

一种宽频高 μ_r 的 Ni-Zn-Co 铁氧体膜制作

Manufacture of A Wide Frequency High μ_r Ni-Zn-Co Ferrite Film

薛蕙 编译

摘要 :文章介绍一种可在 0.1GHz~1GHz 的极宽频率范围内具有高 μ_r (磁导率虚部) (>100) 的 Ni-Zn-Co 铁氧体薄膜。这种薄膜是采用水溶液旋转喷镀工艺,将 Ni-Zn-Co 铁氧体沉积成薄膜。如果优化配比 Ni、Zn、Co 和 Fe 的组分(如组分为 $\text{Ni}_{0.22}\text{Zn}_{0.52}\text{Co}_{0.03}\text{Fe}_{2.23}\text{O}_4$),则其薄膜在频率高达 130MHz 时,其磁导率实部 $\mu_r' > 260$,在 100MHz~1GHz 的极宽频范围,其磁导率虚部 $\mu_r'' > 100$ 。这些磁性薄膜在低温(90)制成,不需要在沉积后退火,即可直接覆盖于印制电路板上的噪声源元件上,以实际用作电磁噪声抵制器。

关键词 :磁导率虚部,铁氧体磁性薄膜,旋转喷镀工艺,高磁导率材料,电磁噪声抵制器

中图分类号: TM27 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2014)08-2-133

1 引言

蜂窝电话机和个人手持电脑的工作/时钟频率已经超过 2GHz,因此,它们所用的印制电路板(PCB)在 GHz 频率时的电磁噪声干扰(EMI)则是一个严重的问题。在 GHz 频率时,如果电路中的半导体元件和 PCB 上的线路成了天线,而电路被看作是分布参数系统,不是参数集中系统,则它们都会辐射电磁噪声。如果把磁导率虚部(μ'')高且具有大电阻的磁性薄膜直接沉积覆盖于噪声源(如半导体元件和 PCB 上的线路)上,则对衰减电磁辐射噪声将会很有效。工程师们认为,具有高电阻率的软磁铁氧体薄膜显然是这种用途的优选材料。然而,如果采用传统的铁氧体薄膜制造工艺,如溅射法、脉冲激光沉积、分子束外延等技术,则都需要将基片加热到 600 以上的高温才能结晶成为铁氧体。这些工艺技术显然不适合用来直接将铁氧体膜沉积到 PCB 上半导体元件面上。而且,与块状铁氧体材料比较,用以上传统制作工艺技术制得的铁氧体膜的饱和磁化强度(M_s)低,矫顽力较高。在高频下,这将导致磁导率下降。在日本,科技人员采用旋转喷镀铁氧体技术,在温度为 90 时的温度下,制成的 Ni-Zn-Co 铁氧体膜,到 1GHz 的工作频率时也有高的磁导率。特别是在其中添加了少量的 Co,会显著提高复数磁导率 μ_r ,在 200MHz 时获得 $\mu_r' = 120$;在 300MHz~3GHz 时 $\mu_r'' > 30$ 。经过实验研究,日本东京工业大学科学家已将这种

铁氧体磁膜用于 GHz 噪声抑制器,并通过配方中 Zn 和 Co 含量的优化,进一步改善了 Ni-Zn-Co 铁氧体磁膜的磁导率,取得了更好的噪声抑制效果。

2 磁膜配方及制备实验

实验是将需要镀膜的玻璃基片安装在一个旋转台上(见图 1 所示),将形成磁膜的反应液 $\text{FeCl}_3 + \text{NiCl}_2 + \text{ZnCl}_2 + \text{CoCl}_2$ 和氧化液 $\text{NaNO}_2 + \text{CH}_3\text{COONH}_4$ 以喷镀工艺沉积到玻璃基片上。试验中改变反应液中的 Zn 和 Co 的浓度,将 $\text{Ni}_{0.22}\text{Zn}_x\text{Co}_y\text{Fe}_{2.78-x-y}\text{O}_4$ 磁膜中 Zn(x) 和 Co(y) 的含量控制在 $0.24 < x < 0.66$ 和 $0.0 < y < 0.08$ 范围以内。薄膜磁性可采用振动样品磁强计(VSM)测量,同时使用与该磁膜同时开发的屏蔽线圈型磁导计测量 20MHz~3GHz 频率范围内的复数磁导率(μ_r)谱。

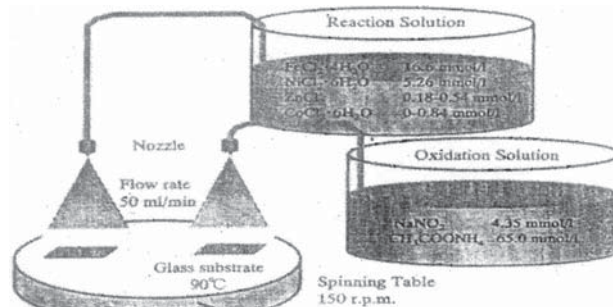


图1 用水溶液液旋转喷镀 Ni-Zn-Co 铁氧体膜

3 实验结果与讨论

以上叙述中已知,调整磁膜中的含量将改变磁膜的有关性能参数。例如,在 $\text{Ni}_{0.22}\text{Zn}_x\text{Co}_y\text{Fe}_{2.78-x-y}\text{O}_4$ 磁膜中,当 Zn 和 Co 的含量分别在 $x=0.24\sim 0.66$ 和 $y=0.00\sim 0.08$ 之内改变时, Ni 含量固定在 0.22, x 和 y 增加, Fe 含量从 2.49 减至 2.14。则使用扫描电镜观察磁膜的横截面显示,它们由垂直于磁膜面生长的柱状物组成。用 x 射线衍射分析发现,磁膜部分优先取向于与磁膜面平行的 () 面。这些观察结果与先前采用旋转喷镀的 Ni-Zn 铁氧体磁膜所观察到的情况相似。图 2 所示表明, $\text{Ni}_{0.22}\text{Zn}_x\text{Co}_y\text{Fe}_{2.78-x-y}\text{O}_4$ 磁膜的 M_s 与 Co 含量 y 几乎没有关系。 $x=0.5\sim 0.66$ 磁膜的 M_s 值 (274~332emu/cc) 明显地低于 $x=0.24\sim 0.29$ (425~483emu/cc) 和 $x=0.49\sim 0.52$ (395~433emu/cc) 的磁膜。另一方面,如图 3 所示, H_c 与 Co 的含量 y 之关系则较密切:在 $y=0.02\sim 0.03$ 时具有最低值。这就说明,在 Fe 过量,即 $\text{Ni}^{2+}_{0.22}\text{Zn}^{2+}_x\text{Co}^{2+}_y\text{Fe}^{3+}_{2.0}\text{Fe}^{2+}_{0.78-x-y}\text{O}_4$ 磁膜中, Fe^{2+} 感生的磁各向异性被 Co^{2+} 有正负号的各向异性抵消了,这与在块状铁氧体磁芯材料中所观察到的情况类似。 $y=0.03$ 时,实验用磁膜的 H_c 存

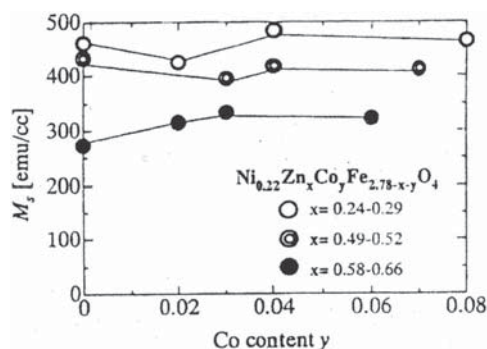


图 2 Ni-Zn-Co 铁氧体膜的饱和磁化强度 M_s 与 Co 含量 y 之关系曲线

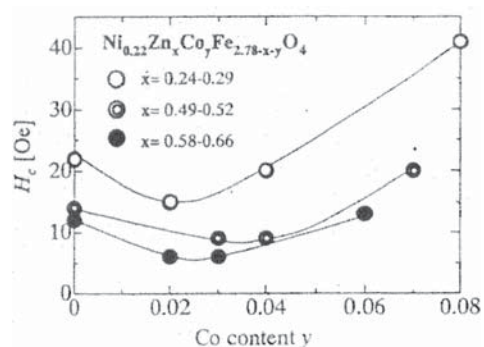


图 3 Ni-Zn-Co 铁氧体膜的矫顽力 H_c 与 Co 含量 y 之关系曲线

在最低值。在这里,两种各向异性相抵偿了。从图 3 可以看出,各种块状材料相似, H_c 值随着 Zn 的含量 x 增加而下降,因为 Zn 会减少磁各向异性 Fe^{2+} 的数量。

图 4 所示为 Co 含量 $y=0.02\sim 0.03$ (H_c 变为最低) 时的三种磁膜的复数磁导率谱。Zn 含量 $x=0.52$ 时 [图 4(b) 所示], 磁导率实部 μ' 到 130MHz 时都高于 260。这个量值已超过 Ni-Zn 块状铁氧体在 130MHz 时的 Snoek 极限,即是后者的 10~15 倍。而且,在 100MHz~1GHz 这样宽的频率范围内,磁导率虚部 μ'' 高达 100,这个性能就非常有利于电磁噪声的抑制。与图 4(b) 相比,将 x 从 0.59 降到 0.29 (图 4a) 增至 0.64 (图 4c) 则它们的 μ' 和 μ'' 值都会降低。因此,要获得 Ni-Zn-Co 铁氧体磁膜的高磁导率,必须有大的 M_s 和低的 H_c 值。

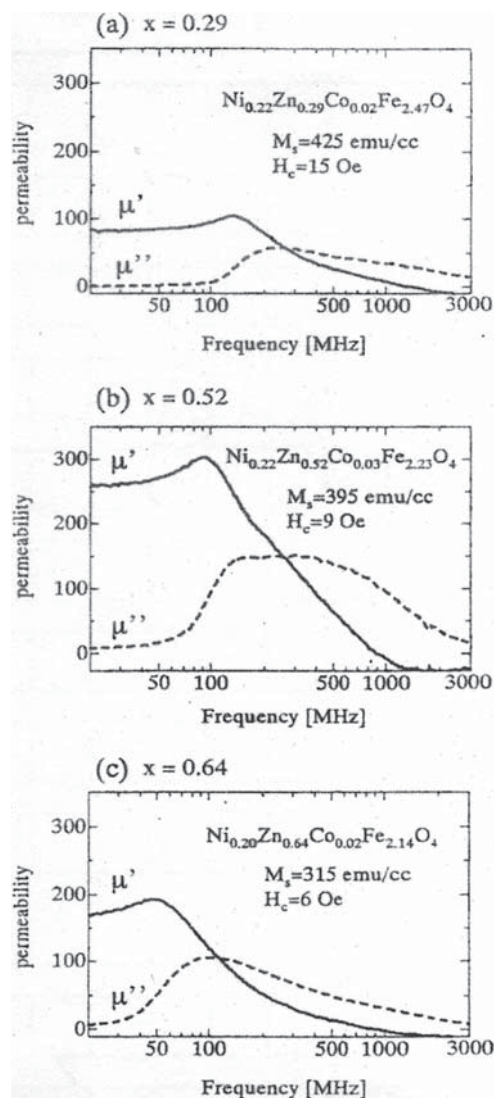


图 4 Ni-Zn-Co 铁氧体膜 (有不同 Zn 含量 x) 的复数磁导率谱

4 小结

调整优化铁氧体磁膜配方中 Zn 和 Co 的含量，以旋转喷镀工艺技术，制备出了在 130MHz 时 $\mu_r'' > 260$ 和在 100MHz~1GHz 时， $\mu_r'' > 100$ 的 Ni-Zn-Co 铁氧体磁膜。在配方中添加少量的 Co，可以降低 Hc 而不会影响 Ms 值，这不仅能够获得高 μ_r' ，也可以获得高 μ_r'' 。以一定的 Co 量置换 Zn，会降低 Hc，并提高 μ_r' ，但 Co 过量的话则会降低 μ_r' 。

在温度低至 90℃ 沉积的磁膜在极宽的高频范围有着甚

高的 μ_r'' 值，用旋转喷镀法制得的 Ni-Zn-Co 铁氧体磁膜可以实际用作电磁噪声抑制器，并且可以直接镀覆到 PCB 上的噪声源上。

参考资料

N. Matsushita, et al., J. Appl. Phys., 93(10-
&) : 7133~7135