

浅析EMI滤波器件的发展趋势

周志敏

摘要: 本文在简介EMI滤波器正朝小型化、片式化方向发展的基础上,重点论述了新材料、新技术在EMI滤波器上的应用及小型化片式磁性元器件。

关键词: 滤波, 片式, 器件

Analysis of The Development Trend of EMI Filter Device

ZHOU Zhimin

Abstract: On the basis of introducing the development of EMI filter toward miniaturization and chip, the application of new materials and technologies in EMI filter and miniaturization of chip magnetic components are discussed.

Keywords: Filter, Chip, Device

1 概述

电子设备的小型轻量化发展促使EMI滤波器也不断朝小型化、片式化方向发展,多层片式EMI器件就是近年来随着高密度表面组装技术(SMT)的发展而发展起来的一种新型表面贴装元件(SMD),由于其小型化的潜力很大,成为近年来研究和开发的热点。这些EMI元器件包括片式磁珠型EMI/RFI抑制器、片式电感器、片式组合式(LC型等)滤波器、片式扼流圈等。在尺寸上,美国已制定出相关的标准,如1008(1.0mm×0.8mm)、0805、0603、2012等型号。由于这类EMI器件对采用的铁氧体材料有特殊的要求,不仅要求其烧结温度低、电阻率高,而且要不与内导体发生反应,因此,近年来投入大量的精力和财力研究降低该系列材料的烧结温度以及改进其电磁性能,取得了不少有价值的成果。

随着片式EMI器件尺寸的进一步缩小,如何在小尺寸滤波器上获得大的电感量或阻抗值将是今后需重点研究的内容。另外,为适应IC电路小型化精密PCB电路抑制EMI的需求,对薄膜型组合式滤波器的研究也逐渐增多。美国泰克公司、日本东北大学先后开发出薄膜 π 型和薄膜LCEMI滤波器,使用频段在1~1000MHz之间,最大插入损耗达到25dB。由于这种EMI器件完全采用薄膜工艺来完成,有望实现更高的集成度。

2 新材料新技术的应用

新型磁性材料的应用也为EMI滤波器的发展注入了新的活力,如纳米晶软磁合金Finemet具有与钴基非晶磁性合金相匹敌的高磁导率($\mu \geq 16000$),还具有与铁基非晶合金相近的高饱和磁通密度($B_s \approx 1.35T$), $TC \approx 570^\circ C$,高温下的磁稳定性很好,非常适合用作共模扼流圈及零相电抗器等,性能远优于传统材料制作的滤波器件。但目前此类材料的成本较高,成为其发展的最大障碍,如何有效降低此类材料的生产成本,将是决定其能否走向产业化的关键。另外,随着电子系统高频化的发展,EMI的频段也越来越高,为了抑制更高频段的干扰,具有更高使用频段的 Co_2Z 材料,复合(磁、介电)双性材料也将逐渐应用在EMI器件中。尤其是复合双性材料,在高频下既可利用其软磁特性制作电感,也可利用其介电特性制作电容,因此非常适合于组合式抗EMI滤波器的制作。

利用近年来发展的铁氧体陶瓷叠层共烧技术,可以将若干个铁氧体叠层电感器和陶瓷叠层电容器集成在一起,经过共绕制构成截止特性锐敏的片式EMI滤波器。根据电路特性选择适当的滤波器可以得到令人十分满意的抑制EMI效果,特别适用于抑制数字电子设备及高速数据总线产生的噪声。

LC复合型陶瓷滤波器是由铁氧体电感器L和陶瓷电

容器 C 按不同组合形式构成的一类多功能产品,其中心频率、通带、振幅、延迟等特性可根据电路要求灵活设计,所适应范围相当宽,广泛应用于音视频家电、通信及办公自动化设备的 EMI 抑制,但最初其频率较低、体积较大。目前,由于陶瓷叠层印刷技术的发展,国外先后开发出无绳电话用 254MHz 和 380MHz 带通滤波器、便携电话用 700 ~ 950MHz 滤波器、小功率对讲机用 430MHz 低通滤波器以及数字无绳电话用 1.9GHz 带通滤波器等 LC 复合型片式叠层陶瓷产品,其内藏的屏蔽层抗干扰强,无需调整即可适应当前 200MHz ~ 1.5GHz 高频化需求。今后的发展趋势是进一步高频化(2GHz 以上)、微型化、组件化(内藏延迟线、多层谐振器、与滤波器一体化的放大器和混频器等)和低成本化。

单片晶体滤波器(MCF)是在石英基片表面配置若干对金属电极而构成的带通或带阻滤波器,它利用压电效应的能陷入理论,选择电极振子的几何尺寸、返回频率和电极振子间距控制超声波的声学耦合,从而达到滤波之目的。其特点是频率选择度十分陡峭、损耗低、稳定性好、阻带衰减高,现已在移动通信设备中大量使用,已是通信设备中必不可少的低频、中频滤波器,对提高整机灵敏度和抗干扰能力有重要作用。国外 MCF 产品的实用化水平为中心频率数 1MHz ~ 150MHz,带宽 0.001 ~ 0.1%,频道间隔 12.5 ~ 25kHz,最小封装尺寸为 8×8×3.2mm,重仅 0.4g。MCF 的发展方向是开发新型压电材料、扩展带宽、减少带内延时波动、增大带外衰减、扩充和提高中频点及线性度、封装单片尺寸进一步小型化和片式化。

利用介质陶瓷材料的低损耗、高介电常数、频率温度系数和热膨胀系数小、可承受高功率等特点设计制作的 EMI 介质滤波器,由数个 1/4 波长型谐振器纵向多级串联或并联的梯形线路构成。其显著特点是插入损耗小、耐功率性好、带宽窄,特别适合便携电话、汽车电话、无线电台、无绳电话以及一体化收发双工器等的级间耦合滤波。国外生产最多的是 800 ~ 1000MHz 范围内的系列 EMI 介质滤波器,其技术指标为:插入损耗为 2 ~ 3dB,波纹小于 1dB,电压驻波比约 1.5,带外抑制在规定频段内可达 20dB 以上,一些特殊要求点可达 60dB 左右。滤波特性优良。其开发方向是采用新型介质材料和其它谐振模式,设计制作新型的微型化、片式化低插损、高衰减、高性能的 EMI 介质滤波器。

声表面波(SAW)滤波器曾一度广泛用于工作在 20MHz 以上频段的次中频滤波器,它在抑制电子设备高次谐波、镜像信息、发射漏泄信号以及各类寄生杂波干扰等方面起到了良好的作用。其特点是可灵活设计、模拟/数字兼用、群延迟时间偏差和频率选择特性优良、输入输出阻抗误差小。近年来已将 SAW 滤波器片式化,重约 0.2g;另外由于采用了新的晶体材料和最新精细加工技术,致使 SAW 器件的使用上限频率提高到 2.5GHz,这必将促进 SAW 滤波器在抑制 EMI 领域获得更广泛的应用,低插损技术与片式化封装是这类 EMI 滤波器目前和今后一段时间内的研究开发方向。

3 小型化片式磁性元器件

由于小型化片式磁性元器件(包括电感器、磁珠、滤波器、微波铁氧体器件等)的生产工艺难度较大,故发展相对缓慢。为适应现代通信、计算机、军事电子装备以及电磁兼容的需要。近年来,一些国家投入大量人力财力来研究开发磁性元器件的片式化技术,从而有力地推动了小型化片式磁性元器件的发展。

(1) 叠层片式电感器

通常所指的电感器包括广义的电感器如变压器、线圈、扼流圈、磁珠以及与电感器相关的复合元件,从结构上看,片式电感器可分为绕线型和叠层型两类。前者是细小的导线绕在软磁铁氧体磁芯上制成,外层一般用树脂封固。其工艺继承性强,但体积小有限,目前尺寸为 2.5×2.0(mm)的产品已系列化。而叠层片式电感器则不用绕线,是用铁氧体浆料和导体浆料交替印刷、叠层、烧结,形成闭合磁路;它采用先进的厚膜多层印刷技术和叠层生产工艺,实现了超小型表面安装。

叠层片式电感器是电感领域重点开发的产品,它与绕线片式电感器相比有诸多优点:尺寸小,有利于电路的小型化;磁路封闭,不会干扰周围的元器件,也不会受临近元器件的干扰,有利于元器件的高密度安装;一体化结构,可靠性高;耐热性、可焊性好;形状规整,适合于自动化表面安装生产。目前这类产品已取得较大进展,并通过改进磁性材料性能、改善内部磁路结构和加速器件小型化等措施,不断拓展其应用市场。尤其是面向便携式电话、PHS 等移动通信终端的高频毫微亨级电感器及主要面向计算机等高速数字信号处理设备的噪声抑制器,国外相继推

出了叠层型片式新产品，达到了高密度安装中的极小片式元件尺寸，适应了 SMT 的需要。

高频叠层片式电感器现已能应用于亚微波到微波波段，它通常以采用低介电常数陶瓷材料并抑制杂散电容的方式获得较高的自谐振频率，其内部导体采用高频特性优异的银以降低导体电阻、获得高 Q 值；其电感值从几毫微亨到数十毫微亨均有，误差很小，电流值设计为 300mA 级。这种电感器的外形尺寸最初为 3.2×1.6 (mm)，随着叠层技术的进步，其小型化的速度加快，出现了 2×1.25 、 1.6×0.8 、 1×0.5 (mm) 的产品。

用于抑制噪声的叠层片式电感器在低频时主要显示的是电感特性，频率提高后转而以电阻特性为主，随着频率的进一步提高，它将主要起电容器的作用。将这种性质用到抑制噪声的场合，对于传输波形的品质来说，它在高频区增大的电阻将抑制衰减振荡的发生，同时，由于其电阻分量将消耗能量，通过吸收、传递及反射等作用，可获得抑制辐射和噪声的效果。

近来，在计算机的 I/O 线及液晶显示器外围的总线附近，所使用的众多抑制噪声元件不仅需要小型化，而且要求多连化（像多连片状电阻器一样），目的是为了适合多条线路，并提高安装效率。面对这种日益高涨的需求，国外已出现一种阵列式高损耗型叠层片式电感器，尺寸为 3.2×1.6 (mm)，可适用于四条线，它不仅在性能方面具有互换性，而且能有效克服因阵列化产生的发热、串扰等缺憾。与此同时，在叠层片式电感器的基础上也发展出将若干个叠层片式电感器集成到一起的片式电感阵列（电感排），这是一种能有效抑制电磁辐射和电磁噪声的小型化片式元件。根据相邻电感间的不同耦合方式，电感阵列分为常模和共模两类产品，主要用于高密度组装、功能强大的笔记本电脑、计算机主板接口、电源总线母线排以及数据总线时钟信号等多出口位置。

(2) 片式 EMI 滤波器

电子设备接上交流电源后，一通电，就等于接上了一个不定的噪声源。这种电源噪声的频率分布在从低频到高频的宽带范围内；在这里，必须使用片式交流电源线路滤波器。它除了抑制电源噪声外，还应能防止机内产生的各种噪声，故它应同时兼有强的抗扰性和抗机内噪声这两种

功能。一般的片式交流电源滤波器都由能够同时除去共模和差模两种模噪声的电路网络构成，它包括两个共模扼流圈、一个跨接线路电容器和两个线路旁通电容器三个元件。两个共模扼流圈用于除去低频共模噪声，跨接线路电容器除去低频差模噪声，旁通电容器除去高频差模、共模噪声。

在电源输出端需使用片式直流电源线路用 EMI 滤波器。这种滤波器由大容量四端结构的叠层陶瓷电容器、穿心电容器和磁珠组成，可除去 $450\text{kHz} \sim 1\text{GHz}$ 的宽频带噪声。

片式信号线路 EMI 滤波器由于有陡直的衰减特性，特别适合有效信号频率与噪声频率接近的场合，比如用于 RGB 信号线路和数字机器等高速数字信号线路。

对 EMI 滤波器的性能，要求进一步提高衰减量、高频化和强的抗扰性；在封装方面，正在向薄型化、表面安装化发展。通过将骨架分开绕线的闭磁路磁芯提高了电感量，从而提高衰减量；为了实现高衰减、高频化，将磁芯的绕组分开、增加抽头数以降低分布电容是行之有效的方式。

小型化片式微波铁氧体环形器、隔离器是为满足军事装备和现代通信整机高可靠性、高度集成化的需要而发展起来的一类新型微小型、超小型铁氧体器件，它们包括单片式微带器件、“落入式”或“插入式”器件以及用于微波低频段的薄膜集中器件。国外把它们统称为“落入式”。由于这类器件“没有接头”，靠引线或者中心导体延伸线与其它集成电路连接，具有尺寸小、重量轻、磁屏蔽、可直接贴装到带线或微带电路上等优点，因而在雷达、导弹、收/发机、导航、数据通信线路、移动通信、电子对抗、测量仪器中得到大量应用。

到目前为止，国外的片式微波铁氧体器件已覆盖 $0.4 \sim 23\text{GHz}$ 频率范围，多数厂商的产品均已做到了系列化、标准化、品种规格齐全（包括通用型、低损耗、宽频带、宽温以及低温等器件）。在小型化方面，日本村田和 TDK 先后研制出尺寸仅 $6.8 \times 6.9 \times 4$ (mm) 的落入式隔离器和 $7 \times 7 \times 3$ (mm) 的落入式环形器，用于 $800 \sim 1000\text{MHz}$ 模拟或数字移动电话，安装时允许再流焊。这种器件根据使用情况可分为标准信号、高速信号、超高速信号、电源几类。