

薄膜チップ抵抗器アレイを用いて 帰還回路と分圧器で精密性を向上

1. はじめに

電気抵抗とその特性について考えるとき、思い浮かぶ主な特徴は、温度係数、許容差、定格電力と抵抗値、およびケースサイズです。ほとんどのアプリケーションでは、要求される仕事を果たすために必要な抵抗器を定めるのは、これらの特徴で十分です。ただし、アナログ精密回路に関しては、それらの意図された寿命時間を通じて、より慎重に、そして特に抵抗器の作用を検証する必要があります。抵抗値が回路の寿命時間相互比較して不変のままであるならば、分圧器またはフィードバック回路の安定性は達成され、そして維持されることができます。薄膜ネットワーク抵抗器を用いて電子回路の作用と安定性を最適化する方法を設計者の方に示すことを、このアプリケーションノートは目的とします。薄膜ネットワークの特定の抵抗成分の相対的な特性 - マッチング許容差⁽¹⁾、トラッキング温度係数⁽²⁾、そして経時ドリフト - は精密でなおかつ長期安定性に対するキーのパラメータで、一般論の詳細を次に記します。

2. 抵抗器の特徴の影響

薄膜チップ抵抗器アレイの電気的特性をより詳細に見極める前に、相当する簡易回路上で抵抗器の特性を理解することが重要です。この目的のため、帰還回路（第 2.1 節）で 2 つの別々の抵抗器を使った一つの構成と、抵抗器アレイ（第 2.2 節）を使ったもう一つの構成の例をしましょう。絶対利得の誤差が、アレイを用いると大幅に減らされることを、両方のシナリオの最悪ケース検証が証明いたします。この例におけるアプリケーションの予測される製品寿命は約 10 年と仮定して、抵抗層の温度⁽³⁾ は約 70 °C であるものとします。これは、今日の産業用途機器の典型的な条件です。

注

- (1) 比率的な、または相対的な許容差
- (2) 抵抗温度係数の同期
- (3) 抵抗層の温度は、環境温度と、抵抗器の自己上昇発熱温度（バイアス条件に応じて発生する電気エネルギーは抵抗層で熱に変換）の合計

2.1. 二つの別々の精密抵抗器からなる帰還回路

抵抗器の技術仕様：

温度係数 +/-25ppm/°C、許容差 +/-0.1%

利得の計算式は、 $V = 1 + (R_2/R_1)$ です。

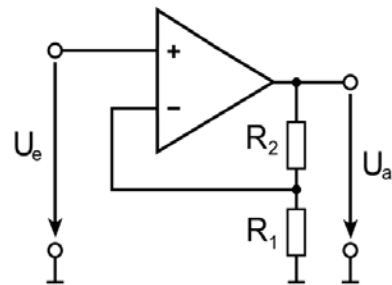


図 1. 個別の抵抗器を用いた帰還回路

この例で $R_1 = 100 \Omega$ として $R_2 = 900 \Omega$ とすると、利得は計算式から $V = 10$ となります。

回路全体の利得の誤差は各々の部分の利得の誤差の合計で、この

各々の利得の部分の誤差には、わずかながら許容差、温度係数、そして経時ドリフトが起因します⁽¹⁾。

注

(1) アプリケーションの種類と動作状況に依存して、許容差、温度係数と抵抗値のドリフトに加えて、更なる要因は考慮される必要があります

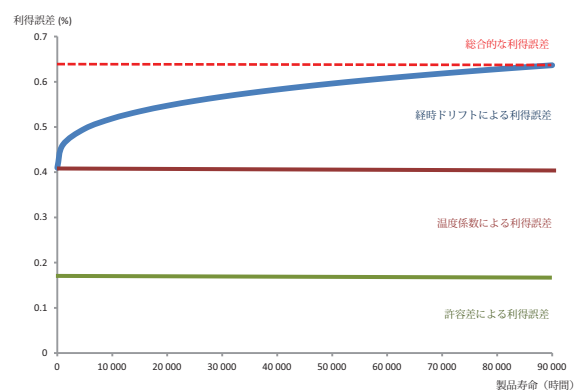


図 2. 個別の抵抗器による利得の誤差

2.2 抵抗器アレイからなる帰還回路

抵抗器アレイの技術仕様：

絶対温度係数 +/-25ppm/°C、

絶対許容差 +/-0.25%

相対温度係数（トラッキング温度係数） +/-10ppm/°C、

相対許容差（マッチング許容差） +/-0.1%

薄膜チップ抵抗器アレイを用いて 帰還回路と分圧器で精密性を向上

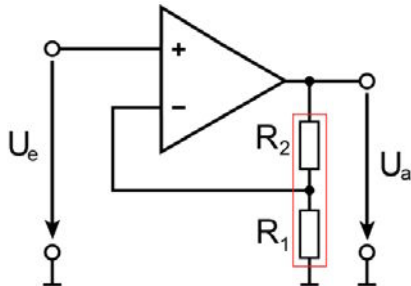


図 3. 抵抗器アレイによる利得

利得の計算式は、 $V = 1 + (R2/R1)$ です。

この例で $R1 = 100 \text{ W}$ そして $R2 = 900 \text{ W}$ とすると、利得は計算式から $V = 10$ となります。

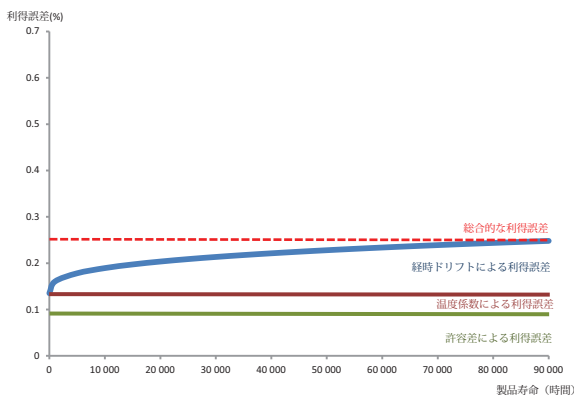


図 4. 抵抗器アレイによる利得の誤差

ご覧いただけるように、抵抗器アレイのマッチング許容差とトラッキング温度係数 (さらに、相対的な経時ドリフト) からなる相対的な特性により、発生する可能性のある絶対利得の誤差は、かなり減らされる可能性があります。

3. 抵抗器アレイの特長

薄膜チップ抵抗器アレイの特性は、製造プロセスおよび抵抗層の具体的な特性によって決まります。各々の抵抗器の放熱の組み合わせと、それから生じる均一な熱配布も、相対的な抵抗値の経時ドリフトに重要な影響を及ぼします。

相対許容差 (マッチング許容差)

チップ抵抗器の規定される抵抗値は、レーザートリミング (図 5) を用いて作られます。トリミング・プロセスの間に、抵抗値が指定された許容差の範囲内であることを確実にするために、抵抗値は連続的にモニターされます。

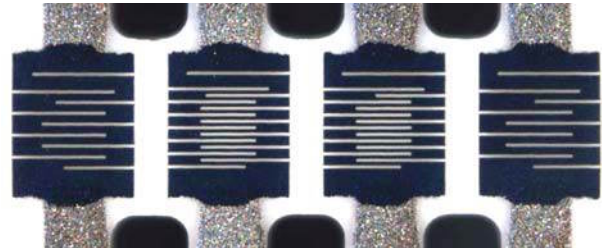


図 5. 2 種類の抵抗値で整列された抵抗器アレイ (Vishay 社 ACAS_AT シリーズ)

精密レーザー装置システムにより、異なる抵抗値が同じアレイの上に実現されます。レーザー処理プロセスの際にはエネルギー入力を小さくすることによって、同じアレイ上の他の抵抗器のパラメータに影響することなく、信頼性の高い抵抗器アレイ (および高い抵抗値比率) を達成します。測定は技術的に洗練されているため、非常に堅牢な抵抗器と同等の、比率の正確なトリミングになります。アレイの中の各々の抵抗器の仕様化された抵抗値に対する差分は、絶対許容差で定義されます。個別の抵抗値と異なる表現されているマッチング許容差は、あるときは相対許容差、または比率許容差とも言われます。

図 6 は、4 個集積された抵抗器アレイの許容差の一例を示します。ここでは $\pm 0.05\%$ で指定されて、分圧器のための相対限度が決定的なパラメータと言えます。

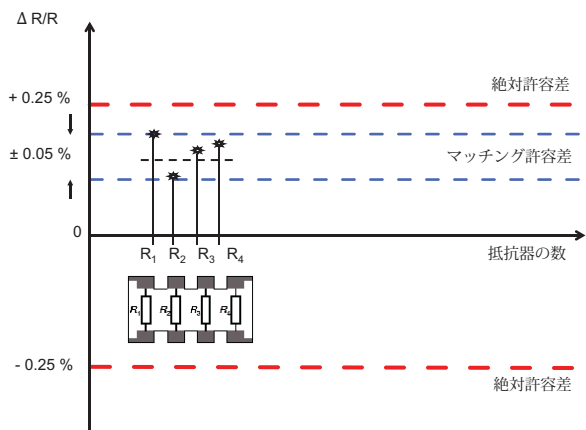


図 6. 狭い範囲での相対許容差 (マッチング許容差)

薄膜チップ抵抗器アレイを用いて 帰還回路と分圧器で精密性を向上

相対温度係数（トラッキング温度係数）

理想的には、電気回路は温度変化には無関係に動作することです。温度依存性を減らすことでの1つのアプローチは、低い温度係数の抵抗器を使用することです。薄膜抵抗器の温度係数は、製造プロセスの間、実際に使用する抵抗材料、スパッタリング・プロセスの状態、および製造プロセスの間の熱処理などの、いろいろなパラメータに依存します。各々のこれらのパラメータは、小さい温度係数を可能にするために非常に正確にコントロールされる必要があります。分圧器と帰還回路に関しては、各々のレジスターの相対的な温度係数は、絶対的な温度係数の値よりさらに重要です。抵抗器アレイでは、この特長は、トラッキング温度係数によって指定されます。個々の抵抗器の要素は、同じ範囲にわたる温度によって影響を受けるため、抵抗器アレイに関してはトラッキング温度係数を仕様化することが可能です。言い換えると、アレイの中のすべての抵抗器の温度係数曲線は個別に成り立ちます。そして、動作している間は、均一な熱分布で製造されたアレイとして、実質的に同一の処理状況と言えます。アレイの中の個々の局所的な抵抗器は、スパッタリング・プロセスの間に均一な層の厚さを保ちます。その後の熱処理の間、個々の抵抗器は、同一の熱を絶えず受けます。このように、抵抗器の相対的な安定性が必要である様々な電子設計の利点にたいして、薄膜チップ抵抗器アレイは、温度変化からほとんど独立している回路を実現します。図7は、 $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$ （赤い曲線）の温度係数仕様と $\pm 5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ （青い曲線）トラッキング温度係数仕様で図式的に抵抗器アレイの一例を表します

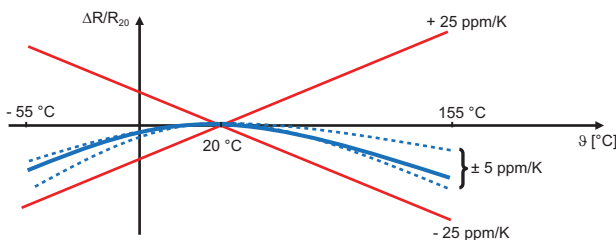


図7. 絶対温度係数の限度（赤い曲線）と
トラッキング温度係数（青い曲線）

相対経時ドリフト

全ての抵抗器は、共通した特徴を持っています、それは、全ての抵抗値は、時間とともに温度の影響を受けて変わるということです。この変化範囲は、根底にある抵抗器技術（例えば抵抗材料の組成、プロセス状況、その他）に、非常に依存しています。抵抗器の皮膜温度は、適用された電力、熱抵抗、および周囲温度で測定されます。基板材料（ Al_2O_3 ）は非常に良い熱伝導率を持ちます。さらにそれは、抵抗器アレイの中の個々の抵抗器の良い熱関連性をもたらします。ほとんど1つあるいは複数のレジスターに、そして、配列がプリント回路基板に置かれるところにかかわらず、この熱の継手は全ての配列の向こうで均一な熱分布を確実にします。単一または複数の抵抗器アレイは、プリント回路基板の上の設置条件または電力が印加されるかに関わらず、その熱伝導は全てのアレイの中の抵抗器に対してほとんど均一な熱分布を確実にします。アレイの中のすべての抵抗器の抵抗値が実質的に同じ割合で経年変化することを、この均一な熱分布は、結果的に保証します。したがって、相対的な抵抗値の変化は時間軸でもあまり考慮するべき必要がなく、従って、抵抗値の比率の長期安定性が非常に高いです。図8は、電力を加えて際の、アレイの熱分布を表します。

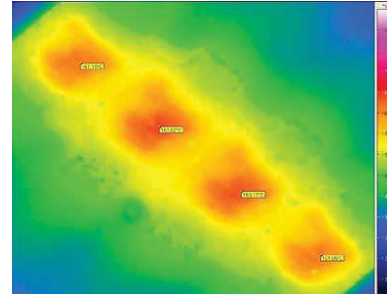


図8. 抵抗器アレイの熱分布

4. まとめ

1つのパッケージに組み込まれる等しい、または異なる抵抗値のいくつかの抵抗器から、薄膜チップ抵抗器アレイは成ります。製造プロセスと抵抗器の製品寿命の間に、同じアレイの中にある各々の抵抗器は実質的に同じ環境にさらされます。よって、相対的な許容差、相対的な温度係数、および相対的な抵抗値の経時ドリフトの仕様を定義することができます。これらの相対的なパラメータは、個別に抵抗器を一つ一つ使用した場合と比較して、とりわけ帰還回路と分圧器に適した正確で安定した抵抗値比率と、はるかに優れた長期安定性を提供します。Vishay社の薄膜抵抗器アレイシリーズ（ACAS AT）は、長期にわたり最終市場で、その安定性と堅牢性を証明しました。技術サポートに加えて、試験と開発用途にサンプルもご提供可能です。さらなる技術情報に関しては、製品のデータシートをご覧ください

（www.vishay.com/doc?28770）。
技術サポートとサンプル用途に関するコンタクト先
thinfilmmarray@vishay.com。

ご参考文献

Vishay, Technical Note:
“Drift Calculation for Thin Film Resistors”
www.vishay.com/doc?28809