

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 μ 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 Fe_2O_3 , 由进口高纯 Fe_2O_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 Fe_2O_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 × 60) 纱包漆包线用于测量材料

的电磁性能, 样品的磁导率 μ_i' 及 μ_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 μ_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 μ_i'' 的峰值在 500kHz 左右, 1 号样品的截止频率 f_c 在 500kHz 左右。而 2 号样品磁导率的实部 μ_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 μ_i'' 的峰值

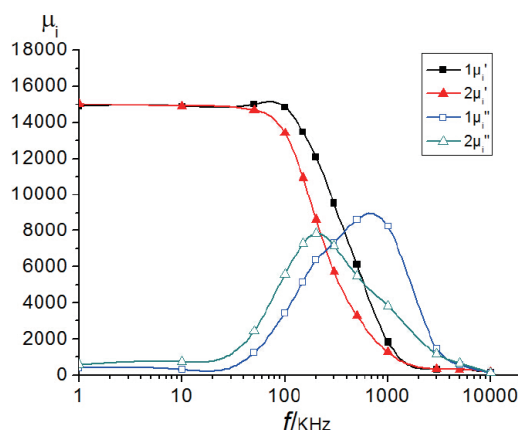


图 1 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 频谱特性

在 200kHz 左右，2 号样品的截止频率 f_c 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 μ' 和虚部 μ'' 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： $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{MnO}:\text{ZnO}=53.15:24.94:$

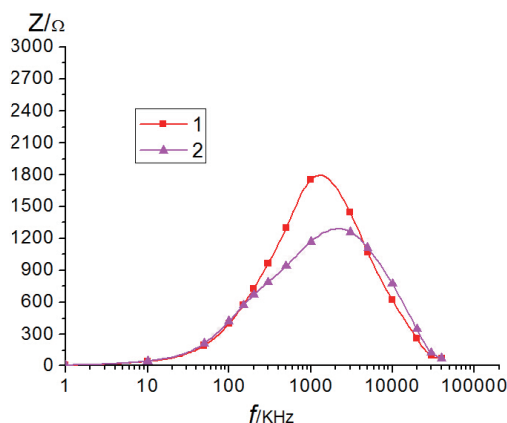


图 2 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 阻抗特性

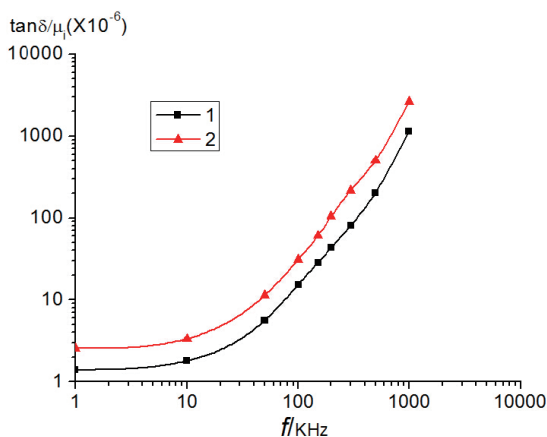


图 3 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 比损耗因子频率特性

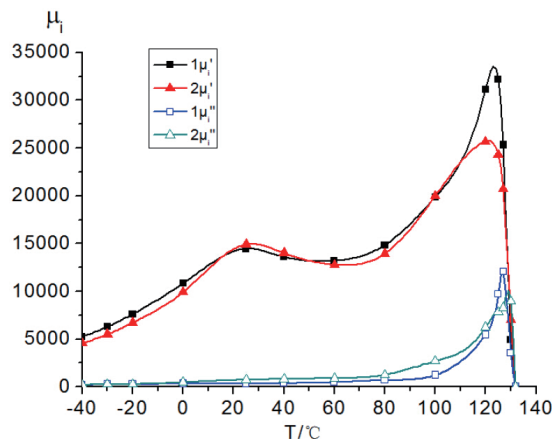


图 4 宽频铁氧体 (1) 与普通铁氧体 (2) 磁导率温度特性

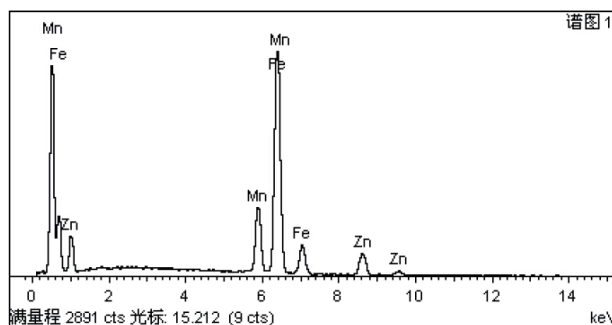


图 5 磁环表面 EDAX 成份谱线

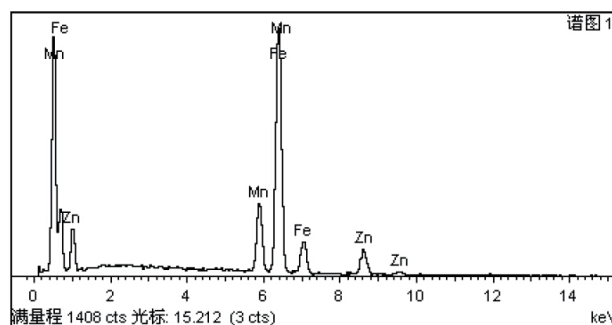


图 6 磁环断面 EDAX 成份谱线

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， λ_s 为磁滞伸缩系数， σ_s 为内应力， ϕ 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 σ_s 对 μ_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 Fe_2O_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.