

# 固相烧结法制备 $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 铁 氧体材料的吸波性能研究

王翠平<sup>1</sup>, 方庆清<sup>1</sup>, 李民权<sup>2</sup>, 刘艳美<sup>1</sup>

(1. 安徽大学物理与材料科学学院, 安徽 合肥 230039; 2. 安徽大学电子科学与技术学院, 安徽 合肥 230039)

**摘要:**采用固相烧结法,按不同配方制备了吸波材料  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45, 0.5$ ), 研究了  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等掺杂对  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  吸波特性的影响。结果表明,  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  吸波性能较好,而在  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  中掺入 1% 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  对增加  $-10\text{dB}$  带宽很有帮助。

**关键词:** 固相烧结; LiZn 铁氧体; 掺杂; 吸波性能

中图分类号: TG132 文献标识码: A

电磁技术的不断发展,从无线电广播、电视到电脑以及各类电子设备的广泛使用,在给我们的工作和生活带来便捷高效的同时,也给我们的生活空间带来了肉眼看不见的电磁辐射污染。已有人形容如今生活在都市里的人们,仿佛置身于“大微波炉”中,承受着各种电磁辐射的冲击,电磁辐射对人体的作用主要有 3 种,即“热效应”、“非热效应”、“致癌、致突变、致畸作用”<sup>[1]</sup>。

微波吸收材料,简称吸波材料,是一种能有效吸收入射雷达波,并使其散射大幅度衰减的功能复合材料。新一代的吸波材料要求具有衰减能力强、吸收频带宽、质轻、红外和微波吸收兼容等性能。由于铁氧体是一种双复介质,它不但具有一般介质材料的欧姆损耗、极化损耗、离子和电子共振损耗,还具有铁氧体特有的畴壁共振损耗、磁矩自然共振损耗和粒子共振损耗,因此至今仍是微波吸收材料的主要成分之一。但是常用的六角晶系铁氧体制成的吸波材料,难以满足吸收频带宽、质量轻、厚度薄的要求,因此近年来尖晶石型铁氧体复合吸波材料越来越受到人们的关注。LiZn 铁氧体与其它尖晶石型铁氧体材料相比,有质轻、廉价、热稳定性好等优点<sup>[2,3]</sup>,但国内对它的吸波

性能的研究尚未见报道。

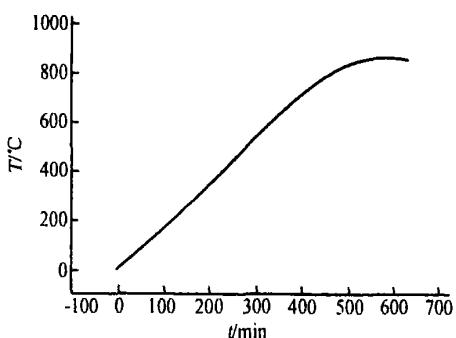
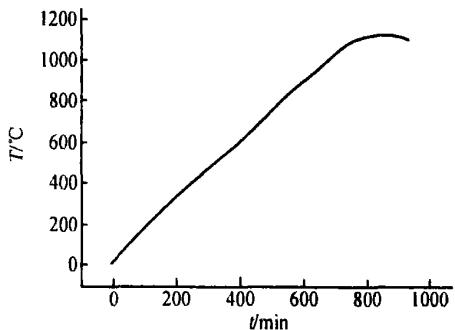
## 1 试验

### 1.1 吸波材料的制备

以  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉体为原料,将 3 种粉体分别按不同的摩尔比  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45, 0.5$ ) 称量混合,再将混合后的粉料放在玛瑙研钵中充分混合后碾磨 2h,所得纳米粉体在空气中 850°C 烧结,其预烧结曲线如图 1,预烧后的粉料再经 1100°C 退火,其曲线如图 2 所示。

### 1.2 样品结构和性能的测量

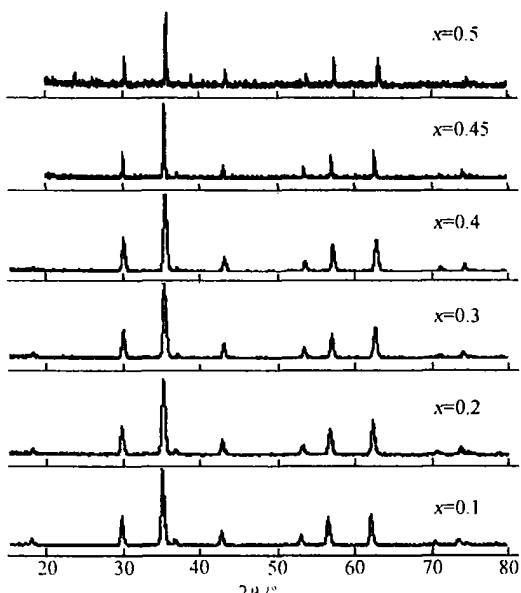
用 MXP18AHF 转靶 X 射线衍射仪(XRD)分析晶体结构,由 Scherrer 公式计算粉体粒径;将 1100°C 退火并且碾磨后的材料用聚氨脂作粘结剂,按质量比 4:1 均匀混和后,涂于铝板的一面(涂层厚度为 3.1mm 左右),等固化后待测。为避免表面粗糙对测试结果产生影响,测试前先将试样表面磨平,然后用 Agilent 8510c 矢量网络分析仪测试样品的反射损耗随频率的变化。

图1  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  预烧曲线图2  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  1100℃退火曲线

## 2 结果及分析

### 2.1 预烧粉料的XRD谱

850℃预烧粉料的XRD谱如图3所示,可以看出,粉料为尖晶石单一相结构,利用Scherrer公式计算粒径,结果如表1所示。

图3  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  铁氧体预烧料的XRD测试谱线表1 850℃预烧  $\text{Li}_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  粉料的粒径

nm					
$x=0.1$	$x=0.2$	$x=0.3$	$x=0.4$	$x=0.45$	$x=0.5$
59.93	60.50	59.22	59.15	59.70	60.20

可以看出,所制备的锂锌铁氧体材料为尖晶石型结构纳米颗粒。

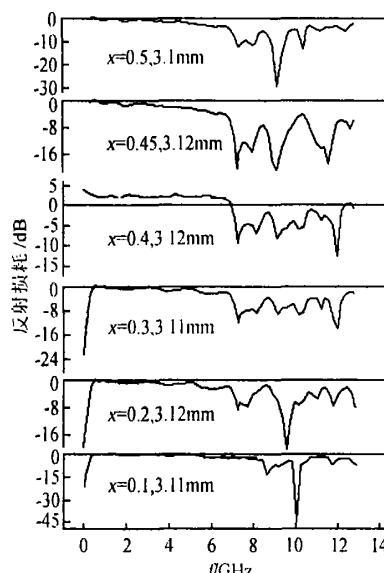
### 2.2 不同配方对吸波特性的影响

$(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  的850℃预烧粉料样品的反射损耗随频率变化的曲线如图4所示,可以看出:

(1)  $x=0.1$ 时,主吸收峰峰位在10.13GHz,最大损耗量为45.5dB,两个次吸收峰分别在8.7GHz和10.4GHz,反射损耗分别为27.9dB和25.7dB,另有反射损耗区域在0.5MHz附近。

(2)  $x=0.2$ 时,主吸收峰峰位移向9.7GHz,最大损耗量减小到20.7dB,损耗带宽明显变大,一次吸收峰消失,另一吸收峰峰位仍在10.4GHz,反射损耗为20.5dB,另外在7.5GHz和12GHz分别出现较弱的吸收峰,反射损耗分别为8.4dB和8.2dB,而此两处的曲线很平缓,对展宽损耗带宽很有利。

(3)  $x=0.3$ 时,主吸收峰变弱,次峰变宽,峰位仍在10.4GHz,最大损耗量为16.98dB,弱吸收峰变强,峰位在12.14GHz,反射损耗为-14.7dB,且损耗带宽明显变大,另外在7.5GHz处弱吸收

图4  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  的吸波曲线

峰变成两个峰,最大反射损耗为12.4dB,整个曲线的-8dB带宽明显增大。

(4)  $x=0.4$ 时,0.5MHz附近的反射损耗消失,与 $x=0.3$ 的曲线相比,曲线变的比较平缓,9.27GHz处吸收峰变强,-8dB带宽略增。

(5)  $x=0.45$ 时,与 $x=0.4$ 时的曲线相比,9.27GHz吸收峰处曲线变的陡峭,最大损耗吸收量达到-21.7dB,-8dB带宽明显增加。

(6)  $x=0.5$ 时,与 $x=0.45$ 时的曲线相比,9.27GHz最大损耗吸收明显增加,达到-31dB,吸收峰峰值无变化,-8dB带宽明显减少。由文献[4]可知,8GHz附近对应的峰位为畴壁共振峰,10.4GHz附近对应的峰位为自然共振峰,12GHz附近对应的峰位为介电损耗峰。

### 3.3 掺杂对 $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 吸波性能的影响

掺杂的目的是为了降低晶界电阻层以达到增加功率损耗的目的。掺杂 $\text{CaCO}_3$ ,使得 $\text{Ca}$ 离子在晶界上的分布比其它浓度高。一定量的掺杂可以增大材料的磁滞损耗。

合适的掺杂有利于晶格缺陷和气孔的形成,增加畴壁移动的阻碍,增加晶界附近的应力,增加材料的吸波损耗。

可以看出, $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 吸波性能较好,对850℃预烧的 $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 分别掺杂1%(w) $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,充分碾磨2h后1100℃退火,反射损耗随频率变化的曲线如图5所示。

可见, $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 掺入1%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 对增加-10dB带宽很有帮助,而 $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 掺入1%的 $\text{CaCO}_3$ 和 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 则可以增加9GHz附近的最大损耗吸收量。

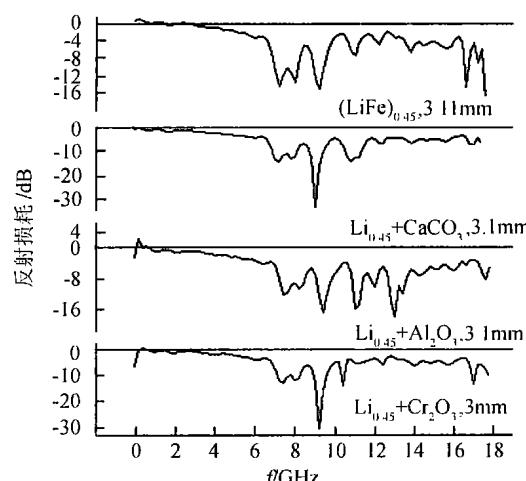


图5  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 掺杂后的吸波曲线

## 3 结论

用氧化物法制备的LiZn铁氧体,在7~12GHz频段内具有良好的吸波特性, $x=0.45$ 时吸波性能最好,随 $x$ 的减小,材料的吸波特性降低。 $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 掺入1%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 可有效增加10dB损耗带宽。

## 参考文献:

- [1] 窦丹若.建筑空间的电磁辐射和建筑吸波材料[J].中国非金属矿工业导刊,2004,43(5):21~23.
- [2] Yusoff A N, Abdullah M H. Microwave electromagnetic and absorption properties of some LiZn ferrites[J]. Journal of Magnetic Materials, 2004, 269: 271~280.
- [3] Yong S Cho, Jung W. The effect of cordierite additives on microwave magnetic properties of LiZn ferrites[J]. Materials Letters, 2005, 59: 710~713.
- [4] 廖绍彬.铁磁学(下)[M].北京:北京科学出版社,1988.

## Microwave Absorption Properties of $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$

WANG Cui-ping, FANG Qing-qing, LI Min-quan, LIU Yan-mei

(1. School of Physics and Materials, Anhui University, Hefei 230039, China; 2. School of Electric Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:**  $(\text{LiFe})_x\text{Zn}_{1-2x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45, 0.5$ ) were prepared by a conventional solid-state reaction method, and the influence of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  additives on microwave absorption properties of  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was investigated. The results manifest that the  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  has the best absorption property, and adding 1%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  to  $(\text{LiFe})_{0.45}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  helps to broaden the bandwidth of reflection loss at -10dB.

**Keywords:** Solid-state sinter; LiZn ferrites; Additives; Absorption properties