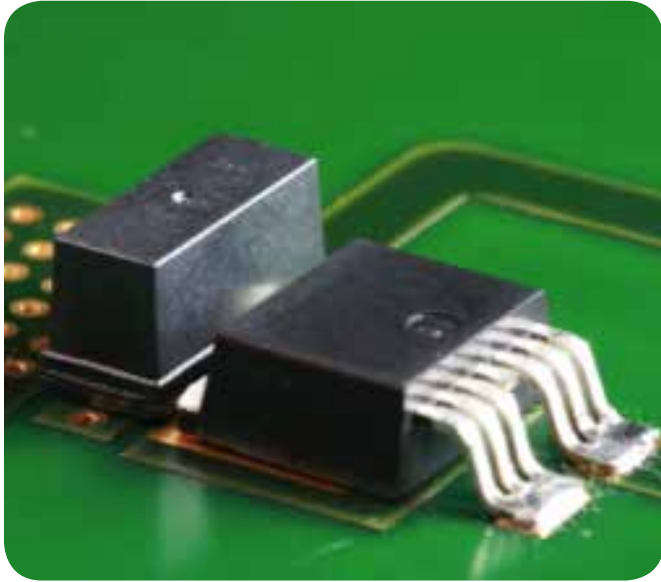


自動車用空調システム (HVAC: Heater, Ventilator and Air Conditioner) 及び冷却ファンシステム向けリフロー可能な過熱保護素子 - RTP (Reflowable Thermal Protection) 素子



過酷な環境下でのパワーFET不具合

過酷な自動車環境下においてパワーFETは常に厳しい温度変化にさらされがちで、結果として熱・機械的ストレスを受けます。断続的ショート、低温環境下での作動、高サージまたはノイズを発生する回路ショート等と同様、誘導性負荷や複数の回路ショートは時間が経過するにつれ素子を疲弊させ、最終的にはオープン、短絡もしくはある抵抗値を維持した状態で故障します。

パワーFETは次第に故障し難くなってきたにも関わらず、その定格を超えると極めて急速に不具合を発生します。もし、パワーFETが最大作動電圧を超えるとアバランシェ降伏に陥ることがあります。もし、入力電力に含まれている過電圧サージが定格アバランシェエネルギーレベルを超えている場合、素子は不具合を生じ、発生した破壊的熱量の結果、発煙、発火やはんだ溶融を引き起こします。

自動車用パワーFETは、他のアプリケーションで用いられる素子に比較し、より破壊や不具合を起こしがちであると言えます。パワーFETの不具合発生率を時間比較した場合、自動車アプリケーションのような過酷な環境下で使用される場合、不具合発生ppm値はより大きな値を示すのが一般的です。過去5年間の市場統計に基づけばその差は10倍以上になります。

初期検査を合格したパワーFETであったとしても、予め設定されたある条件下で試験した結果に過ぎず、個々の素子がそれぞれ持つ固有の弱点に起因する不具合を市場で発生することがあります。パワーFETがそれ自身の規定する仕様範囲内や作動環境下で動作していたとしても、偶然かつ予期せぬ抵抗値を維持した状態での短絡が様々な値で発生することが分かっています。

抵抗短絡不具合は、パワーFETのみならず基板に対してもとりわけ重大な事象と言えます。僅か10Wの出力でも局部的に180℃を超える「ホットスポット (Hot Spot)」を形成することがありますし、この温度は一般的基板のガラス転移温度である135℃を超える為、基板のエポキシ構造に損傷を与え、ひいては過熱損傷を引き起こすことになります。

図1. は、故障したパワーFETが短絡し、過電流状況が発生するのではなく寧ろ抵抗を維持したまま短絡し、危険なジュール熱 (I²R) を発生する状況を示したものです。このような状況から生ずる電流値は、通常のヒューズを溶断出来る程、十分でない為、基板上での熱暴走を阻止することが出来ない可能性があります。

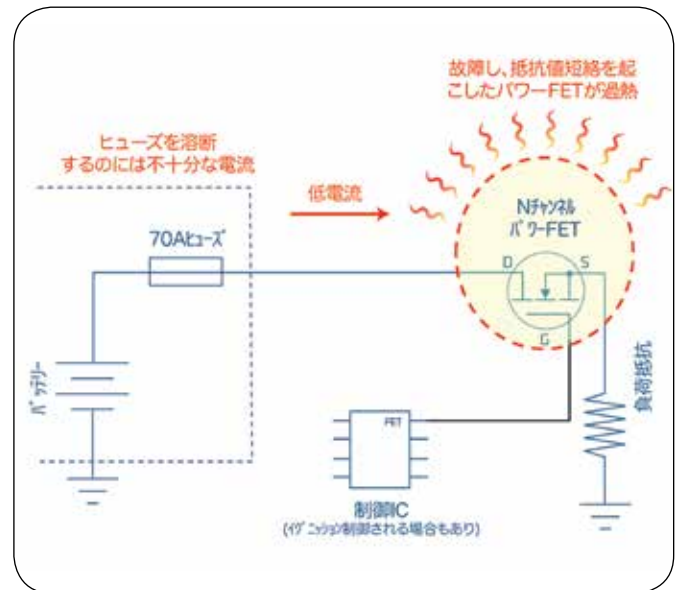


図1. 故障したパワーFETが抵抗短絡を生じたことにより発生した危険な過熱状況

全く新しい過熱保護素子

弊社のRTP素子は、パワー素子不具合から生ずる熱不具合から保護する堅牢かつ高信頼性の表面実装型過熱保護素子です。二次的な過熱保護素子は、一般的に自動車搭載機器の設計で用いられる余分なパワーFETや巨大なヒートシンク、リレー等を置き換えることが出来ます。

パワー素子不具合もしくは基板劣化により危険な過熱状態が発生するとRTP200素子は200℃で接点開放(通常作動温度域より上であるがPbフリーはんだのリフロー温度域より下)することにより電流を遮断し、重大な損傷を引き起こす熱暴走の発生を防止します。

図2. 及び3. で示すようにRTP素子が電源ラインに直列、かつ可能な限りFET近傍に設置した場合、基板に破壊的な損傷を与える熱暴走に陥る前にFET熱上昇を検知し、回路を開放出来ます。

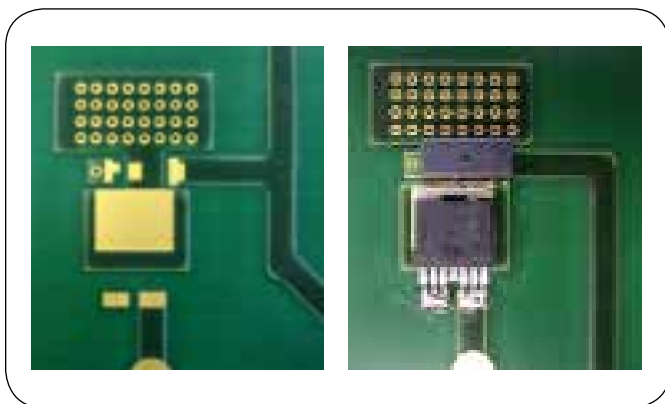


図2. RTP素子とパワーFETとが基板上で良好な熱伝導出来るよう同一基板パターンを共有させた状態で近傍設置した例

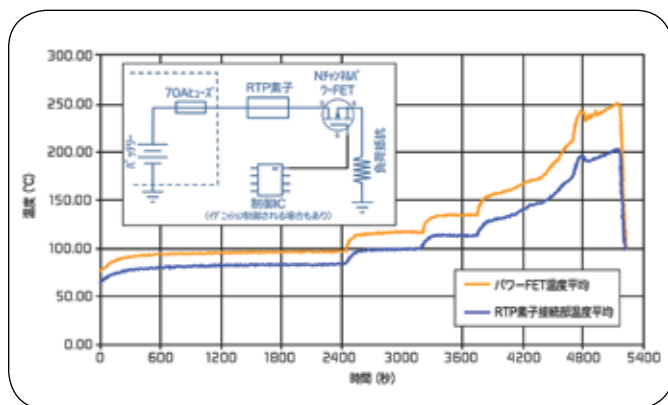


図3. RTP200素子はパワーFETの遅鈍な熱暴走においてパワーFETの発熱を検知して200℃において回路を遮断します

熱暴走による損傷から冷却ファンモジュールを保護

冷却ファンモジュールは、高温環境下や急坂登坂等のエンジン高負荷時も規定された範囲内に冷却水温度を擁する自動車の空調システム(HVAC: Heater, Ventilator and Air Conditioner)及びエンジン冷却システムの根幹機器であると言えます。

図4. は、冷却ファンモジュールアプリケーションにRTP素子を適用した例を示します。

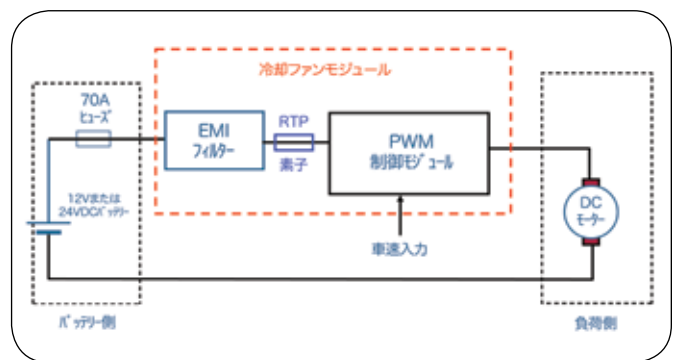


図4. RTP素子を使用した冷却ファンアプリケーションのブロックダイアグラム

冷却ファンモジュールは、一般的にエンジンルーム内に設置される為、車室と比較するべくもない極めて激しい温度変化にさらされます。この温度によるストレスはパワーFETの劣化を加速し、早期に不具合が発生することがあります。加えてエンジンルーム搭載機器は、オイルや溶剤に触れることで基板の腐食が発生したり局部的に過熱することがあります。

一般的に冷却ファンモジュールは、ある条件下で作動中にシステムを自己診断したりパワーFETに対し自動リセットを兼ねた停止信号を送ることが出来るIC等の素子は装備されていません。結果として、パワーFETの不具合をソフトウェアにより防止することは不可能な為、熱暴走が危険な領域に至ることを阻止する二次的保護措置が必要となります。

ある設計手法においてはパワーFETに直接バッテリーの+側が接続されている場合があります。この場合、たとえイグニッションがOffになったとしても依然、パワーFETに電源が供給され続けます。このような不具合状況は危険な温度状況に陥ることになる上、エンジンからのパワーで回路電源をオフすることが出来ない為、熱負荷状態が継続することになります。

多くの冷却ファンモーターアプリケーションにおいてパワーFETは必要に応じ、ファンモーターの電源をオン/オフする制御素子として使用され

ます。冷却ファンモーターアプリケーションにおいて使用される典型的なモーターは、ブラシモーターとブラシレスモーターの2種類があります。図5. 及び6. は、ブラシモーターとブラシレスモーターの2種類のシステム構成を示すと共に各々、パワー素子異常時、危険な熱暴走を発生し得る敏感な回路部位を示しています。

これらのアプリケーションにおいてもRTP素子は、破壊的な過熱状況に至る熱暴走から防止するのに役立ちます。アプリケーション毎、RTP素子を適切に熱検知エリアに設置すれば、システムの作動温度を超えたことを検知すると直ぐ回路を遮断し、システムを保護することが出来ます。

尚、このアプリケーションノートはパワーFETに注目してしますが、RTP素子は、キャパシタ、IC、抵抗及びその他の電源素子の破損及び不具合もしくは過熱による腐食から生ずる影響等による熱暴走損傷に対しても有効に保護することが出来ます。図5及び6に示すように敏感な基板領域にあるキャパシタは局所的過熱の発生原因の一つに成り得ることがあります。

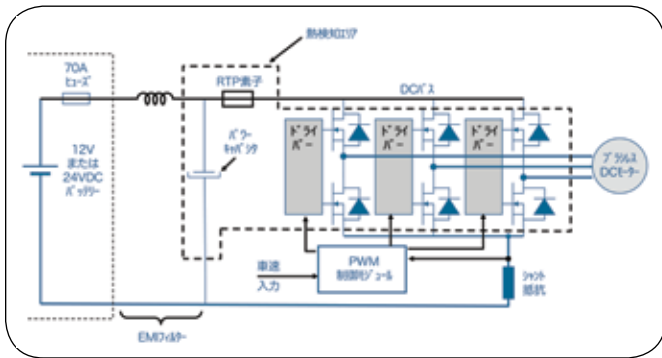


図5. 3相ブラシレスDCモーター回路構成

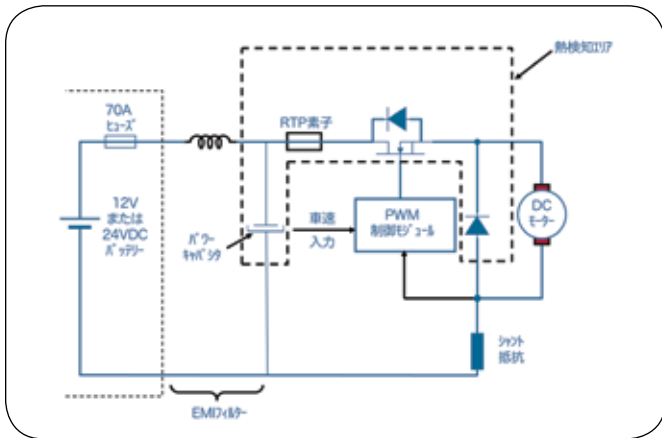


図6. ブラシ付きDCモーター回路構成

推奨される素子設置基準

RTP素子と熱源との熱伝導性は、基板、ヒートシンク構造及び関連素子の設置及び設計に高度に依存します。

FR4基板を用いる場合は、希望する保護機能を達成する為には熱源とRTP素子とを密接にすることが必要です。即ち、RTP200素子のPTHピンは、基板上の発熱を最も伝達する銅トレースもしくはパワーFETもしくは保護しようとする素子のヒートシンクに接続しなければなりません。基板レイアウト上での推奨される理想的熱結合例を図7. 及び以下に示します。

- RTP素子PTHピン接続部の基板トレースは可能な限りパワーFETのヒートシンクに近づけなければなりません。
- パワーFETのヒートシンクからRTP素子のPTHピン接合部の基板トレースは可能な限り厚く、幅広くなければなりません。
- PTHピン直接接続基板トレース下層に銅トレースがあってはなりません。また、可能であれば寧ろ取り除くべきです。
- 基板上部の「冷却」トレースは、RTP素子のPTHパッドから可能な限り遠ざけるべきです。

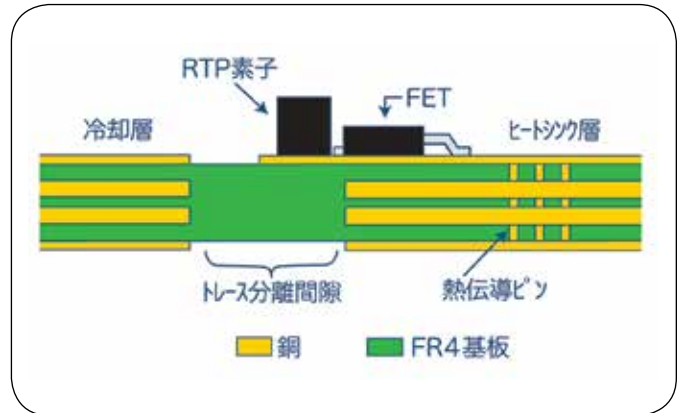


図7. FR4 基板の推奨素子レイアウト

絶縁型金属基板 (IMS: Insulated Metal Substrate) において実装設計する際は、基板の熱伝導性が優れている為、より柔軟に素子を設定出来ます。例えば高出力、高密度設計をする際は、図8. に示すようにRTP素子は電源素子から10cm程度の距離に設置することも出来ます。

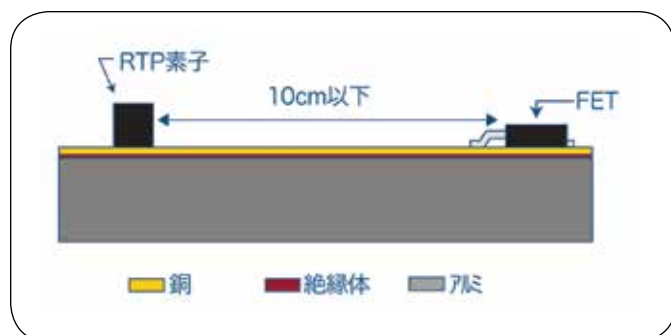


図8. 推奨絶縁型金属基板設計

図9. は、絶縁型金属基板上にパワーFETから10cmの距離にRTP素子を設置した際の温度検知機能を示したものです。パワーFETとRTP素子間距離を10cmとした場合も、両者の温度差は約40℃に過ぎません。

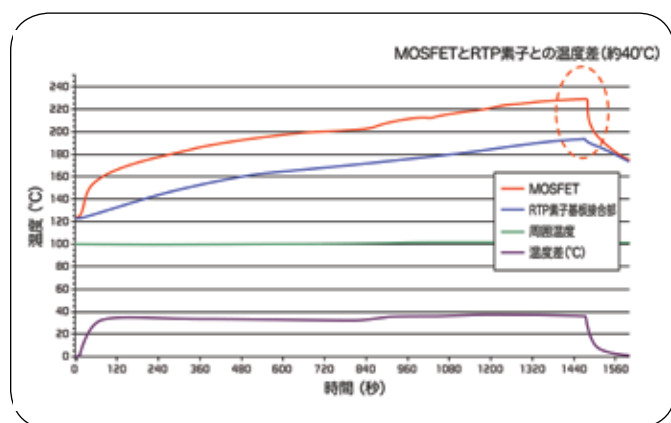


図9. 絶縁型金属基板上におけるRTP素子機能

堅牢かつリフロー処理可能な過熱保護対策

RTP素子は、冷却ファンシステム、ABS、電動パワステ及びヒーター等の自動車用パワーエレクトロニクスの信頼性要求向上に貢献します。RTP200素子が作動する200℃なる温度はシステムが通常作動する際の温度より上である一方、Pbフリーはんだの熔融温度より下である為、システム誤作動を防止すると共に信頼性を向上させます。即ち、RTP200素子は、関連システムが目標とする温度域で作動している時は作動しませんが、基板のはんだ熔融や潜在する回路短絡等のリスクが発生する前に作動します。

基板実装後、200℃でRTP素子が機能するよう温度感受性を持たせる為、一度だけ通電処理することが必要です。逆にRTP素子に通電処理をする前は、Pbフリーはんだ工程において作動することはありません。RTP素子の通電処理タイミングは、工程内のシステム立ち上げ時、もしくはシステム試験時等、お客様ご自身で任意に決定することが可能です。

RTP素子の持つ熱検知性は、以下の理由により非常に有効です。故障した素子によって完全短絡の状態にならず、その代わりに従来のヒューズが溶断しない部分短絡になることがあります。このような不具合状況は実際、負荷電流を減少するかも知れませんが、危険な熱暴走状況を依然、継続することになるかも知れません。RTP200素子は、これらデッドシートと抵抗ショートの間方から生ずる損傷から保護することが出来ます。

本アプリケーションノートに記載した情報は、RTP200R120SA素子の情報を示したものです。今後、0.6mΩの固有抵抗を持つRTP素子を開発する予定であり、より幅広い製品展開を予定しております。

te.com

© 2013 TYCO ELECTRONICS CORPORATION, A TE CONNECTIVITY LTD. COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.

RCP0099J 08/2013

TE CONNECTIVITY 及び TE CONNECTIVITYのロゴ、TEのロゴは登録商標です。

TEは、本カタログに正確な情報を記載するべく可能な限りの努力を払っておりますが、TEは情報に間違いがないことを保証するものではなく、また、情報が正確で、誤りがなく、信頼性があり、最新の内容であることを表明したり保証するものでもありません。TEは、記載されている情報を予告なしにいつでも修正することができます。TEは、記載されている情報に関して、特定目的に対する商品性や適合性を含む(ただし必ずしもこれらに限定されない) 暗黙の保証をすべて明示的に拒否いたします。本カタログに記載されている寸法は、参考にしていただくためのものであり、予告なく変更されることがあります。仕様は、予告なく変更されることがあります。最新の寸法および設計仕様については、TEにお問い合わせください。