

# Electromagnetic Shielding Effectiveness of Ti Metal Composite

Cheng Kun

Nanjing University of Technology, Nanjing

**Abstract:** For the harsh environment of EMC, the common electromagnetic shielding materials can not meet the protection of equipment and related systems, such as the special working environment of high and low temperature or strong acid and alkali, this paper compares several metal parameters, and introduces Ti High efficiency electromagnetic shielding composite materials were prepared by combining metal and other metals with excellent performance. The electromagnetic shielding effectiveness of the composite materials containing Ti metal alloy was measured by the method of coaxial flange measurement. The average electromagnetic shielding effectiveness of the composite materials can reach 85 dB under the working bandwidth of 7-15 GHz.

**Key words:** Ti; Composite; Electromagnetic shielding; Shielding effectiveness

Received: 2020-04-23; Accepted: 2020-05-08; Published: 2020-05-10

# Ti 金属复合材料的电磁屏蔽效能探析

程 琨

南京工业大学，南京

邮箱: kc7860@163.com

**摘 要:** 对于环境苛刻的电磁兼容环境下, 常用电磁屏蔽材料已不能满足对设备及相关系统的保护作用, 如高低温或强酸碱的特殊工作环境等, 本文通过对比几种金属参数, 并将 Ti 金属与其他性能优良的金属结合制备出高效能电磁屏蔽复合材料, 利用法兰同轴测量电磁屏蔽效能法测得含 Ti 金属合金电磁屏蔽复合材料的电磁屏蔽效能在工作带宽 7—15GHz 下平均可达 85dB。

**关键词:** Ti; 复合材料; 电磁屏蔽; 屏蔽效能

收稿日期: 2020-04-23; 录用日期: 2020-05-08; 发表日期: 2020-05-10

Copyright © 2020 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



随着电子工业以及纳米技术的迅猛发展,大量的电子、电器设备日趋微集化、轻量化、纳米化等。并且对于特殊的电磁兼容环境,所要求的电磁屏蔽材料也有严格的标准。纳米导电涂料技术的应用在制备电磁屏蔽材料上早已屡见不鲜,而且加工生产纳米级电磁屏蔽材料的工艺也越来越多。将纳米金属材料通过涂覆、填充、光学镀、蒸发镀、水电镀、化学镀、溅射镀等方式镀覆在基体材料的表面,形成金属薄膜,使其具有更好的电磁屏蔽效能。

## 1 金属特性参数分析

金属材料应用于电磁屏蔽材料或制备屏蔽材料已屡见不鲜,其中有金属板材、发泡金属、金属导电涂料、金属非晶材料等。其中金属涂料是通过采用良好导电性的金属粉末,经过一些工艺上的混合离散后,在特定的环境下与基体材料固化成型,形成电磁屏蔽材料。金属导电涂料在制备电磁屏蔽材料上最大的优点在于成本低廉、实用性高、操作简易,可通过喷涂、刷涂或涂覆与各种形状的基体材料表面,市面中常见的金属涂料有银系、铜系、镍系等。表1和表2分别给出了本文所选用的金属离子作为电磁屏蔽复合材料的物理性能参数和力学性能参数。

表 1 金属物理性能参数

Table 1 Physical property parameters of metal

名称	符号	室温密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔点 / $^{\circ}\text{C}$	沸点 / $^{\circ}\text{C}$	电阻率 / $\text{n}\Omega \cdot \text{m}$	电导率 ( IACS ) /%	热导率 / $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
银	Ag	10.49	961.9	2163	14.7	108.4	428
铜	Cu	8.93	1084.88	2595	16.73	103.06	398
镍	Ni	8.902	1453	2730	68.44	25.2	82.9
钛	Ti	4.507	$1688 \pm 10$	3260	420	—	11.4

表 2 金属力学性能参数

Table 2 Mechanical properties of metals

名称	符号	抗拉强度 $\sigma_b/\text{Mpa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{Mpa}$	断后伸长率 /%	硬度 HBS 或 HV	弹性模量 $E/\text{Gpa}$
银	Ag	125	35	50	25	71
铜	Cu	209	33.3	60	37	128
镍	Ni	317	59	30	60 ~ 80	207
钛	Ti	235	140	54	60 ~ 74	106

通过用上述两表与银系作对比,可知铜、镍、钛这三系金属离子虽然在导电性上不及银系离子,但相对密度都比银系小,质量轻;金属钛离子虽电阻率很高,但其力学性能上要高于其它金属离子;金属镍离子虽热导率相对较低,但其化学性能稳定。本文为制作在电磁屏蔽性能上优良并在其使用过程中能够拥有耐磨性、耐高低温性等综合性质的复合材料,故选用了性价比较高的铜、镍及力学性能较高的钛金属作为制备材料。

## 2 电磁屏蔽效能测量实验及数据分析

实验条件:

(1) 矢量网络分析仪工作频带为 40 M ~ 40 GHz;

(2) 波导同轴转换器工作频带为 7 ~ 15 GHz;

(3) 屏蔽室:屏蔽室规格为  $2 \times 2 \times 2$  (m), 型号为 Y68; 测量装置开窗尺寸为  $400 \times 400$  (mm); 屏蔽门尺寸为  $750 \times 1800$  (mm); 该屏蔽室测量的频宽为 10 KHz—20 GHz, 场强为 110 dB。电磁屏蔽的机理是利用相应的屏蔽材料对空间随机辐射到设备或系统的电磁波进行不同机制的衰减,产生相应的损耗,即为反射损耗、吸收损耗和内部多次吸收损耗。屏蔽材料对空间电磁波的屏蔽效能可按下式计算:

$$SE=R+A+B \quad (1)$$

反射损耗为 R, 吸收损耗为 A, 内部多次吸收损耗为 B, 其中  $R=201g \left| \frac{\eta_0}{4\eta_0} \right|$ ;  $A=201g e^{\frac{t}{\sigma}}$ ;  $B=201g \left| 1-e^{\frac{t}{\sigma}} \right|$ ,  $\eta_0$  为波阻抗; t 为材料的厚度,  $\sigma$  为屏蔽材料表面的金属材料屈服深度。通过已知经典理论公式可得出基本结论,当材料的厚度 t 增大时,材料的屏蔽效能会随之提高。本文将 Ti 金属和传统屏蔽材料在相同的条件下做电磁屏蔽效能测试,分析其屏蔽效能数据,得到相应结论。

波导同轴传输线法测量屏蔽效能比较容易使用,主要由一对波导同轴和矢量网络分析仪或频谱仪组成,采用矢量网络分析仪测量入射功率和透射功率,测得屏蔽材料屏蔽效能,实验系统框图如图 1 所示。

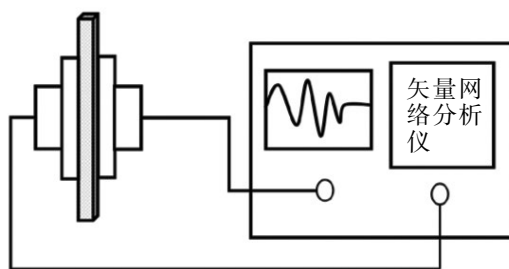


图1 实验系统框图

Figure 1 Experimental system block diagram

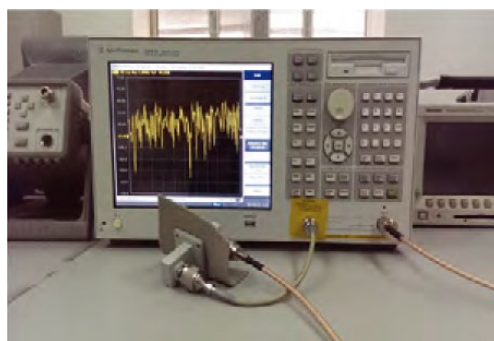


图2 波导同轴转换器实测量屏蔽效能

Figure 2 Real measurement of shielding effectiveness of waveguide coaxial converter

将一对波导同轴转换器与矢量网络分析仪两个端口相连接，严丝合缝地将波导同轴转换器的两个端口通过塑料螺丝对接，实际屏蔽测试的实验系统如图2所示。按仪器的正常操作规程开启矢量网络分析仪，按照实际测试需要，调整工作频率后，观察矢量网络分析仪在没有屏蔽材料的条件下波导同轴转换器的传输功率  $S_{21}$  参数（图3所示），然后将机器暂停，拆下波导同轴转换器的塑料螺丝，将制作好的电磁屏蔽材料放置到波导同轴转换器的中间，再夹紧波导同轴转换器，并保持电磁屏蔽材料与波导同轴转化器之间的稳固性，按上述的参数，继续打开矢量网络分析仪，按自动获取键。此时，矢量网络分析仪显示通过波导同轴转换器的电磁波在经过电磁屏蔽材料衰减后的  $S_{21}$  参数（图4所示）。计算电磁屏蔽材料的屏蔽效能 SE 值的公式为：

$$SE \text{ (dB)} = S_{21} - S_{21} \quad (2)$$

经计算得在工作频带为 7 ~ 15 GHz 下约为 -113 ~ -67 dB。通过上述公式得电磁屏蔽材料的屏蔽效能 SE 值约为 85 dB。

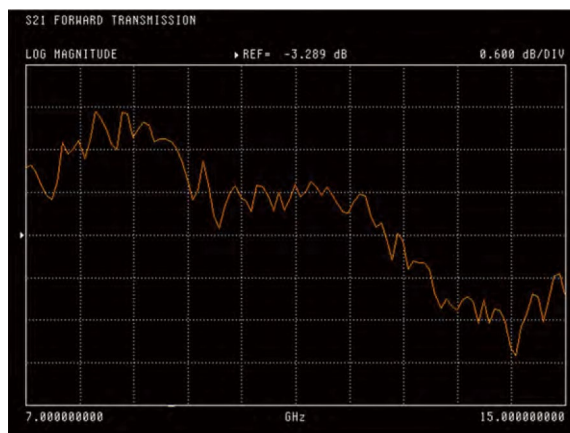


图 3  $S_{21}$  参数

Figure 3  $S_{21}$  parameters

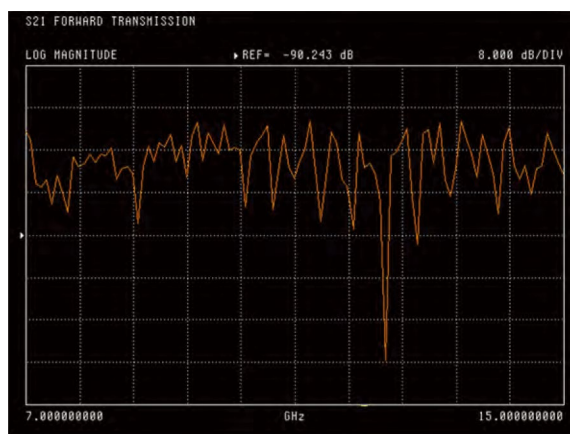


图 4  $S_{21}$  参数

Figure 4  $S_{21}$  parameters

通过实验数据反应出 Ti 金属在用作电磁屏蔽材料上，对于整体的电磁屏蔽效果较为理想，更能突出 Ti 金属在特殊的电磁兼容环境下，也能满足设备或系统的电磁兼容性。由于金属 Ti 的材料特性，拓展了同类别的电磁屏蔽复合材料应用范围。

### 3 结论与展望

综上所述, Ti 金属对于纳米级电磁屏蔽复合材料的应用得到了可观性的验证, 由于 Ti 金属本身具有耐高低温、耐强酸强碱腐蚀性、且质量轻, 强度高金属材料特性, 可令其应用到苛刻环境代替传统电磁屏蔽复合材料。未来的电磁屏蔽复合材料的种类会越来越多地出现在我们的视野中, 基于电磁屏蔽复合材料对电磁波的反射、透射与吸收的方面考虑, 通过使用导电性能优良的材料来增加其对电磁波的反射作用; 通过使用导磁性能优良的材料来提高对电磁波的吸收效果; 随着空间中随机传输的电磁波频率的增大, 电磁屏蔽复合材料的屏蔽效能会有所降低。但是在实际应用中, 应根据当前使用情况来确定制备需要的金属材料类别、镀膜厚度或添加涂料的计量等因素, 将性能优良的非金属材料制作成电磁屏蔽复合材料, 以确保电磁屏蔽复合材料具有良好的力学性能, 扩大其使用领域, 并在可控制范围内尽量降低制备电磁屏蔽复合材料的成本。

### 参考文献

- [1] Qu Zhaoming, Wang Qingguo, Hu Xiaofeng, et al. Influence of fillers' shape to computer shielding materials [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2011, 32 (Supplement): 172-174.
- [2] Chen Xuhua, Yi Jianzheng. Shielding effectiveness and reflection attenuation of multiply material due to oblique incident plane wave [J]. Systems Engineering and Electronics, 2010, 32 (12): 2561-2564.
- [3] Klinkenbusch L. On the shielding effectiveness of enclosures [J]. IEEE Trans On Electromagnetic Compatibility, 2005, 47 (3): 589-601.