

用薄膜电阻阵列提高反馈电路和分压器的精度

Sebastian Weihausen, 产品营销工程师, Vishay Intertechnology, Inc.

前言

当我们想到电阻和其特性时, 首先跃入我们脑海的是外形尺寸和阻值, 以及温度系数(TCR)、公差和额定功率。对于很多应用, 这些特性已经足以描述清楚为完成规定工作所需要的电阻。至于模拟精密电路, 我们需要考虑得更深入, 尤其是要考察电阻在预期寿命内的工作状态。对于反馈电路和分压器, 前面提到的参数和稳定的分压比对电路的精度有决定性影响。只有在电路的使用寿命内, 电阻阻值相互之间保持不变, 才能够实现和保持分压器或反馈电路的稳定性。

这篇应用笔记的目的是让设计者明白, 该如何使用薄膜片式电阻阵列优化电子电路的工作状态和稳定性。薄膜电阻阵列的特定电阻芯的相对特性有公差匹配¹、TCR 跟踪²和相对电阻漂移, 是精度和长期稳定性的关键参数, 在下文中会进行更详细的解释。

对电阻特性的影响

在我们更仔细地考察薄膜电阻阵列的电气特性前, 很重要的一件事情是在一个相对简单的电路上理解电阻特性的影响。为此, 我们用一个非反相放大器的反馈环路为例。我们将比较在反馈环路中使用分立电阻和使用电阻阵列的两种情况。在这两个场景出现最坏的情况下, 使用阵列能够大大降低增益误差。

在这个例子里, 应用的预期寿命大约是 10 年, 电阻层的温度达到 70° C。这些条件对今天的工业、汽车, 以及高端多媒体应用都并非少见。

由两个分立精密电阻组成的反馈环路

电阻的技术标准:

温度系数(TCR): ± 25 ppm/K

公差: $\pm 0.1\%$

增益系数的计算: $V = 1 + (R_2 / R_1)$

在此例中, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 900 \Omega$

计算结果: $V = 10$

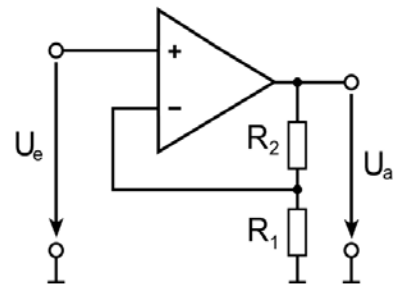


图 1:使用分立电阻的反馈环路

整个增益误差是由电阻的标称公差、温度系数和电阻的漂移引起的所有增益误差的总和。

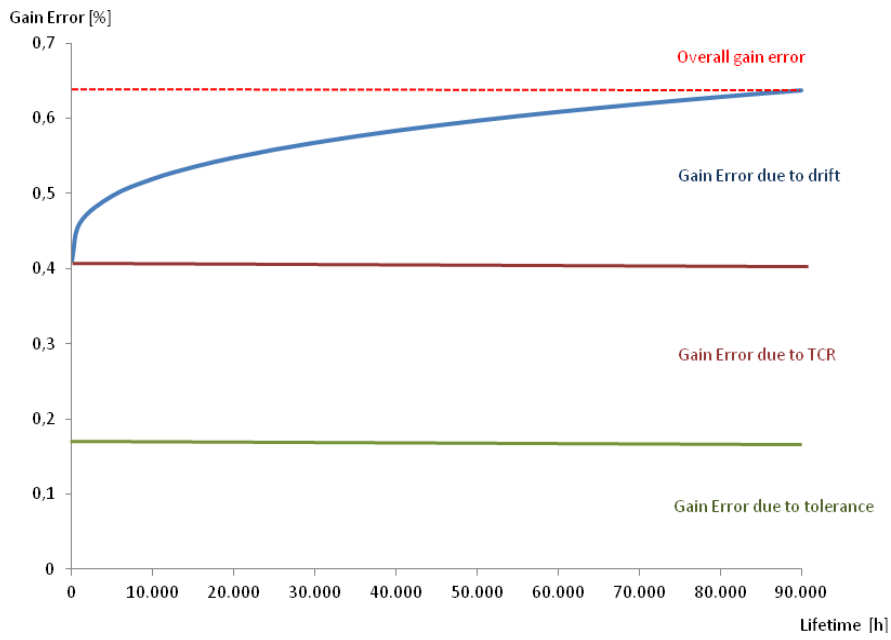


图 2:使用分立电阻的增益误差

由电阻阵列组成的反馈环路

电阻阵列的技术标准:

绝对温度系数: $\pm 25 \text{ ppm/K}$

绝对公差: $\pm 0.25 \%$

相对 TCR (TCR 跟踪): 10 ppm/K

相对公差 (公差匹配): 0.1%

增益系数的计算 $V = 1 + (R_2 / R_1)$

在此例中, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 900 \Omega$

计算结果: $V = 10$

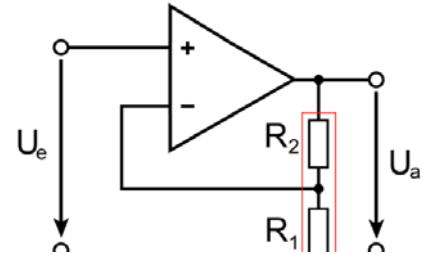


Figure 3: Feedback with a resistor array

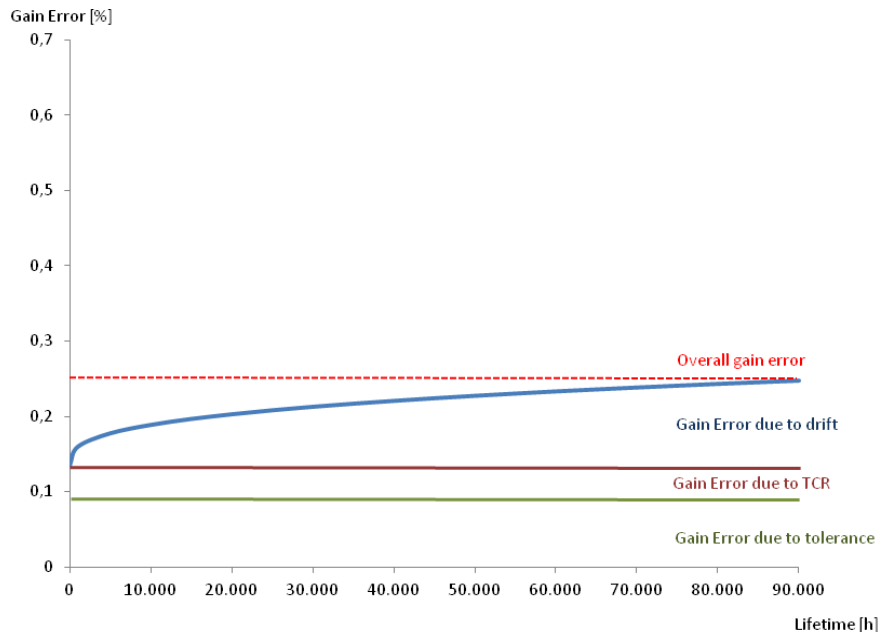


图 4: 使用电阻阵列的增益误差

正如我们所看到的，只要简单地使用一个具有公差匹配和 TCR 跟踪（和相对漂移）等特定相对特性的电阻阵列，就有可能大幅度降低绝对增益误差。

电阻阵列的优点

薄膜电阻阵列的工作状态取决于制造工艺和电阻层的材料特性。单个电阻的热耦合和均匀散热都是由此产生的，对相对电阻漂移也有非常大的影响。

相对公差（公差匹配）

片式电阻的标称阻值是用激光进行微调得到的。在微调过程中，要对阻值进行连续监控，以便确保阻值落在规定的公差范围内。

精密激光系统能够在同一个阵列上实现不同的阻值。在激光处理过程中，低能量输入可产生高度的结构化和高电阻比，而不会影响其他的电阻参数。

相对于标称阻值的变化量被定义为绝对公差。各个电阻值间的差值用公差匹配来描述，有时也称为“相对公差”或“比例公差”。

图 5 显示了采用 4 个集成电阻的电阻阵列公差的示例。分压器的相对限值是关键性参数，在这里规定为 $\pm 0.05\%$ 。

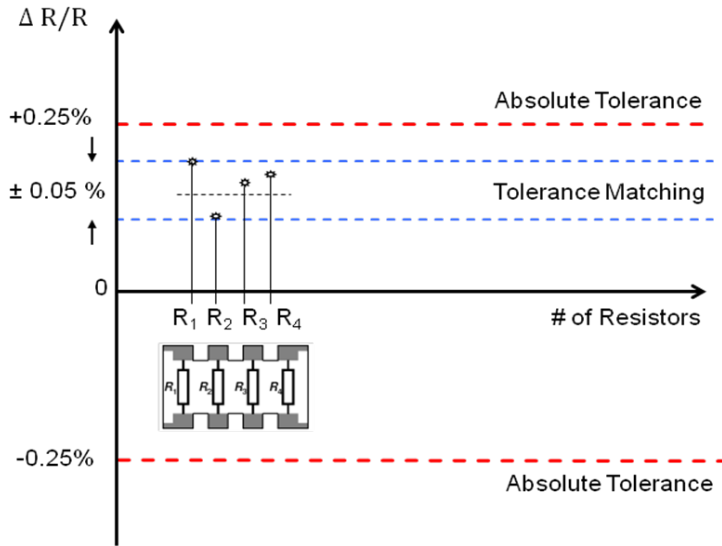


图 5，严格的相对公差：“公差匹配”

相对温度系数（TCR 跟踪）

理想的电子电路在工作时应当与温度变化无关。减少温度相关性的一个办法是使用低温度系数的电阻。薄膜电阻的温度系数(TCR)会受到各种参数的影响，如所使用电阻材料的合金成分，溅射工艺条件，以及在制造过程中的温度处理。这些参数中的每一个都需要进行非常精确的控制，才能实现小温度系数。

对于分压器和反馈电路，各个电阻的相对 TCR 甚至比其绝对数值更加重要。对于电阻阵列，这个特性是用 TCR 跟踪来规定的。之所以能够制定电阻阵列的 TCR 跟踪标准，是因为各个电阻芯受到温度影响的程度是一样的。换句话说，生产过程中的工艺条件几乎完全一样，在工作过程中阵列内的散热是均匀的，因此阵列里所有电阻的温度系数曲线相互之间是一致的。在电阻阵列上，各个电阻挨得很近，保证在溅射加工过程中层的厚度是均匀的。在接下来的热处理过程，各个电阻的温度完全一样，且保持不变。这样，任何需要保持电阻相对稳定性的电路的好处是，薄膜电阻阵列使电路与温度变化几乎无关。

图 6 是一个 TCR 标准为 $\pm 25 \text{ ppm/K}$ (红色曲线)和 TCR 跟踪标准为 $\pm 5 \text{ ppm/K}$ (蓝色曲线)的阵列的原理图示例。

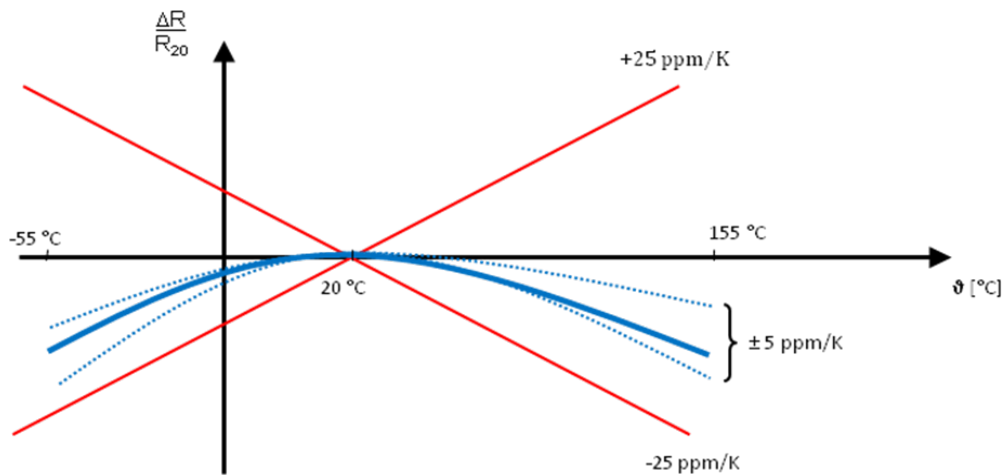


图 6: 绝对 TCR 限值 (红色)和 带 TCR 跟踪的 TCR 曲线 (蓝色)

相对电阻漂移

所有的电阻都有一个共同点：受温度影响一段时间后，它们的阻值都会发生变化。变化的幅度与电阻的基础技术有很大关系，如电阻材料的成分，工艺条件等。

电阻的膜温是由所施加的功率、热阻和环境温度决定的。衬底材料(Al_2O_3)的导热性非常好，因此能够与电阻阵列的各个电阻芯形成良好的热耦合。

这种热耦合能够保证在整个阵列上实现均匀的散热，几乎不用考虑一个或几个电阻上是否有电，也不用考虑阵列是放在印制电路板的什么地方。

均匀散热又能够保证阵列里的所有电阻都能按照几乎一样的速率老化。可以忽略与时间有关的相对电阻变化，使得电阻比的长期稳定性也非常高。

总结

薄膜电阻阵列由装在一个封装里的若干阻值相同或不同的电阻组成。在生产过程和器件的寿命周期内，所有特定电阻几乎都经历了完全一样的情况，使电阻的相对公差、相对温度系数甚至相对电阻漂移都能够达到高标准。这些相对参数保证了精确并且稳定的电阻比，使反馈电路和分压器的长期稳定性远远优于使用分立器件的方案。

多年以来，Vishay 的 ACAS AT 薄膜电阻阵列已经在现场使用中证明具有良好的精度和长期稳定性。除技术支持外，Vishay 还提供用于测试和开发的样品。

更多技术信息请参考产品数据手册：

<http://www.vishay.com/docs/28770/acasat.pdf>

寻求技术支持和样品: thinfilmmarray@vishay.com

参考文献

Vishay, 技术笔记：“计算薄膜电阻的漂移”

修改日期: 24-Jul-12; 文档编号: 28809

<http://www.vishay.com/docs/28809/driftcalculation.pdf>