

# R15K 宽频高磁导率 MnZn 铁氧体电磁性能研究

## The EM Properties Study of R15K Wide Frequency High $\mu$ MnZn Ferrites

陆明岳

山东中瑞电子股份有限公司  
(新三板股票代码 430433)

摘要 :研究了宽频高磁导率 (R15K)MnZn 铁氧体显微结构与电磁性能。

关键词 :宽频高磁导率 , 显微结构 , 频谱 , 阻抗

中图分类号 : TM27 文献标识码 : B 文章编号 : 1606-7517(2014)11-3-131

### 1 引言

高磁导率 MnZn 铁氧体材料在抗电磁干扰 (EMI) 噪声滤波器、电子电路宽带变压器、脉冲变压器、综合业务数据网 (ISDN)、局域网 (LAN)、宽域网 (WAN)、背景照明、汽车电子等领域具有非常广泛的应用。高磁导率 MnZn 铁氧体材料主要性能特性体现在以下几个方面 :高初始磁导率 ;在宽频下具有较高的磁导率 ;低损耗因数 ;低总谐波失真 (THD) ;在宽温下具有较高的磁导率 ;磁导率减落系数要小 ;磁导率的应力敏感性要小。不同的应用领域对高磁导率 MnZn 铁氧体上述某个或几个方面的性能具有更高的要求。

本文着重研究和介绍了 R15K 宽频高磁导率 MnZn 铁氧体的电磁性能。

### 2 实验过程

采用普通氧化物湿法工艺 , 经湿混砂磨及一次喷雾造粒后 , 900 预烧 , 加入适量微量元素 , 再经二次砂磨及二次喷雾干燥造粒后 , 压成  $19 \times 14 \times 9.5$  的环形毛坯。在托钟罩炉中 1390 烧结 4~6 小时 , 烧结过程中严格按照气氛曲线 , 控制各阶段的氧含量 , 最终获得  $16 \times 12 \times 8$  的磁环。为研究原材料对高磁导率 MnZn 铁氧体性能的影响 , 采用两种规格的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  , 由进口高纯  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  制成的宽频高磁导率 (R15K)MnZn 铁氧体产品编号为 1 号 , 由国产高纯  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  制成的普通高磁导率 (R15K)MnZn 铁氧体产品编号为 2 号。

在磁环上绕制 10Ts( $0.1 \times 60$ ) 纱包漆包线用于测量材料

的电磁性能 , 样品的磁导率  $\mu_i'$  及  $\mu_i''$  、比损耗因子  $\tan\delta/\mu_i$  以及阻抗  $Z$  的频率特性通过 Agilent4291B 测量。

### 3 结果和讨论

#### 3.1 MnZn 铁氧体电磁性能

图 1 是 1 号和 2 号样品的磁导率频谱曲线 , 由图 1 很容易看出 , 尽管 2 个样品在 10kHz 的磁导率均为 15000 左右 , 但 1 号样品的频率特性要明显优于 2 号样品。1 号样品磁导率的实部  $\mu_i'$  自 100kHz 才开始下跌 , 200kHz 时为 12500 , 到 500kHz 时为还有 6500 ;1 号样品磁导率的虚部  $\mu_i''$  的峰值在 500kHz 左右 , 1 号样品的截止频率  $f_r$  在 500kHz 左右。而 2 号样品磁导率的实部  $\mu_i'$  自 50kHz 就开始下跌 , 100kHz 时为 13500 , 200kHz 时为 8500 , 到 500kHz 时为只有 3300 ;2 号样品磁导率的虚部  $\mu_i''$  的峰值

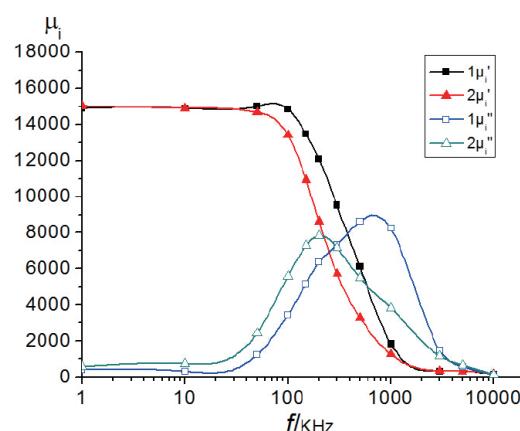


图 1 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 频谱特性

在 200kHz 左右，2 号样品的截止频率  $f_r$  在 200kHz 左右。

图 2 是 1 号和 2 号样品的阻抗频率曲线，在 150kHz~5MHz 频率范围内，1 号样品的阻抗要大大高于 2 号样品，在阻抗峰值 1MHz 附近，1 号样品的阻抗要高出 2 号样品 50% 以上。但在 5MHz~40MHz 的范围内，1 号和 2 号样品的阻抗比较接近，或者说差别不大。

图 3 是 1 号和 2 号样品的比损耗因子  $\tan\delta/\mu_i$  频率曲线，显然 1 号样品的比损耗因子  $\tan\delta/\mu_i$  在测试的频率范围内都明显低于 2 号样品。

图 4 是 1 号和 2 号样品的磁导率温度特性曲线，2 个样品曲线基本一致，居里温度  $T_c$  大于 130℃，但 1 号样品在居里温度附近的磁导率实部  $\mu'$  和虚部  $\mu_i''$  最大值更大。

### 3.2 MnZn 铁氧体表面与断面成分差异

图 5 和图 6 是 2 号样品表面及断面电子探针 EDAX 成份谱线，EDAX 成份分析结果表明，磁环表面与断面成分分别为，表面成份： $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{MnO} : \text{ZnO} = 53.15 : 24.94 :$

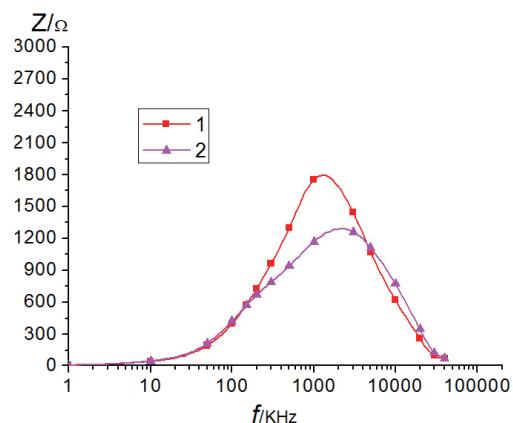


图 2 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 阻抗特性

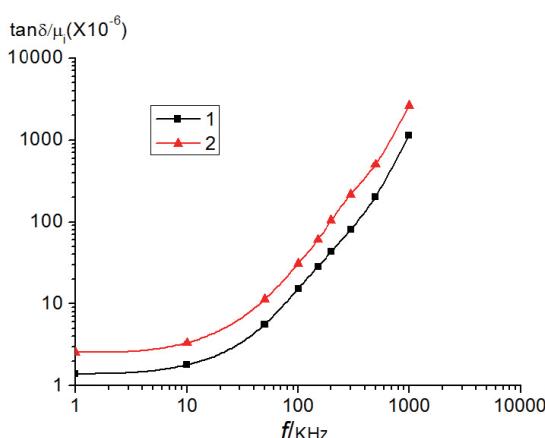


图 3 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 比损耗因子频率特性

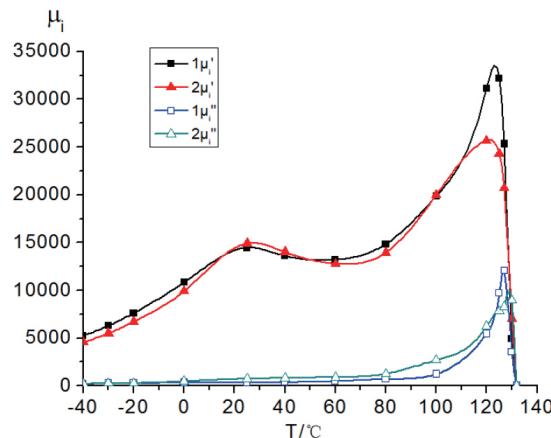


图 4 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 磁导率温度特性

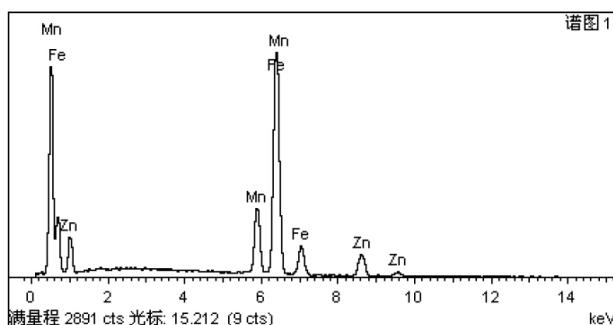


图 5 磁环表面 EDAX 成份谱线

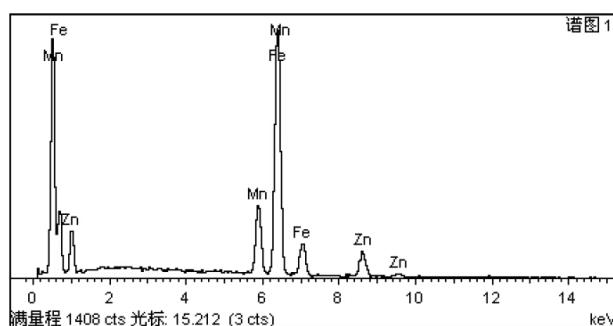


图 6 磁环断面 EDAX 成份谱线

21.91 mol%；断面成份： $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{MnO} : \text{ZnO} = 53.12 : 24.17 : 22.71\text{mol\%}$ ；成分差异主要是由于表面 ZnO 的挥发所引起的。

众所周知，磁环表面及断面的成分差异，将导致磁芯内部产生较大的内应力。应力大小可由下列公式描述：

$$S = [E(a/a)]/(1-b)$$

其中， $E$  为杨氏模量， $a$  为晶格常数， $b$  为泊松比。

高磁导率 MnZn 铁氧体材料的磁导率是结构敏感参数，对应力反应非常敏感。影响起始磁导率的各项因素，通常

可由下式表示：

$$\mu_i \propto \mu_0 M_s^2 / \left[ \left( K_1 + \frac{3}{2} \lambda_s \sigma_s \right) \phi^{2/3} \frac{x}{d} \right]$$

其中， $K_1$  为磁晶各向异性常数， $\lambda_s$  为磁滞伸缩系数， $\sigma_s$  为内应力， $\phi$  为杂质体积分数， $X$  为畴壁厚度， $d$  为杂质直径， $M_s$  为饱和磁化强度。由上式看出，应力  $\sigma_s$  对  $\mu_i$  影响还是很大的。

## 4 结论

(1) 原材料对获得宽频高磁导率 MnZn 铁氧体材料非常重要，具有良好理化特性的高纯  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  易于获得更为均匀

的显微结构。

(2) 显微结构对样品高频特性具有重要影响，良好的显微结构，易于获得更优异的高频性能。

## 参考文献

- [1] 王耕福 国际电子变压器. 2005 年 3 月.
- [2] 陆明岳 磁性材料及器件. Vol 29, No. 1 (1998).
- [3] 陆明岳 ICF-8 东京 (2000 年)
- [4] J. Dreikom et al ICF-8 东京 (2000 年)
- [5] Y. Matsuo et al IEEE International Magnetic Conference 1997 U. S. A.
- [6] K. Yasuhara et al. 日本应用磁学会志. Vol 19, No. 2, 1995.