

巨磁阻多圈位置传感器的磁体设计

Stephen Bradshaw, 产品应用工程师

Christian Nau, 产品应用经理

Enda Nicholl, 战略营销经理

摘要

基于巨磁阻(GMR)传感技术的真正上电多圈传感器必将彻底改变工业和汽车用例中的位置传感市场，因为与现有解决方案相比，其系统复杂性和维护要求更低。本文说明了设计磁性系统时必须考虑的一些关键因素，以确保在要求严苛的应用中也能可靠运行。其中还介绍了一种磁性参考设计，方便早期采用该技术。在上一篇文章中，我们介绍了多圈传感技术以及一些关键应用领域，例如机器人、编码器和线控转向系统。

引言

多圈传感器本质上是将磁写入和电子读取存储器与传统的磁性角度传感器相结合，以提供高精度的绝对位置。“[具有真正上电能力与零功耗的多圈位置传感器\(TPO\)](#)”中描述的磁写入过程需要使用特定的操作窗口来维持入射磁场。如果磁场过高或过低，可能会出现磁写入错误。在设计系统磁体时必须小心仔细，并考虑可能干扰传感器的任何杂散磁场以及产品使用寿命内的机械公差。较小的杂散磁场可能会导致测量角度出现误差，而较大的杂散磁场可能会导致磁写入错误，从而引起总圈数错误。

磁性参考设计目标

设计出理想的磁体和屏蔽需要仔细了解系统要求。一般来说，系统要求越宽松，达到目标规格所需的磁体解决方案尺寸越大、成本越高。ADI正在开发一系列满足各种机械、杂散场和温度要求的磁性参考设计，可供[ADMT4000](#)真正上电多圈传感器的

客户使用。ADI开发的第一个设计涵盖了公差相对宽松的系统：传感器到磁铁的距离为 $2.45\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ，传感器到旋转轴的总位移为 $\pm 0.6\text{ mm}$ ，工作温度范围为 -40°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$ ，杂散磁场屏蔽衰减大于90%。

磁性元件注意事项

设计磁体时，需要考虑一些关键注意事项，下一节内容概述了在为GMR传感器进行设计时需要考虑的主要方面。

磁体材料

GMR传感器在定义的磁窗口（16 mT至31 mT）¹内运行；此外，最大和最小工作范围具有热系数(TC)，如图1中的红色迹线所示。选择TC与GMR传感器匹配的磁体材料最大限度地提高工作磁场的允许变化范围。这有助于增大磁体强度的变化和/或磁体相对于传感器的距离公差变化。铁氧体等低成本磁性材料的TC远远高于GMR传感器，与钐钴(SmCo)或钕铁硼(NeFeB)等材料相比，其工作温度范围有限。

了解所选磁性材料的TC以及由于制造差异而导致的磁场强度变化后，即可确定室温(25°C)下所需的磁场强度。然后可以在室温下进行设计仿真，同时系统将在整个温度范围内按预期运行的可信度高。在图1中，绿色实线代表磁体根据设计应在GMR传感器的活动区域范围内产生的磁场强度窗口。由于磁性材料制造工艺的差异，该窗口小于GMR传感器的最大和最小操作窗口。绿色虚线表示由于>5%的典型制造差异而产生的最大和最小预期磁场。

¹ ADMT4000发布之前，操作窗口可能会发生变化。

磁体仿真

机械操作环境中磁体的仿真可以采取不同的形式。通常用于设计磁体的仿真有两种类型：解析仿真或有限元分析(FEA)。解析仿真使用被仿真磁体的整体参数（尺寸、材料）求解出磁场，除了假设磁体在空气中运行之外，不考虑周围环境。这是一种快速的计算，在没有相邻铁磁材料时非常有用。FEA可以对较大磁性系统中含铁材料的影响进行建模，在将磁体与杂散磁场屏蔽或靠近磁体或传感器的铁磁材料组合时，此操作至关重要。FEA是一个耗时的过程，因此其通常将解析分析中的基本磁体设计作为起点。FEA用于对磁体和杂散场屏蔽的参考设计进行仿真。

磁铁设计特性

仿真产生的参考设计磁体由一个带有集成钢杂散场屏蔽的SmCo磁体组成，如图2所示。该磁体采用注塑成型设计，因此能够批量生产。SmCo磁体的注塑成型因能够生产复杂的形状而很常见，并且广泛用于汽车和工业应用。该组件根据设计可与直径为9毫米的轴形成过盈配合；然而，可以对衬套进行修改，以便连接到不同尺寸的轴。

磁体表征

我们对磁体组件进行了仔细的表征，以展示GMR传感器的强大磁性解决方案。表征的关键是能够绘制在扩展的磁铁到传感器距离窗口范围内磁场强度在受控环境中的详细图。表征成功的关键在于充分了解和校准所用的磁场探头。图3显示了在两个不同气隙下测量的磁场强度的示例，在整个工作温度范围和气隙范围内重复这些测量非常耗时，但此操作对于了解磁体性能以确保其在所需条件下正常运行至关重要。

结语

总之，参考设计磁体已被证明能够满足在-40℃至+150℃温度下工作的要求，气隙为2.45 mm ± 1 mm，与传感器轴向距离公差为±0.6 mm。杂散场屏蔽的详细信息将在后续文章中介绍。

ADMT4000是首款集成式真正上电多圈位置传感器，必将显著降低系统设计复杂性和工作量，最终实现体积更小、重量更轻和成本更低的解决方案。该参考设计将提供给ADI的客户，无论设计人员是否具备磁性设计能力，均能借此为当前应用添加或改进现有功能，并为许多新应用打开大门。

如需了解有关ADMT4000和磁性参考设计的更多信息，请访问analog.com/cn，或联系您当地的ADI销售团队，他们将乐于讨论您的要求和应用。

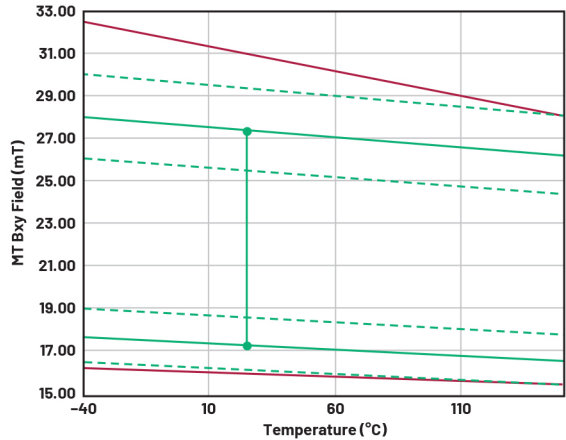


图1. 工作窗口与典型SmCo磁体的热系数比较。



图2. 参考设计磁体。

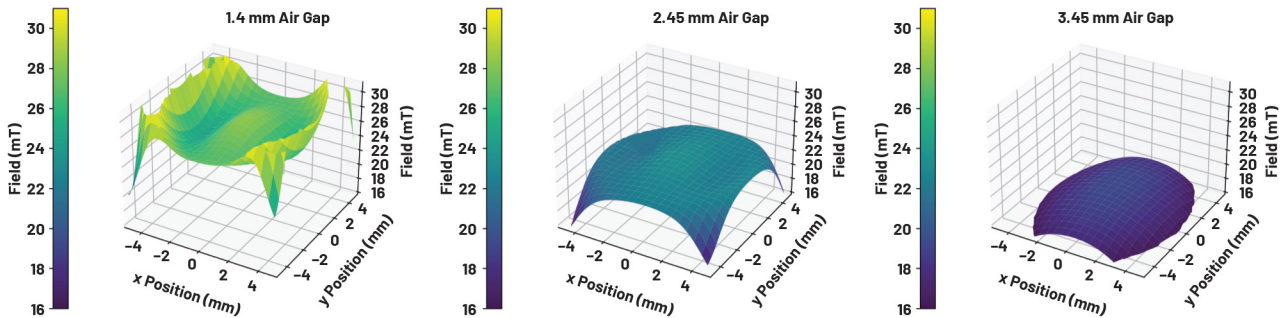


图3. 气隙为1.42 mm和2.45 mm的磁场分布。



作者简介

Stephen Bradshaw拥有利兹大学电气工程学士学位，以及格拉斯哥大学光电学硕士和博士学位。在职业生涯的早期，Stephen曾负责意法半导体第一代手机摄像头中所用镜头的设计和表征，然后在Maroni钻研Gbps光收发器并在Nanotech Semiconductor参与了大部分光收发器的研发工作。Stephen在ADI公司工作已有10余年，在此期间担任应用工程师，为锂铁和铅酸电池监控产品线及磁性位置传感器业务提供支持。



作者简介

Christian Nau是ADI公司的产品应用经理，拥有汽车电子和传感器方面的背景。他于2015年加入ADI公司，担任现场应用工程师和主题专家，为欧洲、中东和非洲地区的磁性传感器业务提供支持。自2019年以来，Christian一直在ADI公司的磁性传感器技术事业部工作，为现有产品的客户合作项目提供支持，并为该事业部未来在多个市场的发展方向出谋划策。



作者简介

Enda Nicholl是ADI公司驻爱尔兰利默里克的磁性传感器战略营销经理。Enda是一名机械工程师，于2006年加入ADI公司。他在传感器和传感器接口产品领域拥有近30年的经验，涉及广泛的应用和市场，包括汽车和工业。在整个职业生涯中，Enda一直从事产品应用、现场应用和销售，以及战略业务开发和营销。

