

# 航空电子高精度贴片合金电阻关键技术研究

唐宗飘 陈维招 徐临超 庄 重 陈尔镇  
浙江骐盛电子有限公司 浙江温州 325000

**摘 要:** 本研究旨在探索航空电子领域中高精度贴片合金电阻的关键技术, 通过对高精度贴片合金电阻的含义和特点的分析, 确定了研究的目标和方向。在此基础上, 重点研究了高精度贴片合金电阻的材料选择及制备、尺寸精度控制、电阻值的精度控制三方面内容。其中材料选择及制备涉及合金材料的研究、贴片尺寸及形状设计; 尺寸精度控制方面考虑了设备选型及校准、测试方法选择以及温湿度对合金电阻尺寸的影响; 电阻值的精度控制部分探讨了电阻补偿技术和温度系数补偿研究。通过对以上关键技术的研究, 旨在提升航空电子领域中高精度贴片合金电阻的性能和稳定性, 进而为航空电子系统的发展提供理论参考。

**关键词:** 航空电子; 高精度贴片; 合金电阻; 材料选择; 尺寸精度控制

## Research on key technology of avionics high-precision chip alloy resistance

Zongpiao Tang, Weizhao Chen, Linchao Xu, Zhong Zhuang, Erzhen Chen  
Zhejiang Qisheng Electronics Co., Ltd, Wenzhou, Zhejiang, 325000

**Abstract:** This study aims to explore the key technologies of high-precision chip alloy resistors in the field of avionics, and determines the research goals and directions through the analysis of the meaning and characteristics of high-precision chip alloy resistors. On this basis, three aspects of high-precision chip alloy resistor material selection and preparation, dimensional accuracy control, and precision control of resistance value are studied. Among them, the selection and preparation of materials involve the research of alloy materials, patch size and shape design; In terms of dimensional accuracy control, the influence of equipment selection and calibration, test method selection and temperature and humidity on the size of alloy resistance was considered. The section on the accuracy control of resistance value discusses the research of resistance compensation technology and temperature coefficient compensation. Through the research of the above key technologies, this paper aims to improve the performance and stability of high-precision chip alloy resistors in the field of avionics, and then provide a theoretical reference for the development of avionics systems.

**Keywords:** avionics; High-precision patch; alloy resistance; material selection; Dimensional accuracy control

### 引言

近年来, 航空电子领域对高精度贴片合金电阻的需求日益增长。随着航空电子系统的不断发展, 对于电阻精度和稳定性的要求也越来越高, 航空电子系统在高温、低温、高湿度、低压力等极端环境下工作, 而传统的贴片电阻往往无法满足其精度要求和长期可靠性。因此, 研究高精度贴片合金电阻的关键技术, 对于提升航空电子系统的可靠性、延长电子设备的寿命以及提高系统的工作性能具有重要意义。本研究旨在探索航空电子领域中高精度贴片合金电阻的关键技术, 期望能够提供符合航空电子系统需求的高精度贴片合金电阻, 为航空电子领域的发展提供支持。

### 一、高精度贴片合金电阻概述

#### 1.1 高精度贴片合金电阻的含义及系列参数选择

高精度贴片合金电阻是一种具有极高精度和稳定性的电阻器件, 常用于航空电子领域。其特点是尺寸小、形状扁平, 并能在高温、高湿等苛刻环境下工作, 通过选用合金材料、优化制备工艺和精确控制尺寸和电阻值, 高精度贴片合金电阻能提供可靠、准确的电阻值, 满足航空电子系统对精确电阻的要求, 以保证系统的可靠性和性能。高精度贴片合金电阻被广泛应用于各种领域, 如医疗设备、测量仪器、汽车仪表、深海探测仪、航空电子仪表等, 这些领域对电子设备的性能和稳定性要求极高, 因此需要使用高精度的元器件,

如高精度贴片合金电阻来保证其工作的精度和可靠性。高精度贴片电阻参数不尽相同，例如 0201 贴片高精度电阻体积  $L=0.58\text{mm} \times 0.29\text{mm}$ ，精度范围为 0.5% 或 1%，温度系数、阻值范围对应为 25PPM 50PPM/°C、49.9R~33K。其他的 0402、0603、0805 等贴片高精度电阻的参数选择不详细叙述了。



图 1 0201 贴片合金电阻图示

### 1.2 高精度贴片合金电阻的特点分析

高精度贴片合金电阻是一种在航空电子领域广泛应用的电子元件，其具有如下特点：1. 高精度。高精度贴片合金电阻能够提供非常准确的电阻值，其制备过程经过精确的工艺控制，能够达到很高的尺寸和电阻值精度，满足航空电子系统对精度的严格要求。2. 稳定性好。高精度贴片合金电阻在长时间使用过程中能够保持较为稳定的电阻值，合金材料的选择和优化的制备工艺能够降低电阻值温度变化对电阻的影响，确保电阻值的稳定性。3. 高精度贴片合金电阻还具有体积小、重量轻、耐高温、抗震动和抗冲击等优点，凭借这些特点贴片合金适用于航空电子设备高密度集成和复杂的工作环境。

## 二、航空电子高精度贴片合金电阻关键技术研究

### 2.1 高精度贴片合金电阻的材料选择

#### 2.1.1 合金材料研究

在航空电子高精度贴片合金电阻的研究中，合金材料的选择是非常关键的一步。通过对不同合金材料的研究和比较，可以找到具有高精度、稳定性和可靠性的材料，以满足航空电子系统对贴片合金电阻的要求。

在合金材料研究中，考虑了一些常见的合金材料如镍铬合金 (NiCr)、锡银合金 (SnAg)、铜镍合金 (CuNi) 等。例如相关研究对不同合金材料的电阻温度系数进行比较，结果显示，镍铬合金具有较低的温度系数，能够在宽温度范围内保持相对稳定的电阻值；而铜镍合金的温度系数较高，对温度变化较为敏感。因此，在航空电子系统中，镍铬合金可能更适合高精度贴片合金电阻。此外，该实验也对合金材料的稳定性进行了测试，通过接触角测试和腐蚀实

验，发现锡银合金具有良好的稳定性，有助于减少与外部环境的相互作用，这对于航空电子系统中的高精度贴片合金电阻来说是非常重要的。

综合以上分析结果，可以得出如下结论：即针对航空电子高精度贴片合金电阻的材料选择，镍铬合金和锡银合金可能是较为优选的材料。当然，具体的材料选择还需要根据实际应用需求和系统性能来综合考虑。

#### 2.1.2 贴片尺寸及形状设计

在贴片尺寸设计方面，根据贴片电阻的使用环境和预期性能，需要考虑贴片的长宽尺寸、厚度以及引出端的形式等因素，合适的尺寸参数可以保证电阻连接的可靠性和稳定性。例如对于航空电子系统中的高精度贴片合金电阻，一种常见的尺寸是 0402 尺寸，即长为 0.04 英寸、宽为 0.02 英寸的贴片。贴片形状设计也是贴片尺寸控制的一部分，合适的形状设计可以确保贴片与电路板之间的紧密连接，并减少尺寸误差。在实际的设计中，常见的贴片形状包括长方形、正方形和圆形等。为了验证贴片尺寸及形状设计的准确性，可以使用计算机辅助设计 (CAD) 软件进行模拟和优化，通过模拟分析，可以提前发现可能存在的尺寸误差和形状不匹配问题，并进行相应的调整和优化。

举例来说，假设需要设计一个 0402 尺寸的贴片合金电阻，使用长方形形状。可以使用 CAD 软件进行设计模拟，验证贴片尺寸和形状的准确性，通过调整设计参数，如长度、宽度和边角的曲率等，可以优化贴片的尺寸控制，并确保与电路板的匹配。为了验证设计结果，我们可以通过实验测量来确认所设计的贴片合金电阻的尺寸和形状是否符合预期，通过测量结果与设计参数的对比分析，可以评估设计的准确性和可重复性。

表 1 贴片合金电阻尺寸标准

型号	公制/mm	长/mm	宽/mm	高/mm
0201	0603	$0.60 \pm 0.05$	$0.30 \pm 0.05$	$0.23 \pm 0.05$
0402	1005	$1.00 \pm 0.10$	$0.50 \pm 0.10$	$0.30 \pm 0.10$
0603	1608	$1.60 \pm 0.15$	$0.80 \pm 0.15$	$0.40 \pm 0.10$
0805	2012	$2.00 \pm 0.20$	$1.25 \pm 0.15$	$0.50 \pm 0.10$

### 2.2 高精度贴片合金电阻的尺寸精度控制

#### 2.2.1 设备选型及校准

设备选型是确保贴片合金电阻尺寸精度的第一步。为了获得准确的尺寸测量结果，需要选择高精度的测量设备。例如可以选用光学显微镜或激光扫描仪等设备进行尺寸测量。这些设备通常具有微米级的测量精度，能够满足高精度贴片合金电阻尺寸控制的要求。

设备的校准则是确保测量结果准确性的关键步骤,通过定期对测量设备进行校准,可以消除由于设备本身导致的尺寸测量误差。

举例说明,假设选择了一台高精度光学显微镜作为测量设备,将使用一个标准尺寸对象,其尺寸为 10 微米,来进行校准。在校准过程中,通过比标准尺寸对象的实际尺寸和光学显微镜测量的尺寸来确定显微镜的测量误差。结合测量误差结果,可以进行校准参数的调整,以减小尺寸测量误差。

### 2.2.2 选择合适的精度测试方法

一种常用的测试方法是使用光学显微镜或扫描电子显微镜进行贴片尺寸的观察和测量,这些仪器能够提供高分辨率和精确的测量结果,可以对贴片进行放大检查,并测量关键尺寸参数,如宽度和长度。例如,通过显微镜观察贴片的切口,可以确定其边缘的平直度和平行度。这种方法能够提供准确的视觉评估,但对于超小尺寸的贴片可能存在测量困难。

另一种常用的方法是使用光学分析系统,如影像轮廓仪(Optical Profilometry)。该系统通过投射光线并记录反射光线的形状和轮廓,可以快速、非接触地测量贴片的表面形貌和轮廓。影像轮廓仪可以提供更详细的表面特征信息,并测量贴片的高度、平坦度、角度等参数。

### 2.2.3 严格控制温湿度对合金电阻尺寸造成的影响

温湿度的变化会导致材料的膨胀或收缩,进而影响贴片电阻的尺寸稳定性和准确性。一项实验研究表明,将贴片电阻暴露在高温高湿的环境中,其尺寸会发生明显的膨胀。例如,当温度从标准环境的 25℃升高到 40℃,湿度升高到 80%时,贴片电阻的尺寸可能会增加约 0.1%至 0.2%。这种膨胀现象可能会导致贴片电阻与其他组件之间的不匹配,从而影响整个航空电子系统的性能。为了解决这一问题,需要采取相应的措施控制温湿度对贴片电阻尺寸的影响。一种常用的方法是使用温湿度控制设备,将贴片电阻制造过程中的环境参数保持在严格的标准范围内。例如,在制备贴片电阻时,可以选择具有温湿度控制功能的封闭式制造环境,确保工作环境的温湿度保持稳定。此外,还可以使用专门的温湿度补偿算法,根据温湿度变化对电阻尺寸的影响进行预测和补偿。

## 2.3 高精度贴片合金电阻值的精度控制

### 2.3.1 电阻补偿技术

电阻补偿技术旨在通过外部电路或算法手段,对电阻进行准确的测量和修正,从而实现电阻值的精确控制。常见的电阻补偿技术是校准电阻法,该方法通过在电路中引入一个已知精度的校准电阻来测量待校准电阻的电阻值。校准电阻一般具有非常高的精度和稳定性,通过与待校准电阻进行比较,可以计算出电阻误差,并进行相应的补偿。另一种常见的电阻补偿技术是桥式电路法,该方法基于电桥平衡原理,利用电阻比较和平衡电路中的电流或电压关系进行电阻测量和补偿。通过调节电桥平衡的参数,可以实现对电阻值的精确控制。

### 2.3.2 温度系数补偿研究

研究温度系数补偿方法可以有效地提高贴片合金电阻在不同温度下的精度和稳定性,温度系数是指随温度变化而引起电阻值变化的比例。温度系数补偿方法的核心是建立一个与温度相关的补偿模型,这个模型可以根据贴片合金电阻所使用的材料特性和电阻值随温度变化的规律来确定。具体而言,可以通过实验测试和数据分析来获取电阻值随温度变化的关系,并建立数学模型进行预测和补偿。温度系数补偿方法可以分为基于硬件和软件两种方式,其中基于硬件的方法是在贴片合金电阻的设计和制备阶段考虑温度系数问题,选择合适的合金材料和结构,以降低温度对电阻值的影响。而基于软件的方法则是通过在电路系统中加入温度传感器,测量环境温度,并利用补偿模型来实时校正电阻值。

## 三、结束语

本研究以航空电子高精度贴片合金电阻为研究对象,重点探讨了材料选择与制备、尺寸精度控制和电阻值精度控制的关键技术。通过优化制备工艺和控制尺寸精度,提出电阻补偿和温度系数补偿方法,实现了高精度贴片合金电阻的可靠性和稳定性的提升。

### 参考文献:

- [1]刘嘉,陈小丽,罗文东等.航空电子设备安装支架的刚度与频率优化设计[J/OL].航空工程进展:1-8[2023-07-08].
- [2]李夏,梁争争.面向航空电子设备的元器件应用验证探索[J].电脑编程技巧与维护,2023(05):11-13+32.
- [3]林健,冯刚,雷永平等.核电用铝合金电阻对焊的研究进展[J].北京工业大学学报,2022,48(10):1078-1087.
- [4]张立.稀土镁合金电阻点焊组织性能研究[D].南昌大学,2022.