



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112470338 B

(45) 授权公告日 2023.05.16

(21) 申请号 201980049267.0

(22) 申请日 2019.06.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112470338 A

(43) 申请公布日 2021.03.09

(30) 优先权数据
62/687,984 2018.06.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.01.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/038180 2019.06.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/246364 EN 2019.12.26

(73) 专利权人 天工方案公司
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 M·D·希尔 D·B·克鲁克尚克

J·A·舜克温勒 姜建中
D·M·菲罗 S·波利塞泰

(74) 专利代理机构 北京市正见永申律师事务所
11497
专利代理师 黄小临

(51) Int.Cl.
H01P 11/00 (2006.01)
H01P 5/19 (2006.01)
H01B 3/10 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101910088 A, 2010.12.08
US 5096878 A, 1992.03.17
IN 8301DELNP2007 A, 2008.07.04
陈康等. 固有烧结温度低的低介电常数陶瓷
材料研究进展.《材料导报》.2017,

审查员 蒋秋芳

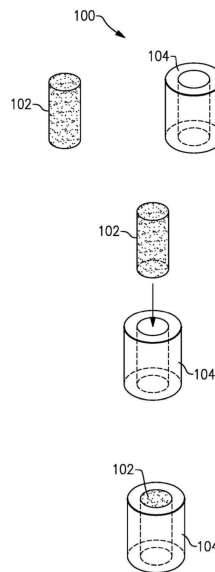
权利要求书2页 说明书13页 附图13页

(54) 发明名称

用作射频部件的复合材料及射频隔离器和循环器

(57) 摘要

本文中公开了低温可共烧制介电材料的实施例,该介电材料能够与高介电材料结合使用以形成复合结构,特别是用于射频部件的隔离器和循环器。低温可共烧制介电材料的实施例能够是白钨矿或石榴石结构,例如钒酸铋。对于隔离器和循环器的形成,粘合剂和/或胶不是必需的。



1. 用作射频部件的复合材料,包括:

低温可烧制外部材料,所述低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构,所述低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合,并且, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与所述 BiVO_4 分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中;以及

位于所述外部材料内的高介电内部材料,所述高介电内部材料具有大于30的介电常数,所述低温可烧制外部材料和所述高介电内部材料被配置为在650-900°C之间的温度下一起共烧制来形成集成磁/介电组件,而无需使用粘合剂或胶。

2. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述高介电内部材料成形为盘,且所述低温可烧制外部材料成形为环。

3. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述低温可烧制外部材料具有在20至80之间的介电常数。

4. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述 Al_2O_3 在所述低温可烧制外部材料中以多至6wt%的量存在。

5. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述低温可烧制外部材料还包括钒酸钪、钒酸钪或氧化钛中的一种或多种。

6. 根据权利要求5所述的复合材料,其中,所述氧化钛以多至10wt%的量存在于所述低温可烧制外部材料中。

7. 根据权利要求5的复合材料,其中,钒酸钪、钒酸钪中的一种或两种与所述 BiVO_4 在所述低温可烧制外部材料中形成固溶体。

8. 根据权利要求5所述的复合材料,其中,二氧化钛作为与所述 BiVO_4 分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中。

9. 根据权利要求5所述的复合材料,其中,所述钒酸钪以多至50wt%的量存在于所述低温可烧制外部材料中。

10. 根据权利要求5所述的复合材料,其中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 和 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 作为分离相存在于所述低温可烧制外部材料中。

11. 根据权利要求10所述的复合材料,其中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 和 TiO_2 作为分离相存在于所述低温可烧制外部材料中。

12. 根据权利要求5所述的复合材料,其中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 GdVO_4 作为分离相存在于所述低温可烧制外部材料中。

13. 一种形成用作射频装置中的隔离器或循环器的复合材料的方法,所述方法包括:

提供低温可烧制外部材料,所述低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构,所述低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合,并且, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与所述 BiVO_4 分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中;

使高介电内部材料进入所述低温可烧制外部材料中的孔内,所述高介电内部材料具有高于30的介电常数;以及

在650-900°C之间的温度下共烧制所述低温可烧制外部材料和所述高介电内部材料,以围绕所述高介电内部材料的外表面收缩所述低温可烧制外部材料,以形成集成磁/介电组件,而无需使用粘合剂或胶。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述 Al_2O_3 以多至6wt%的量存于所述低温可烧

制外部材料中,所述低温可烧制外部材料还包括钒酸铋、钒酸钷或氧化钛中的一种或多种,所述氧化钛以多至10wt%的量存在于所述低温可烧制外部材料中,钒酸铋、钒酸钷中的一种或两种与所述 BiVO_4 在所述低温可烧制外部材料中形成固溶体,二氧化钛作为与所述 BiVO_4 分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中,所述钒酸钷以多至50wt%的量存在于所述低温可烧制外部材料中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 BiVO_4 作为分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 和 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 作为分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 和 TiO_2 作为分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中,或 $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 GdVO_4 作为分离相存在于所述低温可烧制外部材料中。

15. 一种射频隔离器或循环器,包括:

低温可烧制外部材料,所述低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构,所述低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合,并且, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与所述 BiVO_4 分离的相存在于所述低温可烧制外部材料中;以及

位于所述外部材料内的高介电内部材料,所述高介电内部材料具有高于30的介电常数,所述低温可烧制外部材料和所述高介电内部材料被配置为在650-900°C之间的温度下一起共烧制,而无需使用粘合剂或胶。

16. 根据权利要求15所述的射频隔离器或循环器,其中,所述低温可烧制外部材料具有如权利要求1或4-12中任一项所述的复合材料组成。

17. 根据权利要求15所述的射频隔离器或循环器,其被包括在电子装置模块中。

18. 根据权利要求15所述的射频隔离器或循环器,其被包括在RF电子装置中。

用作射频部件的复合材料及射频隔离器和循环器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119(e) 要求享有提交于2018年6月21日、标题为“被设计为要与用于微型隔离器和循环器的高铋石榴石铁氧体共烧制的低烧制温度介电材料 (LOW FIRING TEMPERATURE DIELECTRIC MATERIALS DESIGNED TO BE CO-FIRED WITH HIGH BISMUTH GARNET FERRITES FOR MINIATURIZED ISOLATORS AND CIRCULATORS)”的美国临时专利申请序列号62/687,984的优先权,其通过引入全文并入本文中。

技术领域

[0003] 本申请的实施例涉及能够与铁磁陶瓷元件共烧制(co-fire)以形成循环器或隔离器而无需使用粘合剂的介电材料。

背景技术

[0004] 循环器和隔离器是无源(passive)电子器件,其被用于高频(例如微波)射频系统中,以允许信号沿一个方向通过,而在相反方向上提供对反射能量的高隔离性。循环器和隔离器通常包括盘形组件,该盘形组件包括同心地放置在环形介电元件内的盘形铁氧体或其他铁磁陶瓷元件。

发明内容

[0005] 本文公开了用作射频部件的复合材料的实施例,该复合材料包括:低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿(scheelite)结构;以及位于该外部材料内的高介电内部材料,该高介电内部材料具有高于30的介电常数,其中该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料被配置为要在650-900°C之间的温度下一起共烧制,而无需使用粘合剂或胶。

[0006] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料能够成形为像环。在一些实施例中,该高介电内部材料能够成形为像盘。

[0007] 本文还公开了形成用作射频装置中的隔离器或循环器的复合材料的的方法的实施例,该方法包括:提供低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构;使高介电内部材料进入该低温可烧制外部材料的孔内,该高介电内部材料具有高于30的介电常数;以及将该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料在650-900°C之间的温度下一起共烧制,以使该低温可烧制外部材料围绕该高介电内部材料的外部表面收缩,而无需使用粘合剂或胶。

[0008] 在一些实施例中,该方法能够进一步包括在共烧制之后将该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料切片。

[0009] 本文还进一步公开了射频隔离器或循环器的实施例,其包括:低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构;以及位于该外部材料内的高介电内部材料,该高介电内部材料具有高于30的介电常数,其中,该低温可烧制外部材料和该高介

电内部材料被配置为要在650-900℃之间的温度下一起被共烧制,而无需使用粘合剂或胶。

[0010] 根据本文公开的一个方面,提供了用作射频部件的复合材料。该复合材料包括:低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构;以及位于该外部材料内的高介电内部材料,该高介电内部材料具有高于30的介电常数,该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料被配置为要在650-900℃之间的温度下一起被共烧制,以形成集成磁/介电组件,而无需使用粘合剂或胶。

[0011] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 。

[0012] 在一些实施例中,该高介电内部材料成形为像盘,而该低温可烧制外部材料成形为像环。

[0013] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合。

[0014] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料具有20和80之间的介电常数。

[0015] 在一些实施例中, Al_2O_3 以多至约6wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0016] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与 BiVO_4 分离的相(phase)存在于该低温可烧制外部材料中。

[0017] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料还包括钒酸铋、钒酸钪或氧化钛中的一种或多种。

[0018] 在一些实施例中,氧化钛以多至10wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0019] 在一些实施例中,钒酸铋、钒酸钪中的一种或两种与 BiVO_4 在该低温可烧制外部材料中形成固溶体。

[0020] 在一些实施例中,二氧化钛作为与 BiVO_4 分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0021] 在一些实施例中,钒酸钪以多至50wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0022] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 BiVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0023] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 和 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0024] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 和 TiO_2 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0025] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 GdVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0026] 根据另一方面,提供了一种形成复合材料的方法,该复合材料用作射频装置中的隔离器或循环器。该方法包括:提供低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构;使高介电内部材料进入该低温可烧制外部材料中的孔内,该高介电内部材料具有高于30的介电常数;以及在650-900℃的温度下一起共烧制该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料,以使该低温可烧制外部材料围绕该高介电内部材料的外部表面收缩来形成集成磁/介电组件,而无需使用粘合剂或胶。

[0027] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 。

[0028] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合。

[0029] 在一些实施例中, Al_2O_3 以多至约6wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0030] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与 BiVO_4 分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0031] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料还包括钒酸铋、钒酸钪或氧化钛中的一

种或多种。

[0032] 在一些实施例中,氧化钛以多至10wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0033] 在一些实施例中,钒酸铋、钒酸钷中的一种或两种与 BiVO_4 在该低温可烧制外部材料中形成固溶体。

[0034] 在一些实施例中,二氧化钛作为与 BiVO_4 分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0035] 在一些实施例中,钒酸钷以多至50wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0036] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 BiVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0037] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 和 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0038] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 和 TiO_2 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0039] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 GdVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0040] 根据另一方面,提供了一种射频隔离器或循环器。该射频隔离器或循环器包括:低温可烧制外部材料,该低温可烧制外部材料具有石榴石或白钨矿结构;以及位于该外部材料内的高介电内部材料,该高介电内部材料具有高于30的介电常数,该低温可烧制外部材料和该高介电内部材料被配置为要在650-900°C的温度下一起被共烧制,而无需使用粘合剂或胶。

[0041] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 。

[0042] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料包括 BiVO_4 和 Al_2O_3 的组合。

[0043] 在一些实施例中, Al_2O_3 以多至约6wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0044] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 作为与 BiVO_4 分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0045] 在一些实施例中,该低温可烧制外部材料还包括钒酸铋、钒酸钷或氧化钛中的一种或多种。

[0046] 在一些实施例中,氧化钛以多至10wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0047] 在一些实施例中,钒酸铋、钒酸钷中的一种或两种与 BiVO_4 在该低温可烧制外部材料中形成固溶体。

[0048] 在一些实施例中,二氧化钛作为与 BiVO_4 分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0049] 在一些实施例中,钒酸钷以多至50wt%的量存在于该低温可烧制外部材料中。

[0050] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 BiVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0051] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 和 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0052] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 、 BiVO_4 、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ 和 TiO_2 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0053] 在一些实施例中, $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ 和 GdVO_4 作为分离的相存在于该低温可烧制外部材料中。

[0054] 在一些实施例中,该射频隔离器或循环器被包括在电子装置模块中。

[0055] 在一些实施例中,该射频隔离器或循环器被包括在RF电子装置中。

附图说明

- [0056] 图1示出了用于制造复合磁-介电盘组件的方法的流程图；
- [0057] 图2示意性地示出了具有本文所述的一个或多个特征的材料如何能够被设计、制造和使用；
- [0058] 图3示出了磁场相比于(v.)损耗的图；
- [0059] 图4A-B示出了在矩形棱镜或圆柱形基板内具有铁氧体圆柱形的复合结构的实施例；
- [0060] 图5A-B示出了具有正方形或圆形形状的复合砖(tile)的实施例；
- [0061] 图6示出了不具有磁体的集成微带(microstrip)循环器；
- [0062] 图7示出了具有磁体的集成微带循环器；
- [0063] 图8示出了天线系统的示意图；
- [0064] 图9示出了具有集成微带循环器的实施例的天线系统的示意图；
- [0065] 图10示出了包含本申请实施例的多输入多输出(MIMO)系统；
- [0066] 图11是移动装置的一个示例的示意图；
- [0067] 图12是根据一个实施例的功率放大器系统的示意图；
- [0068] 图13示出了形成复合集成微带循环器的方法；
- [0069] 图14示出了集成微带循环器的实施例；以及
- [0070] 图15示出了本文公开的材料的热膨胀系数(TCE)的测试结果。

具体实施方式

[0071] 通过图1的流程图示出了用于制备在例如循环器或隔离器中使用的复合盘组件的一种工艺。在步骤12,由介电陶瓷材料形成圆柱形。然后,在步骤14,将(未烧制或“生坯(green)”)圆柱形在窑中进行烧制(通常简称为“烧制”)。因此,陶瓷材料是“可烧制的”。然后,在步骤16,对圆柱形的外部表面进行加工,以确保其外径(OD)为选定的尺寸。在组件元件中获得精确尺寸非常重要,这是因为尺寸会影响微波波导特性。在步骤18,类似地加工圆柱形的内部表面以确保其内径(ID)为选定的尺寸。另外,在步骤20,由磁性陶瓷材料形成杆。然后,在步骤22,对杆进行烧制,并且在步骤24,将其表面加工成选定的OD。杆OD略小于圆柱形OD,以便如下所述,杆能够牢固地匹配在圆柱形内。实现紧密匹配以促进杆和圆柱形之间的好粘合是将杆的外部表面和圆柱形的内部表面二者加工到精确公差的原因。常规地,步骤14和步骤22分别执行,这是因为常规用于介电圆柱形的陶瓷材料的烧制温度高于磁性陶瓷材料所能承受的温度。

[0072] 在步骤26,将环氧粘合剂施加到杆和圆柱形中的一个或两个。在步骤28,将杆插入圆柱形内部以形成杆-圆柱形组件,并且如步骤30所示,使环氧树脂固化(硬化)。在步骤32,将杆-圆柱形组件的外部表面再次加工到精确的OD。最后,在步骤34,将杆-圆柱形组件切片成多个盘组件。因此,每个盘组件包括同心地设置在介电陶瓷环内的磁性陶瓷盘。每个盘组件的厚度通常为几毫米。

[0073] 在对圆柱形的内部表面和磁性杆的外部表面进行加工以提高粘合、向零件施加环氧树脂、仔细处理和组装载有环氧树脂的零件、以及固化环氧树脂过程中所花费的时间会导致工艺效率低下。此外,在将圆柱形和杆组件切割成单个盘期间所产生的热量可能会使

将这些零件固定在一起的环氧树脂(或其他粘合剂)熔化,导致环氧树脂从圆柱形和杆之间释放出来,并形成在圆柱形和杆之间的不希望的空隙、以及在所得的盘的表面上的不希望环氧树脂沉积。希望提供一种更有效的方法来制备复合磁-介电盘组件。

[0074] 本文公开了低温烧制介电材料的实施例。这些材料能够与高介电常数材料共烧制,以形成用于磁-介电组件的复合结构,诸如用于隔离器和循环器应用。有利地,所公开的材料实施例能够与磁性陶瓷元件共烧制而不需要任何粘合剂,诸如胶、环氧树脂或其他化学粘合剂,以将介电材料附接到铁磁陶瓷元件。因此,由本申请的实施例形成的复合物能够是无胶的、无环氧树脂的或无粘合剂的。

[0075] 本申请的实施例能够有利地允许特别是在3GHz及以上运行的5G系统,以形成集成架构,该集成架构能够包括诸如天线、循环器、放大器和/或基于半导体的放大器这样的不同部件。通过允许将这些部件集成到单个基板上,这能够改善装置的整体微型化。在一些实施例中,所公开的装置能够在约1.8GHz和约30GHz之间的频率操作。在一些实施例中,所公开的装置能够在高于约1、2、3、4、5、10、15、20或25GHz的频率操作。在一些实施例中,所公开的装置能够在低于30、25、20、15、10、5、4、3或2GHz的频率操作。

[0076] 在一些实施例中,集成架构能够包括封装尺寸不比标准隔离器大很多的定向耦合器和/或隔离器。在一些实施例中,集成架构能够包括高功率开关。

[0077] 图2示意性地示出了如何能够处理一种或多种化学元素(方框1)、化合物(方框2)、化学物质(方框3)和/或化学混合物(方框4)以产生具有本文所述的一个或多个特征的一种或多种材料(方框5)。在一些实施例中,能够将这样的材料形成到陶瓷材料(框6)中,该陶瓷材料被配置为包括希望的介电性质(方框7)和/或磁性质(方框8)。

[0078] 在一些实施例中,具有一种或多种前述性质的材料能够实现以用于诸如射频(RF)应用这样的应用(方框10)。这样的应用能够包括装置12中如本文中所描述的一个或多个特征的实现。在一些应用中,这样的装置能够在产品11中进一步实现。在此描述了这样的装置和/或产品的示例。

[0079] 微带循环器/隔离器

[0080] 循环器是无源多端口器件,其能够接收和发射不同的信号,诸如具有微波或射频(RF)频带中的频率的信号。循环器的端口能够是连接到循环器或从循环器连接的外部波导或传输线。隔离器类似于循环器,但是一个或多个端口能够被阻塞。因此,循环器和隔离器在本文中能够互换使用,这是因为它们的总体结构能够是相似的。因此,以下所有讨论都能够应用于循环器和隔离器两者。

[0081] 微带循环器和隔离器是本领域已知的器件,且由沉积在诸如介电铁氧体基板之类的基板上的薄膜电路组成。在一些实施例中,能够将一个或多个铁氧体盘粘附到基板上。一个或多个磁体然后能够被进一步附接,以使信号通过铁氧体盘循环。

[0082] 全铁氧体(all-ferrite)微带循环器也已被使用,特别是用于雷达发射/接收(T/R)模块。能够将电路印在全铁氧体微带循环器上,并且能够在顶部添加磁体来为信号定向。例如,可在铁氧体基板上形成金属化图案。通常,金属化图案由中央盘和多条传输线组成。

[0083] 循环器通常能够在高于谐振(above-resonance)的操作区域或低于谐振(below-resonance)的操作区域中的任何一个中操作。这在图3中示出。在一些实施例中,对于窄带、低于4GHz的循环器,高于谐振频率能够是有利的。对于更高的频率,低于谐振的区域能够更

有利。

[0084] 微带循环器尤其通常在低于谐振的操作区域中工作。它们使用非常小的磁体或能够诸如在六角形铁氧体的情况下被自偏置。然而，方形砖能够是难以均匀地磁化的形状，特别是对于本领域已知的全铁氧体微带循环器。因此，它们将在低场损耗区域附近工作。当将变压器安装在有损耗的未磁化铁氧体上时，性能会受到损失。此外，增大的功率将使不良的性能更加明显。因此，由于铁氧体磁砖的磁化不良，本领域中已知的循环器会遇到问题，从而导致不良的插入损耗和互调失真 (IMD)、以及功率性能。

[0085] 共烧制微带循环器/隔离器

[0086] 本申请的实施例能够改善总体磁化并减少对于当前已知的微带循环器能够发生的性能问题。总体上，微带循环器能够通过将诸如由钇铁石榴石 (YIG) 制成的氧化物铁氧体盘之类的铁氧体盘直接嵌入介电基板中来形成。然后，能够将该组合共烧制以形成固体复合结构。另外，能够添加例如由银或其他金属化物质形成的电路。如果不采用共烧制工艺，则电路金属化将不能被实施，这是由于如果将盘和基板分开烧制，则在盘和基板之间存在用于将两者结合的粘合剂，该粘合剂在金属化期间可能熔化。本申请的实施例能够缓解本领域的一些重要问题。

[0087] 能够使用任何数量的不同的铁氧体盘材料。在一些实施例中，铁氧体盘材料的饱和磁化水平能够在1000-5000 (或约1000-约5000) 高斯之间。

[0088] 此外，能够使用本领域已知的任何数量的不同介电基板。此外，电介质能够由介电粉末或低温共烧制陶瓷 (LTCC) 带形成。在一些实施例中，介电常数能够高于6、10、15、20、25、30、40、50或60。在一些实施例中，介电常数能够在6-30 (或约6至约30) 的范围内。在一些实施例中，介电常数能够低于约60、50、40、30、25、20、15或10。

[0089] 特别地，为了形成复合微带循环器，能够将磁性氧化物盘102或其他磁性盘插入到介电基板104的孔中，如图4A-B所示。在一些实施例中，尽管具体形状没有限制，但盘102能够是圆柱形杆。盘102能够是生坯，先前被烧制的或未被先前烧制的。

[0090] 此外，基板104总体上能够是如图4A所示的矩形棱镜，但也能够使用诸如图4B中所示的圆柱形这样的其他形状。基板104的实施例在下面更详细地公开。一旦盘102在基板104内部，就能够使用如美国专利7,687,014号中讨论的方法将部件一起共烧制，该美国专利7,687,014号全部内容通过引用并入本文，并在下面进行讨论。此共烧制工艺，将在下面进一步详细说明，能够使基板104围绕盘102收缩并将其固定到位。此复合组件100然后能够被切片以形成如图5A-B所示的芯片结构 (图5A示出了矩形棱镜切片，图5B示出了圆柱形切片)。然而，在一些实施例中，不执行切片，并且部件以它们的最终厚度一起共烧制。在一些实施例中，多个不同的盘能够插入到多个不同的孔中的单个基板中。

[0091] 因此，在一些实施例中，磁性氧化物盘能够被共烧制为正方形或矩形介电基板或任何其他形状的基板，然后能够用作用于诸如电路的其他部件的平台。然后，此复合结构能够被磁化以用作例如微带循环器和/或隔离器封装，或者铁氧体盘能够在插入之前被磁化。在一些实施例中，铁氧体盘能够在共烧制步骤之前被磁化。

[0092] 一旦复合结构形成，则诸如附加的薄膜电路等的其他部件能够添加到基板上。因此，本申请的实施例能够形成集成解决方案，该集成解决方案能够包括封装尺寸不比标准隔离器大很多的定向耦合器和/或隔离器。在一些实施例中，所公开的循环器将不比所有当

前的铁氧体微带循环器大(取决于所选择的铁氧体/介电组合能够更小)。

[0093] 因此,如图5A-B所示,使用共烧制工艺,铁氧体盘能够被嵌入到介电砖中。与本领域中已知的正方形或其他奇异形状的件相比,图中所示的薄铁氧体盘能够显著地更容易均匀地磁化。在一些实施例中,尽管具体尺寸没有限制,但是介电砖能够为约25mm正方形。这能够在3-4(或约3-约4)GHz区域中使用。

[0094] 使用介电砖,然后能够如图6所示生产变压器。如图所示,基板104具有用于其他部件附接的剩余空间。在形成变压器之后,如图7所示,仅小磁体202可放置在砖上。因此,组装时间能够比以前缩短很多。

[0095] 除了将介电砖用作阻抗变压器的基板外,它还能够被用作耦合器、开关和端接的基板。因此,许多其他部件能够在共烧制之后添加到基板上,从而减少了装置的总体所占面积。此外,电路金属化能够在装置已经被共烧制之后添加。

[0096] 用于环的低温烧制介电材料

[0097] 本申请的实施例对于带有磁性材料的共烧制工艺特别有利,例如对于循环器/隔离器的形成。特别地,它们能够是具有低烧制温度的高介电磁性材料(例如,它们能够在低温下是可烧制的)。具体地,磁性材料的杆能够插入由所公开的低温烧制介电材料的实施例形成的未烧制的环中,例如上图4A-B所示(104是环,而102是杆)。环和杆的组合然后能够被一起共烧制,从而环围绕杆收缩。这两种材料都能够是“可烧制的”,意味着它们具有将会在烤箱/窑/其他加热装置中被烧制或烧结的能力。在一些实施例中,烧制能够改变诸如本文讨论的陶瓷材料这样的材料的一种或多种性质。这些组件的实施例能够被用作隔离器和/或循环器,用于射频应用,诸如5G应用。

[0098] 有利地,此共烧制工艺能够在不使用粘合剂/环氧树脂/胶的情况下执行,并且因此能够被认为是“无胶组件”。形成如本文所公开的介电/磁性组件的常规方法包括:由于用于烧制环的温度相对于杆太高,这能够导致熔化或至少相当严重地损坏内部杆的性质,因而与可烧制的杆分离地烧制可烧制的环。能够分别烧制两个部分,或者环能够先烧制,然后环/杆组件一起烧制。对于这些途径中的每一种,环将不会在围绕杆充分收缩,因此将需要粘合剂以保持环和杆彼此附接。

[0099] 然而,粘合剂的使用具有许多缺点,有利的是,所公开的材料能够形成复合结构而不需要这样的粘合剂,这是因为杆和环能够被一起共烧制。例如,一旦存在粘合剂,则即使不是不可能,也极难将组件金属化。这是因为金属化所需的温度远高于粘合剂的使用温度,从而导致粘合剂熔化和/或失去粘合性。

[0100] 此外,胶是有损耗的,从而增加了胶合部件的插入损耗。高频下胶的介电损耗高于磁性或介电材料的介电损耗。另外,在一些实施例中,在磁性和介电材料之间的胶层内可能形成空隙,从而进一步增加了插入损耗和/或降低了磁性/介电部件的均匀性。

[0101] 在一些实施例中,材料能够具有小于10(或小于约10)的介电常数(ϵ')。因此,本申请的实施例能够用于5G低于谐振的应用。避免模变(moding)并且抵消也用于高频的较薄基板的阻抗效应能够是有利的。因此,低于10(或低于约10)的值可被用于高于20GHz的频率。

[0102] 此外,该材料的实施例能够具有特别是对于高频(5G)应用而言适合于与高磁化尖晶石(例如镍锌铁氧体)共烧制的低介电常数(<10),该高磁化尖晶石如美国专利公布第2017/0098885号中公开的,在此其全文通过引入并入。该材料的实施例可适合于与高磁铁

氧体石榴石材料共烧制,该高铋铁氧体石榴石材料例如可从天工方案公司(Skyworks Solutions, Inc.)获得的TTHiE系列中包括的那些材料。

[0103] 所公开的低温烧制介电材料的实施例能够具有白钨矿或石榴石结构,其能够与诸如在美国专利公布第2018/0016155号中公开的高介电常数材料共烧制,该美国专利其全部内容通过引用合并于本文。高介电常数磁性杆能够是铋替代的高介电常数磁性石榴石。

[0104] 特别地,低温烧制介电材料能够基于具有化学式 BiVO_4 的钒酸铋。具有高介电常数的富铋(Bismuth-rich)铁氧体石榴石可用于微型隔离器和循环器,具有低于 1000°C 的烧制温度。由于该介电材料应在低于富铋铁氧体石榴石的温度下烧制,因此限制了可用于形成共烧制组件的介电材料的数量。钒酸铋(BiVO_4)是可用于与富铋铁氧体石榴石形成共烧制组件的介电材料的一个示例。钒酸铋是用于这种实施方式的有利材料,这是因为其粉末加工相对简单、高介电常数(50-60)、以及通过添加其他氧化物材料来调节性质的能力。这包括氧化铝,可添加氧化铝以调节热膨胀行为并防止介电裂纹(cracking),以及降低复合材料的介电常数。

[0105] 在一些实施例中,可将氧化铝添加到 BiVO_4 中以调节材料的热膨胀系数。氧化钛和钒酸钪也可添加到 BiVO_4 中,以形成两相混合物(氧化铝和氧化钛(alumina and titania))或白钨矿固溶体。

[0106] 在一些实施例中,可降低 BiVO_4 的介电常数,并且可通过添加氧化铝来改变热膨胀系数。在一些实施例中,通过由钒酸钪($\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{VO}_4$)或钒酸钪($(\text{Bi}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4)$)产生固溶体, BiVO_4 的介电常数可以降低,并且烧制温度提高而不产生第二相。在一些实施例中,可通过添加氧化钛作为第二相来提高 BiVO_4 的介电常数。

[0107] 本文公开的改性 BiVO_4 的实施例能够具有低于 900°C 、特别是 $650-800^\circ\text{C}$ 的烧结温度(例如,烧制温度)。在一些实施例中,材料能够具有低于 850°C 的烧结温度。在一些实施例中,材料能够具有低于 900 、 850 、 800 或 750°C (或低于约 900 、约 850 、约 800 或约 750°C)的烧结温度。在一些实施例中,材料能够具有高于 500 、 550 、 600 、 650 或 700°C (或高于约 500 、约 550 、约 600 、约 650 或约 750°C)的烧结温度。

[0108] 此外,材料的实施例能够具有10-30之间(或约10-约30之间)、20-80之间(或约20-约80之间)、或20-70之间(或约20-约70之间)的介电常数范围。在一些实施例中,材料能够具有高于10、15、20、25、30、40、50、60或70(或高于约10、15、20、25、30、40、50、60或70)的介电常数。在一些实施例中,材料能够具有低于80、70、60、50、40、30、25、20、15或10(或低于约80、70、60、50、40、30、25、20、15或10)的介电常数。

[0109] 在一些实施例中,结合剂能够混入所公开的复合物中。例如,结合剂能够是单独或组合的聚乙烯醇(PVA)或聚乙二醇(PEG)。然而,结合剂的类型不是限制性的。例如,能够以总复合物的2%含量引入结合剂。

[0110] 5G应用

[0111] 所公开的复合微带循环器的实施例尽管也能够用于早期的4G和3G应用,但对于第五代无线系统(5G)应用能够特别有利。5G技术在本文中也称为5G新无线电(NR)。5G网络能够提供比当前4G系统显著高得多的容量,从而可在一个区域内容纳更多的消费者。这能够进一步改善上传/下载限制和要求。特别是,5G所需的如本文所述的那些大量的循环器(通常每个前端模块或FEM有1个)需要部件的进一步集成。公开的循环器的实施例能够允许这

种集成,因此能够是特别有利的。前端模块中的其他部件将基于微带或SMT。

[0112] 5G NR的初步规范支持多种性能,诸如毫米波频谱上的通信、波束形成能力、高频谱效率波形、低延迟通信、多无线电参数集(numerology)和/或非正交多址(NOMA)。尽管这样的RF功能为网络提供了灵活性并提高了用户数据速率,但是支持此类性能能够带来许多技术挑战。

[0113] 本文的教导可适用于广泛种类的通信系统,包括但不限于使用诸如LTE-Advanced、LTE-Advanced Pro和/或5G NR这样的高级蜂窝技术的通信系统。

[0114] 图8示出了RF传输系统的简化版本,其中省略了驱动器和切换逻辑。如图所示,该系统能够包括包含循环器在内的许多不同的部件。因此,本申请的实施例能够被用作RF系统中的循环器,或者用于新创建的系统,或者用作先前系统的改进的替代品。具体地,本申请的实施例涉及使用带状线循环器、以及针对其余部件的微带或带状线拓扑的混合解决方案。

[0115] 图9示出了在简化的RF天线结构上的以上讨论的图5A-B的集成部件。如图所示,基板能够包括用于循环器的共烧制的铁氧体/介电砖。另外,耦合器、开关和负载也能够被应用于铁氧体外部的介电砖。导体和接地面能够是厚膜银。在一些实施例中,循环器子组件还能够与功率放大器(PA)及大噪声放大器(LNA)模块集成在一起。

[0116] 本申请的实施例能够具有优于本领域中已知的循环器的优点。例如,

[0117] • 与诸如半导体耦合器的其他耦合器相比,耦合器和其他传输线具有低得多的插入损耗

[0118] • 耦合更一致

[0119] • 与软质基板相比,负载能够更容易地散热

[0120] • 与基于全铁氧体基板的装置相比,循环器具有更低的损耗

[0121] • 介电温度稳定,有助于耦合器和循环器的性能

[0122] • 如果需要,能够通过使用更高介电常数的陶瓷电介质来减小装置的尺寸

[0123] 此外,陶瓷循环器的实施例能够具有以下优点:

[0124] • PA和负载的散热/功率耗散/导热性

[0125] • 用于耦合器/滤波器设计的各向同性电介质(TTB除外)

[0126] • 介电常数范围(4-100+)用于尺寸减小

[0127] • 低介电损耗(耦合器/滤波器)

[0128] • 严格的(tight)介电常数公差(耦合器/滤波器/天线)

[0129] • 温度方面稳定的介电常数(耦合器/滤波器/循环器)

[0130] • 成本适中

[0131] 另一方面,软质基板(例如,软板)能够具有以下缺点:

[0132] • 由于塑料导电性而导致差的导电性

[0133] • 各向异性(xy相比于z方向)

[0134] • 介电常数限于仅约3-10之间

[0135] • 更高的损耗

[0136] • 更宽松的公差

[0137] • 随温度不稳定

[0138] 因此,本申请的实施例相对于本领域先前已知的循环器能够具有显著的优点。

[0139] 图10示出了所公开的微带循环器能够并入其中的多输入多输出(MIMO)系统的实施例。随着用于5G系统的大规模MIMO的出现,单个天线将被具有例如64个阵列元件的天线阵列取代。每个元件能够由单独的前端模块(FEM)进行馈送,该前端模块包括如图8和9所示的框,其中在共烧制的砖上形成的微带循环器的实施例能够是整体部件。

[0140] 图11是移动装置800的一个示例的示意图。移动装置800包括基带系统801、收发器802、前端系统803、天线804、电源管理系统805、存储器806、用户界面807和电池808,并且能够与包括此处公开的微带循环器的实施例的基站进行交互。

[0141] 移动装置800能够被用来使用广泛种类的通信技术进行通信,该广泛种类的通信技术包括但不限于2G、3G、4G(包括LTE、LTE-Advanced和LTE-Advanced Pro)、5G NR、WLAN(例如,Wi-Fi)、WPAN(例如蓝牙(Bluetooth)和ZigBee)和/或GPS技术。

[0142] 收发器802生成用于传输的RF信号并处理从天线804接收的输入RF信号。将理解,与RF信号的发送和接收相关联的各种功能能够通过图11中共同表示为收发器802的一个或多个部件来实现。在一个示例中,能够提供单独的部件(例如,单独的电路或晶片(die))来处理某些类型的RF信号。

[0143] 在某些实施方式中,移动装置800支持载波聚合,从而提供灵活性以增大峰值数据速率。载波聚合能够被用于频分双工(FDD)和时分双工(TDD)二者,并且可被用于聚合多个载波或信道。载波聚合包括连续聚合,其中在相同工作频带内的连续载波被聚合。载波聚合也能够是不连续的,并且能够包括在共同频带内或不同频带中在频率上分离的载波。

[0144] 天线804能够包括用于多种类型的通信的天线。例如,天线804能够包括与发送和/或接收与多种频率和通信标准相关联的信号相关联的天线。

[0145] 在某些实施方式中,天线804支持MIMO通信和/或交换分集(switced diversity)通信。例如,MIMO通信使用多个天线来在单个射频信道上通信多个数据流。由于无线电环境的空间复用差异,MIMO通信受益于更高的信噪比、改进的编码和/或减少的信号干扰。交换分集是指选择特定天线来在特定时间进行操作的通信。例如,开关能够用于基于诸如观察到的误码率和/或信号强度指示器这样的各种因素来从一组天线中选择特定的天线。

[0146] 图12是根据一个实施例的功率放大器系统840的示意图。所示的功率放大器系统840包括基带处理器821、发射器822、功率放大器(PA)823、定向耦合器824、带通滤波器825、天线826、PA偏压控制电路827和PA供电控制电路828。所示的发射器822包括I/Q调制器837、混频器838和模数转换器(ADC)839。在某些实施方式中,发射器822被包括在收发器中,使得提供了发射和接收功能两者。所公开的微带循环器的实施例能够被并入到功率放大器系统中。

[0147] 方法

[0148] 本文公开了用于制造集成微带部件的工艺的实施例。图13公开了能够使用的工艺300的实施例。

[0149] 在步骤302,能够通过本领域已知的用来制造这样的元件(即在高频电子部件中使用的类型的磁性氧化物)的任何合适的常规方法,由磁性陶瓷材料形成铁氧体盘或圆柱形。类似地,在步骤304,能够通过任何合适的常规工艺,由介电材料形成基板。在一些实施例中,能够通过进行烧制来烧结铁氧体盘。在此工艺流程说明之后,下面列出了材料和

烧制温度的一些示例。然而，与本发明有关的领域的技术人员可理解，制造这种类型的磁性陶瓷和介电陶瓷元件的材料和工艺在本领域是公知的。因此，没有穷尽列出合适的材料和温度。用于制造此类型的这样的杆、圆柱形和类似元件的所有这样的合适的材料以及工艺都意图在本发明的范围内。

[0150] 在步骤306，能够将盘组合到具有孔的介电基板中。例如，盘的外部表面能够被加工以确保其外径(OD)小于基板孔的内径(ID)。在一些实施例中，OD稍微小于ID，以使盘能够被插入基板中。

[0151] 在一些实施例中，能够将预烧制的盘接收在未烧制或“生坯”的基板中，以形成图4A-B所示的复合组件100。

[0152] 在步骤308，能够将盘和基底共烧制。即，复合组件100被烧制。共烧制温度能够低于盘被烧制的温度，以确保盘的物理和电学性质保持不变。共烧制温度能够在公知的范围内，在该范围内常规地烧制这样的部件。重要的是，共烧制会导致基板围绕盘收缩，从而将它们固定在一起。此后，然后能够对复合组件100的外部表面进行加工以确保其具有指定的或以其他方式预定的OD。此外，如果铁氧体盘先前未被磁化，则该步骤能够用于金属化和/或磁化复合组件100。

[0153] 步骤310和312示出了在复合组件100的共烧制之后能够采取的可选步骤。例如，能够将附加部件添加310到诸如电路这样的基板上，以形成最终的电子部件。此外，在一些实施例中，能够将复合组件100切片312或以其他方式分割，以形成多个离散组件。在一些实施例中，这两个可选步骤都能够被执行，并且具体顺序不是限制性的。在一些实施例中，仅能够采取可选步骤之一。在一些实施例中，没有可选步骤能够采取。

[0154] 因此，复合组件100能够以与常规生产的这种类型的组件相同的方式用于制造高频电子部件。但是，由于本发明不涉及使用粘合剂，因此本发明的方法比常规方法更经济。

[0155] 图14示出了本文所讨论的循环器的示例实施例。能够将厚膜银印刷为电路。根据标准循环器的应用，该循环器包括端口1、端口2和端口3。能够将这些端口中的一个阻塞以形成隔离器。

[0156] 示例1

[0157] 进行测试以将可从Skyworks Solutions, Inc. 获得的高铋铁氧体石榴石材料TTHiE-1950的TCE与 BiVO_4 以及具有在不同温度下添加的各种量的 Al_2O_3 的 BiVO_4 的TCE进行比较。此测试的结果在图15中示出，其中材料的TCE称为“阿尔法(Alpha)”。可见，添加到 BiVO_4 材料中的 Al_2O_3 的量增加到了6wt%，在接近800°C的温度下， BiVO_4 - Al_2O_3 材料的TCE接近TTHiE-1950的TCE。不含 Al_2O_3 的 BiVO_4 和具有低于6wt%的 Al_2O_3 的 BiVO_4 - Al_2O_3 的TCE在较高温度下超过了TTHiE-1950的TCE，而不含 Al_2O_3 的 BiVO_4 和具有所测试的全部复合物的 BiVO_4 - Al_2O_3 的TCE在较低温度下低于TTHiE-1950的TCE。不含 Al_2O_3 的 BiVO_4 和 BiVO_4 - Al_2O_3 样本中每一个均随温度变化在TCE中表现出滞后现象(hysteresis)，这是不期望的。

[0158] 示例2

[0159] 下表1示出了观察到的质量因子Q、质量频率因子QF(Q x 频率)、介电常数 ϵ' 、以及 BiVO_4 样本和包括不同重量百分比的氧化铝(Al_2O_3)的 BiVO_4 样本的理论密度：

[0160] 表1

[0161] 材料	Q	Qx频率 (GHz)	介电常数	理论密度
-----------	---	------------	------	------

BiVO_4	66	453	64.3	6.949g/cc
$\text{BiVO}_4+2\%\text{Al}_2\text{O}_3$	106	832	49.67	6.890g/cc
$\text{BiVO}_4+4\%\text{Al}_2\text{O}_3$	110	1034	34.03	6.830g/cc
$\text{BiVO}_4+6\%\text{Al}_2\text{O}_3$	112	1147	28.55	6.771g/cc

[0162] 可见,与纯 BiVO_4 相比, Al_2O_3 的添加增大了材料的介电常数。

[0163] 示例3

[0164] 具有各种添加量的 Al_2O_3 、 TiO_2 和 GdVO_4 的 BiVO_4 样本被制备,并通过X射线衍射分析,以确定不同样本中存在的相。下表2中列出了测试样本中观察到的存在的相:

[0165] 表2:

材料	检测到的相
BiVO_4	BiVO_4
$\text{BiVO}_4 + 2 \text{ 重量}\%\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ (痕量)
$\text{BiVO}_4 + 4 \text{ 重量}\%\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ (痕量)
$\text{BiVO}_4 + 6 \text{ 重量}\%\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ (痕量)
99 重量% $\text{BiVO}_4 + 1 \text{ 重量}\%\text{TiO}_2$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$
98 重量% $\text{BiVO}_4 + 2 \text{ 重量}\%\text{TiO}_2$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$
[0167] 95 重量% $\text{BiVO}_4 + 5 \text{ 重量}\%\text{TiO}_2$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11} + \text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$
90 重量% $\text{BiVO}_4 + 10 \text{ 重量}\%\text{TiO}_2$	$\text{BiVO}_4 + \text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11} + \text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11} + \text{TiO}_2$ (金红石)
95 重量% $\text{BiVO}_4 + 5 \text{ 重量}\%\text{GdVO}_4$	BiVO_4 (白钨矿) + GdVO_4 (锆石)
90 重量% $\text{BiVO}_4 + 10 \text{ 重量}\%\text{GdVO}_4$	BiVO_4 (白钨矿) + GdVO_4 (锆石)
80 重量% $\text{BiVO}_4 + 20 \text{ 重量}\%\text{GdVO}_4$	BiVO_4 (白钨矿) + GdVO_4 (锆石)
50 重量% $\text{BiVO}_4 + 50 \text{ 重量}\%\text{GdVO}_4$	BiVO_4 (白钨矿) + GdVO_4 (锆石)

[0168] 从前面的描述中,将理解,公开了用于复合微带循环器/隔离器的发明产品和方法。尽管已经以一定程度的特定性描述了几个部件、技术和方面,但是很明显,在不脱离本申请的精神和范围的情况下,在上文中描述的具体设计、构造和方法中能够进行许多改变。

[0169] 在不同的实施方式的上下文中在本申请中描述的某些特征也能够单个实施方式中组合实施。相反,在单个实施方式的上下文中描述的各种特征也能够多个实施方式中分别或以任何合适的子组合来实施。而且,尽管以上可将特征描述为以某些组合来起作用,但是在某些情况下,能够从该组合中去除所要求保护的组合中的一个或多个特征,并且可主张该组合为任何子组合或任何子组合的变体。

[0170] 此外,尽管方法可以以特定顺序在附图中示出或在说明书中描述,但是不需要以所示的特定顺序或以顺次顺序执行这样的方法,并且不需要执行所有方法以实现希望的结

果。未描绘或描述的其他方法能够并入示例方法和工艺中。例如,在任何所描述的方法之前、之后、同时或之间能够执行一种或多种其他方法。此外,方法可在其他实施方式中重新排列或重新排序。而且,上述实施方式中的各种系统部件的分离不应被理解为在所有实施方式中都需要这样的分离,并且应当理解,所描述的部件和系统总体上能够在单个产品中集成在一起或封装到多个产品中。另外,其他实施方式也在本申请的范围之内。

[0171] 除非另有明确说明或在使用的上下文中以其他方式理解,否则诸如“能够”、“能”、“可能”或“可以”这样的条件性语言总体上旨在传达某些实施例包括或不包括某些特征、元件和/或步骤。因此,这样的条件语言总体上不旨在暗示特征、元件和/或步骤以任何方式对于一个或多个实施例都是要求的。

[0172] 除非另外特别说明,否则诸如短语“X、Y和Z中的至少一个”之类的连接语在上下文总体上被理解为用于传达项目、词语等可以是X、Y或Z的任意一个。因此,这种连接语总体上不旨在暗示某些实施例要求X的至少一个、Y的至少一个及Z的至少一个的存在。

[0173] 本文所用的程度语言,诸如本文所用的术语“大约”、“约”、“大致”和“基本上”表示接近仍要执行希望的功能或实现希望的结果的所陈述的值、量或特征的值、量或特征。例如,术语“大约”、“约”、“大致”和“基本上”可指的是在小于或等于陈述的量的10%之内、在小于或等于陈述的量的5%之内、在小于或等于陈述的量的1%之内、在小于或等于陈述的量的0.1%之内、在小于或等于陈述的量的0.01%之内的量。如果陈述的量为0(例如,无,不具有),则上述范围能够是特定范围,并且不在该值的特定百分比之内。例如,在小于或等于陈述的量的10重量(wt.)/体积(vol.)%之内、在小于或等于陈述的量的5wt./vol.%之内、在小于或等于陈述的量的1wt./vol.%之内、在小于或等于陈述的量的0.1wt./vol.%之内、以及在小于或等于陈述的量的0.01wt./vol.%之内。

[0174] 已经结合附图描述了一些实施例。附图是按比例绘制的,但是这样的比例不应该是限制性的,因为所示出的尺寸和比例之外也是考虑到的并且在所公开的发明的范围之内。距离、角度等仅是描述性的,不一定与所示装置的实际尺寸和布局具有确切的关系。能够添加、去除和/或重新排列部件。此外,结合各种实施例的本申请的任何特定特征、方面、方法、性质、特性、质量、属性、元件等能够用于本文阐述的所有其他实施例中。另外,将认识到,可使用适合于执行所列举的步骤的任何装置来实践本文描述的任何方法。

[0175] 尽管已经详细描述了多个实施例及其变型,但是对于本领域技术人员而言,其他修改和使用它们的方法将是显而易见的。因此,应当理解,在不脱离本文的独特和发明性的公开或权利要求的范围的情况下,各种应用、修改、材料和替代能够由等同物实现。

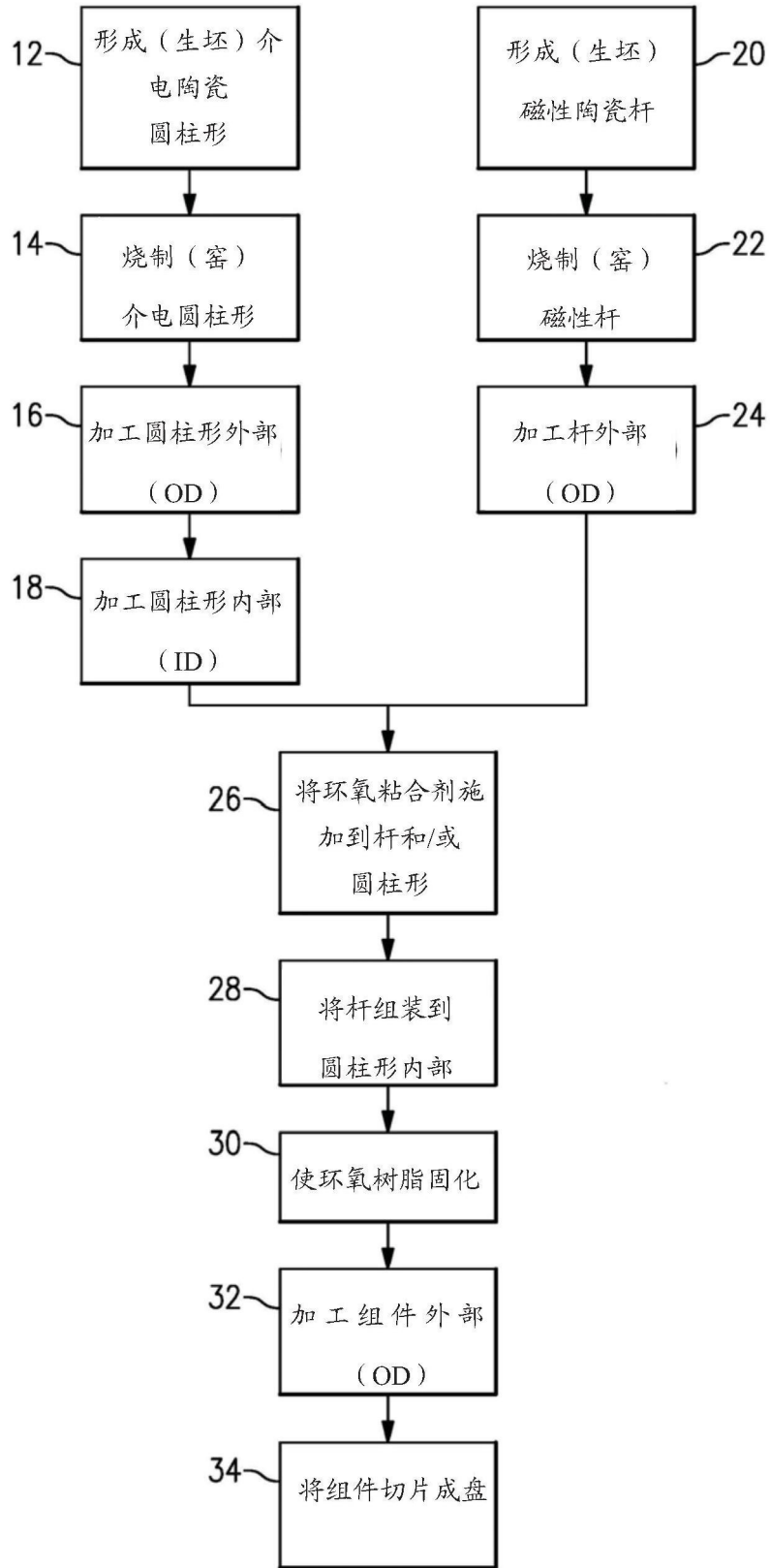


图1

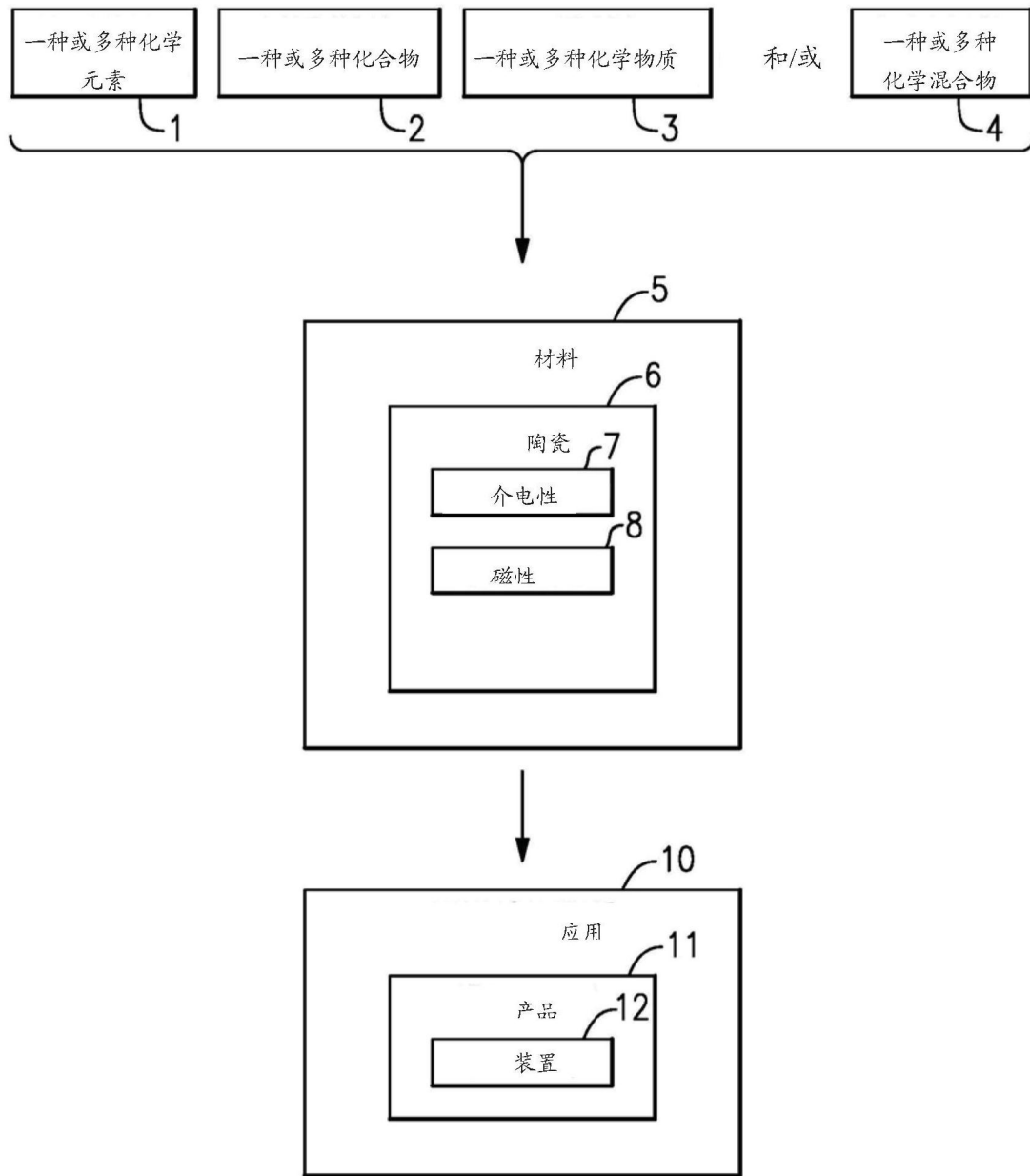


图2

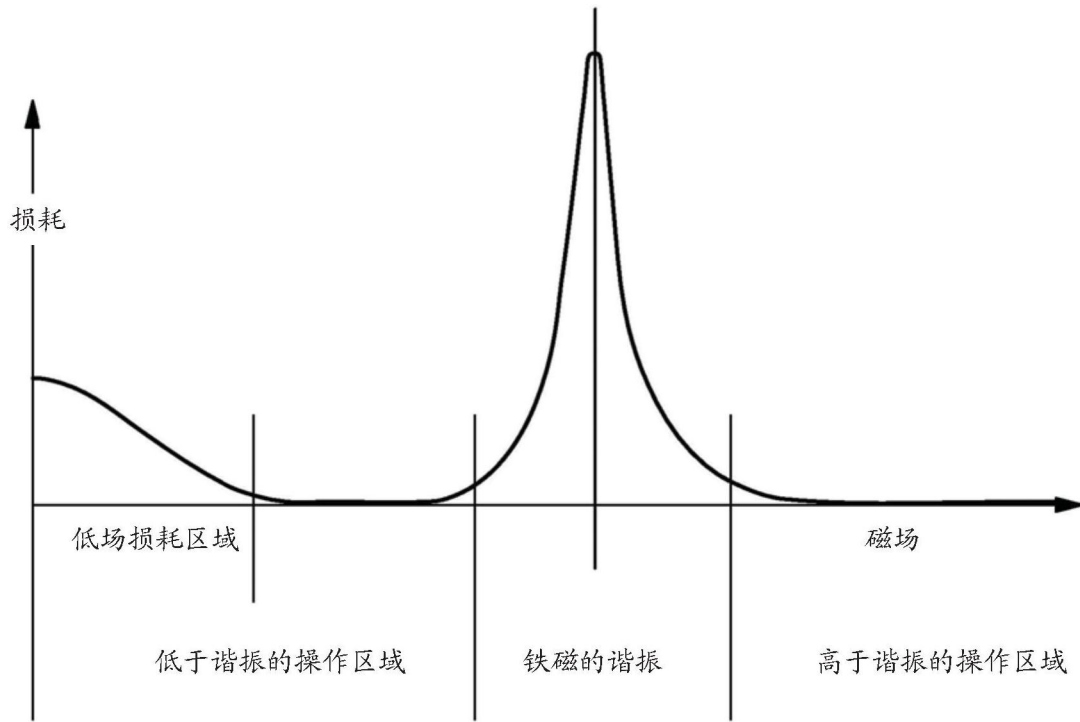


图3

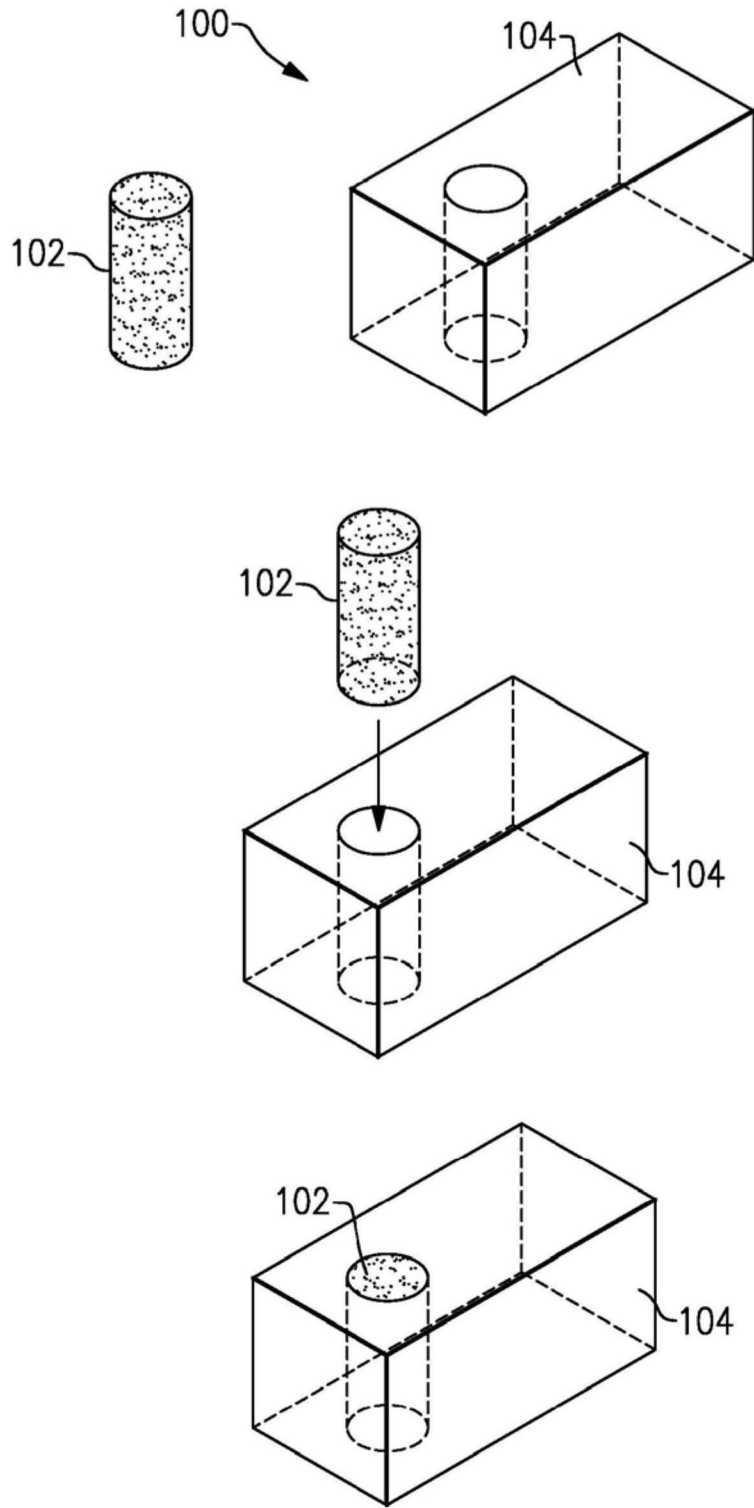


图4A

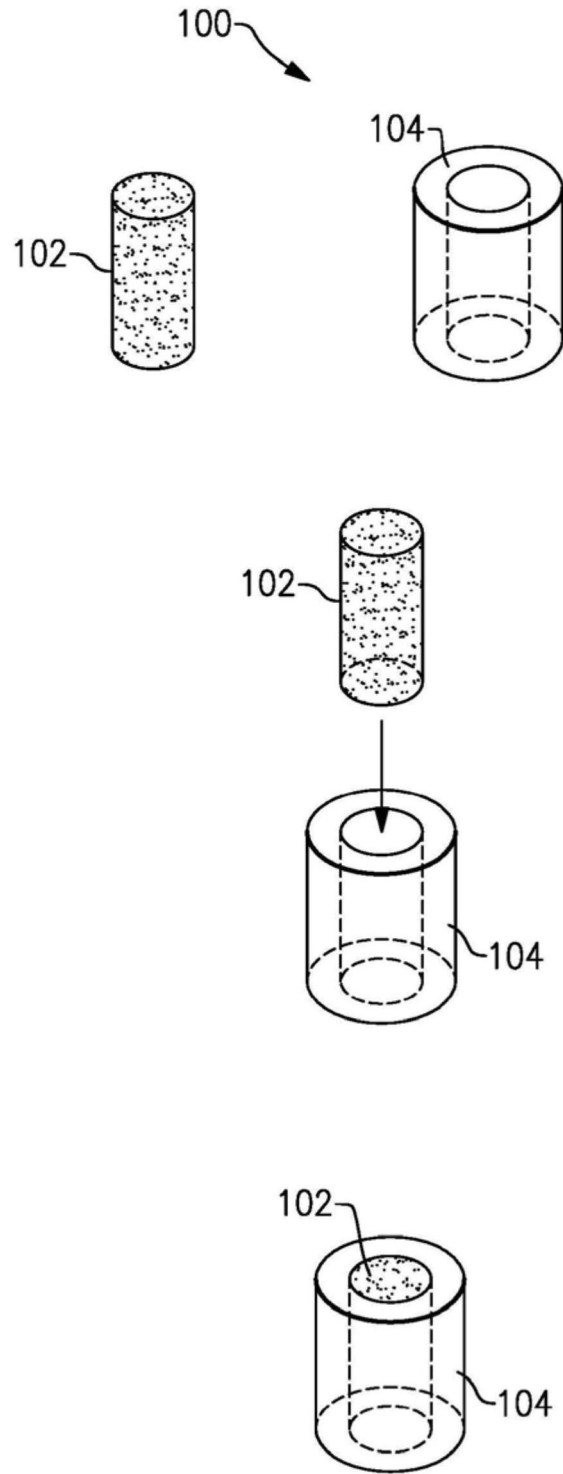


图4B

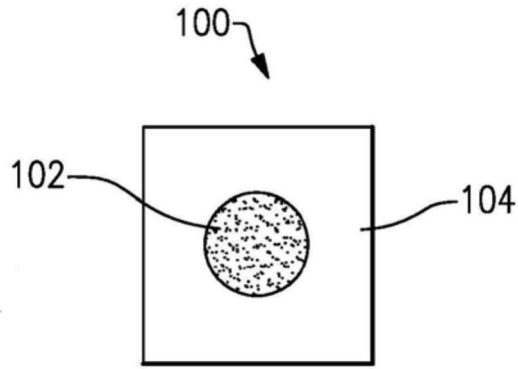


图5A

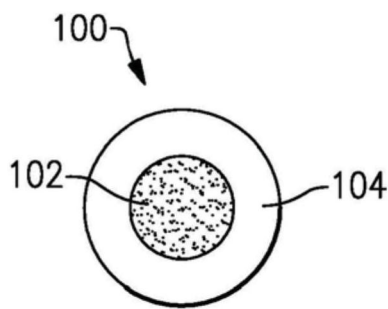


图5B

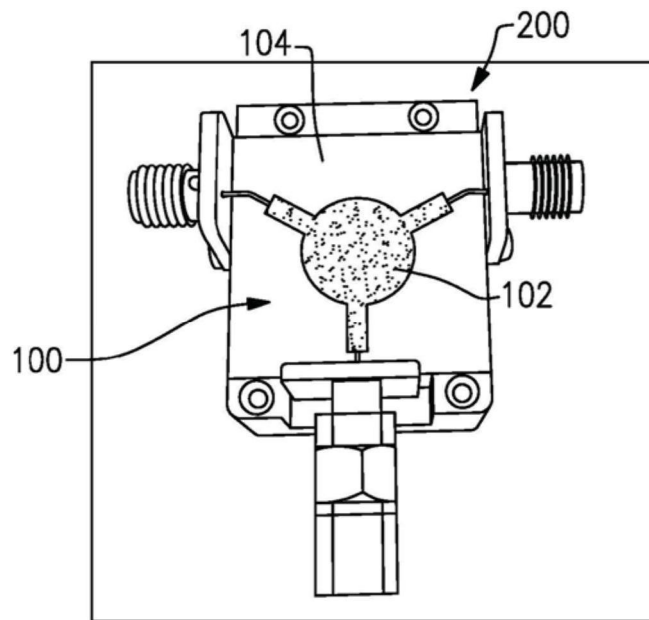


图6

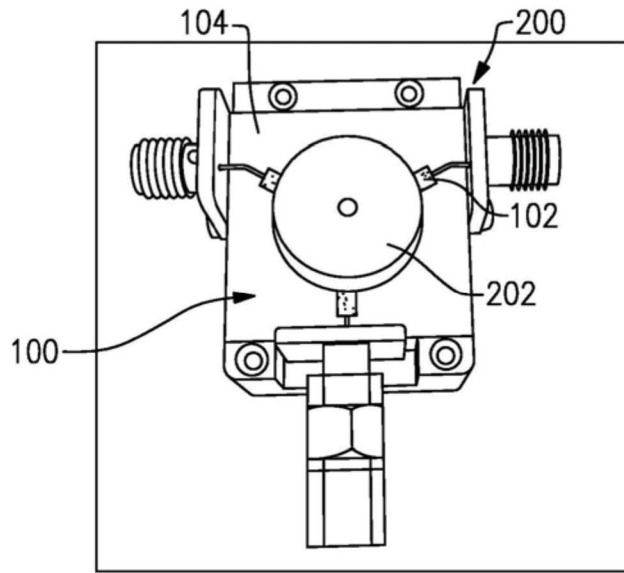


图7

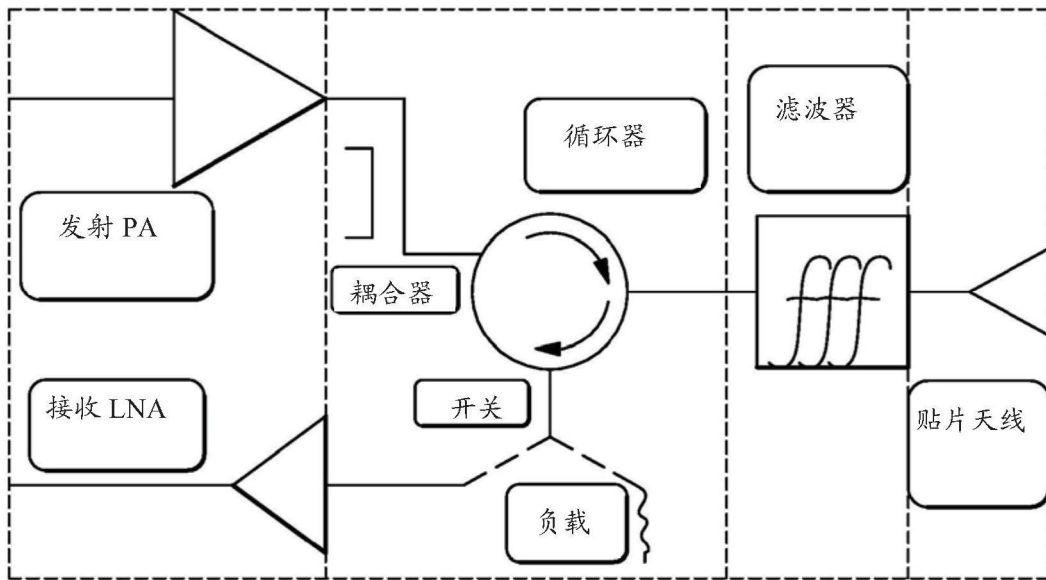


图8

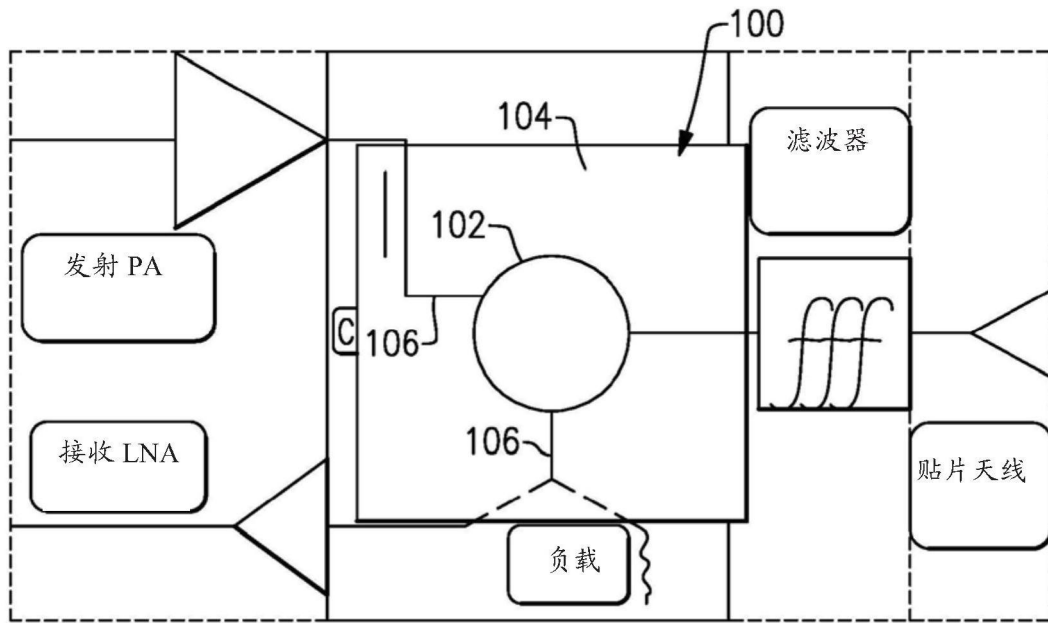


图9

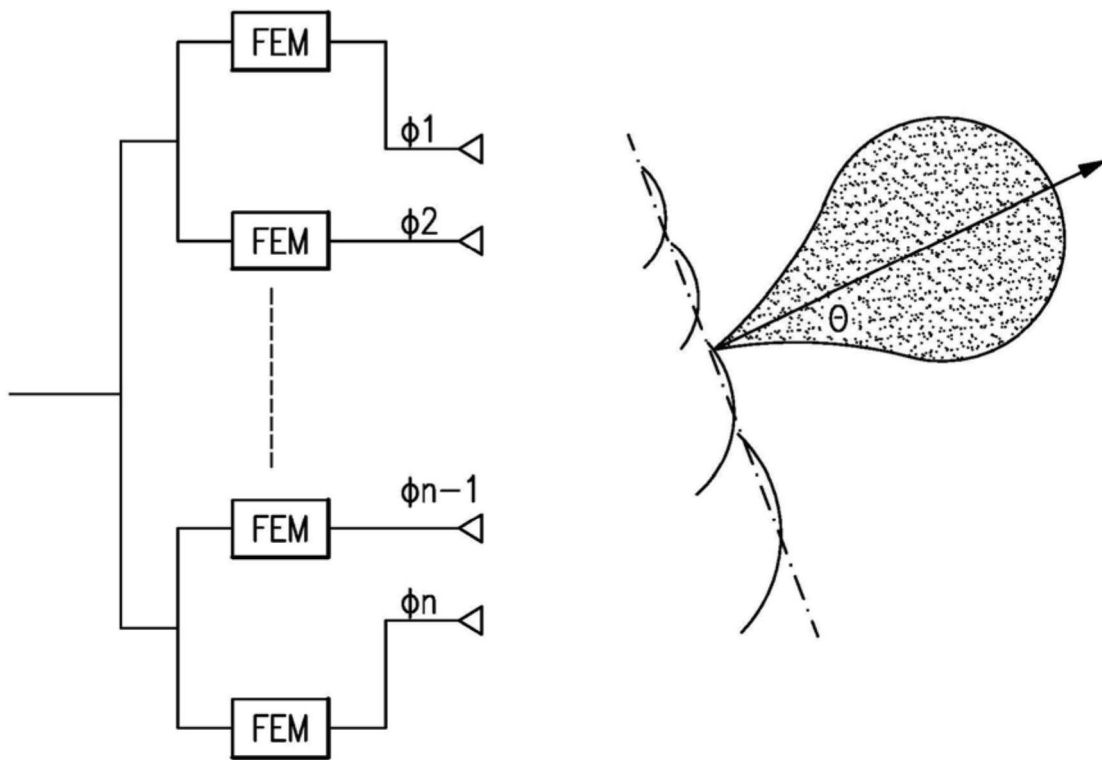


图10

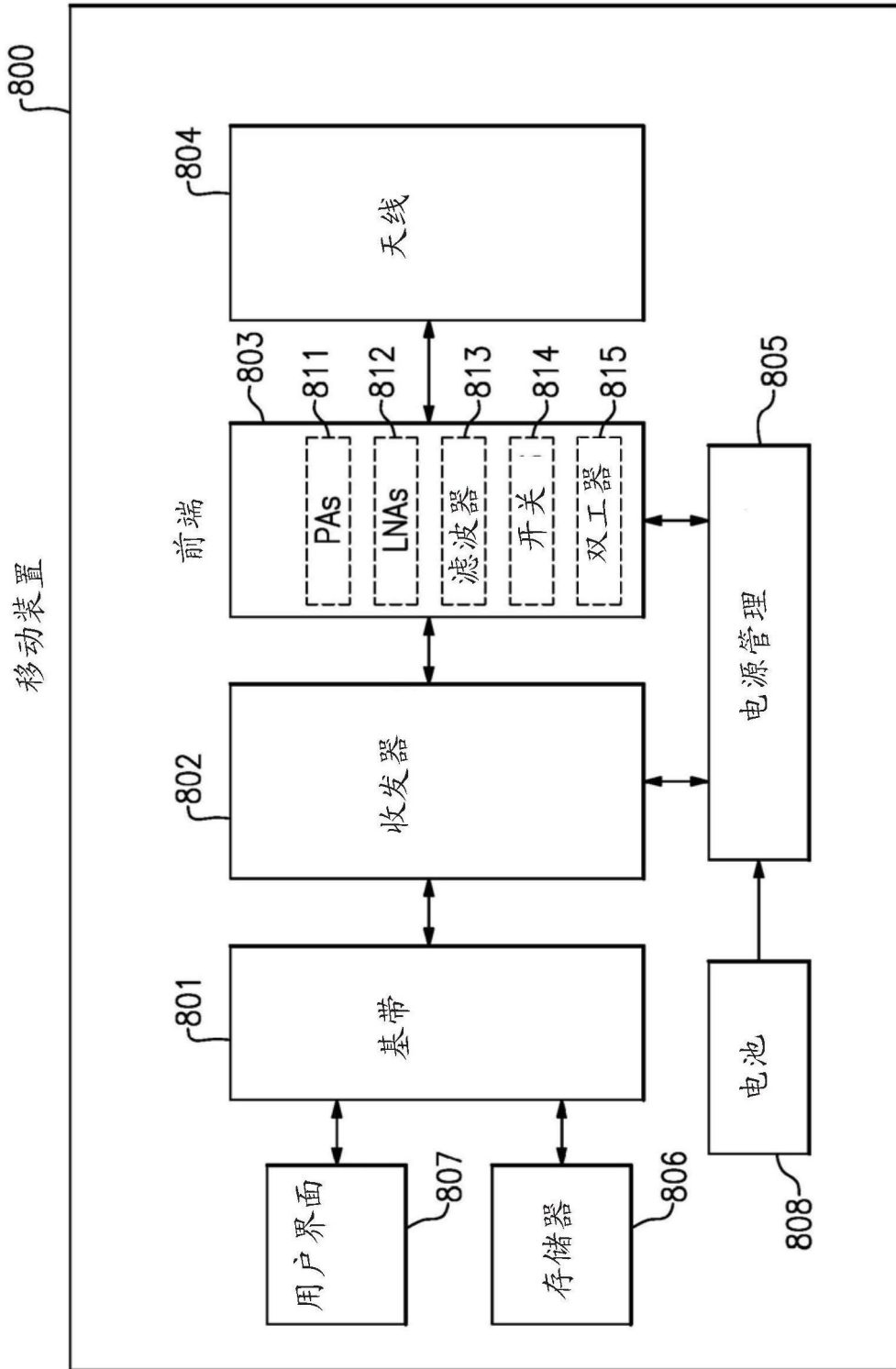


图11

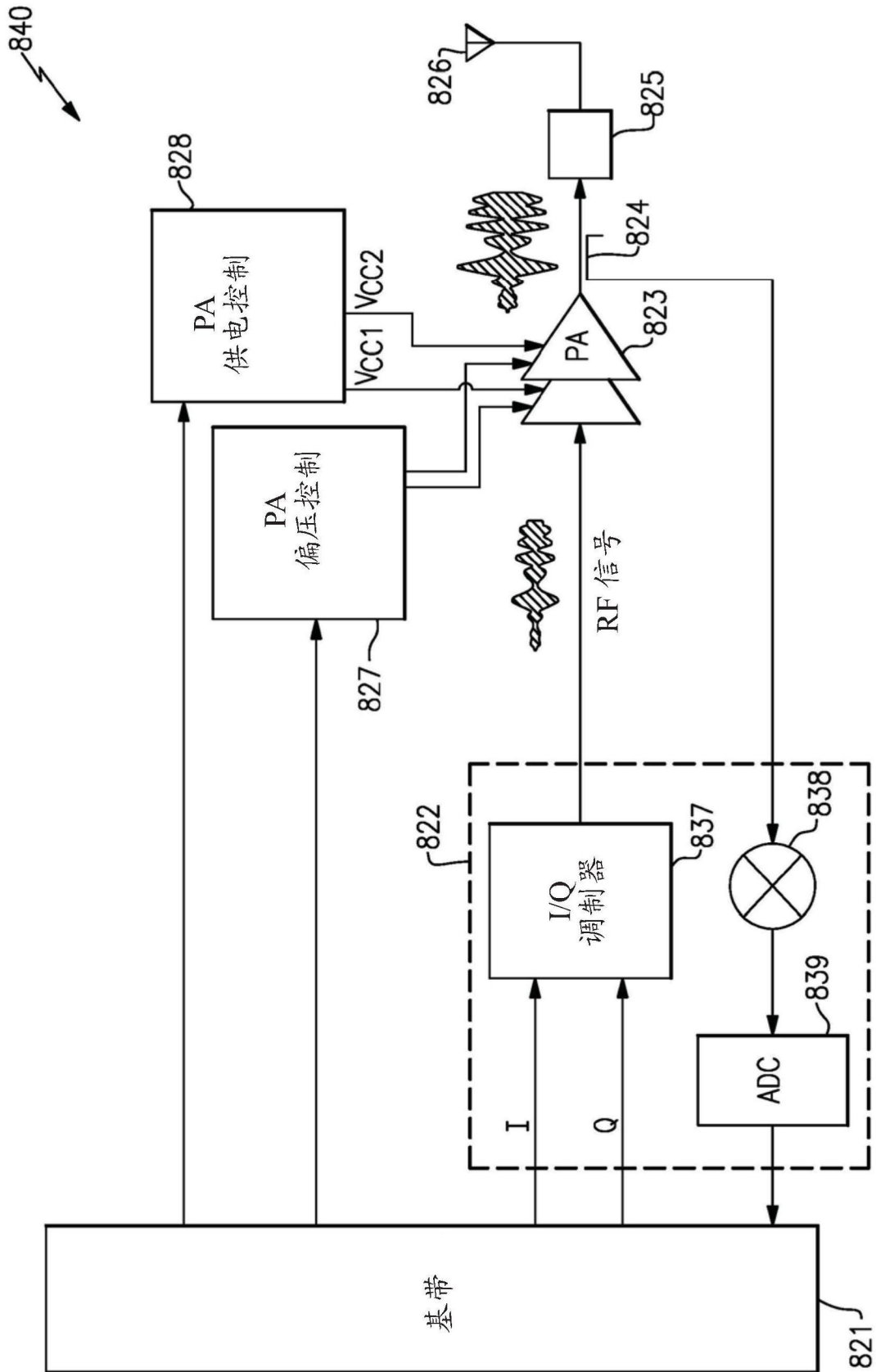


图12

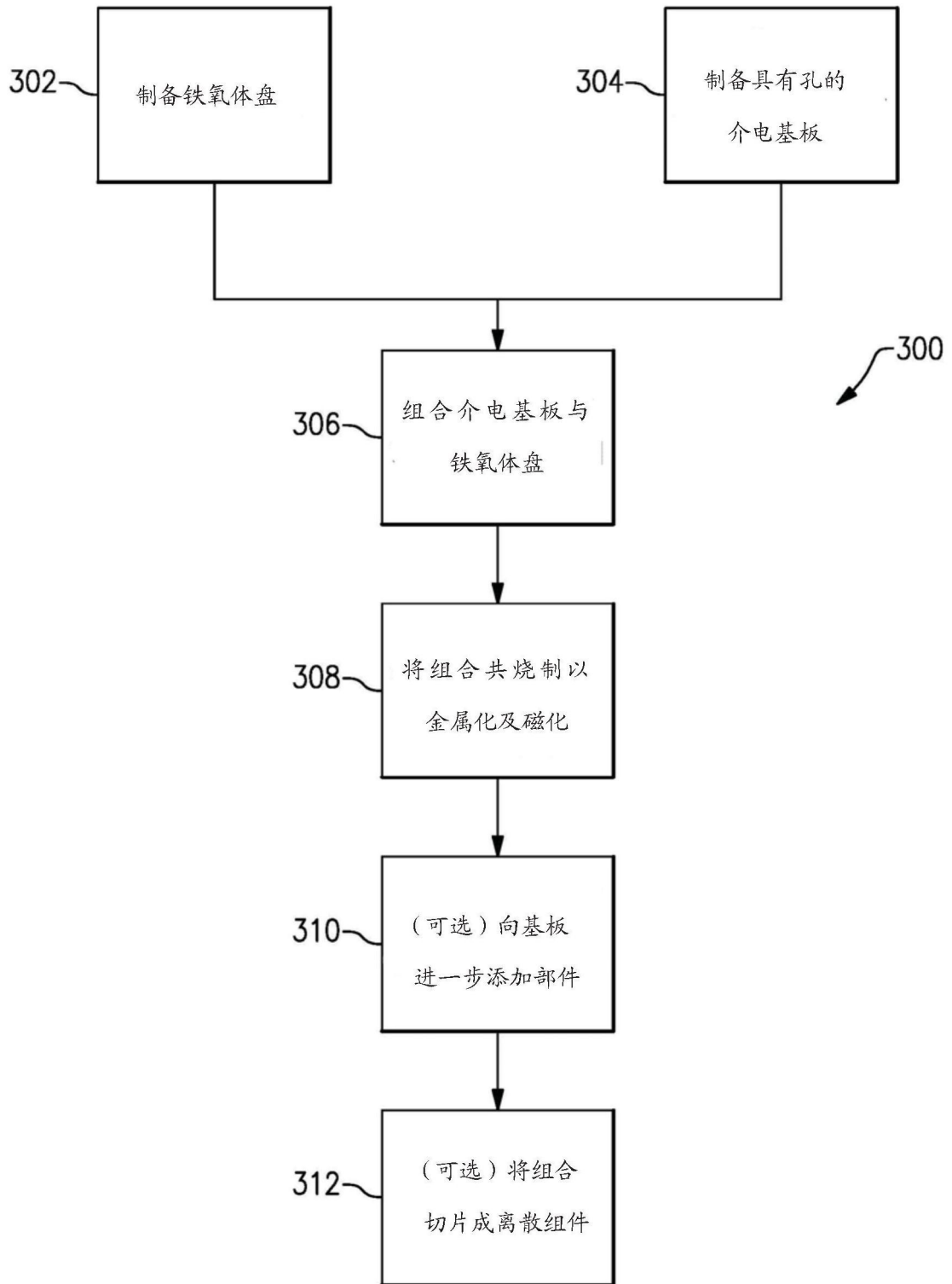


图13

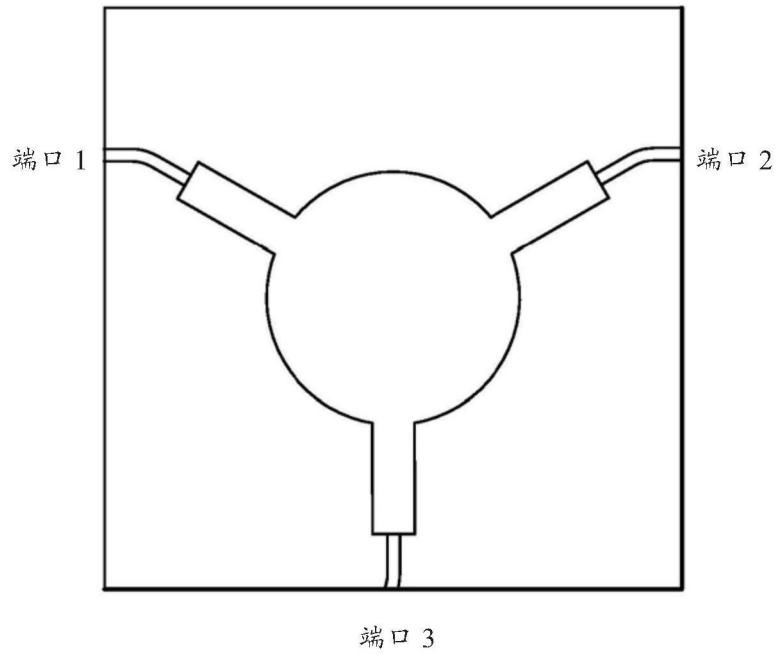


图14

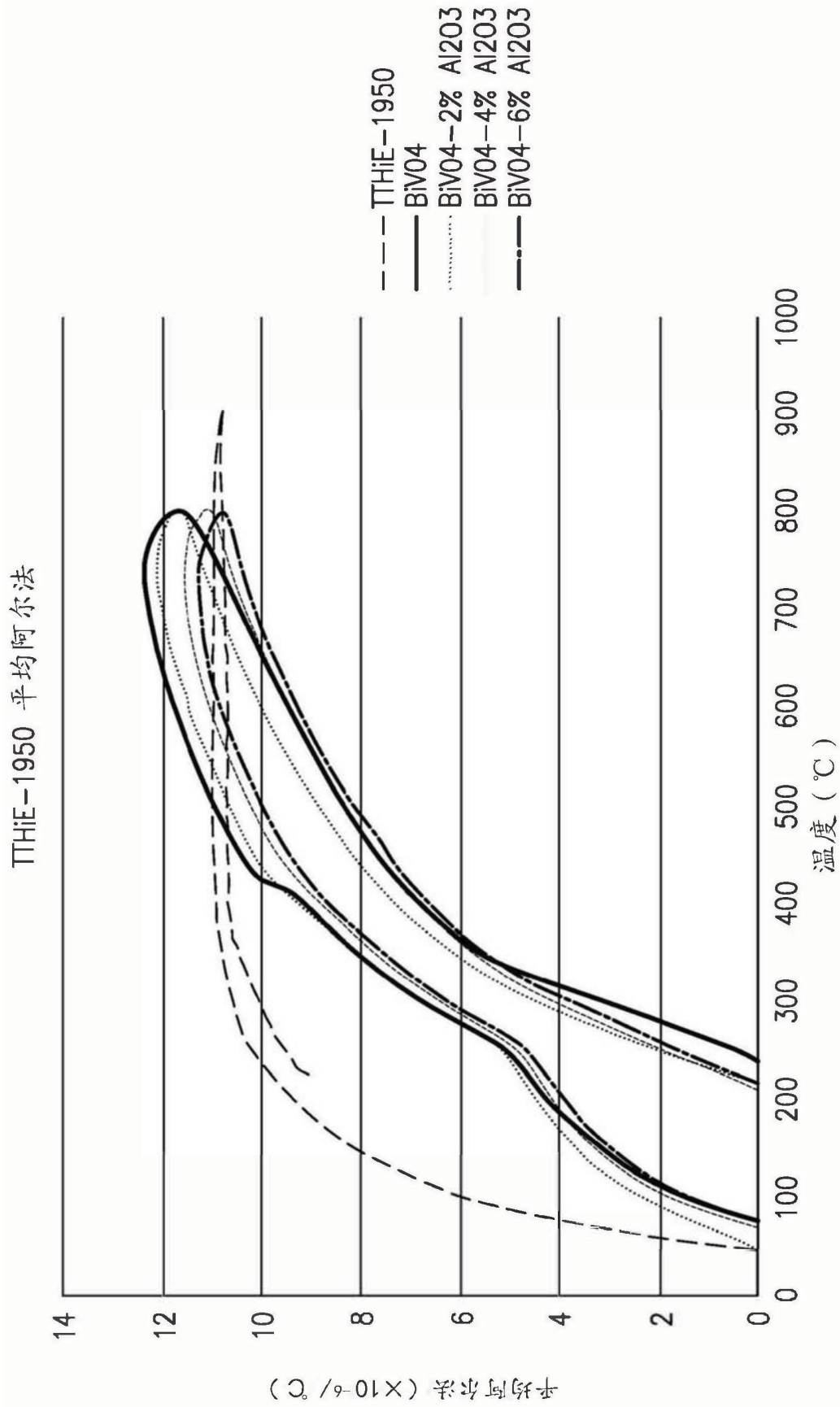


图15