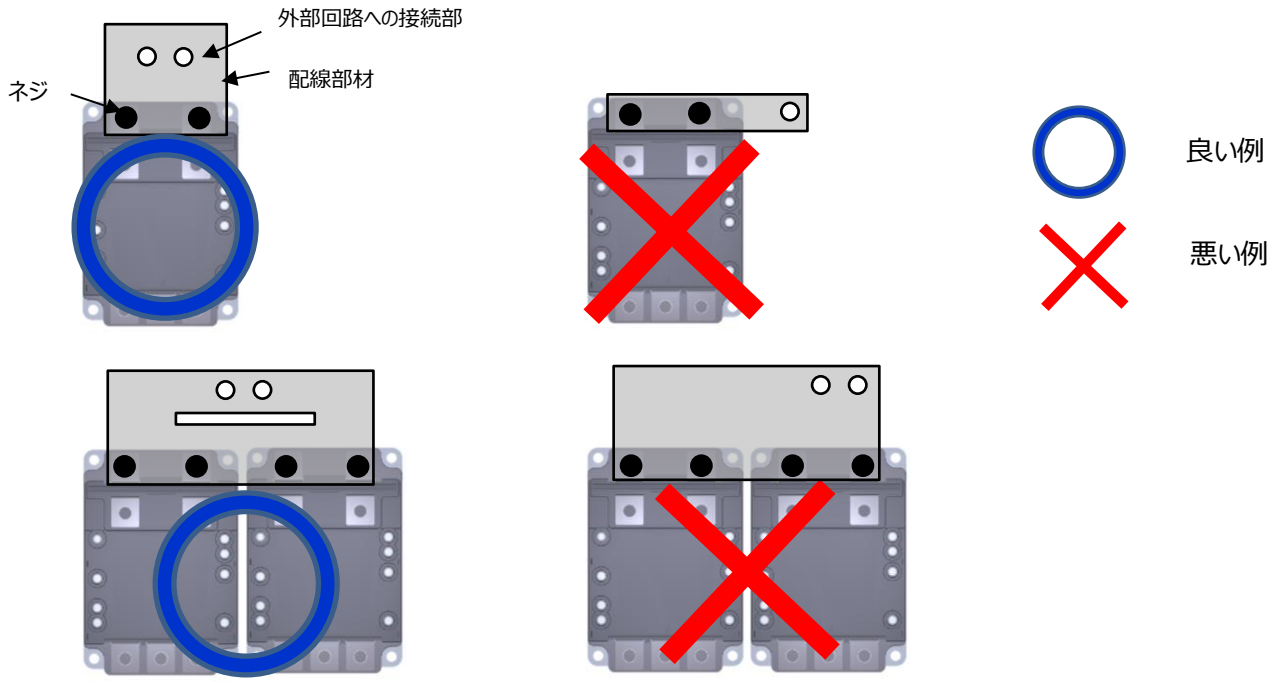


図 2.5.2　端子と主回路配線部材の設計例(P 端子の接続例)

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

N 端子-AC 端子間は、図 2.5.3 のように、主回路配線部材で覆わないように設計してください。主回路電流からの電磁誘導の影響を素子が受ける可能性があります。

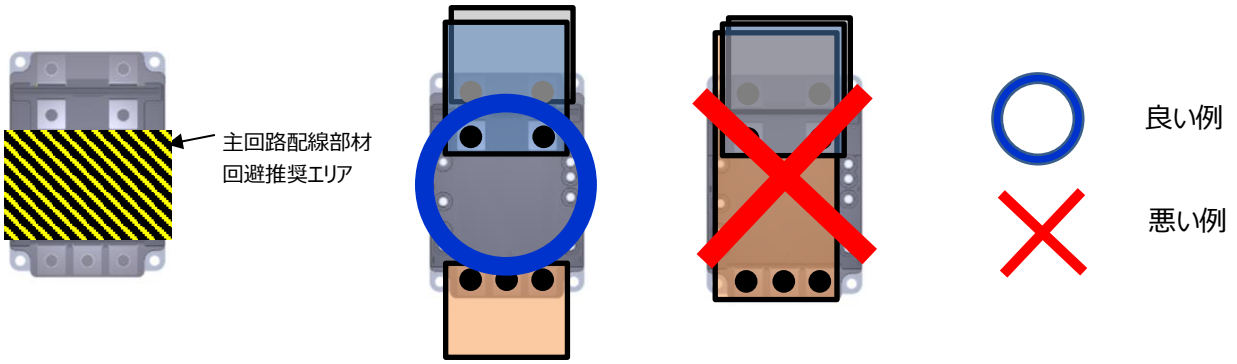


図 2.5.3　主回路配線部材の設計例(N-AC 端子間の取り回し例)

P-N 主回路配線部材は、図 2.5.4 に示すような平行配線・絶縁を推奨します。絶縁材の先端を P-N 端子間の溝に折りこむことは P,N ブスバーがずれた際に P-N 間の空間絶縁距離を確保するのに有効です。（P,N ブスバーがずれた場合の例は図 2.5.6 をご参照ください）

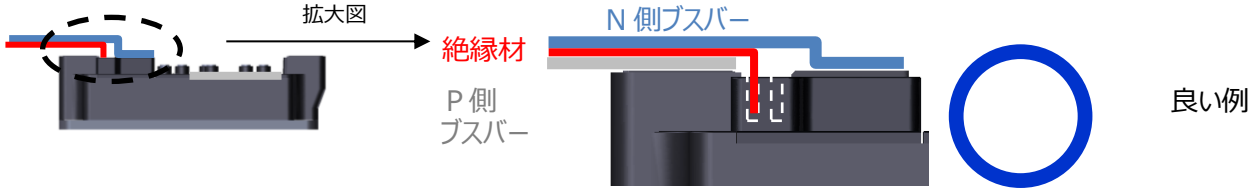


図 2.5.4　P-N 主回路配線部材の推奨平行配線・絶縁例

図 2.5.5 のように、P,N ブスバーの距離をあけた場合、主回路インダクタンスが増加するため、SiC MOSFET の特徴である高速スイッチングが困難になる恐れがあります。

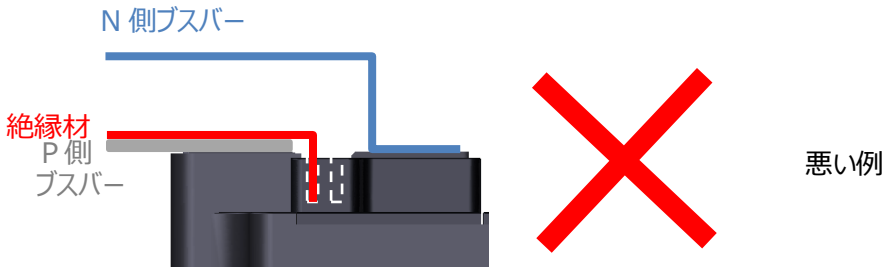


図 2.5.5　P-N 主回路配線部材の間隔をあけることにより、主回路インダクタンスが増加する例

図 2.5.6、図 2.5.7 のように P-N 間絶縁距離が不足する可能性がある設計はしないでください。お客様で規定されている空間距離を満足するように配線部材の設計をお願いします。



図 2.5.6　P 側ブスバーが N 側にずれることによって P-N 間絶縁距離が不足する例

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation



図 2.5.7 端子カラーが大きすぎることによって P-N 間絶縁距離が不足する例
（図は N 側カラーの例ですが、P 側カラーの場合も同様です）

主回路配線部材と端子(P,N,AC 端子)の締め付け後は、主回路配線部材を端子のベースプレート方向に押し付け荷重がかかるように設計されることを推奨します。

主回路配線部材を素子に取り付ける際には、図 2.5.8 を超える荷重が端子にかからないようにしてください。この荷重は配線部材取り付け時 1 回のみの最大許容値です。

端子名:P,N,AC

Fx,Fy,Fz=+/-400N
(P 端子:2 箇所,N 端子:2 箇所,AC 端子:3 箇所)

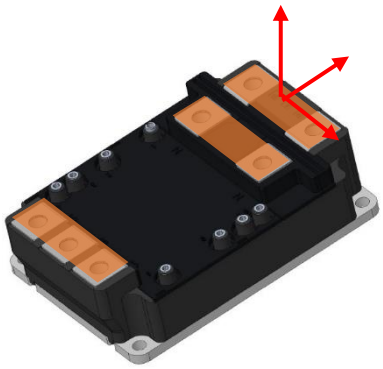


図 2.5.8 P,N,AC 端子の主回路配線部材の取り付け時の最大許容荷重

2.6. 信号回路配線部材の取り付け

信号回路配線部材は外部からの電磁誘導の影響を受けないように設計してください。
電気的にフローティングになる端子が無いように信号回路配線部材を設計してください。
例：サーミスターを使わない場合の 6 番端子は 8 番端子と同電位にしてください。

信号回路配線部材と端子(1～8 端子)の締め付け後は、信号回路配線部材を端子のベースプレート方向に押し付け荷重がかかるように設計されることを推奨します。

信号回路配線部材を素子に取り付ける際には、図 2.6.1 を超える荷重が端子にかからないようにしてください。この荷重は配線部材取り付け時 1 回のみの最大許容値です。

仕様書に記載のネジ・推奨トルクで素子端子と配線部材を締結してください。 ネジ締めの際には、3 回締め（1 回目は推奨トルクの 20%（ネジの噛み合わせ）、2 回目は推奨トルクの 60%（複数ネジの片締め防止）、3 回目は推奨トルク 100%（本締め））を推奨します。その際、端子をねじる方向への荷重はかけないでください。 電動トルクドライバーやエアトルクドライバーは瞬間的に設定以上のトルクがかかるものがあるため、手動のトルクドライバーの使用を推奨します。

ネジ・ネジ穴・端子・端子と接触する配線部材面は清浄にしてください。

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

端子名:1～8

Fx,Fy,Fz=+/-100N(1 端子あたり)

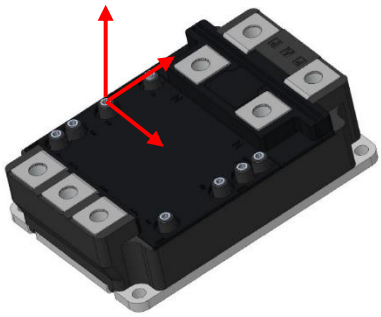


図 2.6.1　端子 1～8 への信号回路配線部材の取り付け時の最大許容荷重

取り付けネジは表 2.6.2 に記載の端子上面からの最大長さを超えることが無いものを選定してください。これより長いものを使うと素子破損の原因となります。

表 2.6.2 取り付けネジの端子上面からの長さ（最大長さおよび推奨最小長さ）

端子名	取り付けネジの端子上面からの最大長さ	取り付けネジの端子上面からの推奨最小長さ
P,N,AC	16mm	10mm
1~8	7mm	3mm

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウエア、ソフトウエアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウエア・ソフトウエア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独および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。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利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。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

東芝デバイス＆ストレージ株式会社
https://toshiba.semicon-storage.com/jp/

© 2021 - 2024
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation