

# 高居里温度高磁导率锰锌铁氧体TL7C材料

王鑫, 魏凌霄, 邢冰冰, 李小龙

天通控股股份有限公司 软磁材料研究所, 海宁 314412

**摘要:** 宽温高磁导率MnZn铁氧体TL7C是为了满足汽车电子应用开发量产的材料, 具有饱和磁通密度高、居里温度高等特性, 用于制作共模电感, 广泛应用于汽车电子领域。本文介绍了TL7C材料的制备过程, 详细描述了TL7C材料与传统材料特性差异, 简介了材料的应用。

**关键词:** MnZn铁氧体, TL7C材料, 高居里温度, 高饱和磁通密度

## High Magnetic Permeability MnZn Ferrite Material TL7C with High Curie Temperature

Wang Xin, Wei Lingxiao, Xing Bingbing, Li Xiaolong

Soft Magnetic Material Institute, TDG HOLDING CO., LTD., Haining 314412

### 1 引言

汽车电子产品的工作环境非常恶劣, 温度对电子产品的影 响非常大。汽车发动机本身是热源, 在炎热的地区, 汽车在满负荷行驶, 如立即停车将发动机熄火, 这时排气管散出的热量会使发动机室的温度升到 140℃以上。在寒冷地区, 车辆长时间停放在室外, 会使发动机室内的温度降低至 -40℃以下。因此, 一般安装在发动机室内的汽车电子产品, 都要求在 -40℃ ~ +150℃温度范围内都能正常工作。电磁物理环境是对汽车电子装置最具威胁的工作环境, 其主要表现为不稳定的电源电压、瞬变过电压及强电磁辐射等对工作状态下的电子装置形成严重影响。现代汽车电系已成为强电与弱点交叉、机械与电子一体化的典型产物, 使得来自汽车内外的电磁噪声对车载电子装置构成干扰。这种电磁干扰已引起人们的极大关注, 世界各发达国家都有相应的机构从事干扰的分析、测试及标准的制定工作, 西欧、美国和日本早已把此项标准作为汽车贸易中的一项验收标准。

为了保障汽车稳定安全运行, 推动汽车电子技术的发展, 我们立项并成功量产了, 高居里温度高磁导率 MnZn 铁氧体 TL7C 材料, 具有较高初始磁导率 (7000 ± 30%)、

更宽的工作温度 (> 180℃)、高阻抗等优势, 可以很好的满足现代汽车电子对工作环境温度高和抗电磁干扰 (EMI) 需求。

### 2 制备过程

MnZn 铁氧体为亚铁磁性, 其磁性主要通过 A、B 位超交换作用实现, 当温度升高到居里点时, 热骚动足以破坏离子磁矩的排列, 使离子磁矩处于混乱状态, 即饱和磁化强度  $M_s=0$ 。超交换作用越强, 参与交换的离子数越多, 居里温度就越高, 前人根据实验数据, 归纳了富铁材料居里温度计算公式<sup>[1]</sup>:

$$T_c = 12.8 \times \left( x(\text{Fe}_2\text{O}_3) - \frac{2}{3}x(\text{ZnO}) \right) - 354$$

根据居里温度要求并结合二峰位置确定材料主配方, 并通过实验确定矿化剂、助熔剂、细化晶粒产值等。材料制备工艺与测试如下:

TL7C 材料采用传统的氧化物法制备粉料, 采用陶瓷生产工艺制作样品。以工业纯级氧化铁、氧化锰、氧化锌为主要原料, 按配方称量, 在砂磨机中湿法混合、干燥后预烧 (950℃, 3h), 冷却后掺入杂质进行砂磨粉碎 (400r/

min,120min), 烘干后, 加入 8% 的 PVA 造粒, 压制成型; 采用平衡氧分压法在钟罩炉中烧结, 终烧温度 1330℃~1350℃, 保温 4~6h。

在进行材料性能判定时, 用  $\phi 25 \times 15 \times 7.5\text{mm}$  环作为标准样环。采用 HP-4284A/4285A 型号 LCR 测试仪测量样品电感、 $Q$  值, 阻抗进而计算磁导率和比损耗因数; 采用联众 MATS-2010SD 软磁直流测量仪测试样品  $B$ - $T$  曲线。

### 3 TL7C 材料性能

表 1 为 TL7C 材料与 TS7 材料<sup>[2]</sup> (为我司先期开发的 MnZn 铁氧体高导材料) 电气性能对比表, 对比可以看出: TL7C 材料常温磁导率为 7000 左右; 居里温度在 180℃ 以上, 比传统材料高 50℃ 左右, 可以满足汽车电子应用中高居里温度的安规要求; 饱和磁通密度达到 480mT 以上, 使材料能够应用到更高磁场强度场合, 提高了产品使用功率范围, 并且高的饱和磁通密度, 材料的抗直流偏置特性明显改善, 有利于防止因漏感存在导致的共模电感饱和。

图 1 为 TL7C&TS7 材料样品的常温  $\mu$ - $f$  曲线, 从中可以看出: TL7C 材料样磁导率在 7000 左右, 略低于 TS7 材料, 但磁导率最高点频率约为 300kHz, 并且材料截止频率达到 650kHz 左右, 表明 TL7C 材料样品磁导率频率特性较好, 可以在较高频率下使用, 有利于高频阻抗特性的提高。图 2 为 TL7C&TS7 材料样品的  $\mu$ - $T$  曲线, 从中可以得出: TL7C 材料有一定负温特性, 居里温度高, 达到 185℃。图 3 为 TL7C&TS7 材料样品的  $B$ - $H$  曲线, 从图中可以得出: TL7C 材料产品  $B_s$  较高, 在 25℃ 时达到 490mT, 比 TS7 材料高约 60mT, 100℃ 时也达到 360mT, 比 TS7 材料高 100mT 以上。

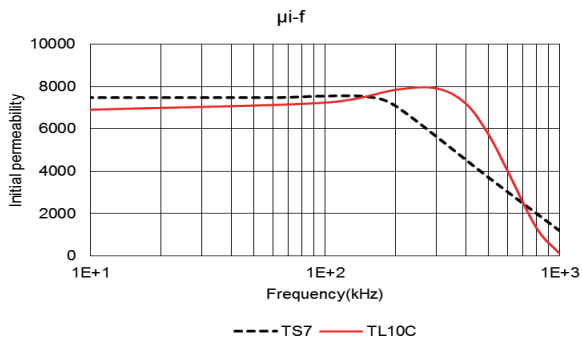


图 1 TL7C&TS7 材料样品常温  $\mu$ - $f$  曲线

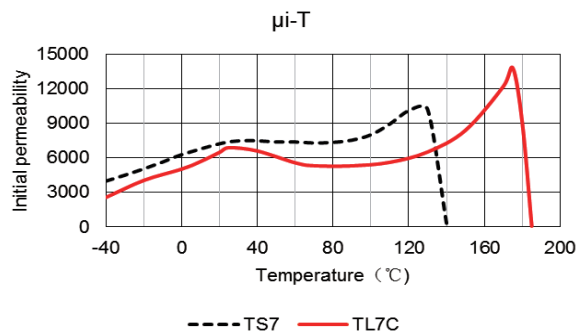


图 2 TL7C&TS7 材料样品  $\mu$ - $T$  曲线

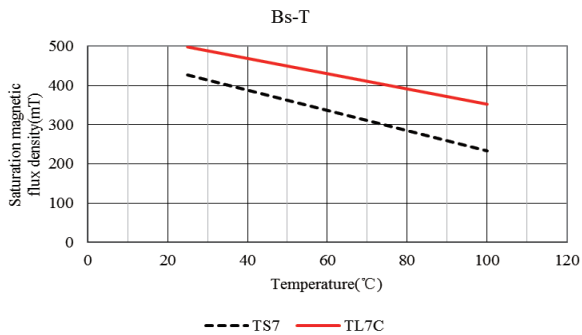


图 3 TL7C&TS7 材料样品  $B$ - $H$  曲线

表 1 TL7C 材料与 TS7 材料电气性能对比

参数	单位	测试条件	TL7C	TS7	
起始磁导率 $\mu_i$	/	$f=10\text{kHz}, B < 0.5\text{mT}$	25℃	7000±30%	7500±30%
比损耗 $\tan\delta/\mu_i$	$\times 10^{-6}$	$f=10\text{kHz}, B < 0.5\text{mT}$	25℃	< 20	< 20
饱和磁通密度 $B_s$	mT	$f=1\text{kHz}, H=1194\text{A/m}$	25℃	480	410
比温度系数 $\alpha_{\mu ir}$	$\times 10^{-6}/\text{°C}$	$f=10\text{kHz}, B < 0.5\text{mT}$	20℃~60℃	-1.0~1.0	-0.5~2.0
居里温度 $T_c$	℃	$f=10\text{kHz}$		> 180	> 125
密度 $d$	$\text{kg/m}^3$	/	/	$4.9 \times 10^3$	$4.8 \times 10^3$

#### 4 TL7C 材料应用简介

高居里温度高磁导率 MnZn 铁氧体 TL7C 材料是我公司为了材料升级,配合 A 终端汽车厂家而开发的优异材料,具有居里温度高、频率特性优异、饱和磁通密度高等优点,满足汽车电子应用领域高的温度安规要求,主要用作共模电感,起到抗 EMI 的作用。

T36 磁心为我司配合 A 终端汽车厂家提供的产品,主要用来制作成滤波器,用在 OBC 电路的输入和输出端,起到滤波的作用。如图 4、图 5 为 TL7C 材料与国际先进材料磁导率和阻抗特性(双 6Ts)对比曲线:TL7C 材料高频磁导率更高,频率特性优异,并且在常温和高温均具有更高的阻抗。TL7C 材料得到器件客户和终端汽车厂家的认可,已制作承认书并小批量供货,后续会进行现有机种导入和新机种开发。

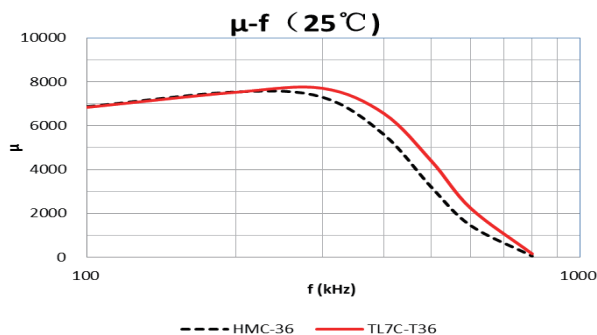


图 4 TL7C 材料样品与对比样品  $\mu$ - $f$  曲线

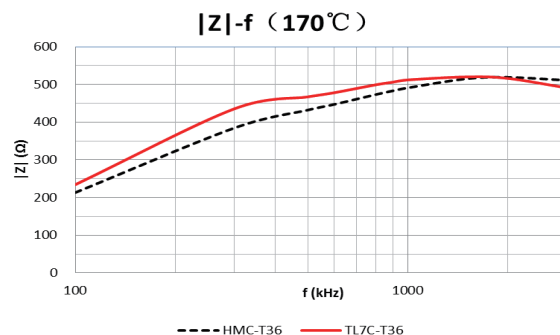
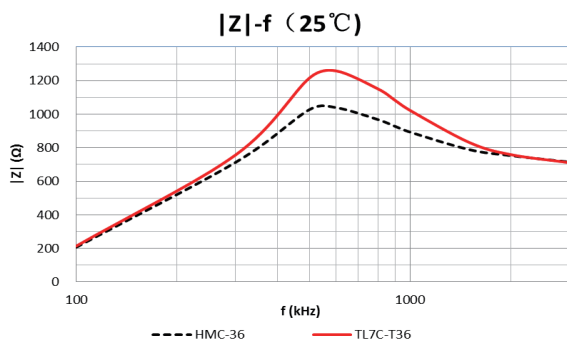


图 5 TL7C 材料样品与对比样品  $|Z|$ - $f$  曲线

#### 5 结论

通过对高居里温度高磁导率 MnZn 铁氧体 TL7C 材料产品性能、产品应用等方面综合分析可知:TL7C 材料磁导率较高,居里温度高,饱和磁通密度高并且具有很好的频率特性和高频阻抗特性,可用作共模滤波器适用于汽车电子领域。

#### 参考文献

- [1] Robss E, Moser E. Microstructure and properties of manganese zinc ferrites. Z Angew Phys, 1961, 13:2474
- [2] <http://en.tdgc.com/foreground/mnzn.pdf> 天通控股产品名录

#### 作者简介

王鑫,男,32岁,2011年4月毕业于南京航空航天大学,获应用化学工学硕士学位,2011年至今,在天通控股股份有限公司从事软磁铁氧体开发工作。

地址:浙江海宁市盐官镇郭店建设路1号

联系电话:13567399474

邮箱:wx@tdgc.com