[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01P 1/208 (2006.01)
H01P 7/10 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480016402.5

[43] 公开日 2006 年 7 月 19 日

[11] 公开号 CN 1806364A

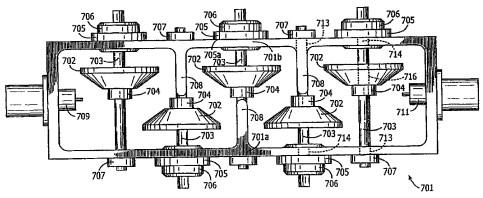
[22] 申请日 2004.5.7
[21] 申请号 200480016402.5
[30] 优先权
[32] 2003. 5. 7 [33] US [31] 10/431,085
[86] 国际申请 PCT/US2004/014169 2004.5.7
[87] 国际公布 WO2004/102730 英 2004.11.25
[85] 进入国家阶段日期 2005.12.12
[71] 申请人 M/A - COM 公司
地址 美国马萨诸塞州
[72] 发明人 克里斯蒂·D·潘斯
埃斯瓦拉帕·钱纳贝萨帕
[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 王景刚 王 冉
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于高性能介质谐振器电路的安装机构

[57] 摘要

本发明涉及用来在介质谐振器电路中消散热量的方法和设备，在该介质谐振器电路中，谐振器通过高热导的和电导的支撑例如金属杆安装到外壳，所述支撑穿过所述谐振器中心的纵向透孔。优选地，所述支撑通过高热导连接在透孔内，但是在所述支撑和所述谐振器之间定位有介质套管。所述杆和支撑具有选定的直径以最小化所述电路品质因数 Q 的降低。备选地，所述支撑可以是高热导的介质，并且所述透孔的内壁可被金属化。



1. 一种用于将至少一个介质谐振器安装在介质谐振器电路中的安装系统，包括:

电路外壳;

介质谐振器; 和

将所述介质谐振器安装在所述外壳上的热导的杆。

2. 如权利要求 1 所述的安装系统，其中所述杆是电导的。

3. 如权利要求 1 所述的安装系统，其中所述杆包括金属。

4. 如权利要求 2 所述的安装系统，还包括定位在所述介质谐振器和所述杆之间的介质衬垫。

5. 如权利要求 4 所述的安装系统，其中所述介质谐振器包括纵向透孔，所述纵向透孔形成了所述谐振器的内径向表面，其中所述杆至少部分地穿过所述介质谐振器的所述透孔，所述衬垫包括环状物，所述环状物具有尺寸被确定用来接触所述谐振器的所述内径向表面的外径向表面和尺寸被确定用来接触所述杆的内径向表面。

6. 如权利要求 5 所述的安装系统，其中所述衬垫是顺从性的，从而它可以吸收所述杆和所述谐振器相对尺寸的变化。

7. 如权利要求 1 所述的安装系统，其中所述杆适于允许所述介质谐振器可相对于所述外壳纵向调节。

8. 如权利要求 7 所述的安装系统，其中所述杆相对于所述外壳是纵向可调节的。

9. 如权利要求 8 所述的安装系统，其中所述杆穿过所述外壳中的孔，所述杆和所述外壳中的所述孔具有相配的螺纹，从而通过所述杆和所述外壳的相对旋转提供所述的纵向可调性。

10. 如权利要求 9 所述的安装系统，还包括定位在所述杆所述螺纹部分之上的带螺纹的螺母，用于相对于所述外壳锁定所述杆。

11. 如权利要求 7 所述的安装系统，其中所述介质谐振器通过滑动摩擦配合连接到所述杆。

12. 如权利要求 5 所述的安装系统，其中所述介质谐振器相对于所述衬垫和所述杆至少其中一个是纵向可调节的。

13. 如权利要求 12 所述的安装系统，其中通过（a）所述介质谐振器和所述衬垫以及通过（b）所述衬垫和所述杆至少其中之一之间的滑动摩擦配合提供所述纵向可调性。

14. 如权利要求 1 所述的安装系统，还包括安装在所述杆上的邻近所述介质谐振器的调谐板。

15. 如权利要求 14 所述的安装系统，其中所述调谐板相对于所述杆是纵向可调节的。

16. 如权利要求 15 所述的安装系统，其中所述调谐板通过滑动摩擦配合安装在所述杆上。

17. 如权利要求 15 所述的安装系统，其中所述调谐板通过相配的螺纹配合安装在所述杆上。

18. 如权利要求 15 所述的安装系统，其中所述杆包括第一和第二纵向端，其中所述第一端完全穿过所述外壳第一壁中的第一透孔，所述第二端完全穿过所述外壳的与所述第一壁相对的第二壁中的第二透孔。

19. 如权利要求 18 所述的安装系统，其中所述调谐板包括具有内径向壁和外径向壁的环状物，所述环状物定位得使其外径向壁接触所述外壳中的所述第二透孔，使其内径向壁接触所述杆，其中在（a）所述环状物和所述杆以及（b）所述环状物和所述外壳中的所述第二透孔至少其中之一之间提供滑动摩擦配合。

20. 如权利要求 19 所述的安装系统，其中在（a）所述环状物和所述杆以及（b）所述环状物和所述外壳中的所述第二透孔的另一个之间提供相配的螺纹配合。

21. 如权利要求 20 所述的安装系统，其中在所述环状物和所述杆之间提供所述相配螺纹配合，并且所述系统还包括接近所述调谐板定位的第二锁定螺母以相对于所述杆锁定所述调谐板的纵向位置。

22. 如权利要求 18 所述的安装系统，其中所述杆完全穿过所述调谐板。

23. 如权利要求 2 所述的安装系统，其中所述杆包括电镀有热导的和电导的材料的介质材料。

24. 如权利要求 23 所述的安装系统，其中所述杆的所述介质材料是氧化铝。

25. 如权利要求 1 所述的安装系统，

其中所述介质谐振器包括多个介质谐振器，所述杆包括多个杆；和

所述外壳在至少两个所述介质谐振器之间包括至少一个隔离壁，并且其中至少一个所述杆的纵向部分穿过其中一个所述隔离壁。

26. 如权利要求 25 所述的安装系统，其中所述隔离壁厚于穿过其的所述杆的直径，从而穿过所述隔离壁的所述杆的所述纵向部分完全位于所述隔离壁内。

27. 如权利要求 2 所述的安装系统，其中所述介质谐振器包括纵向透孔，并且所述杆穿过所述纵向透孔。

用于高性能介质谐振器电路的安装机构

技术领域

本发明涉及介质谐振器电路，例如用在微波通信系统中的介质谐振器电路。更具体地，本发明涉及改进这种电路中的热耗散的技术。

背景技术

介质谐振器被用于许多电路，特别是微波电路，介质谐振器用来集中电场。它们可被用来形成滤波器、振荡器、三向器和其他电路。

图 1 是现有技术典型介质谐振器的透视图。可以看到，谐振器 10 被形成为具有圆形纵向透孔 14 的介质材料的圆柱体 12。图 2 是采用了多个介质谐振器 10 的现有技术的微波介质谐振器滤波器 20 的透视图。谐振器 10 安排在具有传导性的外壳 24 的空腔 22 中。具有传导性的外壳 24 通常为矩形的，如图 2 所示。外壳 24 通常由铝形成并镀有银，但是其他材料也是众所周知的。谐振器 10 可变连接到外壳的底板，例如通过粘结剂，但是更普通的是通过低损耗的介质支撑例如杆和棒悬在外壳底板上。图 3 是经由介质棒 25 安装在图 2 的外壳 24 中的其中一个谐振器 10 的剖视侧视图，其中棒可由例如铝制成。棒 25 经由穿过谐振器透孔和棒 25 中的透孔进入外壳 24 中的螺孔的塑料螺钉 27 连接到外壳 24 的底板 26。垫圈 29 将压缩力从螺钉 27 施加到谐振器和棒，并且棒的顶部被连接到谐振器 10。

微波能量通过耦合到输入能量源例如同轴电缆的输入耦合器 28 引入到空腔。输入/输出耦合器和介质谐振器之间的耦合可以是电的（例如电容的）、磁的或二者。这里使用的最广泛意义的术语电磁耦合包括电耦合、磁耦合或二者的结合。传导性的隔离壁 32 将谐振器彼此隔开并隔断（部分地或全部地）了实际上相邻的谐振器 10 之间的耦合。特别是，壁 32 中的隔板 30 控制相邻谐振器 10 之间的耦合。没有隔板的壁通常防止了被这些壁隔开的相邻谐振器之间的任何耦合。具有隔板的壁允许被这些壁隔开的相邻谐振器之间发生一些耦合。作为实例，介质谐振器 10 顺序地彼此电磁耦合，即，来自输入耦合器 28 的能量耦合进入谐振器 10a，谐振器 10a 通过隔板 30a 依次

与下一个谐振器 10b 耦合，谐振器 10b 通过隔板 30b 依次与下一个谐振器 10c 耦合等等直到能量从依次最末的谐振器 10d 耦合到输出耦合器 40 为止。没有隔板的壁 32a 防止了谐振器 10a 的场与实际上相邻的但是次序上不相邻的位于壁 32a 另一侧的谐振器 10d 耦合。当然，介质谐振器电路是公知的，在其中，非次序相邻的谐振器之间的交叉耦合是令人想要的并被因此而允许和/或导致了该交叉耦合的发生，但是图 2 的示范性实施例中没有示出这样的交叉耦合。

一个或多个金属板 42 被连接到通常与相应的谐振器 10 共轴的顶部盖板（该顶部盖板未示出）以影响谐振器的场从而设定滤波器的中心频率。特别地，板 42 可被安装在穿过外壳 24 顶部盖板（未示出）中的螺孔的螺钉 43 上。螺钉可被旋转以改变板 42 和谐振器 10 之间的间距从而调节谐振器的中心频率。谐振器 10 的尺寸、它们的相对间距、谐振器的数量、空腔 22 的尺寸和隔板 30 的此处都需要精确控制以设定滤波器的预期中心波长和滤波器的带宽。

输出耦合器 40 邻近最末的谐振器 10d 定位以将微波能量耦合出滤波器 20 并耦合进入例如其他同轴连接器（未示出）。通过其他技术，信号也可被耦合进出介质谐振器，例如紧邻谐振器定位在外壳 24 底面 44 上的微波传输带。

如本领域众所周知的那样，介质谐振器和谐振器滤波器具有集中在不同中心频率处的多种模式的电场和磁场。模式是对应于如通过 Maxwell 方程确定的系统谐振频率的场结构。在介质谐振器中，基本谐振模式频率，即，最低频率是横电场模式 TE_{01*}（或者下文称之为 TE）。通常，它是基本的 TE 模式，该模式是整合有谐振器的系统或电路的期望模式。第二模式通常被称为混合模式 H_{11*}（下文称之为 H_{11}）。H_{11} 模式从介质谐振器激励，但是大量的电场位于谐振器之外，因此被空腔强烈影响。H_{11} 模式是介质谐振器和空腔相互作用的结果，它被定位在该空腔内并具有两种偏振。H_{11} 模式场正交于 TE 模式场。还存在额外的更高阶的模式，包括 TM_{01*}模式。

通常，不同于 TE 模式的所有模式是不受欢迎的并且形成干扰。然而，H_{11} 模式和 TM_{01*}（横磁的）模经常是重要考虑的仅有干扰模式，因为它们在频率上趋于相当接近 TE 模式。谐振器中的纵向透孔 14 有助于向上推动横磁模式的频率。然而，在滤波器的调谐过程中，横磁模式的频率可能被降低并

接近滤波器的运行频率。特别是，当调谐板更接近谐振器时，TM 模式的频率趋于下降并接近 TE 模式的频率。

剩下的更高阶的模式通常具有基本与 TE 模式分离的频率并且因此不会与系统的运行产生显著的干扰。

现有技术谐振器和谐振器电路的一个缺点在于它们在期望的 TE 模式和不期望的 TM_{01} 模式和 H_{11} 模式之间具有较差的模式分隔。另外，由于隔离壁和耦合螺钉的存在，现有技术的介质谐振器电路例如图 2 所示的滤波器具有较差的品质因数 Q。Q 实质上是系统的效率评估，更具体地，是系统中存储能量与损失能量的比值。由谐振器产生的场接触系统的所有传导性部件，例如外壳 20、调谐板 42、内壁 32 和 34、调节螺钉 43，并在这些传导性的部件中自然地产生电流。这些电路实质上包括从电路中损失的能量。

甚至更进一步，谐振器中的电场在谐振器中产生热量。在低功率微波电路中，热量没有足够重要到需要特殊设计的部件来确保足够的热耗散。然而，在高功率微波电路中，消散谐振器中产生的热量的需求成为了设计关注的对象。特别地，当介质谐振器的温度增加时，它的电特性会改变。显然，这是不受欢迎的。介质谐振器本身和安装到外壳上的低损耗介质支撑具有非常低的热导率。因此，即使外壳是高热导性的（例如，它可以由镀银的铝形成），从谐振器到外壳也没有热量的有效通路。

Nishikawa, T., Wakino, K., Tsunoda, K.和 Ishikawa, Y.在 1987 年 12 月 12 日的微波理论和技术学报（Transactions on Microwave Theory and Techniques）MTT-35 卷发表的用于蜂窝基站的利用四分之一切割 TE_{01*} 图像谐振器的介质高功率带通滤波器（Dielectric High-Power Bandpass Filter Using Quarter-cut TE_{01*} Image Resonator for Cellular Base Stations）中公开了一种改进高功率介质谐振器电路热耗散的技术。该参考文献公开了使用四分之一切割介质谐振器的介质谐振器滤波器，每个谐振器连接到两个垂直的金属板上。金属板被连接到四分之一切割谐振器的相反的端面并且还连接到外壳。两个板反射四分之一切割的谐振器从而形成具有合适电磁特性的电路，同时提供了从谐振器穿过金属板到金属外壳的高热导通路。然而，谐振器与金属板的接触显著降低了电路的 Q。作者声称，对于它们设计的八极椭圆形功能型滤波器（eight-pole elliptic function type filter）来说，880MHz 处的空载 Q 为 7000，插入损耗和衰减等级分别为 0.37dB 和 95dB。

发明内容

本发明的目的是提供一种改进的介质谐振器电路。

本发明的另一目的是提供具有改善的热耗散的介质谐振器电路。

本发明的目的是提供一种改善的高功率介质谐振器电路。

本发明的另一目的是提供一种具有改善的热耗散、品质因数和杂散响应的介质谐振器电路。

本发明的进一步目的是提供改善的机械稳定性。

本发明涉及用来在介质谐振器电路中消散热量的方法和设备。根据本发明，所述谐振器通过高热导的和电导的支撑例如金属杆安装到所述外壳，其中所述支撑穿过所述谐振器中心的纵向透孔。优选地，所述支撑通过高热导连接在透孔内，但是在所述支撑和所述谐振器之间定位有介质套管。所述杆或支撑具有选定的直径以最小化所述电路品质因数 Q 的降低。可选地，所述支撑可以是高热导的介质，并且所述透孔的内壁可被金属化。

对于利用传统的圆柱形介质谐振器的电路来说，本发明是有效的，但对于较新的圆锥形谐振器来说是特别有效的。特别是，如果金属杆穿过圆锥形介质谐振器的透孔从所述外壳的一侧到另一侧，实际上，通过弱化和使 TM_{01*} 模式远离 TE 模式，它趋于帮助改善系统的杂散响应。

附图说明

现在将参考附图描述本发明的实施例，其中：

图 1 是根据现有技术的圆柱形介质谐振器的透视图；

图 2 是根据现有技术的示范性的微波介质谐振器滤波器的透视图；

图 3 是根据现有技术的安装到图 2 中的外壳的其中一个谐振器的剖视图；

图 4 是特别适合与本发明结合使用的圆锥形介质谐振器的透视图；

图 5A 是图 4 的圆锥形介质谐振器的剖视图，示出了 TE 模式电场的分布；

图 5B 是图 4 的介质谐振器的剖视图，示出了 H_{11} 模式电场的分布；

图 6 是特别适合与本发明结合使用的另一圆锥形介质谐振器的侧剖视图；

图 7 是根据本发明的介质谐振器电路的侧视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去）;

图 8 是图 7 介质谐振器电路的透视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去）;

图 9A 是根据本发明另一实施例的介质谐振器电路的侧视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去）;

图 9B 是与图 9A 的介质谐振器电路相似的介质谐振器电路的侧视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去），示出了根据本发明的进一步改进;

图 9C 是图 9B 的实施例中交叉耦合调谐螺钉更详细的侧视图;

图 10 是根据本发明另一实施例的介质谐振器电路的侧视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去）;

图 11 是根据本发明另一实施例的介质谐振器电路的侧视图（出于可视目的，外壳的一个壁被除去）。

具体实施方式

A. 圆锥形谐振器和使用它们的电路

通过参考完全整合在此的美国专利 No. 10/268,415 公开了新的介质谐振器和使用这种谐振器的电路。在前述的专利申请中公开的新谐振器的关键特征之一在于在谐振器之外和邻近谐振器的 TE 模式场的场强度沿着谐振器的纵向尺寸变化。如前述专利申请公开的那样，新谐振器的关键特征帮助实现这个目的关键特征在于平行于 TE 模式的场力线测量到的谐振器的横截面积沿着谐振器的经线即垂直于 TE 模式场力线变化。在优选实施例中，横截面作为谐振器纵向尺寸的函数单调变化。在一个特定的优选实施例中，谐振器是圆锥形的，将在下面更详细地讨论。甚至更优选地，圆锥体是截头圆锥体。

图 4 是根据前述专利申请的介质谐振器的示范性实施例的透视图。如图所示，该谐振器 400 成型为具有中心纵向透孔 402 的截头圆锥体 401 的形状。如现有技术中的那样，透孔的主要目的是抑制横磁（TM_{01}）模式。当使用传统的圆柱形谐振器时，在滤波器的调谐过程中，TM_{01} 模式的频率可十分接近滤波器的工作带宽（即，TE 模式的频率）。然而，圆锥形谐振器破坏了在谐振器纵向上的 ε 填充空间（epsilon filled space）的均匀性。与传统的圆柱形谐振器相比，圆锥形谐振器的这个方面和谐振器中合适直径的纵向透孔一起

可基本减小 TM_{01} 模式激励的大小。圆锥形的形状使得 TE 模式场位于与 H_{11} 模式场物理隔开的体积中。

参考图 5A 和 5B，由于电场的横向分量，TE 模式的电场 504（图 5A）趋于集中在谐振器的底部 503。然而，由于电场的垂直分量，H_{11} 模式的电场 506（图 5B）趋于集中在谐振器的顶部（窄的部分）505。这两种模式的纵向位移改善了谐振器（或使用这种谐振器的电路）的性能，因为圆锥形介质谐振器可邻近其他微波装置（例如其他谐振器、微波传输带、调谐板、输入/输出耦合环）定位，使得它们各自的 TE 模式电场彼此接近并强耦合，而它们各自的 H_{11} 模式电场保持彼此较远地隔开，因此不会几乎像强耦合那样的彼此耦合。相应地，在 TE 模式和 H_{11} 模式彼此更接近地定位时，H_{11} 模式也不会几乎象现有技术那样与邻近的微波装置耦合。

另外，在本发明的圆锥形谐振器中，模式分隔（即频率间隔）被增加。

纵向透孔的半径应该被选定成优化插入损耗、体积、杂散响应和其他特性。另外，纵向透孔的半径可以是可变的。例如，它可以包括一个或多个台阶。

图 6 示出了申请 No. 10/268,415 的圆锥形谐振器的甚至更优选的实施例，其中谐振器 600 的主体 601 甚至被进一步截头。特别地，相对于图 4 示出的示范性谐振器，人们可认为图 6 的谐振器是将谐振器的顶部去除了。更具体地，在图 4 实施例中谐振器的 H_{11} 模式场集中的部分在图 6 实施例中被去除了。相应地，H_{11} 模式不仅与 TE 模式物理隔开，而且它位于介质材料外部，因此，基本被衰减并且频率被向上推进。

因此，与现有技术的圆柱形谐振器相比，在前述专利申请的实际上不依赖 TE 模式衰减的圆锥形谐振器中，有疑问的 H_{11} 干扰模式被认为是无关紧要的。如前述专利申请中详细讨论的那样，更大的模式分隔结合 TE 模式和 H_{11} 模式的物理隔离使得 TE 模式中心频率和 H_{11} 模式中心频率的调谐不受显著影响。圆锥形谐振器也基本改善了 TM_{01} 模式的抑制，这是经常关注的其他杂散模式。实际上，因为圆锥形谐振器破坏了谐振器纵向的均匀性并且还因为谐振器中合适尺寸的透孔基本衰减了 TM_{01} 模式，所以 TM_{01} 模式实际上在圆锥形谐振器中非常难以被激励并且仅在调谐板非常接近谐振器即几乎接触时才能被激励。由于其他原因，不希望调谐板与谐振器这样接近的定位。例如，它将显著减小工作的 TE 模式的品质因数 Q。因此，在从诸如 TM_{01}

模式和 H_{11} 模式的杂散模式中最小化干扰方面，圆锥形谐振器一般优于传统的圆柱形谐振器。另一方面，通过调谐板、调谐螺钉、空腔和圆柱形谐振器的相互作用，在传统的圆柱形谐振器中很容易在接近 TE 模式频率处支撑 TM_{01} 模式。

美国专利申请 No. 10/268,415 公开了许多根据如上所述在此公开的发明原理的其他实施例，如上所述，所有这些都适于本发明的应用。

B. 热耗散

图 7 是根据本发明的示范性圆锥形介质谐振器微波滤波器的透视图。虽然本发明在采用圆锥形谐振器时由于它们某些独特性质而特别有益，如下文的进一步讨论，但该实施例仅是示范性的。本发明同样适用于其他类型的谐振器，包括传统的圆柱形谐振器，如本说明书的图 1 示出的谐振器和前述美国专利申请 No. 10/268,415 中公开的所有各种谐振器。如图所示，滤波器 700 包括矩形的外壳 701。为了看到内部的元件，已经移去一个壁，但是应该理解，实际的外壳将包括最终的壁以完全封闭和保护内部的电路部件。在外壳内以适于实现该电路性能目的的任何结构安排了多个谐振器 702。如果谐振器是圆锥形谐振器，优选地，每个谐振器相对于其相邻的谐振器或谐振器等都是纵向颠倒的，如图所示。每个谐振器相对于相邻谐振器颠倒作为优选方案的主要原因在于 TE 模式电场可被设置得甚至彼此更接近并且减小了电路的尺寸。特别是，通过交替颠倒它们，谐振器可被包装到更小的空间中。另外，因为 TE 模式场集中在谐振器的底部，一个圆锥形谐振器的场从相邻的颠倒的圆锥形谐振器的纵向地（图 7 中的 z 轴）和横向地（图 7 中的 x 和 y 轴）场移位。因此，通过颠倒相邻的圆锥形谐振器和在横向上将谐振器彼此非常接近的隔开，一个谐振器的底部可以几乎直接定位在相邻谐振器底部之上，从而两个谐振器的底部之间几乎没有横向（x，y）位移，仅有纵向位移。因此，如果特别希望强耦合，一个谐振器的 TE 模式场正好可以放置在相邻谐振器 TE 模式场之上。另一方面，如果希望更小地耦合，可以纵向地和/或横向地增加两个谐振器之间的位移。

在现有技术中，电路设计使用例如圆柱形谐振器，在其中沿着谐振器的高度 TE 场强度一般不变化（除了在谐振器真正的端部处），谐振器相对于彼此的纵向可调性一般很少需要或很少有好处。

图 7 示意性地示出了普通的输入耦合器 790，微波能量通过它供给到电

路。输入耦合器 709，例如，可以接收来自与外壳外侧耦合器相连的同轴电缆（未示出）的能量。耦合器 709 定位得穿过外壳的壁且接近第一谐振器，在接近最后谐振器定位的输出耦合器 711 处接收输出。耦合器可以是现有技术中公知的或在以后公开的用来将能量耦合到介质谐振器中的任何其他的耦合装置，包括成型在外壳或耦合环表面的微波传输带。

谐振器 702 经由热导的和电导的杆 703 安装到外壳，优选地，所述杆从一个侧壁 701a 到相反的侧壁 701b 完全穿过外壳。在优选实施例中，杆 703 是金属的并且完全穿过相反外壳壁上的孔 713、714。杆也完全穿过谐振器 702 中的纵向透孔 716。优选地，高热导的介质衬垫 704 定位在谐振器透孔中并与谐振器透孔的内壁接触，并且具有中心纵向透孔，金属杆 703 接触地穿过该透孔。衬垫 704 应该是顺从型的从而能够适应和吸收杆和谐振器透孔尺寸的任何相对变化，由于杆和谐振器热膨胀系数的差异可能产生这种变化。特别地，杆和谐振器由非常不同的材料制成，因此可能具有显著不同的热膨胀系数。衬垫 704 还防止了导电性的杆与介质谐振器的直接接触，这可以显著降低电路的 Q。然而，在一些电路中，这种接触可能有用。已经发现特富龙是一种特别适用于该衬垫 704 的材料。在备选实施例中，衬垫可用具有良好热导率的顺从粘合层代替。

高热导的杆 704 和衬垫 705 提供了从谐振器到外壳的有效热通路，通过该通路热量可从谐振器迅速消散，因此使得设计的高功率电路不会过热。为杆 704 使用诸如高热导的金属材料的增加好处在于它具有非常高的扭转和弯曲强度以牢牢地固定谐振器圆盘。特别地，介质谐振器电路通常安装在室外，因此要承受严酷的环境条件，并且在安装和运行期间要承受粗糙的操作。相应地，固定谐振器圆盘的杆的强度是重要的设计考虑。

如前面提到的，外壳通常由镀银的铝形成，因此本身是高热导的。如前述专利申请 No. 10/268,415 详细讨论的那样，当在电路中使用圆锥形谐振器时，外壳可以由电镀的塑性材料形成。根据本发明，优选地，塑性材料是高热导的。然而，外壳是相对大的物体，即使它不是高热导的，通常它也能够足够有效的将热量消散周围的空气以避免过热。在过去，问题是缺乏从谐振器到外壳的有效热通路。本发明提供了这样的通路和许多其他优点，将在下文更全面地讨论。

另外，优选地，杆至少在其穿过外壳壁上的透孔 713 的一端是带螺纹的。

外壳壁中的透孔 713 是相配的螺纹，因此通过从外壳外部旋转杆，可纵向调节谐振器。例如，杆的该端可设置有被螺丝刀啮合的槽 717 或相似的压痕，因此杆可被容易地旋转以使得谐振器被纵向调节，而不需要访问外壳的内部。锁定螺母 707 可设置在螺纹杆上，一旦谐振器被最终定位，其可将杆保持在合适的位置。

为圆锥形谐振器提供的纵向可调性允许谐振器的位置相对于彼此和相对于外壳调节，这为谐振器彼此耦合的强度提供了可调性，因此为电路的性能参数提供了可调性，这些参数例如是前述的美国专利申请 No. 10/268,415 中详细讨论的中心频率和带宽。该可调性使得受控制的强耦合成为可能，从而低通或高通滤波器可用几乎无损的非常宽的带通或非常宽的带阻滤波器代替。

杆也可以在它们穿过谐振器 702 和/或衬垫 704 的地方具有螺纹，并且衬垫和/或杆具有相配的螺纹。另外，衬垫可以是内螺纹的和外螺纹的，因此它可以相对于谐振器和/或杆独立地纵向调节，从而为每个谐振器 702、杆 703 和衬垫 704 提供了相对于彼此和外壳的单独可调性。然而，已经确定出，在杆上接近衬垫和谐振器处形成螺纹以及在衬垫和谐振器透孔本身内形成螺纹不是必需的并且产生了非必需的机械顺从性。在本发明的至少一个优选实施例中，衬垫和谐振器中的透孔不是螺纹的，在邻近谐振器和衬垫处的杆也不是螺纹的。这些部件或者相对于彼此没有独立的纵向可调性，或者具有一定的尺寸以在其间提供摩擦配合，因此它们相对于彼此仍然是单独纵向可调节的，而不用通过在所有的部件上制造螺纹来引入机械顺从性。

如果电路包括隔离壁，例如壁 708，杆 703 可能穿过隔离壁中的透孔，如结合三个中间谐振器所示的那样。本发明的这个方面从图 8 中得到最佳的展示。优选地，虽然，不是必需地，隔离壁 708 比杆 703 的直径厚，因此杆被完全包在隔离壁内。如果杆比壁厚，则它完全切断了壁并且部分暴露在壁外，特别地，如果杆是螺纹的，则杆和外壳间的接地通路就比较差了。另一方面，使隔离壁较厚通常稍微降低了电路的整体 Q，因为该壁将更接近谐振器。然而，降低 Q 的牺牲或许更小，因此为了改善接地连接是值得权衡的。

系统还包括圆形的传导性的调谐板 705，该调谐板可调节地安装在外壳 701 上以相对于谐振器 702 的底部纵向调节。如本领域众所周知的那样，调谐板例如板 705 与谐振器的相对位置影响谐振器的中心频率并被用来调谐电

路的中心频率。优选地，这些板 705 具有基本纵向的尺寸（例如，大于外壳侧壁 701a 和 701b 的厚度）。板可具有带螺纹的侧壁 705a，该侧壁适于与外壳 701 中相应的螺纹透孔 714 匹配。因此，通过板在它们各自的孔 714 中的旋转，调谐板 705 相对于谐振器的底部是纵向可调的。然而，注意，如果杆在它们与外壳相反侧壁 701a 和 701b 中的各个孔 713 和 714 相遇的两端都是带螺纹的，则螺纹必须非常精确地形成，这样在对应于相对两个孔 713 和 714 的给定量旋转的杆的纵向移动之间没有可变性，因为这将导致杆的粘结和潜在的机械破坏。为了避免该问题和/或昂贵的、高精度匹配的需求，杆一个仅在一端带螺纹。作为比较方案，杆在两端都是带螺纹的，但是调谐板具有与其内透孔中的杆相匹配的螺纹，但是它的外侧壁是光滑的并且仅与外壳中的孔 714 摩擦配合。图 7 和 8 示出了这个最后提到的实施例。特别地，杆 703 的两端都是带螺纹的，因此可通过在孔 713 中相对于外壳旋转杆来纵向调节谐振器，通过相对于杆 703 旋转调谐板 705 来相对于谐振器 702 纵向调节调谐板 705。然而，调谐板将不约束在外壳中的孔 714 内，因为该孔不是螺纹的并且调谐板的外侧壁 701a 光滑地依附在孔 714 内。优选地，杆 703 完全延伸穿过和超出调谐板 705，因此另一锁定螺母 706 可置于杆上以将调谐板锁定在其最终位置。

导电性的杆也有助于抑制杂散 TM_{01*}模式。通常，作为谐振器中合适确定尺寸的纵向透孔的结果，TM_{01*}模式已经被很好地抑制。然而，在调谐期间，如果调谐板非常接近谐振器，特别是非常接近传统的圆柱形谐振器，在接近调谐波段处（即，接近 TE 模式的频率处），它产生有利于激励 TM_{01*}模式的边界条件。TM_{01*}模式在纵向上集中在谐振器的中心。因此，它穿过透孔。透孔中良好电导体如支撑杆 703 的存在迫使场强度在杆处逼近零。在帮助抑制 TM_{01*}模式方面，杆是最有效的，如果它完全进入和穿过调谐板的话，如附图所示。

图 7 和 8 所示电路的电路模拟在中心频率大约为 2GHz 处示出了 12,000 的预期 Q，这是对现有技术电路的实质性改进。

在本发明的备选实施例中，用于谐振器的支撑可部分地由更传统的材料形成，如氧化铝、特富龙或聚碳酸酯和电镀的或其他涂覆有金属或其他高电导和热导材料的材料。作为甚至更进一步的备选方案，氧化铝、特富龙或聚碳酸酯的支撑杆可被挖空，例如通过钻孔，或浇铸或模制为中空的杆，金属

衬垫可被放置在杆的中空部分内。如果金属（或其他高热导材料）杆被放置在陶瓷或塑性材料内部，则优选地要选择高热导率的陶瓷或塑性材料以促进从介质谐振器到外壳的良好热导性。然而，如果其他高传导材料的金属被涂覆在陶瓷或塑性材料的外部，则陶瓷或塑性材料的热导性就不重要了，因为热量大部分将从介质谐振器传导到外壳而不会通过内部的陶瓷或塑性材料。

图 9A 示出了本发明一个实用实施例，相对于前面讨论的包括了至少一个额外特征。具体地，该实施例包括图 7 和 8 所示介质谐振器电路的大部分基本部件。额外特征包括修改的输出耦合环系统，其中输出耦合环 911 包括耦合部件，其形式为在最末的介质谐振器 902e 周围弯曲的耦合环 901。它与上述结合图 7 和 8 讨论的耦合环相似，只是增加了第二耦合部件，该第二耦合部件的形式为从主耦合环 901 垂下的铜板 903 并且定位得接近倒数第二谐振器 902d。板 903 的平面平行于介质谐振器 902a-902e 的纵轴定向，并且垂直于由所有谐振器的纵轴定义的平面。然而，其他结构也是可能的。

板 903 实现了到倒数第二谐振器 902d 的电耦合，而线环 901 实现了到最末谐振器 902e 的磁耦合。根据该实施例，滤波器的出入耦合是不对称的，这产生了对称形状的滤波器响应。

图 9B 和 9C 示出了根据本发明的进一步修改。根据本发明的这个方面，细长的交叉耦合调谐部件例如带螺纹的螺钉 941 被设置得穿过外壳壁中相配的螺纹孔 943。交叉耦合调谐板 903 包括从直径小于板 903 的圆柱体 903b 伸出的圆形板 903a。螺钉 941 在其末梢端 947 具有圆柱形的中空部分 945，该中空部分的尺寸和形状被确定得可使交叉耦合板 903 的圆柱形部分 903b 配合在其内。在实施中，螺钉 941 被定位在外壳壁中，使得中空部分 945 啮合圆柱体 903b。通过在孔 943 中旋转螺钉 941，螺钉的末梢端 947 纵向前进或后退，从而与圆柱体 903b 对接并推动交叉耦合调谐板 903 向前克服线 901 的回弹力或允许该线回弹地使板 903 回到其静止位置。圆柱体 903b 可简单地松配合在螺钉 941 的圆柱形中空部分 945 中，从而可以旋转螺钉推动调谐板 903 而不用再旋转调谐板。在其他实施例中，调谐螺钉可沿两个方向从线 901 的回弹力指示的静止位置处推动和拖动调谐板，圆柱体 903b 可通过任何数量的将仍然允许螺钉 941 和板 903 之间相对旋转的公知方法被固定到调谐螺钉 941，例如通过具有旋转轴承的销。

根据本发明的这个方面，可通过旋转螺钉 941 的近端 946 来简单调节耦

合器和谐振器 902d 之间的交叉耦合，而且不用打开外壳。

图 10 示出了本发明另一实用实施例。输出耦合环 1005 包括铜板 1007，并且与图 9 的实施例中示出的输出耦合环系统的所有相关方面都相似。然而，输入耦合环 1011 不同。在图 10 的实施例中，与耦合线 1011 剩余的圆弧相比，输入耦合线 1011a 的与第二谐振器 1013b 邻近的部分被向外和向上弯曲，从而使得部分 1011a 更接近第二谐振器 1013b。这建立了线环到第二谐振器和第一谐振器 1013a 的某种磁耦合。这有助于增强电路左侧滤波器的选择性。

图 11 示出了本发明另一实用实施例。图 11 的实施例不同于前面以几种重要方法讨论的实施例。首先，输入连接器 1104 实际上定位在第一谐振器 1102a 和第二谐振器 1102b 之间的外壳 1101 上。同样地，输出连接器 1106 相似地实际上定位在倒数第二谐振器 1102d 和最末谐振器 1102e 之间的外壳 1101 上。此外，电路在谐振器之间没有隔离壁（即，它是一种无隔板的外壳）。最后，谐振器之间的横向间距（即，沿图 11 中的双头箭头 1115 的方向）不均匀。例如，在该特定实施例中，最先的两个谐振器 1102a 和 1102b 彼此在横向上比第二和第三谐振器 1102b 和 1102c 彼此更加接近。同样地，最末两个谐振器 1102d 和 1102e 彼此之间比诸如谐振器 1102c 和 1102d 彼此之间更加接近。

这些修改中的每个都是重要的。例如，将连接器 1104 和 1106 放置在两个相邻的谐振器之间为能量输入、输出电路提供了更大的自由度和选择。例如，参考输入耦合器 1104，它具有设计和定位用来与第一谐振器 1102a 磁耦合的第一耦合环 1108，如前面结合本说明书中讨论的其他实施例描述的那样。然而，如果需要，第二耦合部件例如耦合部件 1112 可被耦合到连接器 1104 并被定位得与第二谐振器 1102b 耦合。因此，例如，如图 11 所示，与图 9 中的耦合板 903 相似的单独的耦合板 1112 可邻近第二谐振器 1102b 定位以在连接器 1104 和第二谐振器 1102b 之间提供电交叉耦合。

在许多电路中，这样的额外交叉耦合是希望的以改善衰减。在这种额外交叉耦合是多余的或不受欢迎的其他电路中，可简单地省略第二耦合部件 1112。例如，输出耦合器 1106，虽然定位在最末两个谐振器 1102d 和 1102e 之间并能够支撑第二耦合部件，如连接器 1104，但它仅有一个耦合部件，即磁耦合到最末谐振器 1102e 的环 1110。

关于谐振器的不均匀横向间距，这是令人想要的特征，因为经常有些情

况需要在不同对的相邻谐振器之间具有不同的耦合强度。例如，在介质谐振器设计中普通的是需要最先两个谐振器和/或最末两个谐振器比中间谐振器之间的耦合更强。在现有技术中，这通常是通过在各种谐振器之间使用不同尺寸的隔板来实现。然而，在本发明中，因为通过谐振器相对于彼此的纵向调节，谐振器之间的耦合强度是高度可调节的，所以电路通常可被设计的不带隔板。这是重要的优点，因为用来在其间形成隔板以限制耦合的壁降低了电路的品质因数。它们基本会在电路中产生损耗。当然，通过如说明书中前面描述的那样相对于彼此纵向调节各种谐振器，任何对的谐振器之间的耦合强度可被处理得比任何其他对的谐振器之间的耦合强度更强。然而，通过相对于彼此纵向调节谐振器实现的耦合强度的变化相当小并且真正构成了细调谐。在本发明的实用实施例中，谐振器相对于彼此的纵向调节通常可实现耦合强度 10－15％的改变。本领域中的熟练人员将很容易地认识到，谐振器横向间距中的较小差异通常将对耦合具有非常重要的影响。因此，通过利用谐振器不均匀的横向间距，任何两个谐振器之间的基极耦合强度可被设置得更精确。例如，经常有些情况，在介质谐振器电路中，最先两个谐振器和最末两个谐振器之间的耦合强度应该大大强于中间谐振器之间的耦合。因此，电路外壳可被设计成这样，以使得最先两个谐振器和最末两个谐振器比其他谐振器具有更小的横向间距。如此，由于谐振器相对于彼此的纵向调节可从谐振器之间的更合适的基极耦合开始，所以实现了细调谐。根据本发明的谐振器电路的实际上的可调谐性和特别是消除了需要隔板的能力也是重要的第二实用优点。例如，隔板的消除极大地简化了外壳 1101 的加工。因此，由于消除了外壳加工的许多复杂工序，所以可更快地和更便宜地制造电路。

因此，尽管图 9 和 10 的实施例也提供了连接器和第二谐振器之间的交叉耦合，但图 11 实施例的额外优点在于，连接器的两个分支例如 1108 和 1112 可彼此独立定位，这样第一谐振器 1102a 的耦合以及与第二谐振器 1102b 的耦合基本上可以彼此独立地完全调节。在图 9 和 10 的实施例中这是不可能的，在图 9 和 10 的实施例中，为了调节与最末谐振器 902e 的耦合而对耦合环 901 进行的任何移动将自然地使得耦合板 903 移动并因此改变了板 903 和倒数第二谐振器 902d 之间的耦合。

因此上文描述了本发明的一些特定实施例，但是对于本领域的熟练人员来说很容易进行各种其他改造、修改和改进。通过本公开可明显实现的这些

改造、修改和改进被认为是本说明书的一部分并认为在本发明的实质和范围之内，虽然它们没有在此被克意地提到。因此，前述描述作为实例而非限制。本发明仅由所附的权利要求及其等同物限定的内容限制。

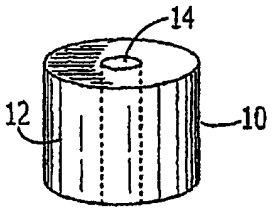


图 1
现有技术

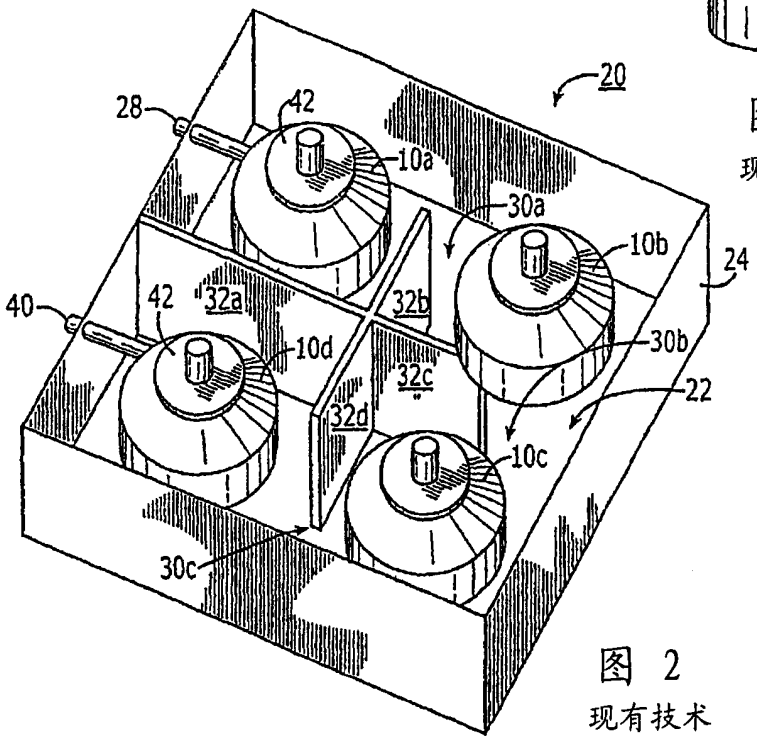


图 2
现有技术

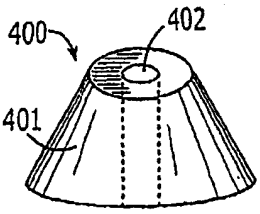


图 4

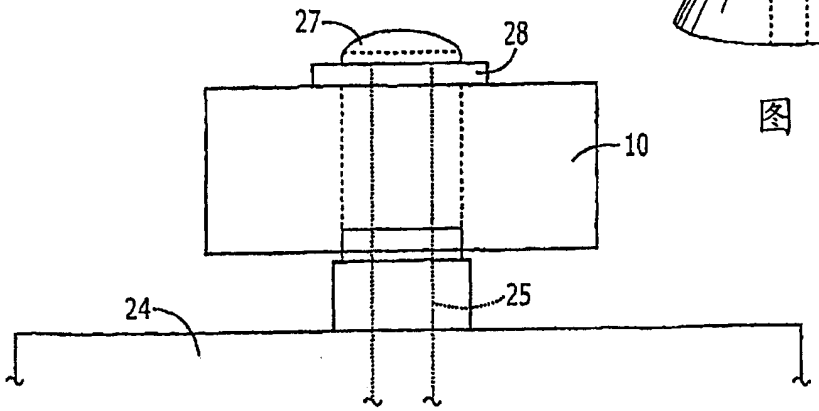


图 3

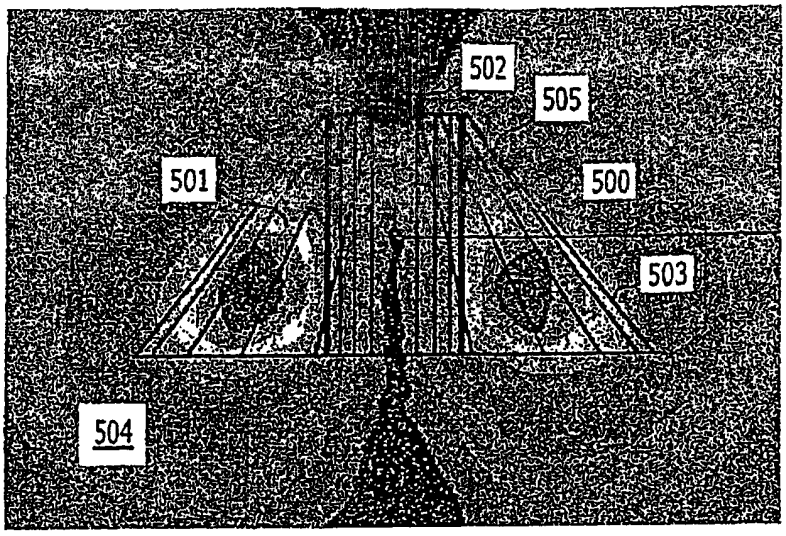


图 5A

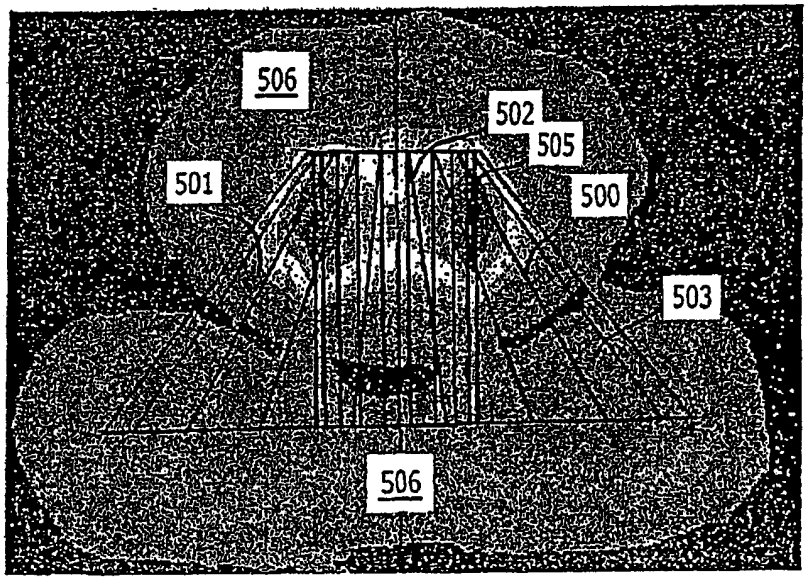


图 5B

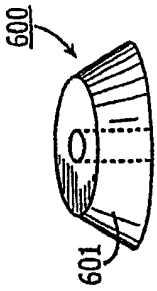

600
601

图 6

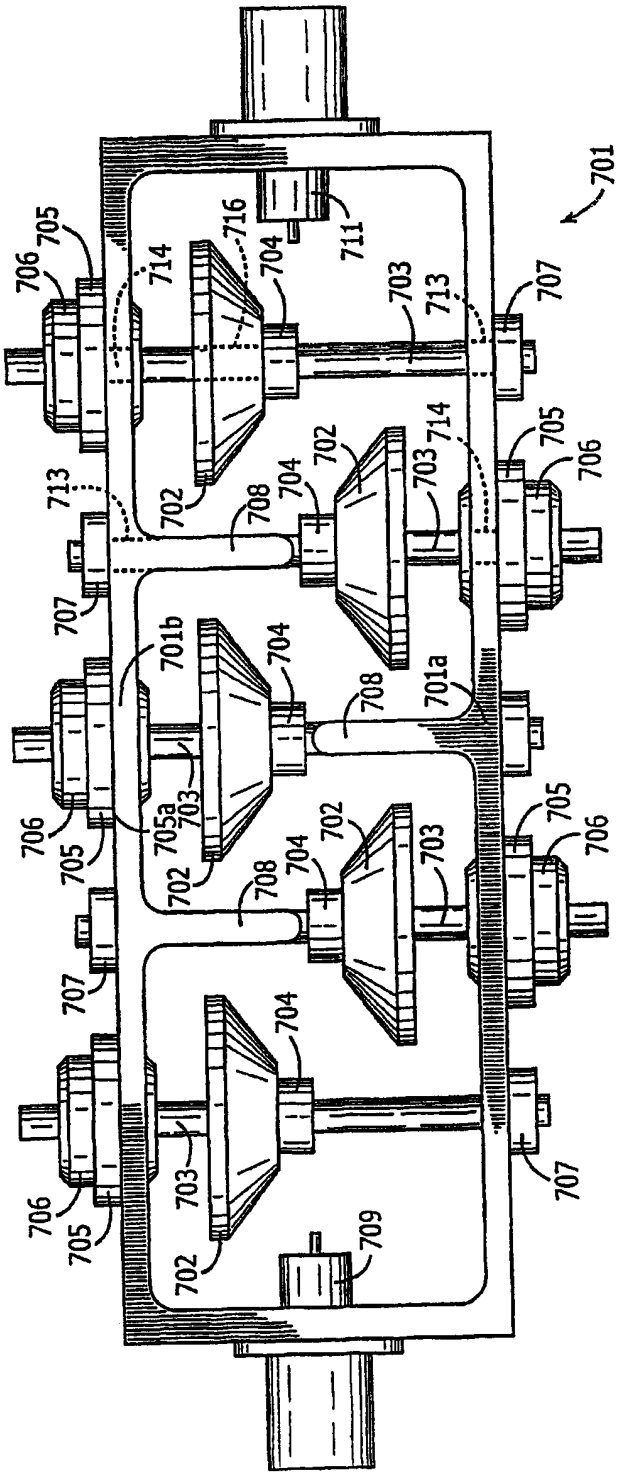

701
701a
701b
702
703
704
705
705a
706
707
708
709
711
713
714
716

图 7

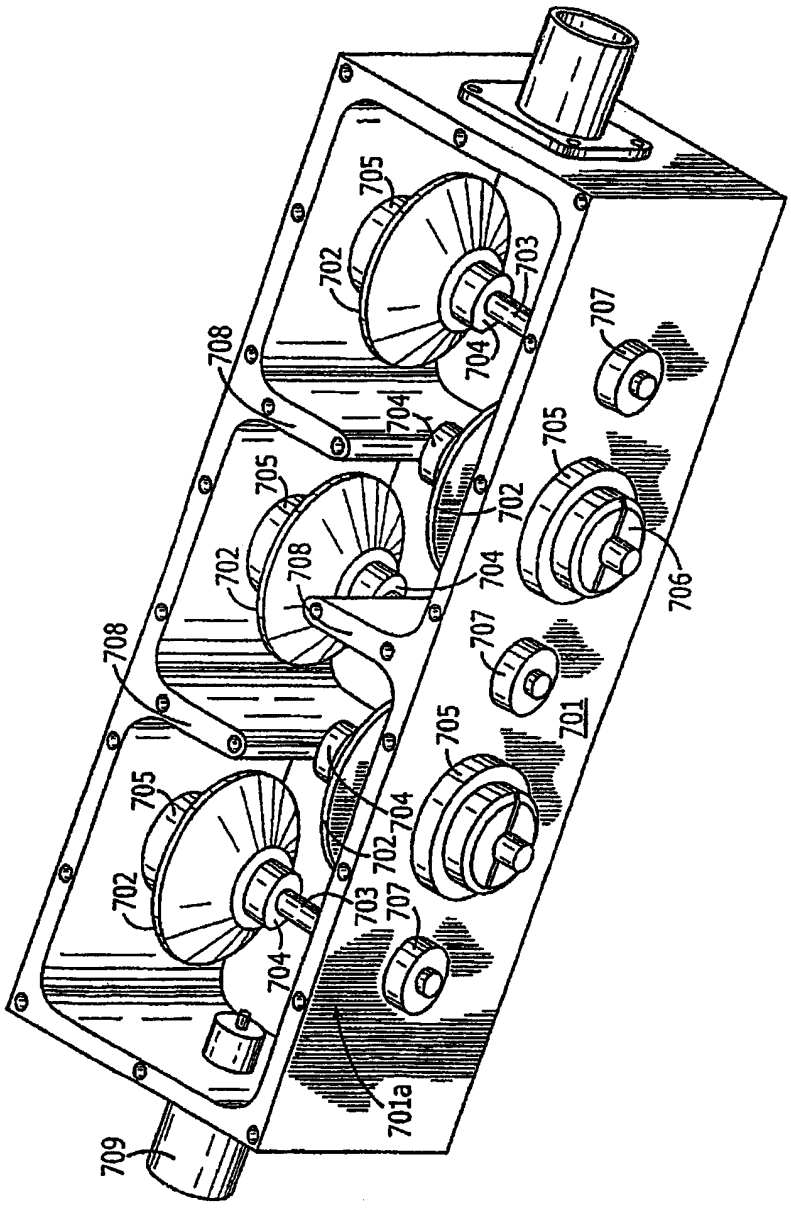

705
702
703
707
704
708
705
702
704
706
708
707
705
701
705
702
704
703
707
704
701a
709

图 8

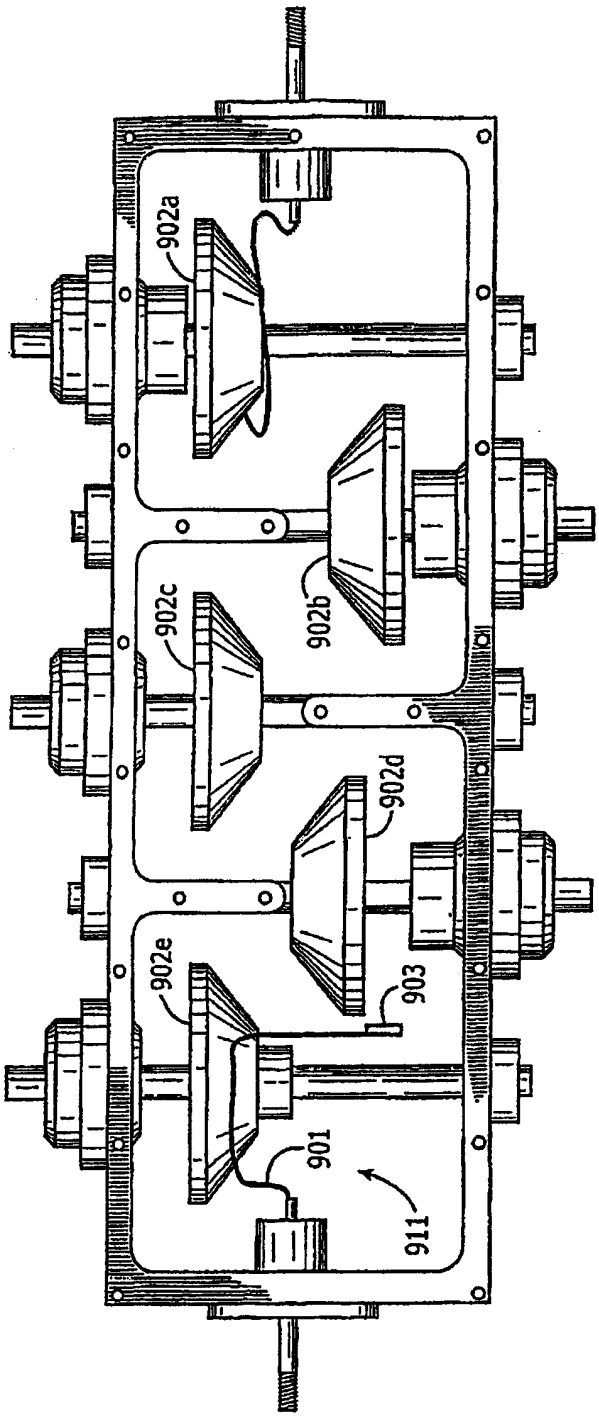


图 9A

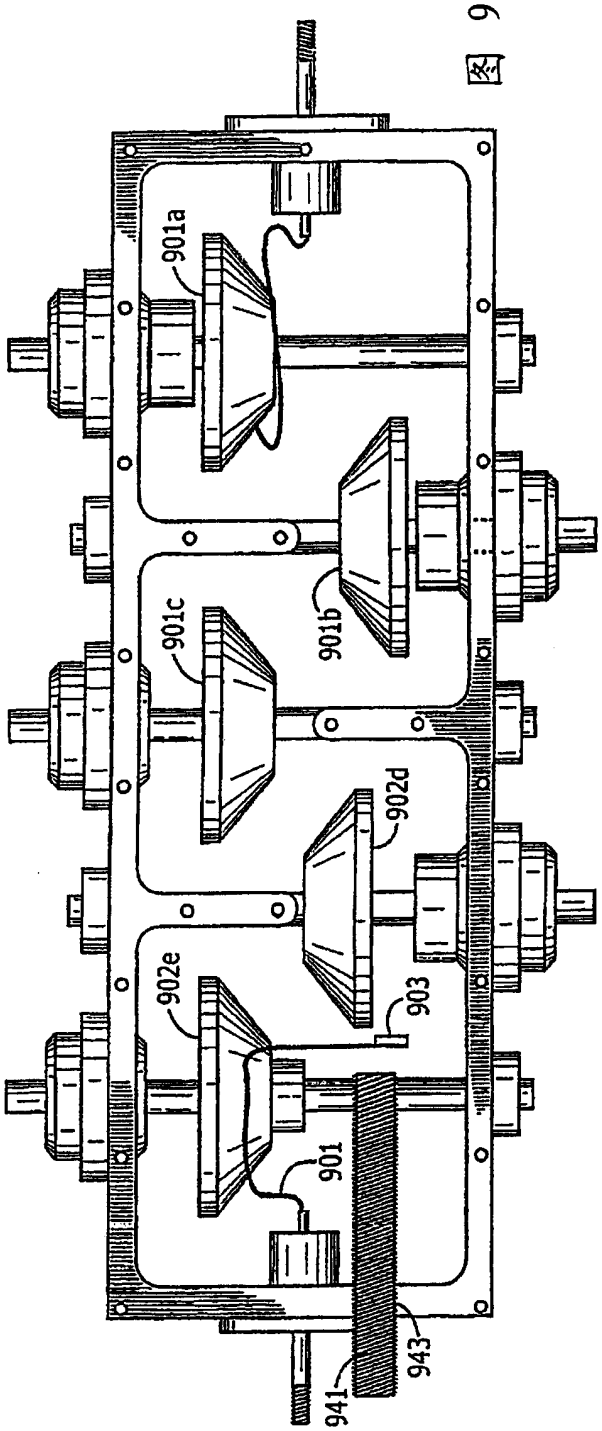

901a
901b
901c
902d
902e
903
901
943
941

图 9B

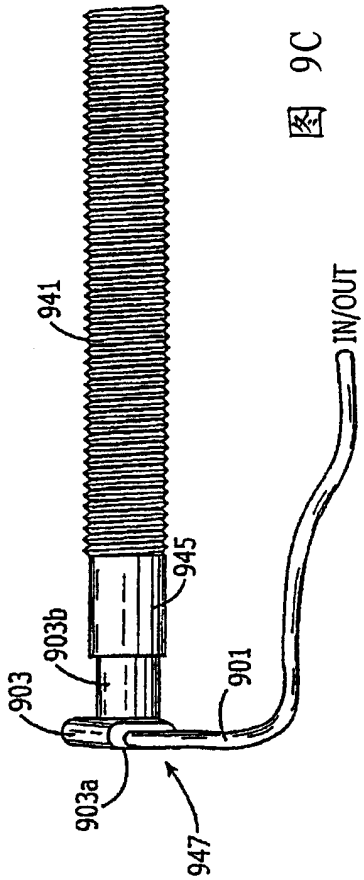

941
945
903b
903
901
903a
947
IN/OUT

图 9C

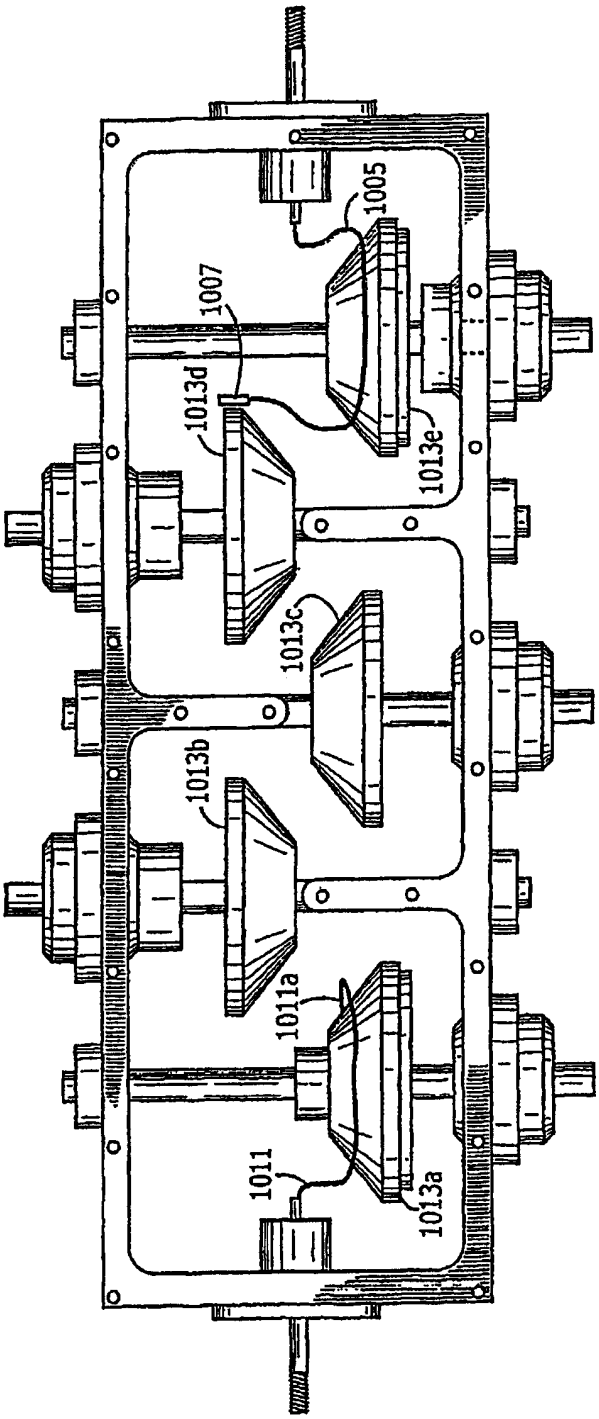


图 10

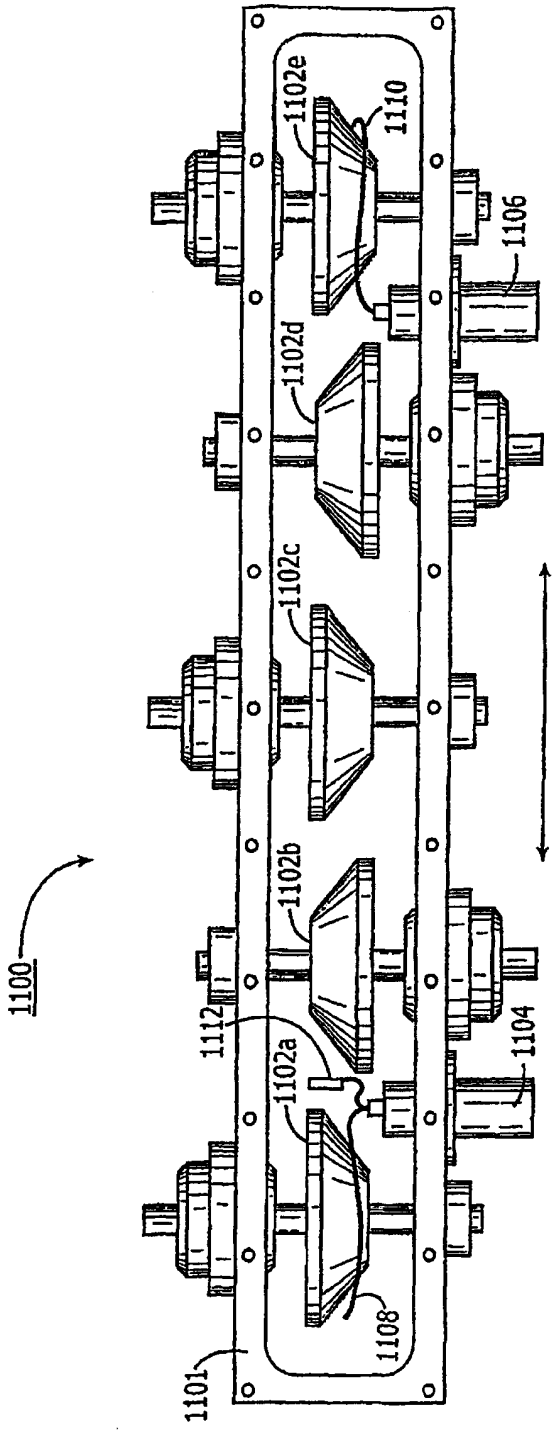

1100
1101
1102a
1102b
1102c
1102d
1102e
1104
1106
1108
1110
1112

图 11