

介质陶瓷，介质全填充滤波器及其应用

林立涵¹ 张俊杰²

中国电科13所

[摘要]陶瓷介质滤波器具有其重量轻、体积小的特征。移动通信设备中一定要配备陶瓷介质滤波器。同时，陶瓷介质滤波器也被普遍运用在手持电话和基站中。谐振器是制作这些滤波器的关键，具有品质因数高、制作介电常数大、尺寸精确、频率温度系数小等特点。我国的移动通信产业发展迅速。介质陶瓷滤波器作为移动通信设备的关键部件之一，具有广阔的应用市场。所以，介质陶瓷，介质全填充滤波器及其应用具有非常高的研究价值。

[关键词]介质全填充；滤波器；陶瓷介质

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.932

前言

介质陶瓷、介质全填充滤波器及其应用是微波无源产品中的其中一种。介质陶瓷设有多个谐振孔和两个连接孔，多个谐振孔平行设置且均贯穿介质陶瓷，连接孔的轴线垂直于谐振孔的轴线，谐振孔为二级台阶孔，并且大孔径段及台阶面处设有银镀层，两个连接孔中其中一个连通于一个位置在介质陶瓷第一端的谐振孔的大孔段，而另外一个连接孔与位于介质陶瓷第二端的谐振孔的大孔段连通，连接孔用于与外部线缆连接，介质陶瓷的外表面均设有银镀层。该介质陶瓷与外部壳体可实现紧密贴合，避免了由于外壁银镀层不完整导致的空气层的存在，确保滤波器功率阈值稳定。

一、微波介质陶瓷简述

(一) 微波介电陶瓷的定义

微波介电陶瓷是指在具有一种或多种功能的微波带电路中用作介电材料的陶瓷材料。介质微波陶瓷作为一种新型的电子材料，在现代通信中被用作谐振器、滤波器、介质基片、介质天线、介质导波环等。它们广泛应用于微波技术的许多领域，如手机、车载电话、无绳电话、电视卫星接收机、卫星传输、雷达、无线电遥控等。随着低温共烧陶瓷技术的发展，介电陶瓷材料在微波中的应用前景将更加广阔。

(二) 微波介电陶瓷的优点

微波介电陶瓷主要具有小型化、高稳定性、低损耗三种优点。

微波介电陶瓷主要具有小型化。一般而言，实现微波电器小型化、高稳定性和低成本的途径是微波电器的集成化。在微波电路集成的主要过程中，金属波导实现了平面微带集成和微波管小型化。然而，金属波导存在多种不足，微波电路中的各种金属谐振器由于体积大、重量大，很难集成到微带电路中。解决这个问题的方法是使用介电陶瓷材料制造谐振器。众所周知，谐振器的尺寸与介电材料介电常数的平方根成反比。介电材料的介电常数越大，所需的介电陶瓷块越小，谐振器的尺寸越小。所以，微波介质陶瓷材料的高介电常数有利于微波介质滤波器的小型化。它可以实现滤波器与微波管和微带线的微波电路的混合集成，使器件尺寸达到毫米级，其价格远低于金属谐振器。

微波介电陶瓷的高稳定性。频率温度系数接近零。通信设备的工作环境不能保持不变。假如介质微波材料的谐振频率随温度变化较大，滤波器的载波信号会在不同温度下漂移，影响设备的性能。这假设材料的共振频率不应随温度变化太大。实际需要的温度范围约为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。在此范围内，材料的频率温度系数 f 不大于 $10\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。

微波介电陶瓷的低损耗。插入损耗低是滤波器的一项重要要求。微波介质材料的介电损耗是影响介质滤波器插入损耗的重要因素。微波中介质材料的 Q 值与介质损耗状态成反比。假如 Q 值越低，滤波器的插入损耗则越高。

(三) 微波介质陶瓷的分类

从结构、组成、应用频域、介电性能、组成等多方面可以对微波介质陶瓷进行分类。比如，按照应用频域划分， $0.8\sim$

4GHz 之间可以被归为低频微波介质陶瓷材料， $4\sim 8\text{GHz}$ 之间可以被归为中频微波介质陶瓷材料， $8\sim 30\text{GHz}$ 之间可以被归为高频微波介质陶瓷材料。其中，低频微波介质陶瓷的介电常数 ϵ 通常大于 70 ， Q 值相对较小，主要包括钙青铜结构的 $\text{BaO-Ln}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ (BLT) 系列、 CaTiO_3 改性系列和改性铅基钙钛矿系列。它们主要用作民用蜂窝系统中频率范围为 $0.8\sim 4\text{GHz}$ 的介质谐振器。中频陶瓷一般是指介电常数在 $30\sim 70$ 之间的微波介质陶瓷材料。它们主要是以 BaTi_4O_9 、 $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ 和 $(\text{Zr}, \text{Sn})\text{TiO}_4$ 为基础的介电陶瓷微波材料，以及低介电常数材料与 CaTiO_3 、 SrTiO_3 等的复合材料。它们主要用作军用雷达和微波通信系统中频率范围为 $4\sim 8\text{GHz}$ 的介电谐振器件。通常指介电常数在 $10\sim 30$ 和极高 $q.f$ 之间的微波介电陶瓷材料。复合钙钛矿结构材料是应用最广泛的高频微波介电陶瓷之一。这一系列材料的 Q 值相当高。

(四) 微波介质陶瓷的主要参数

评价微波电路中微波介质陶瓷介电性能的主要参数主要包括相对介电常数 ϵ_r 、品质因数 Q 、谐振频率温度系数 τ_f 。相对介电常数。在微波频率下，材料的相对介电常数应较大，以便于器件小型化。根据微波传输理论，谐振器的尺寸的区间大概是 $\lambda/2\sim \lambda/4$ 。品质因数。微波频率下的介电损耗 $\tan \delta$ 应该并不大，甚至是非常小，也就是说介质的品质因数 $Q(=1/\tan \delta)$ ，以确保良好的频率选择特性，并减少高频下器件的插入损耗。谐振系统的损耗包括介质载体及其周围金属容器的介电损耗、辐射损耗和导体损耗。想要制造出高 Q 谐振器件，必须使用低损耗的微波介质陶瓷才可以。频率温度系数。谐振器谐振频率随温度变化的幅度可以用材料谐振频率的温度系数来体现，用于测量谐振器谐振频率的温度稳定性。如果 τ_f 变小，器件的中频随温度变化而出现的漂移也会变小，这并不能保证器件在不断变化的温度环境中的高稳定性。

(五) 微波介质陶瓷的应用

微波介质陶瓷是指应用于微波技术领域的一类电介质陶瓷。在微波技术中的应用主要有三方面：微波集成电路基片、小型化的微波介质谐振器、微波衰减材料。

二、滤波器

(一) 滤波器的定义

滤波器是一种频率选择器，它可以通过信号中的某些频率分量，并对其他频率分量进行强抑制。利用滤波器的频率选择功能，可以滤除干扰噪声或分析频谱。换句话说，任何能够通过信号的某个频率分量并强烈抑制或抑制其他频率分量的设备或系统都被称为滤波器。过滤器是过滤波的设备。“波”是一个非常广泛的物理概念。但是在电子技术领域，“波”仅限于描述不同物理量的值随时间波动的过程。这一过程通过各种传感器的作用转化为电压或电流的时间函数，称为不同物理量或信号的时间波形。由于自变量时间是连续取的，因此被人叫做连续时间信号，也通常称为模拟信号。

(二) 陶瓷介质滤波器

介电陶瓷过滤器由锆酸铅钛陶瓷制成。陶瓷材料被加工成薄片，并在两面涂上银作为电极。直流高压极化后，它具有压

电效应。陶瓷介质滤波器利用了介电陶瓷材料的低损耗、高介电常数、低频温度系数和热膨胀系数。它在通信系统中的作用是选择和控制信号频率，传递一定频率的信号，抑制不需要的频率信号。陶瓷介质滤波器主要应用于航空航天、微波、移动通信等领域。在5g通信领域的高速发展中，陶瓷介质滤波器可以成为主流选择。

（三）其它常见滤波器

滤波器的种类包含很多，除了陶瓷介质滤波器之外还有其它，例如，数字滤波器。数字滤波器与模拟滤波器相对应。数字滤波器常用于离散系统。其主要功能是利用离散时间系统的特性，其中时间是一个变量，然后处理外部输入信号。还有无源滤波器。无源滤波器的主要原理是使不同谐波的谐波频率阻抗很小，以实现谐波电流的分流效应，即为高阶预滤波谐波提供旁路通道，实现波形的净化。在谐振频率下，电路阻抗值最小，在非谐振频率下，电路阻抗比较大。此外还有有源滤波器，有源滤波器的主要功能不仅是动态跟踪和抑制谐波，还可以补偿电网中较低的无功功率分量。它可以补偿幅值和频率波动的高次谐波分量，并动态补偿系统不断变化的无功功率分量。

三、陶瓷介质滤波器在5G新时代的前景

陶瓷介质滤波器在5G发展中具有非常广阔的前景，这是由于5G基站建设对元件小型化、元件低功耗两方面的需要决定的。基站滤波器的功能是通过发送和接收信号中的特定频率分量，并强烈抑制其他频率分量。在4G时代，基站侧的滤波器一般采用金属同轴腔体滤波器。通过在金属同轴腔中振荡不同频率的电磁波，保持与滤波器谐振频率对应的电磁波，并耗散其他频率的电磁波。固定谐振器是一个重要部件。目前，大多数腔体滤波器的小型化研究都试图通过优化固体谐振器的设计来

减小滤波器的体积。

陶瓷介电滤波器由干压粉末烧结而成，两面用镀银电极进行金属化，并通过直流高压极化产生压电效应。陶瓷板两侧变形产生的电场具有串联谐振的特性。由于电磁波谐振发生在压力陶瓷介质中，因此无需固定谐振器，所以介质滤波器的体积较小。并且与金属腔体相比，微波陶瓷粉体具有高Q值的材料特性，大大降低了插入损耗，具有带外抑制能力强、温度漂移性能好、温度适用范围广、封装结构形式多样、输出界面形状多样等特点，符合基站滤波器小型化的发展趋势，成为一种自适应5g技术框架。对高频谐振器的Q值和功率容量提出了更高的要求。

5g基站建设的另一个热门话题是可见的高功耗。不可否认的事实是，用电量正在增加。功耗的增加给设备组件带来了一个直接问题，即温度的升高，尤其是对于没有机房设施的微型基站。当该滤波器应用于5g设备时，后者腔体的体积和形状会随着温度的变化而变化，导致谐振频率的变化。因此，金属空心过滤器必须采用温度补偿技术。在同轴腔的温度补偿方法中，限制同轴腔中导体的长度是一种常见的方案。然而，在该方案中，腔的外部导体发生变化，这也会影响共振频率。

结束语：

综上所述，介质陶瓷，介质全填充滤波器具有非常高的研究价值，因其重量轻、体积小等优势，被应用在许多领域之中，并且在未来的发展之中还有更广阔的应用前景。

参考文献：

[1]西安空间无线电技术研究所.介质陶瓷、介质全填充滤波器及其应用:CN201910549788.4[P].2019-10-11.

（上接第1859页）

罪饰非形成了鲜明的对比。

随着故事情节的发展，公爵夫妇和奥格尔维三人开诚布公，奥格尔维想方设法帮夫妇俩摆脱罪名借此敲诈勒索，他表示可以将作案工具汽车弄出南方，但并不容易，因为邻近各州的警察都会格外留意一辆破损的汽车。于是，公爵夫人仔细考虑后说道，“有没有可能先把他修理一下呢？如果修理工作能悄悄进行，我们会出大价钱。”可见，公爵夫人通过违反数量准则，所说的话超出了需要的信息量，目的就是希望通过钱诱惑奥格尔维从而收买他，想要其帮忙去修车，体现出公爵夫人老谋深算，城府颇深，侧面也烘托出她已走投无路，到了禽困覆车的地步。

其次，奥格尔维还补充到车上掉下来的装饰圈能使警方在几天后追查作案汽车的详细情况。于是，公爵夫人立马追问道，“但几天过后对吧？警方就会知道他们在找的是一辆美洲虎吗？”公爵夫人其实在明知故问，超出了她所本应该回答的信息量。但其目的就是为了确认警方的调查进展，掌握现在一切信息，以便想出对策将汽车成功弄走。现在，公爵夫人深知保持自己头脑的冷静和理智至关重要，她不能依靠她那懦弱的丈夫，他只是充当了一名紧张而被动的旁观者的角色而已。

又如，到了故事发展的高潮，公爵夫人已经完全控制了话语的主动权，她抓住了奥格尔维的要害，利用其利欲熏心、见钱眼开的性格特点，并对其说道，“我们不会付给你一万美元，而是两万五千美元。作为回报，你必须将我们的汽车开到北方。”然后随即又补充道，“两万五千美元，现在先付一万，等你在芝加哥与我们碰面时再付一万五。”公爵夫人担心直接付完二万五千美元后，奥格尔维很可能会拿钱跑路，于是公爵夫人违背了合作原则中的数量准则，补充到当奥格尔维将车成功开到芝加哥并碰面后才能拿到全款。这一举措全面地体现了公爵夫人的话语控制权，将其老于世故、城府深沉的嘴脸再现地淋漓尽致。

（四）公爵夫妇对方式准则的违反

违反方式准则是指人们不使用语言所能表达的简洁的、通常的方式去交谈，而是绕着圈子，咬文嚼字，含糊不清，毫无条理。方式准则要求说话人简明扼要。

例如，当奥格尔维猜测到具体是谁撞死了小女孩时，公爵礼貌回答道，“我夫人不会开车。”这一句回答看似简明，实则违反了合作原则中的方式准则，公爵绕了个圈子表明自己才是凶手，而不是自己的夫人。同时，这一情境也是整个故事中公爵存在感最强的一个片段，流露出他为夫人挺身而出的男子气概和作为贵族的儒雅气息，这与公爵夫人的嚣张跋扈形成了霄壤之别。

四、结语

通过上述分析，我们可以看出作者通过对话将小说中的人物形象刻画地淋漓尽致，鲜明突出了公爵夫人物形象差异。同时，故事中三个主人公都有着共同的特征，即他们都是一路货色，都是卑鄙无耻之徒，都在利用自己的权力和钱财勾心斗角，图谋私利，这也是当时美国社会的生动写照。这部小说的独特之处，就是作者通过跌宕起伏、有血有肉的对话描写，加之作者在进行对话描写时有意违反会话原则，从而将对话的这些功能发挥到极至，把小说中的人物性格和内心世界刻画地入木三分，使得栩栩如生、性格鲜明的三个人物跃然纸上。

参考文献：

[1]Verschueren, J. 语用学新解[M].北京:外语教学与出版社,2000.

[2]吴雁.社会权势关系与会话合作原则的背离[J].外语教学,2004,(6):32-35.

[3]张汉熙.高级英语第一册[Z].北京:外语教学与出版社,1995.