

シャント抵抗器使用時の注意事項

PCB 設計が抵抗温度係数に与える影響

●概要

シャント抵抗器を使用する場合、抵抗値、定格電力、サイズは重要な検討事項になりますが、さらに検出される電圧精度に影響をおよぼす許容誤差も考慮する必要があります。この許容誤差には常温での抵抗値の許容差(F 級品: $\pm 1\%$)の他に、抵抗温度係数があります。抵抗温度係数は製品の温度変化による抵抗値変化を示す係数です。抵抗器は電流が流れる際の消費電力による部品の温度上昇や周囲温度の変化によって抵抗値変化が発生する為、抵抗温度係数は精度良く電流値を検出するためには重要なファクターになります。

●シャント抵抗器の電圧測定方法

シャント抵抗器の抵抗値は数 $\mu\Omega$ ～数 100m Ω 台と低いのが一般的です。

このような低抵抗での電圧測定の場合 4 端子法によるケルビン接続にする必要があります。但し、Figure 1 のようにセンシングラインをシャント抵抗のパッドの外側にレイアウトしてしまうと配線の銅箔やはんだの抵抗成分を含んでしまうため正確な測定ができません。

また、配線の銅箔の抵抗温度係数は 3900ppm/K 程度あり、シャント抵抗固有の値より大幅に大きい為、抵抗温度係数の観点からも銅箔の影響を小さくする為に、センシングラインは Figure 2 のようにシャント抵抗器のパッド内にレイアウトしなければなりません。

例として GMR50 の抵抗値毎の各センシングラインでの抵抗温度係数(20℃→125℃)の比較を Figure 3 に示します。

センシングライン②～④では大きな差は見られませんが、センシングライン①では大幅に抵抗温度係数が高くなる事がわかります。また、抵抗値が低くなるに従って銅箔の影響は大きくなっていく事がわかります。

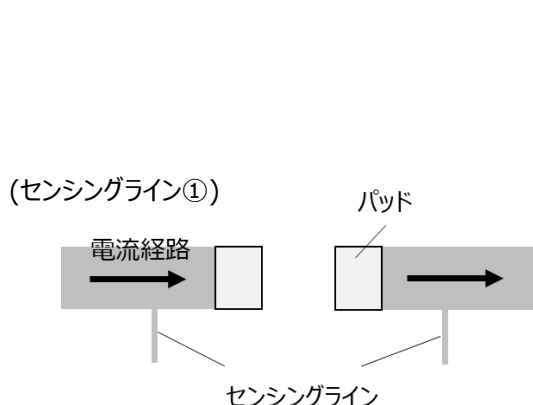


Figure 1. センシングラインの誤ったレイアウト例

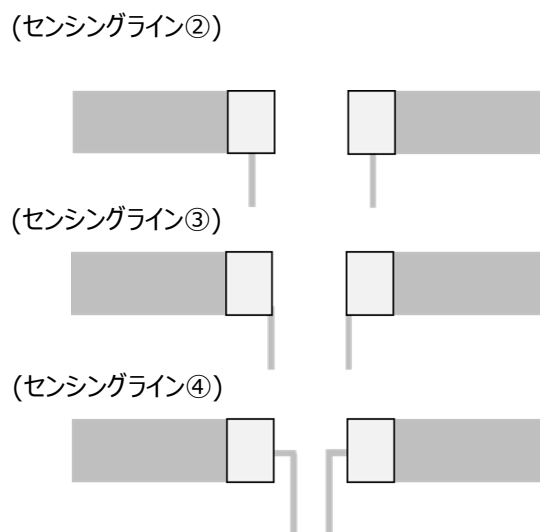


Figure 2. センシングラインの正しいレイアウト例

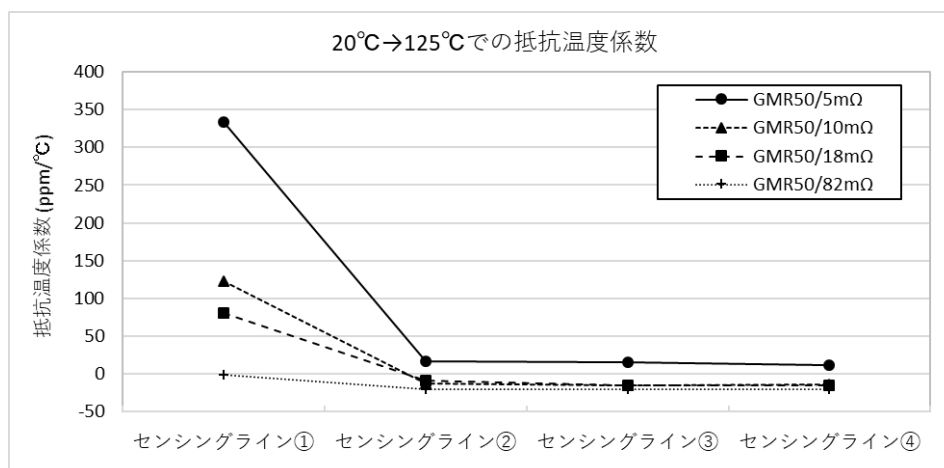


Figure 3. センシングラインによる抵抗温度係数比較

● 抵抗温度係数の影響

【抵抗値領域：10mΩ以上】

10mΩ以上のシャント抵抗器には厚膜抵抗器と金属板抵抗器があります。

一般的に厚膜抵抗は抵抗体に抵抗温度係数の大きい銀を含んだ材料を用いているのに対し、金属板抵抗は抵抗温度係数の低い合金を用いている為、抵抗値が低くなるにつれて金属板抵抗の方が優れた抵抗温度特性を示します。

代表例として、厚膜抵抗の LTR50 と金属板抵抗の GMR50 について、温度による抵抗値変化率を比較した結果を記載します。(Figure 4)

※20℃での抵抗値を基準にしています。

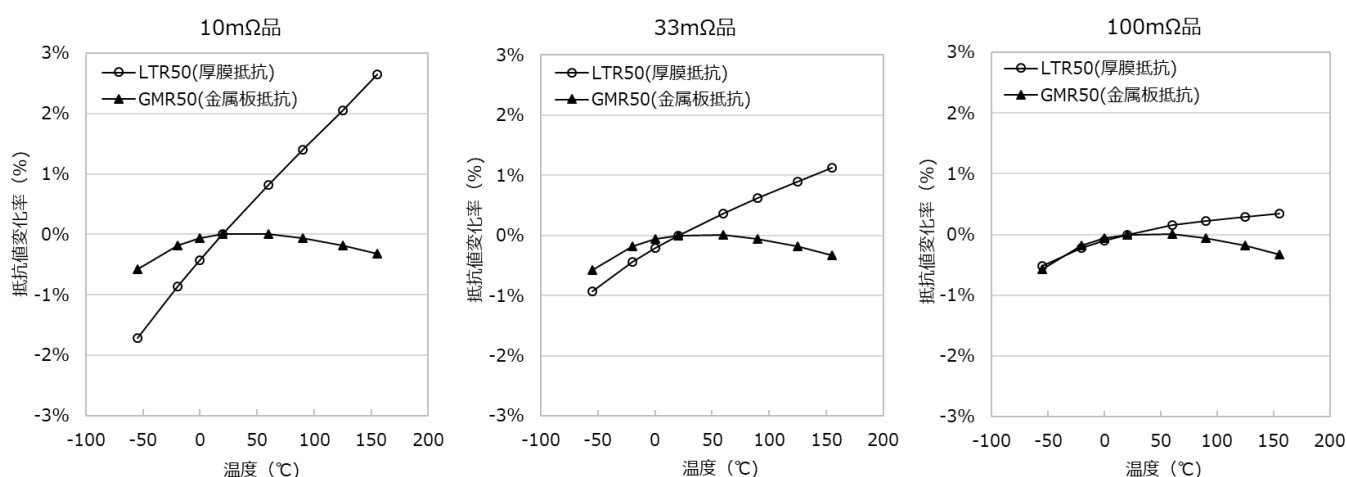


Figure 4. 厚膜抵抗と金属板抵抗の温度による抵抗値変化比較

【抵抗値領域：10mΩ以下】

10mΩ以下のシャント抵抗を使用する場合、Figure 2 のようにセンシングラインをシャント抵抗器のパッド内にレイアウトした場合でも、抵抗温度係数に関して実装基板の銅箔や製品の銅電極の影響を受ける為、基板設計の際はそれも考慮にいれなければいけません。抵抗温度係数に影響を及ぼす項目については下記の4項目が挙げられます。

- ・センシングラインの引き出し位置
- ・銅箔厚み
- ・製品の電極間寸法とパッド間寸法の差
- ・電流経路

① センシングラインの引き出し位置

10mΩ以下のシャント抵抗器ではパッド内においてもセンシングラインの引き出し位置により、銅箔や銅電極の影響を受けて抵抗温度係数に差が生じる事があります。一般的に抵抗値が低くなる程、この影響は大きくなります。

その為、パッド内でも出来る限りこれらの影響を減らせる位置にセンシングラインをレイアウトする必要があります。

代表例として PSR100/0.3mΩで、センシングラインをパッドの中央部(センシング位置 A)、端部(センシング位置 B)、から引き出した場合の抵抗温度係数(20℃→125℃)を記載します。(Figure 5)

この結果から、センシングラインをパッドの端部から引き出した場合、抵抗温度係数は銅箔の影響を受けて高くなる事がわかります。

ROHM で保証値としてデータシートに記載しているものは、センシングラインをパッドの中央部にレイアウトした基板での測定結果によるものになります。

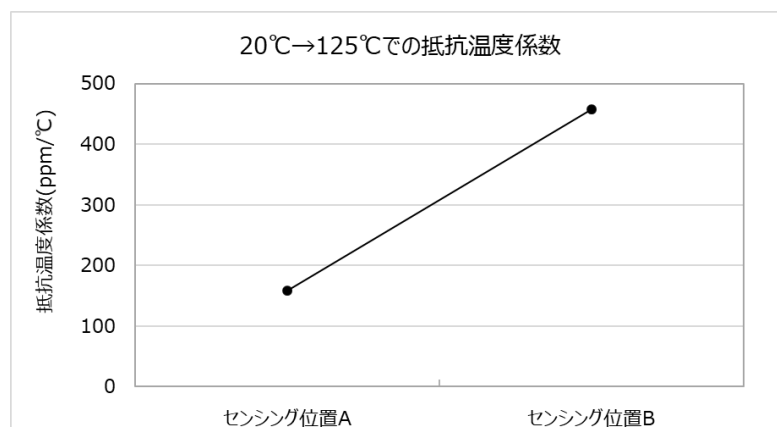
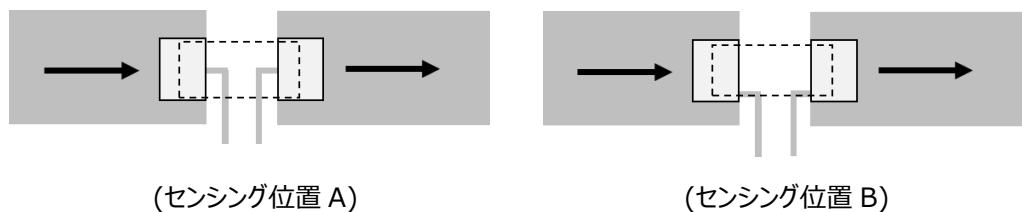


Figure 5. PSR100/0.3mΩのセンシング位置による抵抗温度係数の比較

② 銅箔厚みの影響

大電流を流す為や、放熱性を良くするためには、プリント基板の銅箔を厚くする必要がある場合もありますが、銅箔が厚くなるにつれて抵抗温度係数への影響は大きくなります。代表例として PSR100/0.3mΩ で基板の銅箔厚みの違いによる抵抗温度係数(20℃→125℃)を比較した結果を記載します。(Figure 6)

ROHM で保証している抵抗温度係数は銅箔 35μm での使用時の保証値になります。

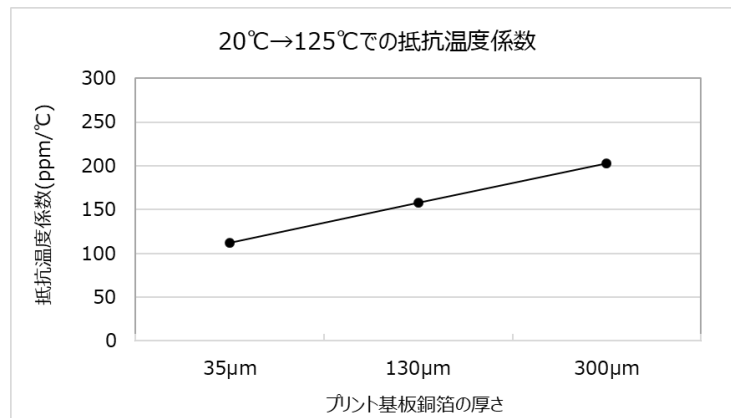


Figure 6. PSR100/0.3mΩの銅箔厚みによる抵抗温度係数の比較

③ 製品の電極間寸法とパッド間寸法の差

シャント抵抗は各社製品の電極寸法が異なる事が多い為、2 社購買を行っている場合、メーカー推奨のパッドサイズを採用できない場合があります。このように製品の電極間寸法に対してパッド間寸法が異なる場合も、抵抗温度係数に影響を及ぼします。代表例として PMR100/1mΩ でパッド間寸法の違いによる、抵抗温度係数(20℃→125℃)を比較した結果を記載します。(Figure 7)

この結果より、製品の電極間寸法よりパッド間寸法が長い場合、抵抗温度係数は高くなる事がわかります。

※製品構造によってはこの傾向が変わる場合があります。

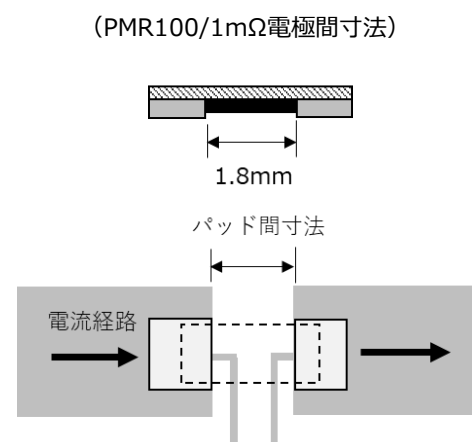
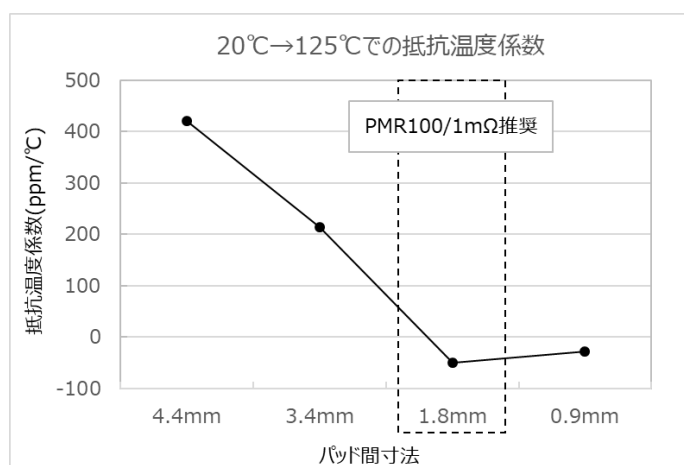


Figure 7. PMR100/1mΩのパッド間寸法による抵抗温度係数への影響

④ 電流経路の影響

先に説明したとおり、センシングラインをパッドの内側中央部にレイアウトすると抵抗温度係数への影響を抑制できますが、加えて電流経路によっても影響を受けます。代表例として PSR100/0.3mΩ で、下記のように 3 条件の電流経路の場合で抵抗温度係数(20℃→125℃)を比較した結果を記載します。(Figure 8)

基板の作り込み精度や実装ズレでセンシングラインに対して製品の位置ずれが生じる事も想定しての比較となります。

この結果より、製品とセンシングラインの位置にずれが生じた場合の抵抗温度係数への影響が、電流経路によって異なる事がわかります。電流経路 B の場合は、あらかじめセンシングラインの引き出し位置を製品(パッド)の中心からあらかじめ、Figure 8 でのマイナス方向にズラして設計した方が抵抗温度係数に対して優位であると言えます。

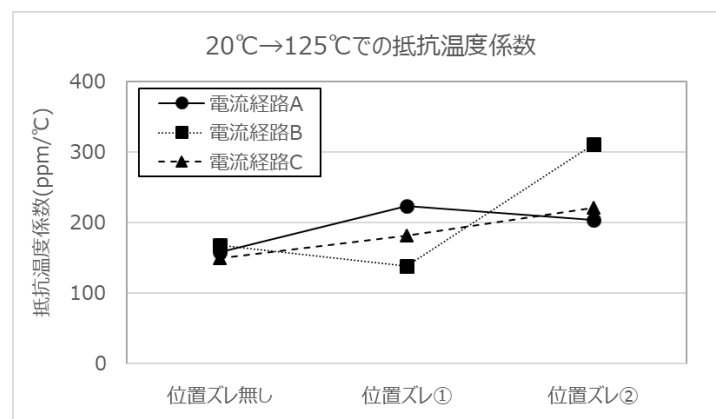
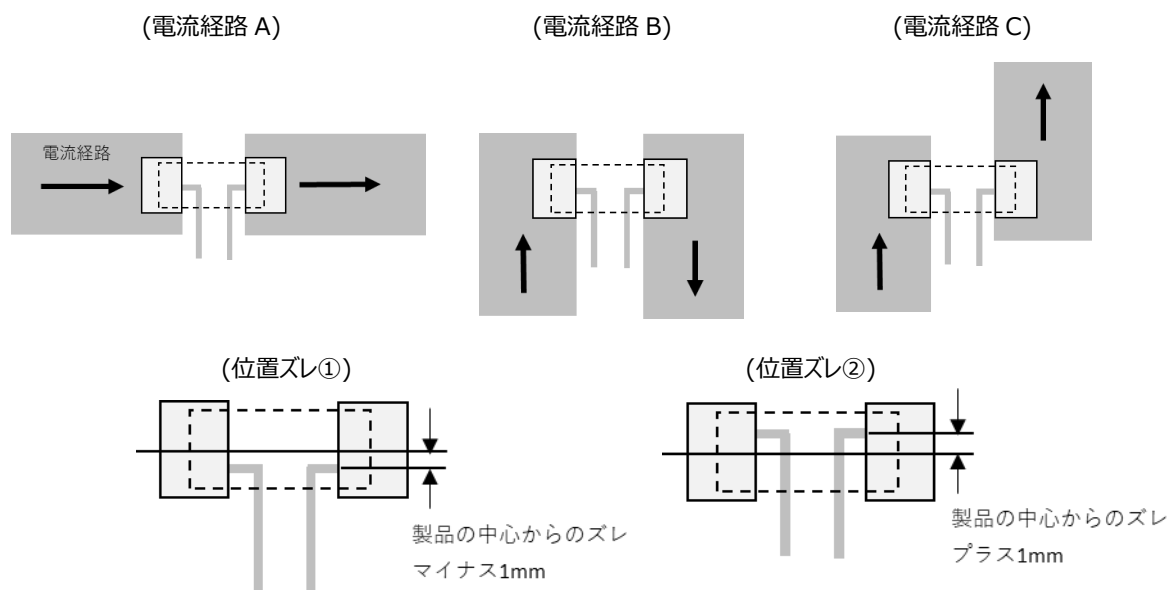


Figure 8. PSR100/0.3mΩの電流経路による抵抗温度係数への影響

まとめ

これらの抵抗温度係数への影響の大きさは、製品(製品構造、サイズ、銅電極厚み、抵抗値)に異なります。一般的に製品の抵抗値が低ければその影響も大きくなります。