

表面実装抵抗器の負荷軽減

§0 要約

抵抗器は温度によって印加できる電力の最大値が決められています。しかし、従来は抵抗器の温度を考慮せずに、「抵抗器への負荷電力は定格電力の30%以内」などの設計がよく行われていました。リード付き抵抗器が主流の時代は、この設計でも信頼性に問題が発生することはほとんどありませんでしたが、現在主流の表面実装抵抗器では、同じ設計を行ったことによる抵抗器の故障や、基板の発煙などの事故が発生しています。これらの事故の発生を防ぐと共に、より小型品への置き換えや使用数の削減を行うためには、表面実装抵抗器に適した負荷軽減を行う必要があります。

§1 表面実装抵抗器の温度上昇

リード付き抵抗器が主流の時代に「抵抗器への負荷電力は定格電力の30%以内」などの設計でも信頼性の問題がほとんど発生しなかった理由は、以下が考えられます。当時の電子部品は全てがリード部品であり、これらの部品から発生した熱のほとんどが、部品の表面から大気へ放熱されていました。当時の電解コンデンサは、熱に弱く寿命特性がよくありませんでした。そのため、回路が入った筐体内の雰囲気温度が低くなるように設計されていたことで、抵抗器の信頼性に問題が発生しなかったと考えられます。

一方、チップ抵抗器などの表面実装抵抗器から発生した熱は、ほとんどがプリント基板へ放熱されます。また、プリント基板は熱を伝えやすいため、チップ抵抗器は周囲の部品からの熱の影響も受けやすくなっています。図1は、放熱対策を施したプリント基板と施していないプリント基板へ実装したチップ抵抗器に、同じ電力を与えた時の熱画像です。同じ部品配置でも基板によって抵抗器の温度が大きく異なり、表面実装抵抗器は温度の管理が重要であることが分かります。

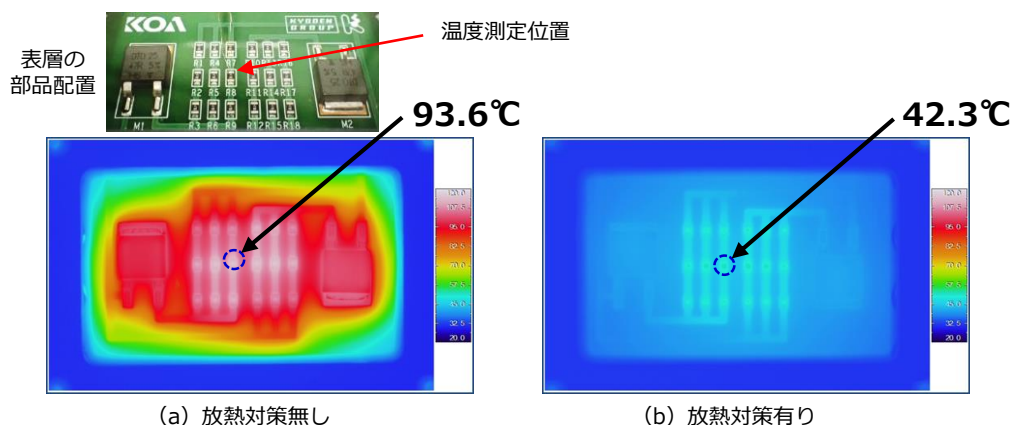


図1 基板放熱対策の有無による抵抗器の温度の違い

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

表面実装抵抗器の負荷軽減

§2 表面実装抵抗器の温度管理

2.1 表面実装抵抗器の温度管理の重要性

近年、表面実装抵抗器の温度管理の重要性が増している主な理由は三つあります。一つ目は、機器の小型化です。プリント基板の高実装密度化が進み、単位面積当たりの発熱量が増加したため、プリント基板の温度が上がりやすくなっています。二つ目は、プリント基板が配置される環境の高温化です。自動車のECU（Electronic Control Unit：車載機器を制御する電子装置）はエンジンルーム内などの高温環境下に配置されるケースが増えており、抵抗器が使用される環境の温度は上昇の一途をたどっています。三つ目は、抵抗器の小型・高電力化であり、これが温度管理の重要性が増しているもっとも大きな理由です。図2に当社の汎用チップ抵抗器の定格電力（カタログ記載値）の推移を示します。2000年以降、概ね3216サイズ(mmサイズコード)以下のチップ抵抗器の定格電力は、ほぼ倍増しています。これは、抵抗器自体が変わったわけではなく、適切な温度管理が確保されている前提で、定格電力の再評価を行ったことによります。従って、表面実装抵抗器を安全に使用するためには、抵抗器の温度を管理する必要があります。次項では、表面実装抵抗器から発生した熱が、どのように放熱されるかについて解説します。

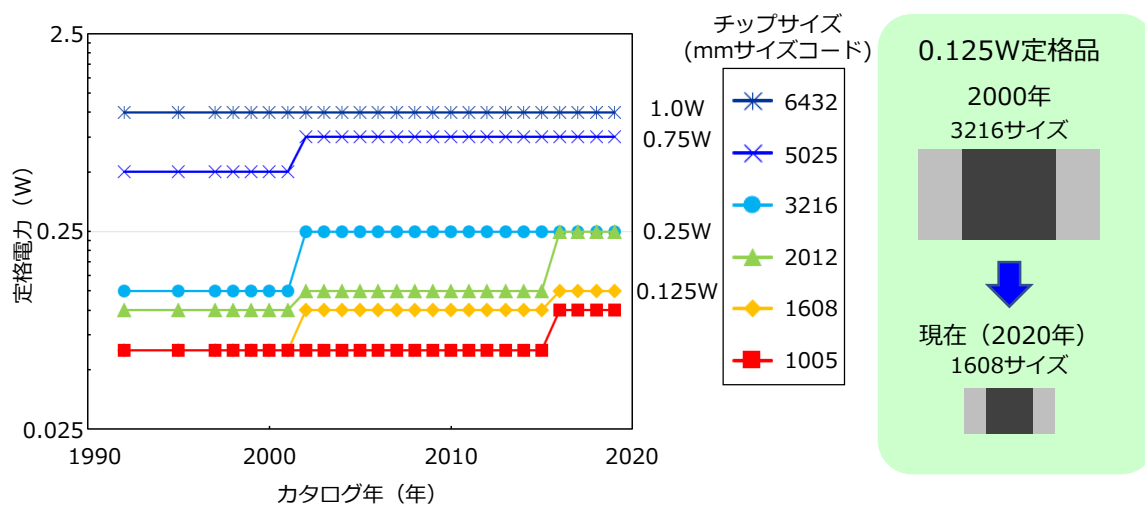


図2 汎用チップ抵抗器の定格電力の推移

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

表面実装抵抗器の負荷軽減
2.2 表面実装抵抗器の発熱と放熱

表面実装抵抗器は、はんだ等の接合材料を用いてプリント基板に実装されます。図3はプリント基板に実装されたチップ抵抗器の主な放熱経路を模式的に示したものです。放熱経路は三つ有り、一つ目は接触しているプリント基板等への熱伝導（以降「伝導」）、二つ目は自然対流や強制対流（ファン）による空気への対流熱伝達（以降「対流」）、三つ目は赤外線放射です。1005サイズと2012サイズ、6432サイズのチップ抵抗器にそれぞれの電力を加えた場合の、各放熱経路の放熱割合を表1に示します。チップ抵抗器の発熱は、90%以上がプリント基板への伝導によって放熱されることが分かります。また、チップ抵抗器からの熱がプリント基板に伝導しやすいということは、反対にプリント基板の熱が抵抗器に伝導しやすい、ともいえます。

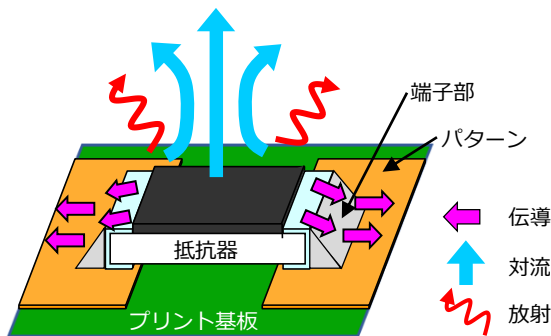


表1 各放熱経路の放熱割合

サイズ [mmサイズコード]	6432	2012	1005
印加電力[W]	1.00	0.125	0.063
放射[%]	2.8	0.4	0.2
対流[%]	5.3	1.1	0.6
伝導[%]	91.9	98.5	99.2

図3 チップ抵抗器の放熱経路

よって、チップ抵抗器の温度は、プリント基板の放熱能力に強く依存します。抵抗器の温度は、通電開始と同時に上昇し始め、発熱量と放熱量が一致する値で安定（平衡状態）します。基板の放熱能力が高ければ抵抗器の温度は低くなり、逆に放熱能力が低ければ抵抗器の温度は高くなります。加えて、周囲の部品の発熱によってプリント基板の温度が上昇すれば、抵抗器の温度も上昇することになります。

一方、従来から用いられてきたリード付きの抵抗器は、発生した熱の大半が空気中へ放熱され、リードからプリント基板への伝導による放熱の割合はわずかです。そのため、リード付き抵抗器がプリント基板からの熱による影響を受けることはほとんどありません。

次項では、表面実装抵抗器の温度がプリント基板のパターンや実装状態によって変わることを、チップ抵抗器を例にして解説します。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

表面実装抵抗器の負荷軽減
2.3 基板パターンとチップ抵抗器の温度上昇

耐パルスチップ抵抗器SG73P2A（2012サイズ、定格電力0.5W）を放熱性の異なる3種類のプリント基板へ実装した状態を図4に示します。室温の環境下で、これらの抵抗器へ1個あたり0.125W（定格電力の25%）の電力を印加した場合の、抵抗器の端子部の温度上昇 ΔT を図5に示します。

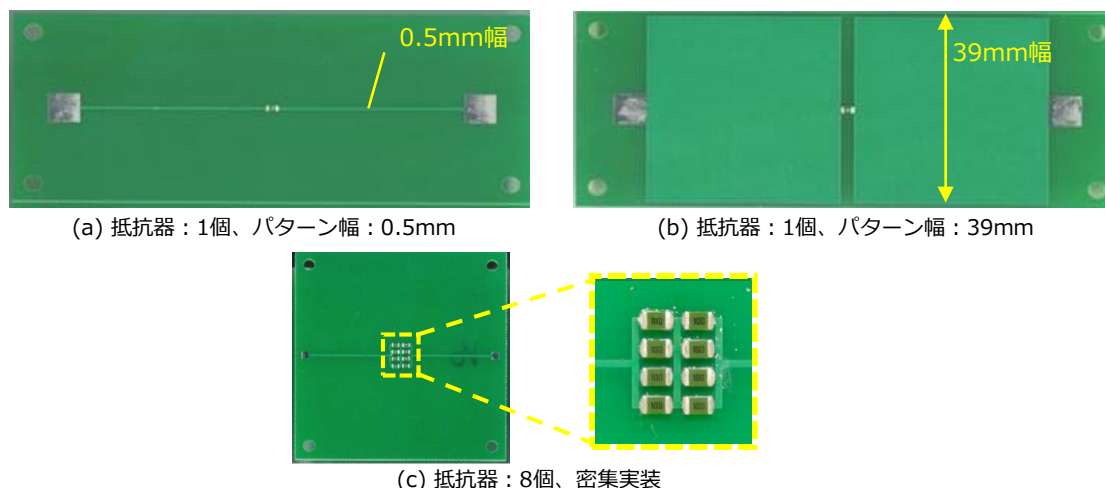


図4 3種類のプリント基板へのチップ抵抗器の実装例

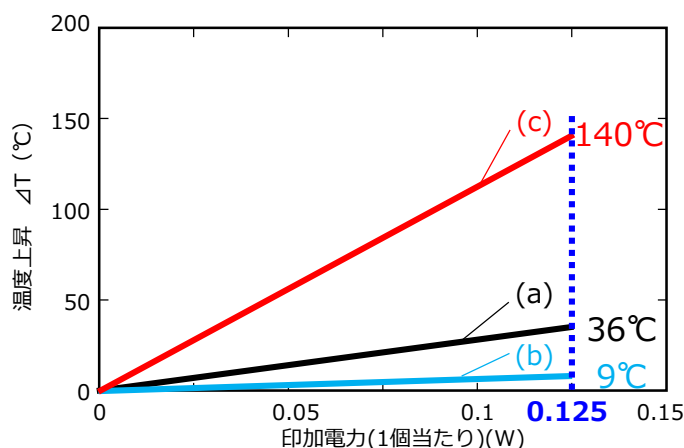


図5 基板のパターンの違いによるチップ抵抗器の温度上昇例

各抵抗器の端子部の温度上昇 ΔT は(a) 36°C、(b) 9°C、(c) 140°Cであり、基板のパターンや周囲の発熱部品の有無によって抵抗器の温度が大きく異なります。上記は同じ環境温度、同じ印加電力の結果であり、チップ抵抗器の温度が環境温度と印加電力では決まらないことがわかります。チップ抵抗器の放熱は基板への伝導が90%以上を占めると前述しましたが、言い方を変えれば、チップ抵抗器はプリント基板を放熱板として利用しているともいえます。放熱板であるプリント基板の放熱能力の差によって、図5の様に温度上昇の違いが現れます。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

表面実装抵抗器の負荷軽減

図4(c)のパターンを用いて、印加電力を変えながらプリント基板と抵抗器の温度をサーモグラフで測定した結果を図6に示します。なお、プリント基板の温度測定部や抵抗器には、サーモグラフ測定の前処理として黒体スプレーを塗布しています（温度測定位置は熱画像の白いライン上）。抵抗器への印加電力が大きくなると抵抗器の温度が上昇し、プリント基板の温度も上昇していることがわかります。また、二つの抵抗器間のプリント基板の温度（図6の赤矢印部）が抵抗器とほぼ同じ温度まで上昇しています。これは、抵抗器からの放熱によって、プリント基板の温度がほぼ抵抗器と同じ温度に達したことで、二つの抵抗器間にはそれ以上の放熱ができない状態を表しています。これらから、表面実装抵抗器の温度は、印加電力による自己発熱と周囲の部品の発熱によるプリント基板の温度で決まるといえます。

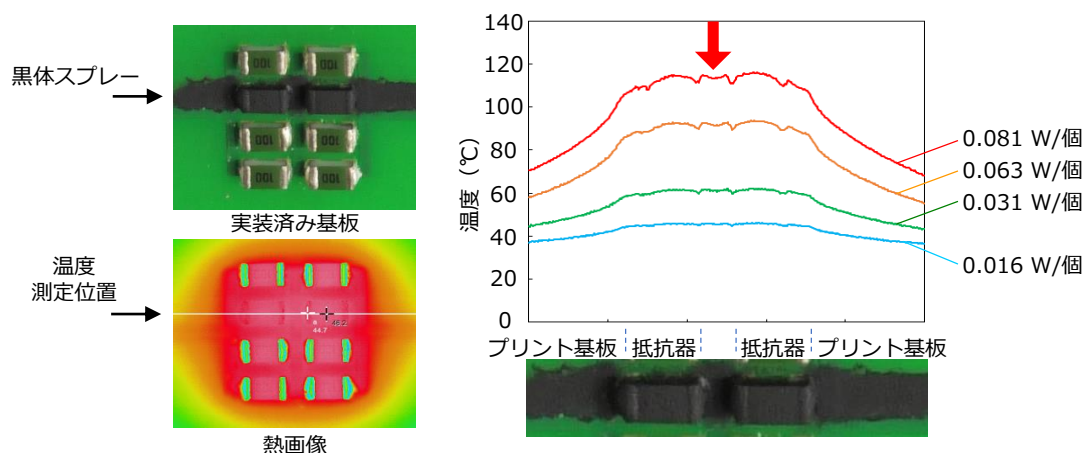


図6 サーモグラフによる温度上昇の観察例

前頁の図5は印加電力が同じでもプリント基板の放熱能力の差によって抵抗器の温度が変わることを示しており、「抵抗器への負荷電力は定格電力の〇〇%以内」という設計が表面実装抵抗器には適用できないことがわかります。また、一般的に使われているプリント基板（FR-4）の連続使用温度は130℃ですが、図5(c)の温度はその連続使用温度を越えているため、このような設計を行うとプリント基板の発煙や焼損等のリスクが想定されます。

次章では、表面実装抵抗器の負荷軽減について解説します。

§3 表面実装抵抗器の負荷軽減

抵抗器は使用可能な温度範囲が規定されています。抵抗器に電力を印加すると発熱するため、その温度上昇を考慮して、抵抗器の限界温度を越えないように印加する電力と温度を管理する必要があります。抵抗器へ印加できる電力と温度の関係を示したものが負荷軽減曲線であり、例としてチップ抵抗器の負荷軽減曲線を図7に示します。縦軸は印加できる電力（定格電力の百分率）、横軸は抵抗器の端子部の温度です。この負荷軽減曲線のチップ抵抗器では、端子部温度が125℃までは定格電力を印加することができますが、125℃を超えると温度に応じて印加する電力を軽減する必要があります。前述のとおり、端子部の温度はプリント基板のパターンや実装状態によって変わりますので、注意が必要です。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

§4 負荷軽減曲線の使用方法

抵抗器の負荷軽減曲線の使用方法を、回路に使用された角形チップ抵抗器RK73Bシリーズの妥当性の検証を例に解説します。

- (1)妥当性の検証を行うチップ抵抗器は2012サイズであり、印加する電力は0.1Wとします。
チップ抵抗器に電力を印加したときの、抵抗器の端子部温度は140℃とします。
- (2)図7の横軸の140℃の位置から垂直に線を引き、負荷軽減曲線との交点を求めます。
- (3)上記の交点から左に直線を引き、定格電力比を求めます(図7(3))。この例では、チップ抵抗器へ定格電力の50%まで電力を印加できることがわかります。
- (4)印加する電力が0.1Wですので、抵抗器の定格電力は $0.1W \div 0.5 = 0.2W$ 以上が必要となります。2012サイズの定格電力は0.25Wですから、この回路に使用することは問題ありません。

次に「定格電力の30%以内」という設計を用いて、上述の条件の妥当性の検証を行います。印加電力は0.1Wであり、それが定格電力の30%以内ですから、チップ抵抗器の定格電力は $0.1W \div 0.3 = 0.33W$ 以上が必要です。従って、上述の2012サイズのチップ抵抗器は使用できない、という結果になります。RK73Bシリーズの中で定格電力が0.34W以上で最も小さいサイズは3225サイズとなり、この設計を用いると、大きなサイズのチップ抵抗器を使用する必要があります。これらのサイズの比較を図8に示します。負荷軽減曲線の活用により、小型のチップサイズを使用することができます。

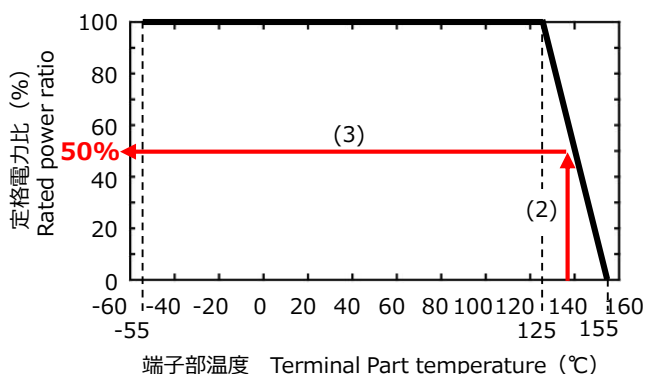


図7 チップ抵抗器の負荷軽減曲線 (例)

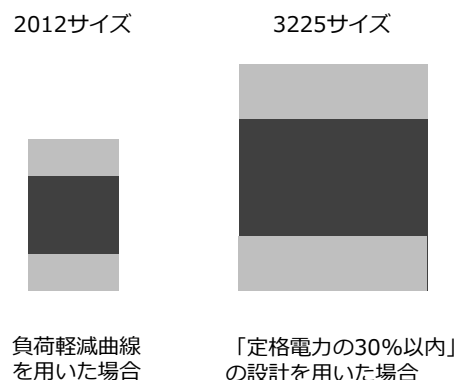


図8 チップ抵抗器のサイズ比較 (例)

§5 まとめ

表面実装抵抗器は小型・高電力化が進み、温度管理がますます重要になっています。適切な温度管理が行われないと、想定しない事故が発生することがあります。表面実装抵抗器へ印加する電力は、単に「定格電力の○%以内」ではなく、負荷軽減曲線による抵抗器の温度を考慮した検討が必要です。これにより、使用状況に適した抵抗器のサイズや数量を決定し、安全に使用することができます。

以上

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 https://www.koaglobal.com/tech_support/productsForm

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP