



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113140915 A

(43) 申请公布日 2021.07.20

(21) 申请号 202110537448.7 *H01Q 19/06* (2006.01)
(22) 申请日 2017.03.21 *H01Q 1/24* (2006.01)
(30) 优先权数据 *H01Q 21/24* (2006.01)
62/313,406 2016.03.25 US *H01Q 25/00* (2006.01)
(62) 分案原申请数据
201780014059.8 2017.03.21
(71) 申请人 康普技术有限责任公司
地址 美国北卡罗来纳州
(72) 发明人 M·盖拉 S·L·迈卡艾里斯
I·蒂莫菲弗
(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
代理人 邹丹
(51) Int. Cl.
H01Q 15/10 (2006.01)

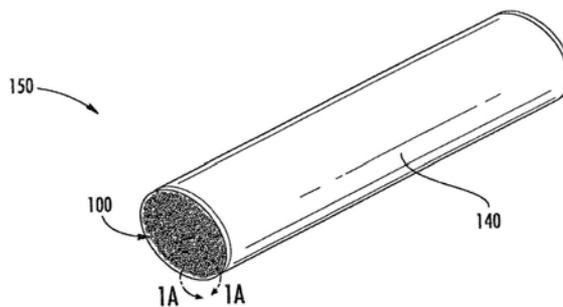
权利要求书5页 说明书18页 附图11页

(54) 发明名称

具有由轻质介电材料形成的透镜和相关介电材料的天线

(57) 摘要

本公开涉及具有由轻质介电材料形成的透镜和相关介电材料的天线。提供了透镜式天线，其包括多个辐射元件和定位成接收来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜，透镜包括复合介电材料。复合介电材料包括与惰性粘结剂混合的可膨胀的气体填充的微球、诸如发泡微球的介电载体材料以及混合在一起的导电材料的颗粒。



1. 一种透镜式天线,包括:
多个辐射元件;以及
定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,
其中所述复合介电材料包括与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材,以及
其中所述与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材包括在透镜容器中与气体填料结合的皱折的高介电常数塑料片材。
2. 如权利要求1所述的透镜式天线,其中所述气体填料包括空气。
3. 如权利要求1-2中任一项所述的透镜式天线,其中所述与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材包括在透镜容器中与空气结合的皱折的高介电常数塑料细长条带。
4. 如权利要求1-3中任一项所述的透镜式天线,其中所述与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材包括与低介电常数材料卷在一起的高介电常数材料片材。
5. 如权利要求1-4中任一项所述的透镜式天线,其中所述天线是包括至少一系列辐射元件的阵列天线。
6. 如权利要求1-5中任一项所述的透镜式天线,其中所述天线是抛物面反射器天线。
7. 一种透镜式天线,包括:
多个辐射元件;以及
定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括包含半固体的可流动的复合介电材料的壳体,
其中所述复合介电材料包括混合在粘结剂中的多个介电颗粒和多个导电材料颗粒,所述导电材料颗粒在其主外表面上具有绝缘材料。
8. 如权利要求7所述的透镜式天线,其中所述粘结剂包括油。
9. 如权利要求7或8所述的透镜式天线,其中所述复合介电材料包括多个可膨胀的气体填充的微球。
10. 如权利要求7-9中任一项的透镜式天线,其中所述导电材料颗粒包括闪光剂和/或碎屑。
11. 如权利要求9中任一项所述的透镜式天线,其中所述导电材料颗粒在至少一个维度上比所述可膨胀的气体填充的微球大。
12. 如权利要求7-11中任一项所述的透镜式天线,其中所述导电材料颗粒各自包括薄金属片材,所述薄金属片材的厚度比所述薄金属片材的长度和宽度的总和小至少10倍,所述薄金属片材在其主外表面上具有绝缘材料。
13. 如权利要求9-12中任一项所述的透镜式天线,其中所述可膨胀的气体填充的微球一旦膨胀就具有基本上中空的中心。
14. 如权利要求7-13中任一项所述的透镜式天线,其中所述透镜包括球面透镜。
15. 如权利要求7-14中任一项所述的透镜式天线,其中所述介电颗粒比所述导电材料颗粒大。
16. 如权利要求15所述的透镜式天线,其中所述介电颗粒的平均体积比所述导电材料颗粒的平均体积大至少20倍。
17. 如权利要求7-16中任一项所述的透镜式天线,其中所述导电材料颗粒中的所述金

属片材具有大约1微米-10微米之间的平均厚度。

18. 如权利要求7-17中任一项所述的透镜式天线,其中所述介电颗粒包括等轴介电颗粒。

19. 如权利要求7-18中任一项所述的透镜式天线,其中所述介电颗粒包括所述复合介电材料的体积的至少40%。

20. 如权利要求9-19中任一项所述的透镜式天线,其中所述可膨胀的气体填充的微球和所述粘结剂共同包括所述复合介电材料的体积的20%-40%之间。

21. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,

其中所述复合介电材料包括与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材,以及

其中与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材包括可膨胀的微球,

其中所述复合介电材料还包括粘结剂,并且其中所述可膨胀的气体填充的微球和所述粘结剂包括所述复合介电材料的体积的20%-40%。

22. 一种透镜式天线(700、900),包括:

多个辐射元件(712、820、840、912);和

定位成接收来自所述辐射元件(712、820、840、912)中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜(730、930),所述透镜(730、930)包括复合介电材料(400、1000),

其特征在于,所述复合介电材料(400、1000)包括多个可膨胀的气体填充的微球(410)和夹置在所述可膨胀的气体填充的微球(410)之间的多个导电材料颗粒(420),以及

所述导电材料颗粒(420)包括闪光剂和/或碎屑。

23. 如权利要求22所述的透镜式天线(700、900),还包括粘结剂。

24. 如权利要求23所述的透镜式天线(700、900),其中所述粘结剂包括油。

25. 如权利要求22-24中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述导电材料颗粒(420)在至少一个维度上比所述可膨胀的气体填充的微球(410)大。

26. 如权利要求22-25中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述导电材料颗粒(420)各自包括薄金属片材,所述薄金属片材的厚度比所述薄金属片材的长度和宽度的总和小至少10倍,所述薄金属片材在其任一主表面上具有绝缘材料。

27. 如权利要求22-26中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述可膨胀的气体填充的微球(410)一旦膨胀就具有基本上中空的中心。

28. 如权利要求22-27中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述透镜(730、930)包括球面透镜。

29. 如权利要求22-28中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述复合介电材料(400、1000)还包括比所述导电材料颗粒(420)大的多个等轴介电颗粒。

30. 如权利要求29所述的透镜式天线(700、900),其中所述等轴介电颗粒的平均体积比所述导电材料颗粒(420)的平均体积大至少20倍。

31. 如权利要求26所述或在权利要求27-30从属于权利要求26时如权利要求27-30中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述导电材料颗粒(420)中的所述金属片材具有大

约1微米-10微米之间的平均厚度。

32. 如权利要求22-31中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述复合介电材料(400、1000)是可流动的材料。

33. 如权利要求29所述的透镜式天线(700、900),其中所述等轴介电颗粒包括所述复合介电材料(400、1000)的体积的至少40%,并且所述可膨胀的气体填充的微球和粘结剂的组合包括所述复合介电材料(400、1000)的体积的20%至40%之间。

34. 如权利要求22-28中任一项所述的透镜式天线(700、900),其中所述复合介电材料(400、1000)还包括多个介电结构化材料。

35. 如权利要求34所述的透镜式天线(700、900),其中所述多个介电结构化材料包括发泡颗粒。

36. 如权利要求34所述的透镜式天线(700、900),其中所述介电结构化材料的平均体积比所述导电材料颗粒(420)的平均体积大至少10倍。

37. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,

其中所述复合介电材料包括多个可膨胀的气体填充的微球和与所述可膨胀的气体填充的微球隔开的多个导电材料颗粒,所述多个导电材料颗粒夹置在所述可膨胀的气体填充的微球之间,其中所述导电材料颗粒包括闪光剂和/或碎屑,

其中每个闪光剂和/或碎屑颗粒包括金属片材,所述金属片材在其每个主表面上具有绝缘材料,

其中所述导电材料颗粒在至少一个维度上比所述可膨胀的气体填充的微球大;以及

其中所述复合介电材料还包括粘结剂,并且其中所述可膨胀的气体填充的微球和所述粘结剂包括所述复合介电材料的体积的20%-40%。

38. 如权利要求37所述的透镜式天线,其中所述透镜包括球面透镜。

39. 如权利要求37所述的透镜式天线,其中所述复合介电材料还包括多个等轴介电颗粒,所述多个等轴介电颗粒比所述导电材料颗粒和所述可膨胀的气体填充的微球二者都大。

40. 如权利要求39所述的透镜式天线,其中所述等轴介电颗粒的平均体积比所述导电材料颗粒的平均体积大至少20倍。

41. 如权利要求39所述的透镜式天线,其中所述复合介电材料是可流动的材料。

42. 如权利要求39所述的透镜式天线,其中所述等轴介电颗粒包括所述复合介电材料的体积的至少40%。

43. 如权利要求37所述的透镜式天线,其中每个金属片材具有10纳米和100纳米之间的厚度,并且在每个金属片材的第一面上的所述绝缘材料具有0.5微米和15微米之间的厚度。

44. 如权利要求43所述的透镜式天线,其中在每个金属片材的第二面上的所述绝缘材料包括具有0.5微米和50微米之间的厚度的塑料基板。

45. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,

其中所述复合介电材料包括多个可膨胀的气体填充的微球和与所述可膨胀的气体填充的微球隔开的多个导电材料颗粒,所述多个导电材料颗粒夹置在所述可膨胀的气体填充的微球之间,

其中所述导电材料颗粒在至少一个维度上比所述可膨胀的气体填充的微球大,以及

其中所述导电材料颗粒包括闪光剂和/或碎屑,其中每个闪光剂和/或碎屑颗粒包括薄金属片材,所述薄金属片材的厚度比所述薄金属片材的长度和宽度的总和小至少10倍,所述薄金属片材在其主外表面上具有绝缘材料。

46. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,

其中所述复合介电材料包括夹置在多个发泡介电颗粒之间的多个导电材料颗粒,其中所述发泡介电颗粒出现的量大于所述复合介电材料的体积的50%,

其中每个导电材料颗粒包括金属片材,所述金属片材在其每个主表面上具有绝缘材料。

47. 如权利要求46所述的透镜式天线,其中所述复合介电材料是可流动的材料。

48. 如权利要求46所述的透镜式天线,其中每个金属片材的厚度比所述薄金属片材的长度和宽度的总和小至少10倍。

49. 如权利要求46所述的透镜式天线,其中每个金属片材具有10纳米和100纳米之间的厚度,并且在每个金属片材的第一面上的所述绝缘材料具有0.5微米和15微米之间的厚度。

50. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,

其中所述复合介电材料包括夹置在多个发泡介电颗粒之间的多个导电材料颗粒,

其中每个导电材料颗粒包括金属片材,所述金属片材在其每个主表面上具有绝缘材料,以及

其中所述发泡介电颗粒具有超过所述导电材料颗粒的平均体积至少10倍的平均体积。

51. 如权利要求50所述的透镜式天线,其中每个金属片材具有1微米-10微米之间的平均厚度。

52. 一种透镜式天线,包括:

多个辐射元件;以及

定位成接收来自所述辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜,所述透镜包括复合介电材料,所述复合介电材料包括:

多个导电材料颗粒;

多个发泡介电颗粒;

多个可膨胀的气体填充的微球;以及

粘结剂，

其中所述导电材料颗粒、所述发泡介电颗粒、所述可膨胀的气体填充的微球和所述粘结剂被混合在一起，

其中每个导电材料颗粒包括导电片材，所述导电片材在其每个主表面上具有绝缘材料，以及

其中所述发泡介电颗粒比所述可膨胀的气体填充的微球大，并且也在至少一个维度上比包括所述导电片材的每个导电材料颗粒大。

53. 如权利要求52所述的透镜式天线，其中所述导电材料颗粒在至少一个维度上比所述可膨胀的气体填充的微球大。

54. 如权利要求52所述的透镜式天线，其中所述复合介电材料是可流动的材料。

具有由轻质介电材料形成的透镜和相关介电材料的天线

[0001] 本申请是申请号为201780014059.8、申请日为2017年3月21日、发明名称为“具有由轻质介电材料形成的透镜和相关介电材料的天线”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明一般而言涉及无线电通信,并且更特别地,涉及在蜂窝和其它通信系统中使用的透镜式天线。

背景技术

[0003] 蜂窝通信系统在本领域中是众所周知的。在蜂窝通信系统中,地理区域被划分为称为“小区”的一系列区域,并且每个小区由基站服务。基站可以包括一个或多个天线,该一个或多个天线被配置为提供与移动订户的双向射频(“RF”)通信,移动订户在地理上位于由基站服务的小区内。在许多情况下,每个基站向多个“扇区”提供服务,并且多个天线中的每个天线将为扇区中的相应一个扇区提供覆盖。通常,扇形天线安装在塔架或其它凸起结构上,其中由每个天线产生的(一个或多个)辐射波束向外定向以服务相应的扇区。

[0004] 常见的无线通信网络规划涉及使用三个基站天线来服务三个六角形小区的基站。这通常被称为三扇区配置。在三扇区配置中,每个基站天线服务120°扇区。通常,65°方位半功率波束宽度(HPBW)天线为120°扇区提供覆盖。这些120°扇区中的三个提供360°覆盖。也可以采用其它分区方案。例如,也使用六个、九个和十二个扇区配置。六个扇区站点可能涉及六个定向基站天线,每个天线具有服务60°扇区的33°方位HPBW天线。在其它提出的解决方案中,可以由馈电网络驱动单个多列阵列以从单个相控阵天线产生两个或更多个波束。例如,如果使用各自生成两个波束的多列阵列天线,则对于六个扇区配置可能只需要三个天线。生成多个波束的天线例如在美国专利公开No.2011/0205119中公开,该专利通过引用被结合于此。

[0005] 增加扇区的数量增加了系统容量,这是因为每个天线可以服务更小的区域并因此在整个扇区中提供更高的天线增益,并且因为频带可以重用于每个扇区。但是,将覆盖区域划分为更小的扇区存在缺点,因为覆盖窄扇区的天线通常具有更多比覆盖更宽扇区的天线的辐射元件的间隔更宽的辐射元件。例如,典型的33°方位HPBW天线通常是典型的65°方位HPBW天线的两倍宽。因此,随着小区被划分为更多数量的扇区,成本、空间和塔负载要求会增加。

[0006] 透镜可以用在蜂窝和其它通信系统中以聚焦天线波束,这对于增加由蜂窝基站服务的扇区的数量会是有用的,并且在用于在感兴趣的区域上聚焦天线波束的其它通信系统中会是有用的。但是,透镜可能增加天线的成本、重量和/或复杂性,并且因此在许多天线应用中可能不是商业上实用的解决方案。

发明内容

[0007] 根据本发明的实施例,提供了包括多个辐射元件和透镜的天线,透镜定位成接收

来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射。透镜包括多个复合介电材料块,其中复合介电材料块中的至少一些块包括第一基础介电材料片材和第二基础介电材料片材,其间具有第一金属片,其中第一金属片的厚度小于第一基础介电材料片材的厚度的10%。

[0008] 在一些实施例中,第一金属片中的至少一些可以具有小于50微米的厚度。在一些实施例中,第一金属片中的至少一些可以包括铝箔。在一些实施例中,第一金属片中的至少一些的长度可以在相应的第一金属片的宽度的50%之内。

[0009] 在一些实施例中,第一介电材料片材中的至少一些可以包括在加热时体积膨胀的发泡(foamed)材料。

[0010] 在一些实施例中,复合介电材料块中的至少一些块可以各自还包括在第二介电材料片材上的第三介电材料片材和在第二介电材料片材和第三介电材料片材之间的第二金属片。

[0011] 在一些实施例中,透镜可以包括球面透镜,并且天线可以包括用于蜂窝通信系统的基站天线。

[0012] 根据本发明还有的实施例,提供了包括多个辐射元件和透镜的透镜式天线,透镜定位成接收来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射,透镜包括复合介电材料。复合介电材料包括多个可膨胀的气体填充的微球和散布在可膨胀的气体填充的微球之间的多个导电材料颗粒。

[0013] 在一些实施例中,透镜式天线还可以包括粘结剂,诸如,例如,油。

[0014] 在一些实施例中,导电材料颗粒可以在至少一个维度上比可膨胀的气体填充的微球更大。

[0015] 在一些实施例中,导电材料颗粒可以包括闪光剂和/或碎屑。

[0016] 在一些实施例中,导电材料颗粒可以各自包括薄金属片,其厚度比薄金属片的长度和宽度的总和至少十倍,该薄金属片在其任一主要面上具有绝缘材料。

[0017] 在一些实施例中,可膨胀的气体填充的微球一旦膨胀就可具有基本上中空的中心。

[0018] 在一些实施例中,透镜可以包括球面透镜。

[0019] 根据本发明仍然还有的实施例,提供了包括多个辐射元件和透镜的透镜式天线,透镜定位成接收来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射,透镜包括透镜容器和复合介电材料。复合介电材料可以包括填充透镜容器的一个或多个弯曲线。

[0020] 在一些实施例中,一个或多个弯曲线中的每一个包括绝缘外层。

[0021] 在一些实施例中,一个或多个弯曲线中的每一个包括维持其形状的刚性线。

[0022] 根据本发明仍然还有的实施例,提供了包括多个辐射元件和透镜的透镜式天线,透镜定位成接收来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射,透镜包括复合介电材料。复合介电材料包括与低介电常数材料结合的高介电常数材料片材。

[0023] 在一些实施例中,片材可以包括在透镜容器中与气体填料(例如空气)结合的皱折的高介电常数塑料片材。

[0024] 在一些实施例中,片材可以包括在透镜容器中与空气结合的皱折的高介电常数塑料细长条带。

[0025] 在一些实施例中,高介电常数材料片材可以与低介电常数材料一起卷绕。

[0026] 在一些实施例中,天线可以是阵列天线,其包括至少一列辐射元件。在其它实施例中,天线可以是抛物面反射器天线。

[0027] 在一些实施例中,由每个辐射元件生成的天线波束的波束宽度可以随频率而增加。

[0028] 在一些实施例中,由每个辐射元件生成的天线波束的波束宽度可以以与透镜随频率而减小天线波束的波束宽度的速率大致相同的速率增加。

附图说明

[0029] 图1A是根据本发明实施例的天线的RF透镜的示意性透视图,该RF透镜包括复合介电材料。

[0030] 图1B是图1A的一部分的放大视图,其更详细地图示了复合介电材料的结构。

[0031] 图2A是根据本发明还有的实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料的示意性透视图。

[0032] 图2B是图示包含在图2A的复合介电材料中的泡沫的泡孔(cell)结构的示意性透视图。

[0033] 图3A是根据本发明仍然还有的实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料的示意性侧视图。

[0034] 图3B是图示图3A的复合介电材料的多个块的示意性透视图。

[0035] 图4是根据本发明还有的附加实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料的示意性透视图。

[0036] 图5是根据本发明仍然还有的实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料的示意性透视图。

[0037] 图6A和图6B是根据本发明的附加实施例的分别使用轻质塑料介电材料的皱折片材和切碎片材形成的复合介电材料的示意性透视图。

[0038] 图7A是根据本发明的实施例的透镜式多波束天线的透视图。

[0039] 图7B是图3A的透镜式多波束天线的横截面图。

[0040] 图8是包括在图7A的透镜式多波束天线中的线性阵列的透视图。

[0041] 图9A是包括在图8的线性阵列中的盒式双偏振辐射元件之一的平面图。

[0042] 图9B是图9A的盒式双偏振辐射元件的侧视图。

[0043] 图10是根据本发明的实施例的可以与RF透镜结合使用的双频带天线的示意性平面图。

[0044] 图11是根据本发明还有的实施例的包括多个球面透镜的基站天线的示意性侧视图。

[0045] 图12是图示具有频率相关波束宽度的辐射元件如何可以用于抵消(offset)波束宽度随着RF透镜可能出现的频率而变窄的曲线图。

[0046] 图13是根据本发明的实施例的透镜式反射器天线的示意图。

[0047] 图14是根据本发明的实施例的可以用于形成RF透镜的另一种复合介电材料的示意性透视图。

具体实施方式

[0048] 相关申请的交叉引用

[0049] 本发明的申请根据35 U.S.C.§119要求于2016年3月25日提交的美国临时专利申请序列No.62/313,406的优先权,其全部内容通过引用被结合于此。

[0050] 已经开发了具有驱动辐射元件的平面阵列(诸如巴特勒(Butler)矩阵)的多波束波束形成网络的天线。但是,多波束波束形成网络具有几个潜在的缺点,包括非对称波束以及与端口到端口的隔离、增益损失和/或窄带宽相关联的问题。还提出了使用伦伯格(Luneburg)透镜的多波束天线,伦伯格透镜是具有在每个层中拥有不同介电常数的介电材料的通常球面形状的多层透镜。不幸的是,对于许多应用来说,伦伯格透镜的成本高得惊人,并且使用伦伯格透镜的天线系统在宽频带的波束宽度稳定性方面可能仍然存在问题。

[0051] 美国专利公开No.2015/0091767(“’767公开”)提出了一种具有辐射元件的线性阵列和由复合介电材料形成的圆柱形RF透镜的多波束天线。RF透镜用于在方位角平面中聚焦线性阵列的天线波束。在示例实施例中,线性阵列的3dB方位角波束宽度可以从没有透镜时的65°减小到带有透镜时的23°。’767公开的全部内容通过引用被结合于此。但是,’767公开的圆柱形RF透镜可能非常大,从而增加了使用这种透镜的天线系统的大小、重量和成本。另外,圆柱形透镜可以展现出降低的交叉偏振性能,这在天线发射和接收具有两个正交偏振(诸如倾斜+45°/-45°偏振)的信号的应用中可能是不期望的。

[0052] ’767公开中公开的透镜与常规伦伯格透镜的不同之处在于用于形成透镜的材料介电常数在整个透镜中可以是相同的,这与伦伯格透镜设计相反,在伦伯格透镜设计中,提供了多层介电材料,其中每层具有不同的介电常数。具有这种均匀介电常数的圆柱形透镜可能更容易制造且制造成本更低,并且也可以更紧凑,具有20-30%更小的直径。’767公开的透镜可以由小块复合介电材料制成。介电材料聚焦从线性阵列辐射并被线性阵列接收的RF能量。’767公开教导了介电材料可以是在美国专利No.8,518,537(“’537专利”)中所述类型的复合介电材料,该专利的全部内容通过引用被结合于此。在一个示例实施例中,提供了小块复合介电材料,其中每个小块包括嵌入其中的至少一个针状导电纤维。小块可以使用将块粘合在一起的粘合剂形成为大得多的结构。块可以在更大的结构内具有随机朝向。用于形成块的复合介电材料可以是密度在例如0.005至0.1g/cm³范围内的轻质材料。通过改变包含在小块内的(一个或多个)导电纤维的数量和/或朝向,材料的介电常数可以从1到3变化。

[0053] 不幸的是,在’767公开的透镜中使用的复合介电材料制造起来可能是昂贵的。而且,因为复合介电材料包括导电纤维,因此如果在不同的导电纤维之间形成金属与金属的接触,则复合介电材料可以成为能够降低通信质量的无源互调(“PIM”)失真的来源。此外,包含在相邻小块材料中的导电纤维可能变得彼此电连接,从而导致可能负面影响透镜性能的更大的颗粒大小。

[0054] 根据本发明的实施例,提供了包括由各种轻质低损耗复合介电材料形成的透镜的适用于作为基站天线使用的天线。介电材料的电容率(permittivity)的复数表示的虚数部分与能量被材料吸收的速率有关。吸收的能量反映了介质材料的“损耗”,因为吸收的能量没有被辐射。低损耗介电材料对于用于天线的透镜是理想的,因为期望减少或最小化在通过透镜传送信号时损失的RF能量的量。

[0055] 本领域已知许多低损耗介电材料,诸如例如,聚苯乙烯的固体块、发泡(expanded)聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、发泡聚丙烯等。不幸的是,这些材料的重量可能相对较重和/或可能不具有适当的介电常数。对于一些应用来说,诸如用于基站天线的透镜,介电材料是非常低重量的材料可能是重要的。

[0056] 在本发明的一些实施例中,提供了具有由泡沫块形成的透镜的天线,泡沫块具有粘附到泡沫块外部的导电材料和/或高介电常数介电材料。当使用导电材料时,导电材料可以用绝缘材料覆盖,以减少或消除可能导致PIM失真的金属与金属接触。泡沫块可以非常轻质,并且可以用作用于支撑导电或高介电常数介电材料并用于在整个体积中分布导电材料或高介电常数介电材料的基质。泡沫块可以具有相对低的介电常数。在包括导电材料的实施例中,导电材料可以包括例如闪光剂、碎屑或包括具有涂覆在其至少一侧上的绝缘材料的非常薄(例如,10-2000nm)导电箔的其它材料。使用高介电常数介电材料的实施例可以使用陶瓷、非导电氧化物、炭黑等。复合介电材料块可以使用具有低介电损耗的粘结剂或粘合剂(诸如聚氨酯、环氧树脂等)保持在一起,或者,替代地,可以简单地填充到具有RF透镜的期望形状的容器中以形成RF透镜。

[0057] 在其它实施例中,提供了具有由网脉状发泡材料形成的透镜的天线,网脉状发泡材料具有使用粘结剂嵌入在发泡材料的整个内部和/或发泡材料的外表面上的导电颗粒和/或高介电常数材料颗粒。在这样的实施例中,可以形成多个这种材料的小块,或者透镜可以包括这种材料的单个块,其可以被成形为透镜的期望形状(例如,球形、圆柱形等)。发泡材料可以具有非常开放的泡孔结构以减轻其重量,并且导电颗粒和/或高介电常数颗粒可以通过粘结剂材料粘结在由泡沫形成的基质内。合适的颗粒包括轻质导体、陶瓷材料、导电氧化物和/或炭黑的颗粒。在使用这种材料的小块的实施例中,可以使用低介电损耗粘结剂或粘合剂将块保持在一起,或者可以简单地将块填充到容器中以形成透镜。

[0058] 在还有的其它实施例中,提供了具有使用泡沫片材形成的透镜的天线,在泡沫片材之间具有导电片(例如,铝箔)。该复合泡沫/箔材料然后可以被切割成用于形成天线的透镜的小块。泡沫片材可以包括高度发泡(foamed)的、非常轻质的低介电常数材料。可以连同同一个或多个金属箔片材一起使用一片或多片这种泡沫。如果在外部层上提供金属箔,则可以用绝缘材料涂覆金属箔以减少或防止金属与金属的接触。在一些实施例中,泡沫片材可以由可膨胀材料形成,诸如,例如,在加热时膨胀的材料。在将复合材料切割成块之后,可以加热复合材料使得泡沫片材膨胀,从而将金属箔封装在复合材料的内部。以这种方式,可以减少或防止相邻块中的金属箔之间的金属与金属接触。以这种方式形成的材料块可以使用低介电损耗粘结剂或粘合剂保持在一起,或者可以简单地填充到容器中以形成透镜。

[0059] 在仍然还有的实施例中,提供了具有使用可膨胀微球(或其它形状的可膨胀材料)形成的透镜的天线,可膨胀微球用粘结剂/粘合剂连同封装在绝缘材料中的导电材料一起混合。在一些实施例中,导电材料可以包括切割成非常小的颗粒的闪光剂或碎屑。可膨胀微球可以包括非常小(例如,直径为1微米)的球体,其响应于催化剂(例如,加热)而膨胀成大得多(例如,40微米直径)的气体填充的球体。这些球体可以具有非常小的壁厚,并且因此可以非常轻质。膨胀的微球与粘结剂一起可以形成基质,该基质将导电材料保持在适当位置以形成复合介电材料。在一些实施例中,膨胀的球体可以显著地小于导电材料(例如,小方块的闪光剂或碎屑)。

[0060] 在还有的其它实施例中,提供了透镜式天线,其包括多个辐射元件和定位成接收来自辐射元件中的至少一个辐射元件的电磁辐射的透镜。透镜可以包括被浇注或泵送到透镜壳体中的半固体、可流动的复合介电材料。复合介电材料可以包括可膨胀的气体填充的微球,其与惰性粘结剂、介电载体材料(诸如发泡微球)和导电材料的颗粒混合。导电材料可以包括例如碎屑薄片。介电载体材料可以显著地大于碎屑薄片,并且可以帮助随机化碎屑薄片的朝向。可膨胀微球和粘结剂(例如,油)可以将材料保持在一起并且还可以帮助分离碎屑薄片,以降低复合介电材料内金属与金属接触的可能性。

[0061] 根据仍然还有的实施例,提供了具有使用一个或多个细线形成的透镜的天线,该一个或多个细线涂覆有绝缘材料并且松散地压碎成块状形状。由于线是刚性的,因此它们可以用于形成介电材料,而不需要形成用于将导电材料保持在适当位置的基质的单独材料,诸如泡沫。在一些实施例中,(一个或多个)碎线可以形成为透镜的形状。在其它实施例中,(一个或多个)碎线的多个块可以被组合以形成透镜。

[0062] 在还有的附加实施例中,提供了具有使用薄介电材料片材形成的透镜的天线,该薄介电材料片材被折皱或者被切碎并且被放置在具有期望的透镜形状的容器中。与上面讨论的绝缘线实施例一样,压碎/切碎的介电材料片材可以展现出刚性并且因此可以在没有附加基质材料的情况下被保持在适当的位置。

[0063] 现在将参考附图更详细地讨论本发明的实施例,附图中示出了示例实施例。

[0064] 图1A是根据本发明实施例的使用复合介电材料100形成的RF透镜150的示意性透视图。RF透镜150可以适合用作基站天线的透镜。图1B是图1A的一部分的放大视图,其更详细地图示了复合介电材料100的结构。

[0065] 如图1A-1B所示,复合介电材料100包括轻质基础介电材料的块(这里是球形块)110,轻质基础介电材料具有粘附到其外部的一起形成复合介电材料100的块130的第二材料的颗粒120。轻质基础介电材料可以包括例如发泡塑料材料,诸如聚乙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯(PTFE)、聚丙烯、聚氨酯硅树脂等。该发泡塑料材料可以具有非常低的密度并且可以具有相对低的介电常数。在一些实施例中,发泡轻质基础介电材料的每个块110可以是体积上大于50%的空气(即,超过50%的发泡百分比)。在一些实施例中,基础介电材料的发泡百分比可以超过70%或甚至可以超过80%。这种高发泡百分比可以有助于减少复合介电材料100的重量,并因此减少由其形成的透镜150的重量。

[0066] 在所绘出的实施例中,第二材料的颗粒120可以包括例如小颗粒120-1,小颗粒120-1包括导电材料。导电材料可以覆盖在具有绝缘材料的至少一侧上,以减少或消除可能导致PIM失真的金属与金属接触。在一个示例实施例中,包括导电材料的小颗粒120-1可以包括精细切割的闪光剂方块。商业上可容易获得的闪光剂通常包括塑料基板片材,其上沉积有非常薄的金属片。然后将绝缘涂层(例如,聚氨酯涂层)涂覆到薄金属片材的暴露表面上,以在两侧封装金属。在示例实施例中,塑料基板可以具有0.5至50微米之间的厚度,并且绝缘材料的薄涂层可以具有0.5至15微米之间的厚度。薄金属片材可以包括例如厚度在1和50纳米之间的铝片。在典型的商业上可获得的闪光剂中,材料的总厚度可以为约20-30微米,并且铝片的厚度可以为10-100纳米之间。塑料基板可以包括任何合适的塑料基板,诸如聚氯乙烯(PVC)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)等。按体积计,金属可以包括小于1%的闪光剂。

[0067] 在其它实施例中,包括导电材料的小颗粒120-1可以包括精细切割的碎屑方块。商业上可容易获得的碎屑通常包括较厚的金属片,在其一个或两个主表面上具有绝缘涂层(例如,聚氨酯涂层)。在示例实施例中,金属片可以包括厚度为6至50微米之间的铝片,并且绝缘材料的(一个或多个)薄涂层可以具有0.5至15微米之间的厚度。

[0068] 在每个上述实施例中,可以将闪光剂和/或碎屑片材切割成小颗粒。在示例实施例中,颗粒120-1可以是相对方形形状,其长度和/或宽度在50至1500微米的量级。在这样的实施例中,颗粒120-1本质上可以是片材状的,因为它们可以具有远小于它们的长度和宽度的厚度(例如,25微米)。但是,应该认识到的是,在其它实施例中,可以使用其它形状(例如,六边形)、长度和宽度。也可以使用除闪光剂和/或碎屑之外的材料。

[0069] 在其它实施例(未示出)中,第二材料的颗粒120可以包括例如高介电常数材料的小颗粒120-2。高介电常数材料可以优选地具有相对高的介电常数与重量比,并且还优选地相对便宜。在一些实施例中,高介电常数材料可以包括陶瓷材料(例如, Mg_2TiO_4 、 $MgTiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $BaTi_4O_9$ 、氮化硼等)或非导电氧化物(例如,氧化钛、氧化铝等)的薄盘。

[0070] 如图1B所示,颗粒120可以粘附到轻质基础介电材料的块110的外表面,以形成复合介电材料100的多个块130。轻质基础介电材料的块110因此可以用作用于支撑第二材料的颗粒120并且用于在整个透镜150中相对均匀地分布第二材料的颗粒120的基质。

[0071] 复合介电材料100的块130可以使用具有低介电损耗的粘结剂或粘合剂(未示出)(诸如聚氨酯、环氧树脂等)保持在一起,或者可替代地,可以简单地填充到容器140中以形成透镜150。虽然图1A-1B中示出了球形块130,但是可以认识到的是,可以使用其它形状或各种不同形状的块。

[0072] 在一些实施例中,复合介电材料100的密度可以是例如 0.005 至 $0.2g/cm^3$ 之间。可以选择包括在复合介电材料100中的颗粒120的数量,使得复合介电材料100具有在期望范围内的介电常数。在一些实施例中,复合介电材料100的介电常数可以在例如1至3的范围内。

[0073] 如上所述,在一些实施例中,复合介电材料100的块130可以包含在容器140内,诸如由介电材料形成的、被成形为用于基站天线的透镜的期望形状的壳体。基站天线可能由于风、雨、地震和其它环境因素而受到振动或其它移动。尤其如果不使用粘合剂和/或如果一些块130没有被充分粘附到其它块130和/或如果粘合剂随着时间和/或由于温度循环而丧失粘合强度,那么这种移动可能导致块130的沉降。在一些实施例中,容器140可以包括多个单独的隔室(未示出),并且小块130可以被填充到这些单独的隔室中以减少块130的沉降效果。使用这种隔室可以增加透镜150的长期物理稳定性和性能。还将认识到的是,块130还可以和/或替代地通过轻微压缩和/或回填材料进行稳定。不同的技术可以应用于不同的隔室,或者所有隔室可以使用相同的技术来稳定。

[0074] 图2A是根据本发明实施例的适用于在制造用于基站天线的透镜时使用的复合介电材料200的示意性透视图。如图2所示,复合介电材料200包括轻质基础介电材料的块210,其具有遍布嵌入的第二材料的颗粒220。图2B是图示轻质基础介电材料的块210之一的一小部分的泡孔结构的示意性透视图。

[0075] 基础介电材料可以包括具有非常低密度的高度发泡材料,其具有网脉状(即,网状)泡孔结构。这在图2B中以图形方式绘出,图2B示出了基础介电材料可以包括形成基质的

细长股材料。

[0076] 在一些实施例中,第二材料可以包括高介电常数材料的颗粒220,诸如,例如,陶瓷材料(例如, Mg_2TiO_4 、 $MgTiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $BaTi_4O_9$ 、氮化硼等)或非导电氧化物(例如,氧化钛、氧化铝等)。在其它实施例中,第二材料可以包括导电粉末(诸如铝、铜或炭黑粉末)的颗粒220。在任一情况下,基础介电材料的块210嵌有第二材料的颗粒220,或者基础介电材料的块210涂覆有包含第二材料的颗粒220的浆料。第二材料可以优选地具有相对高的介电常数与重量比,并且还优选地相对便宜。可以使用粘合剂或粘结剂(未示出)(诸如,例如,聚氨酯或聚乙烯醇缩丁醛)将第二材料的颗粒220粘附到基础介电材料的块210,以形成复合介电材料200的块230。基础介电材料可以以液体的形式提供并与第二材料的颗粒220和粘合剂/粘结剂混合,然后得到的混合物可以被发泡以形成复合介电材料200。在一些实施例中,具体包括其中第二材料220的浆料涂覆在基础介电材料上的实施例,基础介电材料可以以小块210(例如,立方体、球体或其它形状结构)的形式提供,如上所述。在示例实施例中,块210的每侧可以是5毫米或更小。然后,复合介电材料200的块230可以使用另一种粘合剂或粘结剂粘合在一起以形成透镜,或者可以用于填充壳体,诸如上述具有期望的透镜形状容器140。在其它实施例中,复合介电材料200可以被发泡成RF透镜的期望形状。

[0077] 在一些实施例中,复合介电材料200的密度可以是例如在 0.005 至 $0.2g/cm^3$ 之间。可以选择包括在复合介电材料200中的第二材料的颗粒220的数量,使得复合介电材料200具有在期望范围内的介电常数。在一些实施例中,复合介电材料200的介电常数可以在例如1至3的范围内。

[0078] 图3A是根据本发明仍然还有的实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料300的示意性侧视图。图3B是图示图3A的复合介电材料300的多个块330的示意性透视图。

[0079] 如图3A所示,复合介电材料300可以包括发泡材料(诸如,例如,聚乙烯)的一个或多个片材310。在所绘出的实施例中,提供了三个泡沫片材310-1、310-2、310-3,但是在其它实施例中可以使用更多或更少的片材310。一个或多个薄金属片材320(诸如,例如,铝薄片)夹在相邻的泡沫片材310之间。可以在最上面的泡沫片材310-3的顶部上和/或在最下面泡沫片材310-1的底表面上提供附加的薄金属片材320。在所绘出的实施例中,提供了总共四个金属片材320-1、320-2、320-3、320-4。还可以提供顶部和底部绝缘覆盖片材或涂层330。片材/涂层330可以包括例如聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚氨酯。

[0080] 在一些实施例中,金属片材320可以比泡沫片材310薄得多。例如,每个泡沫片材310可以大于1000微米厚,而金属片材320可以是大约1-50微米厚。绝缘片材/涂层330可以是例如大约30微米厚。在一些实施例中,每个金属片材320的厚度可以小于每个泡沫片材310的厚度的10%。

[0081] 可以通过交替地堆叠泡沫片材310和金属片材320来形成复合介电材料300。在一些实施例中可以使用粘合剂将金属片材320结合到泡沫片材310。如果使用绝缘片材330,则可以使用粘合剂将它们粘附到相应的最上面和最下面的金属片材320。如果替代地使用绝缘涂层330,则它们可以直接施加在金属片材320上并且可以在没有任何单独的粘合剂的情况下粘附到金属片材320。一旦片材/涂层310、320、330以上述方式或使用一些其它方法粘合在一起,就可以将得到的复合介电材料300切割成更小的件。例如,在一些实施例中,复合

介电材料300的片材可以被切割成矩形、正方形或六边形块340,其长度、宽度和高度例如在1毫米和6毫米之间。可以使用其它尺寸,也可以使用其它形状。然后,块340可以用于以与上面关于块130所讨论的相同的方式形成RF透镜。图3B图示了块340的集合。

[0082] 在一些实施例中,泡沫片材310可以包括在加热时膨胀的材料。在将轻质介电材料300的片材切割成块340之后,可以加热块340以使每个块340的泡沫层310膨胀。当发生这种情况时,泡沫可以向外膨胀,使得金属片320被封装在块340的内部。以这种方式,可以减少或消除在相邻块340中的金属片层320之间发生金属与金属接触的可能性。

[0083] 应该认识到的是,可以对上述实施例进行许多修改。例如,每个金属片材320可以用彼此平行地延伸并且彼此间隔开的多个薄金属片材料条(例如,薄铝条而不是铝片)代替。在这样的实施例中,可以消除对任何粘合剂的需要,因为相邻的泡沫层310将在金属片材料320的相邻条之间的空间中彼此不直接接触,并且泡沫片材310可以被设计成使得它们彼此粘附(例如,通过施加热量)。

[0084] 图4是根据本发明还有的附加实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的复合介电材料400的示意性透视图。参考图4,复合介电材料400可以包括与小金属盘420(诸如方形、圆形或矩形的闪光剂或碎屑)混合的多个微球410。在一些实施例中,微球410可以包括由诸如丙烯腈丁二烯苯乙烯的介电材料形成的小球体(例如,直径为1微米)。这些小球体410可以通过例如施加热量来膨胀。当膨胀时,微球410被形成并且可以具有例如15-75微米的直径和可能0.25微米的非常薄的壁厚。微球410的内部可以主要包括空气或发泡剂,诸如戊烷或异丁烷。这些微球410可以非常轻。

[0085] 在一些实施例中,小金属盘420可以比微球410大。例如,在示例实施例中,金属盘420可以包括长度和宽度在50和1500微米之间并且厚度可能是25微米的闪光剂和/或碎屑的颗粒(其中闪光剂/碎屑中金属片的厚度小于25微米)。在一些实施例中,金属片材的厚度可以比金属片材的长度和宽度的总和至少小十倍。例如,在一个实施例中,每个碎屑薄片中的金属片材可以是200微米×200微米×15微米。这里,15微米厚度比宽度和长度之和(200微米+200微米=400微米)小十倍以上。金属盘420可以与大量膨胀的微球410混合,并且可以添加粘结剂(未示出,诸如,例如油,)并且可以将得到的材料的混合物充分混合以将金属盘420分布在整个材料的体积中。得到的混合物可以被加热并变成复合介电材料400的固体块。复合介电材料400的这个块可以被形成、切割或成形为RF透镜的期望形状,或者可以被切割成更小的块,这些更小的块然后用于以与上面关于前述实施例讨论的相同的方式形成透镜。在其它实施例中,介电材料400可以是填充透镜容器的例如半固体材料的可流动的质块。

[0086] 在一些实施例中,微球410可以在微球410处于其未膨胀状态时与金属盘420和粘结剂混合。可以为每个金属盘420提供数十或数百(或更多)的微球410,并且因此未膨胀的微球410将倾向于在相邻的金属盘420之间。在微球410、金属盘420和粘结剂充分混合之后,可以施加热量以使微球410膨胀,当微球410膨胀时,它们将倾向于将相邻的金属盘420推离彼此,从而减少或消除相邻金属盘420之间的金属与金属连接。此外,在一些实施例中,金属盘420可以包括闪光剂和/或碎屑(具有例如上述尺寸和特性),其包括封装的金属,从而甚至进一步降低可能引起PIM失真的金属与金属接触的可能性。在其它实施例中,可以使用纯金属盘420,诸如小方块的铝箔。

[0087] 在一些实施例中,微球410可以在至少两个维度上小于金属盘420。例如,金属盘420的长度和宽度可以超过微球410的直径。金属盘的相对的主表面可以具有任何形状(例如,正方形、圆形、矩形、六边形、任意形状等)。

[0088] 图5是根据本发明仍然还有的实施例的适用于在制造天线的透镜时使用的轻质介电材料500的示意性透视图。如图5所示,轻质介电材料500可以包括细线510,细线510包括由薄绝缘涂层530覆盖的金属芯(例如,铜芯)520。线510可以弯曲使得其松散地填充预定体积的空间。由于金属芯520可以包括刚性材料,因此线510可以维持其形状并且在不使用基质材料(诸如,例如,复合介电材料100的基础介电材料110)的情况下被保持在适当位置。在一些实施例中,单个线510可以用于形成RF透镜。在其它实施例中,多个线510可以用于形成轻质介电材料500的多个相应的“块”540,然后这些块540可以粘附或紧固在一起或填充到具有RF透镜的期望形状的容器中。在其它实施例中,每个块540可以包括多个线510。

[0089] 图6A和图6B分别是根据本发明的附加实施例的分别使用轻质塑料介电材料的皱折片材和切碎片材形成的轻质介电材料600和600'的示意性透视图。

[0090] 首先参考图6A,轻质介电材料600可以包括介电材料610的多个皱折片材。片材介电材料610可以包括例如塑料材料或与一种或多种附加材料结合的塑料材料。在一些实施例中,片材介电材料610可以包括例如**Preperm®**TP20555膜和/或TP20556膜,其可从**Premix®**(www.premixgroup.com)通过商业途径获得。各种不同的塑料介电材料610可以以片材的形式获得,包括具有介于例如4(**Preperm®**TP20555膜)至11(**Preperm®**TP20556膜)之间的介电常数的介电材料。这些材料的厚度可以为例如100至1000微米。也可以制造展现出小于四和/或大于十一的介电常数的类似材料。通常,介电材料将基于其重量(通常优选地低)和/或介电常数(通常优选地高)从可用的介电材料中选择以片材形式可用的塑料介电材料。这些塑料介电材料的厚度可以与厚纸(例如,卡片纸)的厚度相当,并且可以像卡片纸一样容易折皱。折皱的介电材料片材610可以用于填充容器以形成RF透镜。可以选择折皱的量以实现透镜的期望介电常数,因为透镜的介电常数将基于透镜容器、折皱的介电材料610和填充容器内的剩余空间的空气的相对厚度、量和介电常数。

[0091] 参考图6B,在替代实施例中,可以使用例如碎纸机将介电材料片材610切碎成长条,并且然后将介电材料条610'弄皱并用于填充容器以形成RF透镜。在还有的其它实施例中,上述片材介电材料可以用作为填充物的非常轻质、低成本、低介电常数的材料(例如,介电常数在1-1.5之间的材料)卷成螺旋形,以提供在RF透镜的期望范围内具有有效的介电常数和密度的复合介电材料。同样应该认识到的是,片材介电材料也可以以其它方式形成RF透镜。

[0092] 图14是根据本发明还有的实施例的复合介电材料1000的示意性透视图。复合介电材料1000包括可膨胀的微球1010(或其它形状可膨胀的材料)、在每个主表面上具有绝缘材料的导电材料1020(例如,导电片材料)、介电结构化材料1030(诸如发泡聚苯乙烯微球或其它形状的发泡颗粒)以及粘结剂1040(诸如例如,惰性油)。

[0093] 可膨胀的微球1010可以包括非常小(例如,直径为1-10微米)的球体,其响应于催化剂(例如,加热)膨胀至更大(例如,直径为12-100微米)的气体填充的球体。这些膨胀的微球1010可以具有非常小的壁厚并且因此可以非常轻质。它们可以与上面参考图4讨论的可膨胀的微球410相同。在每个主表面上具有绝缘材料的小件导电片材料1020可以包括例如

碎屑。例如,碎屑可以包括薄金属片(例如,1-25微米厚),其在其一侧或两侧上具有被切成小件(例如,小的200-800微米方形或具有类似主表面区域的其它形状)的薄的绝缘涂层(例如,0.5-25微米)。在示例实施例中,碎屑1020可以包括1-10微米厚的金属层(例如,铝或铜),其沉积在厚度为5-20微米的基础绝缘材料片材(例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯片材)的顶部。较薄的绝缘层可以沉积在金属层的顶部,诸如1-2微米厚的聚乙烯或环氧树脂涂层。可以形成上述碎屑材料的大片材,并且然后可以将这些片材切割成小方形或其它形状的薄片。在一个示例实施例中,碎屑薄片可以是 375×375 微米的薄片,其厚度为例如小于25微米。可以使用其它大小的碎屑薄片1020(例如,薄片的侧面可以在100微米至1500微米的范围内,并且碎屑薄片1020不需要是方形的)。

[0094] 介电结构化材料1030可以包括例如发泡聚苯乙烯或诸如膨胀聚丙烯的其它轻质介电材料的等轴颗粒。可以使用各种各样的低损耗、轻质的聚合物材料。“等轴”颗粒是指具有大致相同量级(order)的轴的颗粒。球形、方形立方体、六边形立方体等都是等轴颗粒,几乎是那些形状(例如,在25%以内)的颗粒或通常为具有非光滑表面的方形立方体、球体等的颗粒也同样是等轴颗粒。在一些实施例中,介电结构化材料1030可以比膨胀的微球1010大(例如,具有0.5至3mm之间的直径)。介电结构化材料1030可以用于控制导电片材料1020的分布,使得导电片材料在一些实施例中具有例如适当的随机朝向。

[0095] 可以将微球1010、导电片材料(例如,碎屑薄片)1020、介电结构化材料1030和粘结剂1040混合在一起并加热以使微球1010膨胀。得到的混合物可以包括以可流动糊状物形式的轻质、半固体、半液体材料,其可以具有类似于例如温热黄油的稠度。可以将材料泵送或倾倒入壳体中以形成用于基站天线的RF透镜。RF透镜中的复合介电材料1000聚焦从任何适当的基站或其它天线(包括本文公开的每个天线)的线性阵列辐射和由其接收到的RF能量。

[0096] 使用具有相对薄金属层(例如,1-10微米之间的厚度)的碎屑薄片1020可以有助于改善复合介电材料1000的PIM失真性能。而碎屑薄片1020在其每个主表面上具有绝缘层,由于碎屑薄片1020可以通过切割片材材料来形成,因此金属的边缘可以沿着碎屑薄片的边缘露出。这导致相邻的碎屑薄片1020具有金属与金属接触的可能性,这是PIM失真的潜在来源。当使用较厚的金属层时,两个相邻的碎屑薄片1020会经历这种金属与金属接触的可能性增加。在复合介电材料1000中,使用非常薄的金属片,这降低了这种金属与金属接触的可能性,并且因此可以产生改善的PIM失真性能。但是,如果使得金属厚度太小,则可能变得损耗更大,并且因此在PIM失真性能和RF能量损失之间可能存在权衡。在一些情况下,金属厚度在1-10微米范围内的碎屑薄片1020可以展现出优异的PIM失真性能而不会非常有损耗。此外,较薄的金属层还可有利地减少复合介电材料1000的重量。

[0097] 等轴介电颗粒可以全部具有相同的大小,可以具有不同的大小。在一些实施例中,等轴介电颗粒的平均体积(其可以通过在复合介电材料的代表性样品中添加每个单独的等轴介电颗粒的体积然后除以在平均过程中使用的颗粒的数量来计算)可以比导电材料颗粒的平均体积(其以相同的方式计算)大至少二十倍。在其它实施例中,等轴介电颗粒的平均体积可以比导电材料的颗粒的平均体积大至少十倍。

[0098] 如上所述,当导电材料在材料内具有随机朝向时,在一些实施例中可以改善复合介电材料的性能。当使用可流动复合介电材料(诸如复合介电材料1000)时,碎屑薄片1020可能存在一定程度上沿着流动方向对准的自然趋势,使得碎屑薄片1020可能在RF内不是随

机朝向的。介电结构化材料1030的添加可以帮助使碎屑薄片1020的朝向随机化。如上所述，介电结构化材料1030可以显著大于碎屑薄片1020。介电结构化材料1030可以倾向于在复合材料中组织起来，使得碎屑薄片1020落入介电结构化材料1030之间的自然开口中。例如，当发泡球体1030用作介电结构化材料1030时，碎屑薄片1020可以倾向于将它们自身布置在发泡球体1030的堆叠组之间的自然开口中。这倾向于使碎屑薄片1020在每组发泡球体1030中的特定方向上定向。而且，发泡球体1030的分组可能倾向于具有不同的朝向，使得发泡球体1030的分组可以随机分布在整个复合介电材料1000中。最终结果是，这种布置倾向于使碎屑薄片1020的朝向随机化。

[0099] 如图14所示，膨胀的微球1010连同粘结剂1040一起可以形成基质，该基质将碎屑薄片1020和介电结构化材料1030保持在适当位置以形成复合介电材料1000。膨胀的微球1010可以倾向于将相邻的碎屑薄片1020分开，使得可能具有暴露金属的碎屑薄片1020的侧面将不太可能接触其它碎屑薄片1020的侧面，因为这种金属与金属的接触可能是PIM失真的来源。如果使用铜来形成碎屑薄片1020，则可以加热碎屑薄片1020，使得暴露的铜边缘氧化成非导电材料，这可以减少或防止进行彼此接触的任何碎屑薄片1020变得彼此电接触。在一些实施例中，这还可以改善PIM失真性能。

[0100] 在示例实施例中，介电结构化材料1030可以占复合介电材料1000的体积的至少40%。在一些实施例中，介电结构化材料1030可以占体积的大于50%。在一些实施例中，可充气的微球1010和粘结剂的组合可占复合介电材料1000的体积的20-40%。在示例实施例中，介电结构化材料1030可以是等轴介电颗粒，并且可以占复合介电材料1000的体积的至少40%，并且可膨胀的气体填充的微球1010和粘结剂1040的组合占复合介电材料1000的体积的20-40%。

[0101] 使用诸如上述材料的半固体可流动复合介电材料可具有许多优点。可流动介电材料可以倾倒入透镜壳体中，并且可以非常均匀地分布在透镜壳体中。

[0102] 上述复合介电材料100、200、300、400、500、600、600'和1000可以用于形成基站天线的透镜。与常规的透镜材料（诸如在上面引用的'537专利中讨论的复合介电材料）相比，本发明的这些实施例可以展现出许多优点。例如，根据本发明的至少一些实施例的介电材料可以非常轻质，并且可以制造起来相对便宜。此外，根据本发明实施例的介电材料可以展现出改善的PIM失真性能。如上所述，在上面引用的'537专利中公开的复合介电材料中包括的导电纤维可以包括PIM失真的来源，因为导电纤维的端部可能被暴露并且因此相邻颗粒中的导电纤维可以彼此直接接触，从而提供作为PIM失真的来源的不一致的金属与金属接触。此外，导电材料对通过天线发射的辐射的响应可以取决于导电纤维的大小和/或形状以及所发射的辐射的频率。由此，可以有效地产生具有例如更长有效长度的颗粒的颗粒集群可能潜在地负面影响天线的性能。本发明人认识到，与'537专利的复合介电材料相比，使用非导电高介电常数材料或封装的导电材料可以潜在地提供改善的性能。

[0103] 图7A是根据本发明实施例的透镜式基站天线700的透视图。图7B是透镜式基站天线700的剖视图。透镜式基站天线700是多波束天线，其通过单个RF透镜生成三个单独的天线波束。

[0104] 参考图7A和图7B，多波束基站天线700包括辐射元件710A、710B和710C的一个或多个线性阵列（这些在本文中用标号710统一地引用）。天线700还包括RF透镜730。在一些实

施例中,每个线性阵列710可以具有与透镜730大致相同的长度。多波束基站天线700还可以包括辅助透镜740(参见图7B)、反射器750、天线罩760、端盖770、托架780(参见图7B)和输入/输出端口790中的一个或多个。在下面的描述中,方位角平面与RF透镜730的纵轴垂直,并且仰角平面与RF透镜730的纵轴平行。

[0105] RF透镜730用于在方位角方向上聚焦线性阵列710的辐射覆盖图案或“波束”。例如,RF透镜730可以将由每个线性阵列710输出的波束(图7B中标记为波束1、波束2和波束3)的3dB波束宽度在方位平面中从约 65° 收缩到约 23° 。虽然天线700包括三个线性阵列710,但将认识到的是,可以使用不同数量的线性阵列710。

[0106] 每个线性阵列710包括多个辐射元件712(参见图8、图9A和图9B)。每个辐射元件712可以包括例如偶极子、贴片或任何其它适当的辐射元件。每个辐射元件712可以被实现为一对交叉偏振的辐射元件,其中该对中的一个辐射元件以 $+45^\circ$ 偏振辐射RF能量,并且该对中的另一个辐射元件以 -45° 偏振辐射RF能量。

[0107] RF透镜730缩窄每个线性阵列710的半功率波束宽度(“HPBW”),同时为图7A和图7B中描绘的3波束多波束天线700增加例如大约4-5dB的波束增益。所有三个线性阵列710共享相同的RF透镜730,并且因此每个线性阵列710以相同的方式改变其HPBW。辐射元件712的线性阵列710的纵向轴线可以与透镜730的纵向轴线平行。在其它实施例中,线性阵列710的轴线可以稍微倾斜于($2-10^\circ$)透镜730的轴线(例如,为了更好的回波损耗或端口到端口的隔离调谐)。

[0108] 如上所述的多波束基站天线700可以用于增加系统容量。例如,如上所述,常规的 65° 方位角HPBW天线可以用多波束基站天线700代替。这将增加基站的流量处理能力,因为每个波束将具有4-5dB更高的增益,并且因此可以在相同的服务质量下支持更高的数据速率。在另一个示例中,可以采用多波束基站天线700来减少塔架或其它安装位置处的天线计数。在图7B中示意性地示出了由天线700生成的三个波束(波束1、波束2、波束3)。对于每个线性阵列710,每个波束的方位角可以近似垂直于反射器750。在所描绘的实施例中,三个波束中的每一个的-10dB波束宽度大约为 40° ,并且每个波束的中心分别指向 -40° 、 0° 和 40° 的方位角。因此,三个波束一起提供 120° 覆盖。

[0109] 在一些实施例中,RF透镜730可以由在整个透镜结构中具有大致均匀的介电常数的介电材料732形成。在一些实施例中,RF透镜730还可以包括诸如保持介电材料732的中空轻质结构的壳体。这与由具有不同介电常数的多层介电材料形成的常规伦伯格透镜形成对比。与伦伯格透镜相比,透镜730可以更容易制造且更便宜,并且也可以更紧凑。在一个实施例中,RF透镜730可以由复合介电材料732形成,该复合介电材料732具有约1.8的大致均匀的介电常数以及要通过辐射元件712传送的信号的中心频率的约2个波长(λ)的直径。

[0110] 在一些实施例中,RF透镜730可以具有圆柱体形状。在其它实施例中,RF透镜730可以包括椭圆柱体,其可以提供附加的性能改进(例如,减少中心波束的旁瓣)。也可以使用其它形状。

[0111] RF透镜730可以使用以上参考图1-6B和图14(以及其上述变体)讨论的复合介电材料100、200、300、400、500、600、600'和1000中的任一种作为复合介电材料732来形成。复合介电材料732聚焦从线性阵列710辐射和由线性阵列710接收到的RF能量。

[0112] 图8是包括在图7A-7B的多波束基站天线700中的线性阵列710之一的透视图。线性

阵列710包括多个辐射元件712、反射器750、移相器/分配器718和两个输入连接器790。移相器/分配器718可以用于仰角平面中的波束扫描(波束倾斜)。可以为每个线性阵列710提供一个或多个移相器/分配器718。

[0113] 图9A-9B更详细地图示了辐射元件712。特别地,图9A是双偏振辐射元件712之一的平面图,并且图9B是双偏振辐射元件712的侧视图。如图9A所示,每个辐射元件712包括以正方形或“盒形”布置的四个偶极子714。如图9B所示,四个偶极子714由馈送柄716支撑。每个辐射元件712可以包括两个线性正交偏振(倾斜+45°/-45°)。

[0114] 应该认识到的是,可以使用任何适当的辐射元件712。例如,在其它实施例中,线性阵列710可以包括盒形辐射元件,该盒形辐射元件被配置为在彼此交错的不同频带中辐射,如美国专利No.7,405,710中所示,该专利通过引用被结合于此。在这些线性阵列中,盒型偶极子辐射元件的第一阵列同轴地放置在第二盒型偶极子组件内并且位于一条线上。这允许透镜式天线在两个频带(例如,0.79-0.96GHz和1.7-2.7GHz)下操作。为了使天线在两个频带中提供相似的波束宽度,高频带辐射元件应该具有导向器。在这种情况下,低频带辐射元件可以具有例如65-50°的HPBW,并且高频带辐射元件可以具有45-35°的HPBW,并且结果,透镜式天线将具有在两个频带上约23°的稳定的HPBW(并且在-10dB水平的波束宽度约为40°)。下面的图10提供了可以与根据本发明的实施例的透镜一起使用的双频带天线的示例。

[0115] 如图7B中进一步所示,多波束基站天线700还可以包括一个或多个辅助透镜740。辅助透镜740可以放置在每个线性阵列710A、710B和710C与RF透镜730之间。辅助透镜740可以促进方位角波束宽度稳定。辅助透镜740可以由介电材料形成并且可以被成形为例如杆、圆柱体或立方体。也可以使用其它形状。

[0116] 圆柱形透镜(诸如透镜730)的使用可以减少仰角平面中的栅瓣(和其它远旁瓣)。这种减少是由于透镜730仅聚焦主波束并使远旁瓣散焦。这允许增加天线元件712之间的间隔。在非透镜式天线中,阵列中的辐射元件之间的间隔可以被选择以使用 $d_{\max}/\lambda < 1/(\sin\theta_0 + 1)$ 的标准来控制栅瓣,其中 d_{\max} 是最大允许间距, λ 是波长,并且 θ_0 是扫描角度。在透镜式天线700中,可以增加间隔 d_{\max} : $d_{\max}/\lambda = 1.2 \sim 1.3 [1/(\sin\theta_0 + 1)]$ 。因此,透镜730允许多波束基站天线700的辐射元件712之间的间隔增加,同时将辐射元件的数量减少20-30%。这导致多波束基站天线700的附加成本优势。

[0117] 再次参考图7A和图7B,天线罩760、端盖770和托架780保护天线700。天线罩760和托架780可以由例如挤压塑料形成,并且可以是多个部件或被实现为单件。在其它实施例中,托架780可以由金属制成并且可以充当附加反射器以改善天线700的前后比(front-to-back ratio)。在一些实施例中,RF吸收器(未示出)可以放置在托架780和线性阵列710之间附加地改善后瓣性能。透镜730被间隔开,使得线性阵列710的孔径指向透镜730的中心轴线。

[0118] 图7A-7B的天线700具有RF透镜730,其具有平坦的顶部和平坦的底部,这可以便于制造和/或组装。但是,将认识到的是,在其它实施例中,可以使用具有圆形(半球形)端部的RF透镜代替。半球形端部可以为线性阵列710的相应端处的辐射元件712提供仰角平面中的附加聚焦。这可以改善天线的总体增益。

[0119] 同样将认识到的是,根据本发明的实施例的透镜可以用在双频和/或多频带基站

天线中。例如,这种天线可以包括提供用于在698-960MHz频带以及在1.7-2.7GHz频带中进行传送和接收的端口的天线,或者作为另一个示例,包括提供用于在1.7-2.7GHz频带和3.4-3.8GHz频带两者中进行传送和接收的端口的天线。当均匀的圆柱形RF透镜的直径 $D=1.5-6\lambda$ (其中 λ 是传送信号的中心频率的自由空间中的波长)时,它工作良好。因此,这样的透镜可以相对于上述示例频带被使用,因为透镜的直径可以被选择为使得透镜将相对于两个频带都表现良好。为了给两个频带提供相同的方位角波束宽度(如果在特定应用中期望的话),可以使低频带线性阵列的方位角波束宽度(在穿过RF透镜之前)比高频带线性阵列的方位角波束宽度更宽,与两个频带的中心频率的比率大致成比例。

[0120] 图10示意性地图示了根据本发明还有的实施例的可以在示例双频带多波束透镜式天线中使用的低频带和低频带阵列的辐射元件的示例配置。例如,可以使用图10中示出的线性阵列800来代替图7A-7B的天线700中的线性阵列710。

[0121] 如图10所示,在一种配置中,形成第一线性阵列810的低频带辐射元件820和形成第二线性阵列830的高频带辐射元件840可以安装在反射器850上。辐射元件820、840可以被一起布置在单个列中,使得线性阵列810、830是共线性的并且散布的。在所描绘的实施例中,低频带辐射元件820和高频带辐射元件840两者都被实现为盒型偶极子元件。在所描绘的实施例中,每个高频带元件840包括缩窄高频带辐射元件的方位角波束宽度的导向器842。例如,在一个实施例中,低频带线性阵列810具有约 65° - 75° 的方位角HPBW,并且高频带线性阵列830具有约 40° 的方位角HPBW,并且结果产生的多波束透镜式天线的HPBW在两个频带中为大约 23° 。

[0122] 图11是根据本发明还有的实施例的透镜式基站天线900的示意性侧视图。如图11所示,基站天线900包括单列相控阵天线900,其包括用于每个辐射元件的球形RF透镜。参考图11,天线900包括安装在安装结构910上的多个辐射元件912。天线900还包括多个RF透镜930。RF透镜930可以安装在第一列中。第一列可以在基本垂直于由限定的平面的方向上延伸。辐射元件912可以安装在第二列中。当安装天线900以供使用时,方位角平面垂直于天线900的纵向轴线,并且仰角平面平行于天线900的纵向轴线。辐射元件912可以包括任何合适的辐射元件,包括例如上述任何辐射元件。

[0123] 如图11所示,每个辐射元件912可以与球形RF透镜930中的相应一个相关联,其中每个辐射元件912被配置为通过其相关联的RF透镜930发射辐射波束。辐射元件912及其相关联的球形RF透镜930的组合可以提供在方位角和仰角方向上都变窄的辐射图案。对于操作在大约2GHz的天线,可以使用220mm球形RF透镜330来生成大约35度的方位角半功率波束宽度。球形RF透镜930可以包括(例如,填充有或由其组成),例如,本文所述的任何复合介电材料。球形RF透镜930的介电材料聚焦从相关联的辐射元件912辐射和由相关联的辐射元件912接收到的RF能量。

[0124] 每个球面RF透镜930用于将由其相关联的辐射元件912在方位角和仰角方向上发射的覆盖图案或“波束”聚焦一期望的量。在一个示例实施例中,球形RF透镜930阵列可以在方位角平面中将由单列相控阵天线900输出的合成波束的3dB波束宽度从大约 65° 收缩到大约 23° 。通过缩窄单列相控阵天线900的半功率波束宽度,在示例实施例中,天线的增益可以增加例如大约4-5dB。在其它实施例中,可以改变RF透镜的直径以实现天线波束或多或少的变窄,其中较大直径的透镜比较小直径的透镜更多地收缩天线波束。作为另一个示例,根据

本发明实施例的RF透镜可以用于在方位角平面中将由相控阵天线输出的合成波束的3dB波束宽度从大约65°收缩到大约33°。

[0125] 还将认识到的是,RF透镜收缩穿过其中的天线波束的波束宽度的量随着天线发送和接收的信号频率而变化。特别地,RF信号在穿过透镜时循环的波长数量越大,相对于天线波束将发生的聚焦越多。例如,特定的RF透镜将比1.7GHz波束更多地收缩2.7GHz波束。

[0126] 存在多种天线应用,其中多个不同频率范围中的信号通过相同天线发送。一个常见的示例是用于蜂窝通信系统的多频带基站天线。在不同频带中支持不同类型的蜂窝服务,诸如,例如,使用900MHz(即990-960MHz)和1800MHz(即1710-1880MHz)频带的GSM服务,使用1920-2170MHz频带的UTMS服务、以及使用2.5-2.7GHz频带的LTE服务。单个基站天线可以具有支持两种或更多种不同类型的蜂窝服务的多个不同类型的辐射元件阵列和/或可以具有发送和接收用于多种不同类型服务的信号的宽带辐射元件。

[0127] 当RF透镜与这些天线一起使用时(并且在对于不同类型的辐射元件使用不同的RF透镜是不可能或不切实际的情况下),可以使用伦伯格透镜来部分地抵消频率差异对不同频带的天线波束的波束宽度的影响。但是,在一些情况下,即使使用伦伯格透镜,用于高频带的波束也可能比用于较低频带的波束更紧密地聚焦。这可能导致困难,因为RF规划者经常希望对于每个频带或者至少对于由特定列辐射元件服务的所有频率而言覆盖区域是相同的。

[0128] 根据本发明还有的实施例,提供了具有辐射元件的天线,该辐射元件具有随着频率增加的波束宽度,其可以用于抵消RF透镜可能随频率对波束宽度的变窄效应。图12是图示具有随着频率增加而增加的波束宽度的这种辐射元件可以如何用于抵消可能在RF透镜中发生的波束宽度变窄的曲线图。在图12中,曲线950图示了随频率的天线的辐射元件的波束宽度,而曲线952图示了RF透镜随频率对波束宽度的影响。曲线954表示曲线950和952的组合,其示出了使用具有随频率变化的波束宽度的辐射元件可以与RF透镜结合使用以提供在宽频率范围上相对恒定的天线波束。

[0129] 鉴于以上,将认识到的是,根据本发明实施例的天线可以是包括被设计为以不同频带发送/接收信号的多列不同类型/大小的辐射元件的多频带天线,和/或具有被设计为在多个不同频带中发送和接收信号的宽带辐射元件的天线。在一些实施例中,这些天线可以包括被设计为具有以上述方式随频率变化的波束宽度的辐射元件。在一些实施例中,该变化在感兴趣的频带上可以是相对线性的。根据本发明实施例的这些天线可以使用本文描述的任何RF透镜。

[0130] RF透镜930可以安装成使得它们通常沿着第一垂直轴对齐,并且辐射元件912可以安装成使得它们通常沿着平行于第二垂直轴延伸的第二垂直轴对齐。如图11所示,每个辐射元件912的中心可以在高于沿着第一垂直轴定位的其相关联的球形RF透镜930的中心点处沿着第二垂直轴垂直定位。每个辐射元件912可以相对于其相关联的球形RF透镜930定位,使得由辐射元件912发射的辐射图案的中心在被激发时被引导到其相关联的球形RF透镜930的中心点处。每个辐射元件912可以定位在距离其相关联的球形RF透镜930与其它辐射元件912相对于其相关联的球形RF透镜930相同的距离处。

[0131] 在一些实施例中,每个辐射元件912可以相对于第二垂直轴成角度。特别地,每个辐射元件912可以相对于第二垂直轴机械地向下或“下倾”成角度。例如,每个辐射元件912

可以从水平方向向下机械地成5度角。此外,每个辐射元件912可以相对于其相关联的球形RF透镜930在轨道上布置(即,指向球形RF透镜930的中心)。

[0132] 在包括辐射元件阵列和与每个辐射元件相关联的各个球形RF透镜的天线中可以实现若干优点。例如,如上所述,可以在方位角方向和仰角方向上利用更少的辐射元件实现变窄的半功率波束宽度。例如,单列五个辐射元件和相关联的球形RF透镜可以产生30-40度的方位角HPBW和小于10度的仰角HPBW。因此,天线可以得到降低的成本、复杂性和大小的益处。而且,与由所有辐射元件912共享的单个圆柱形透镜相比,需要更少的介电材料来形成球形RF透镜930的线性阵列。每个球形RF透镜930的透镜体积 $=4/3*\pi*r^3$,其中“r”是球体的半径。例如,对于包括四个辐射元件和长度 $L=8r$ 的球面透镜的天线,球形RF透镜的总体积将是 $16/3*\pi*r^3$,而等效圆柱形透镜的体积将是 $8*\pi*r^3$,或1.33倍。球形RF透镜930还提供改进的交叉偏振性能的附加益处。

[0133] 根据本发明的实施例,提供了各种复合介电材料,这些复合介电材料可以用于形成适合与基站天线和/或其它多波束和/或相控阵天线一起使用的RF透镜。本文公开的许多复合介电材料包括与高介电常数介电材料或导电材料耦合的轻质基础介电材料。合适的轻质基础介电材料包括例如三聚氰胺泡沫、聚苯乙烯泡沫珠、层状泡沫、发泡聚合物复合材料、发泡糊和空气电介质(即,在高介电常数材料或导体是自支撑的实施例中基础介电材料可以只是空气)。合适的高介电常数介电材料或导电材料包括闪光剂、碎屑、金属箔、线、炭黑和/或高介电常数粉末,诸如陶瓷或金属氧化物粉末。将认识到的是,这些材料可以以任何方式组合以提供附加的实施例,并且上面参考各图描述的实施例可以以任何方式类似地组合以提供还有的附加实施例。

[0134] 虽然上面的描述主要集中于在蜂窝通信系统中使用具有基站天线的RF透镜,但是将容易理解的是,本文公开的RF透镜和这些公开的RF透镜中包括的复合介电材料可以用在各种各样的其它天线应用中,特别是包括使用相控阵天线、多波束天线或反射器天线(诸如抛物面碟形天线)的任何天线应用。作为示例,用于蜂窝网络和传统公共服务电话网络的回程通信系统使用点对点微波天线来承载大量回程流量。这些点对点系统通常使用相对大的抛物面碟形天线(例如,直径在一到六英尺范围内的抛物面碟形天线),并且可以通过长度不到一英里至几十英里的链路与类似的天线通信。通过提供更聚焦的天线波束,可以减小抛物面碟形天线的大小,其中天线的成本和天线塔负载减少和/或天线的增益可以增加,从而增加链路吞吐量。因此,将认识到的是,本发明的实施例远远超出基站天线,并且本文公开的RF透镜可以与任何合适的天线一起使用。作为示例,图13图示了包括抛物面反射器天线962和球形RF透镜964的透镜式天线960,其中RF透镜964可以是本文公开的任何RF透镜。

[0135] 还将认识到的是,用于微波回程系统的抛物面反射器天线仅是其中本文公开的RF透镜可以用于改善通信系统性能的应用的另一个示例。其它非限制性示例包括飞机、船舶、移动车辆等上的定向天线。RF透镜同样可以用在雷达系统天线、卫星通信天线(在基于地面和基于卫星的天线上)或使用碟形天线或多元件阵列天线的任何其它应用上。在这些应用中,本文公开的RF透镜可以用于使天线更小和更轻和/或可以用于增加天线的增益。

[0136] 将认识到的是,在不脱离本发明的范围的情况下,可以对上述实施例进行多种修改。例如,关于如上所述的形成为用于构建透镜的小块的轻质复合介电材料,将理解的是,不同的高介电常数材料可以用于不同的块和/或在相同的块内使用。同样,不同的块可以包

括不同的轻质基础介电材料。

[0137] 虽然前述示例是关于一个波束和三个波束天线描述的,但是也可以设想包括例如具有2、4、5、6个或更多个波束的天线的附加实施例。还将认识到的是,透镜可以用于将基站天线的至少方位角波束从第一值缩小到第二值。第一值可以包括例如大约 90° 、 65° 或各种其它方位角波束宽度。第二值可以包括大约 65° 、 45° 、 33° 、 25° 等。还将认识到的是,在根据本发明的实施例的多频带天线中,对于不同频带的线性阵列,缩小的程度可以相同或不同。

[0138] 以上已经参考附图描述了本发明的实施例,在附图中示出了本发明的实施例。但是,本发明可以以许多不同的形式来体现,并且不应该被解释为限于本文阐述的实施例。相反,提供这些实施例是为了使本公开透彻和完整,并将本发明的范围完全传达给本领域的技术人员。相似的数字通篇指代相似的元件。

[0139] 应该理解的是,虽然术语第一、第二等可以在本文中用于描述各种元件,但是这些元件不应受这些术语的限制。这些术语仅用于区分一个元件和另一个元件。例如,第一元件可以被称为第二元件,并且类似地,第二元件可以被称为第一元件,而不偏离本发明的范围。如本文所使用的,术语“和/或”包括相关联的列出项目中的一个或多个的任何和所有组合。

[0140] 应该理解的是,当元件被称为“在”另一元件“上”时,其可以直接在另一个元件上,或者也可以存在中间元件。作为对照,当元件被称为“直接”在另一个元件“上”时,不存在中间元件。还将理解的是,当元件被称为“连接”或“耦合”到另一个元件时,它可以直接连接或耦合到另一个元件,或者可以存在中间元件。作为对照,当元件被称为“直接连接”或“直接耦合”到另一个元件时,不存在中间元件。用于描述元件之间的关系的其他词语应该以类似的方式进行解释(即,“在...之间”与“直接在...之间”、“相邻”与“直接相邻”等)。

[0141] 诸如“在...下方”或“在...上方”或“上”或“下”或“水平”或“垂直”的相对术语可以在本文中用于描述一个元件、层或区域与另一个元件、层或区域的关系,如图所示。应该理解的是,除了图中描绘的朝向之外,这些术语旨在包含设备的不同朝向。

[0142] 本文使用的术语仅用于描述特定实施例的目的,而不旨在限制本发明。如本文所使用的,除非上下文另外清楚地指示,否则单数形式“一”、“一个”和“该”旨在也包括复数形式。还将理解的是,当在本文使用时,术语“包括”和/或“包含”指定所陈述的特征、操作、元件和/或部件的存在,但不排除一个或多个其它特征、操作、元件、部件和/或其组合的存在或添加。

[0143] 以上公开的所有实施例的方面和元件可以以任何方式进行组合和/或与其它实施例的方面或元素组合以提供多个附加的实施例。

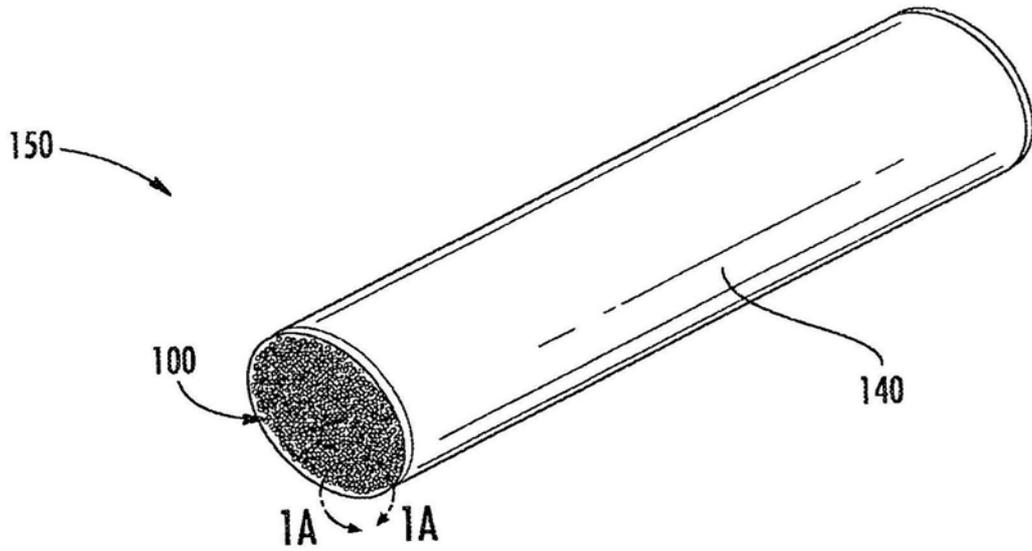


图1A

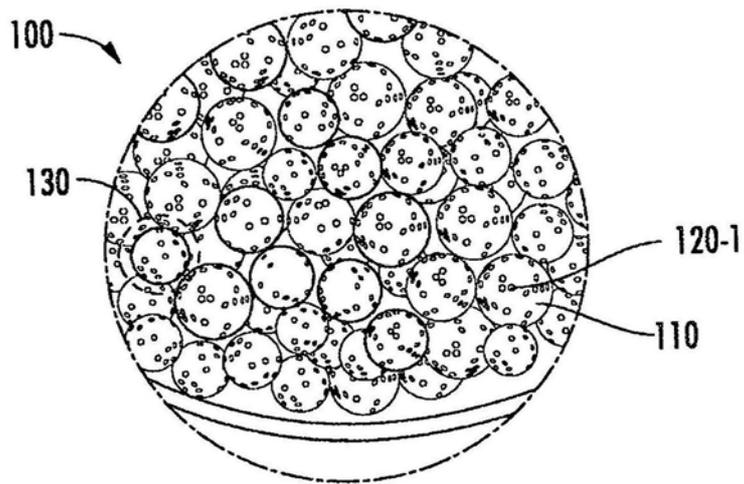


图1B

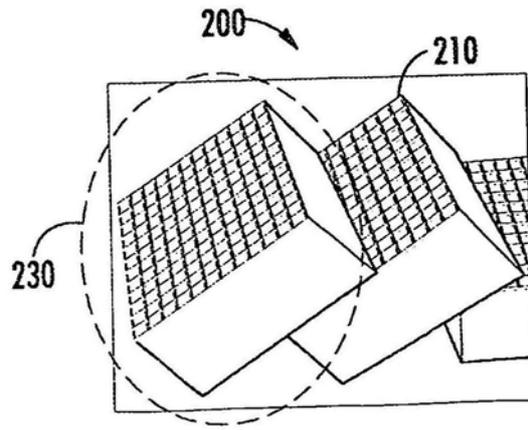


图2A

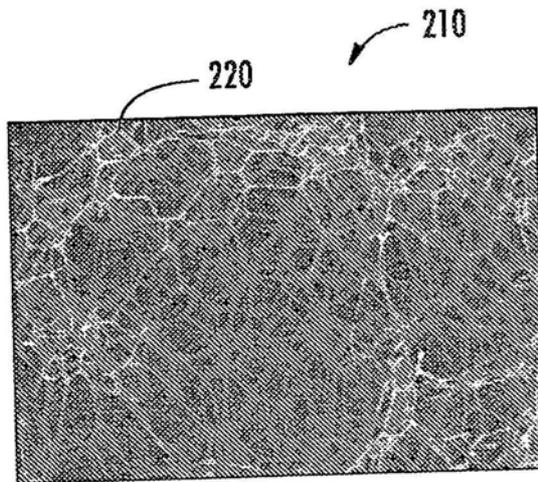


图2B

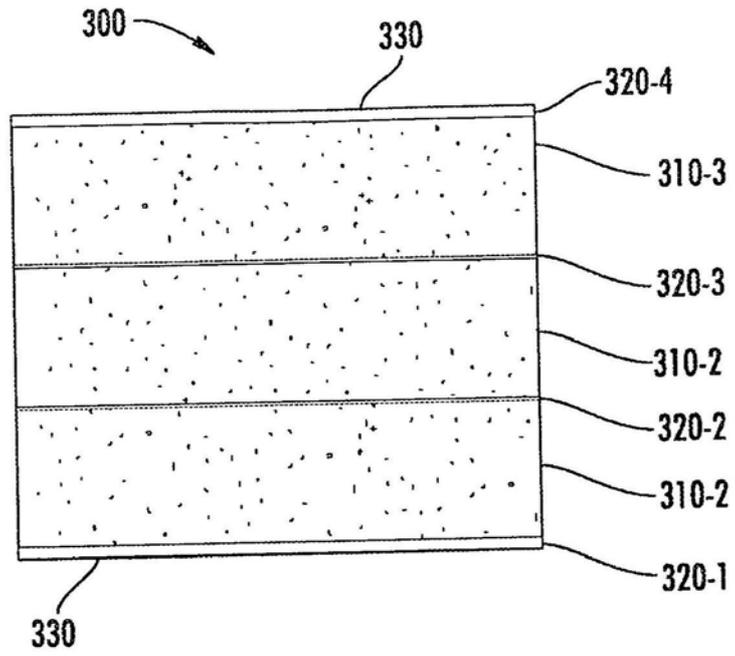


图3A

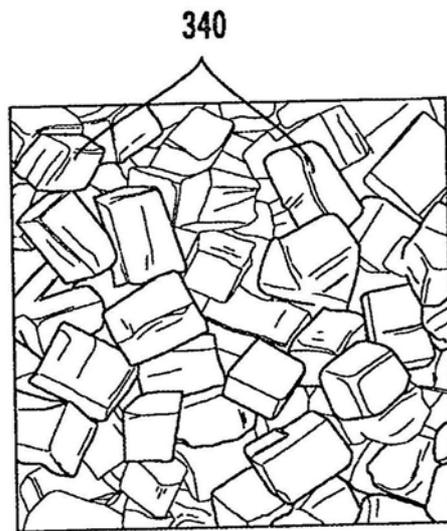


图3B

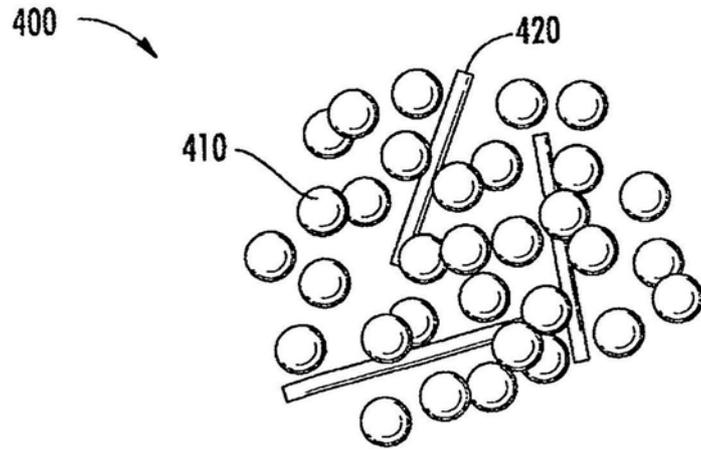


图4

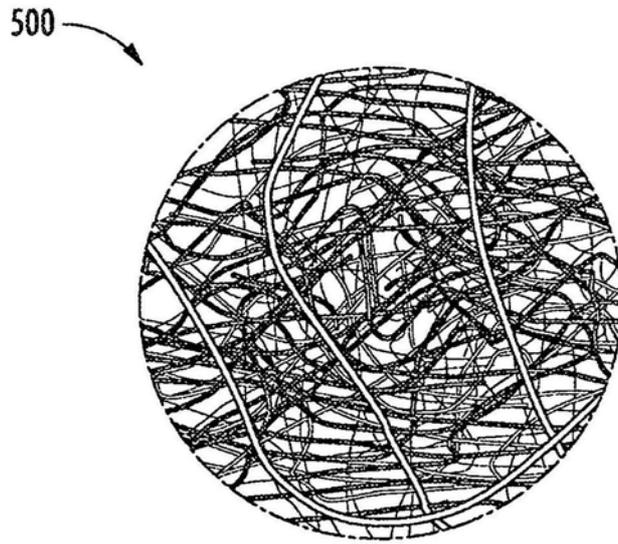


图5

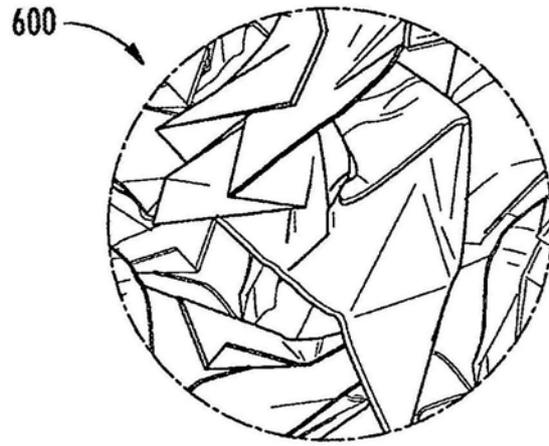


图6A

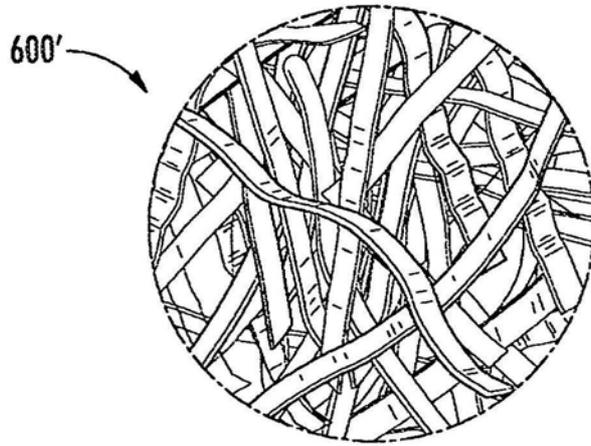


图6B

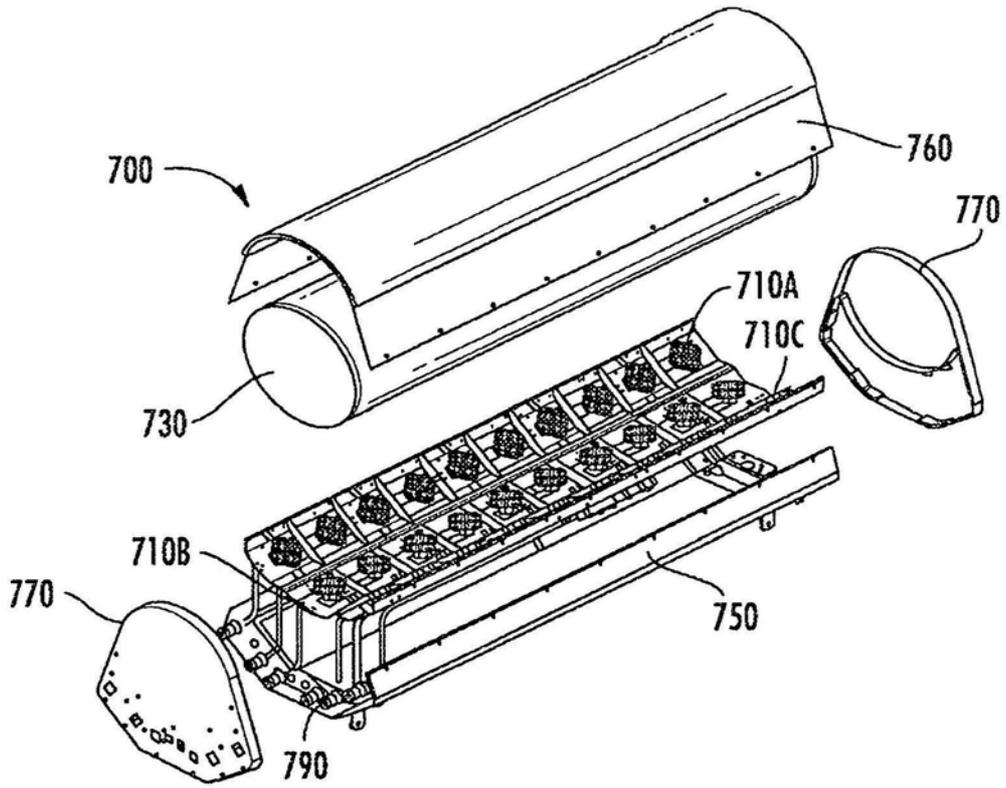


图7A

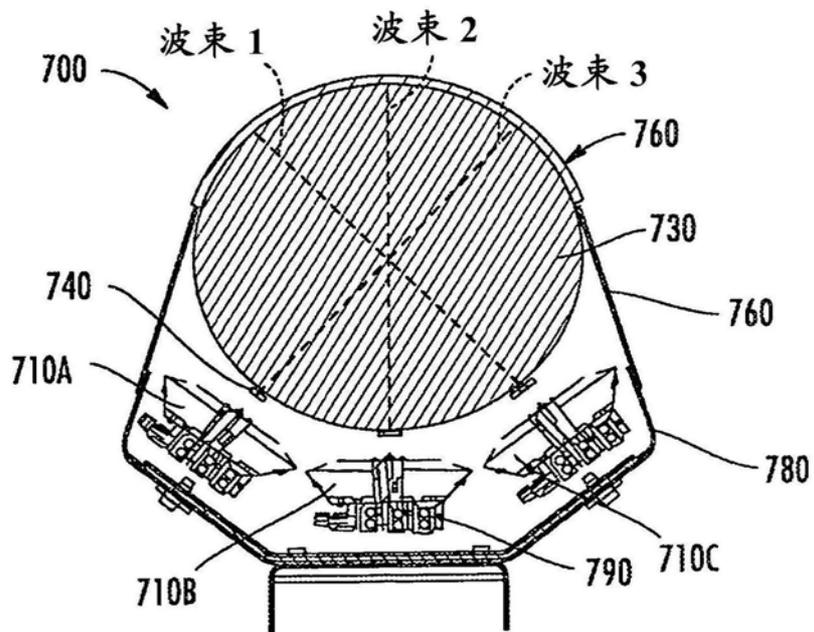


图7B

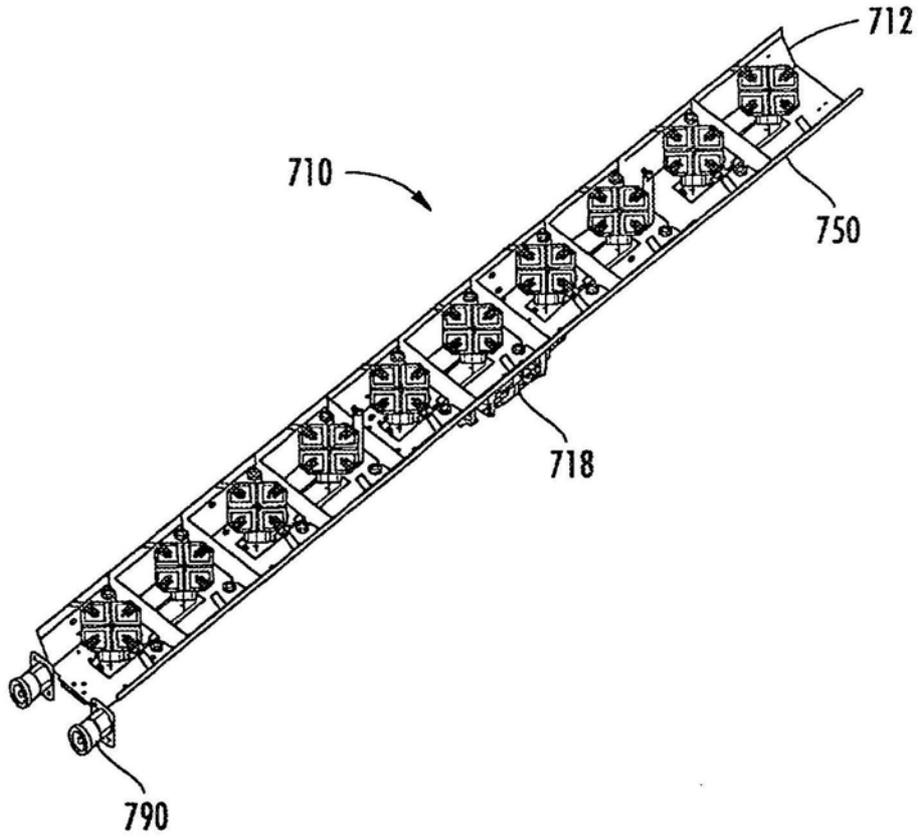


图8

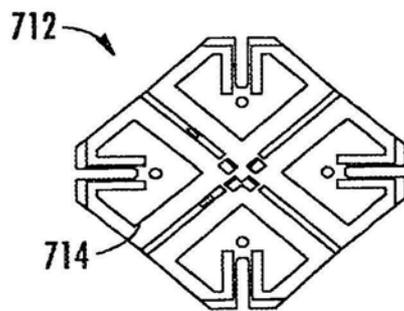


图9A

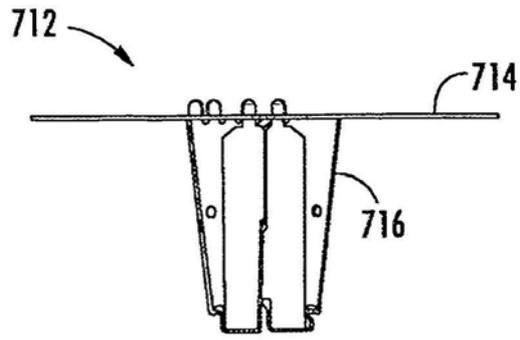


图9B

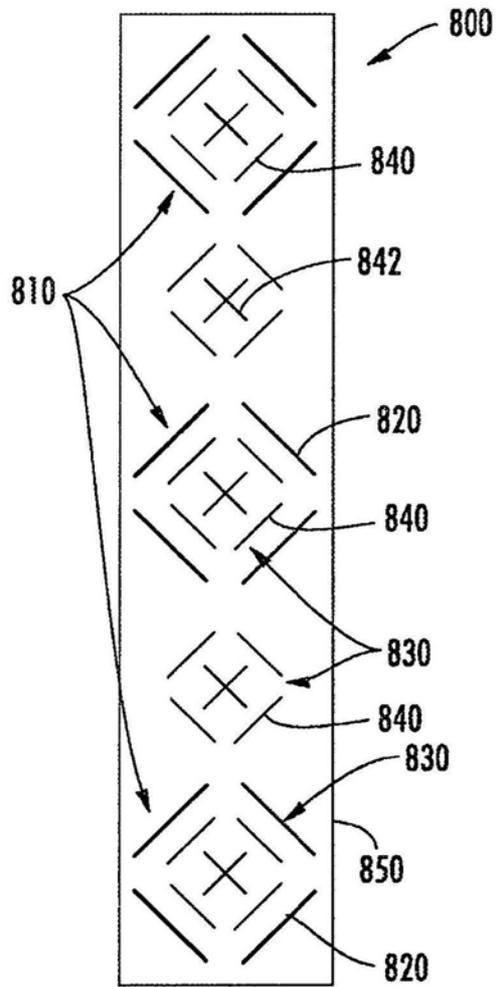


图10

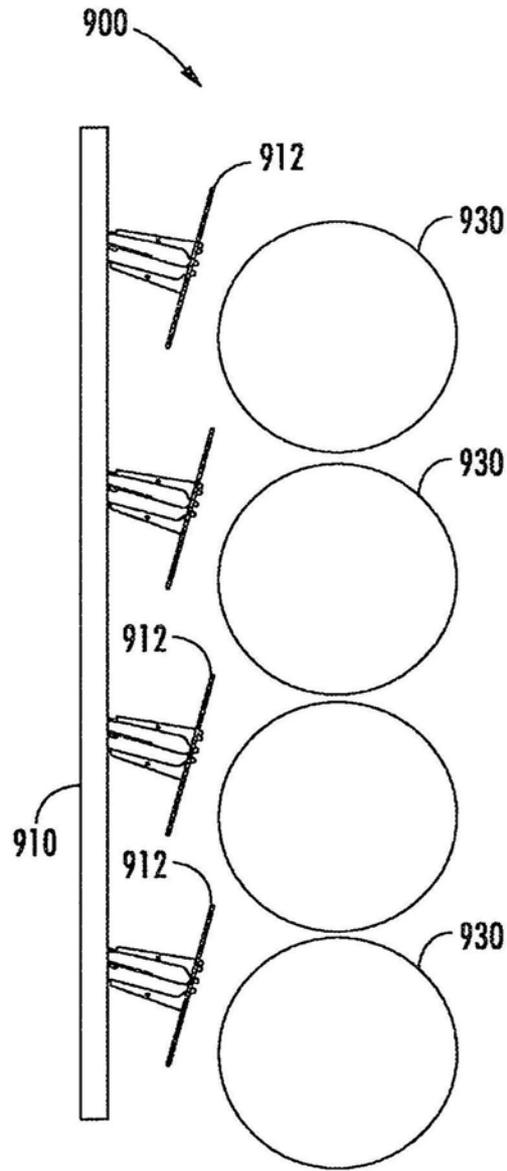


图11

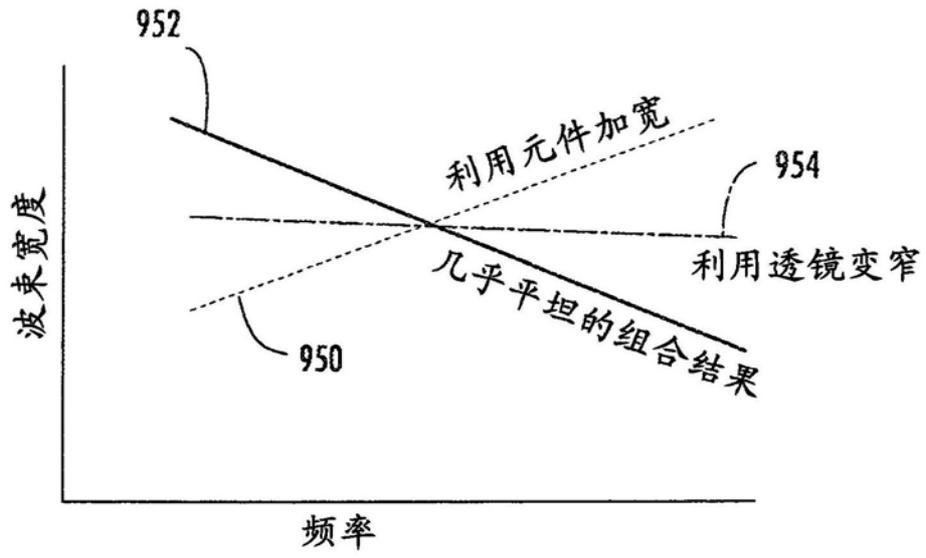


图12

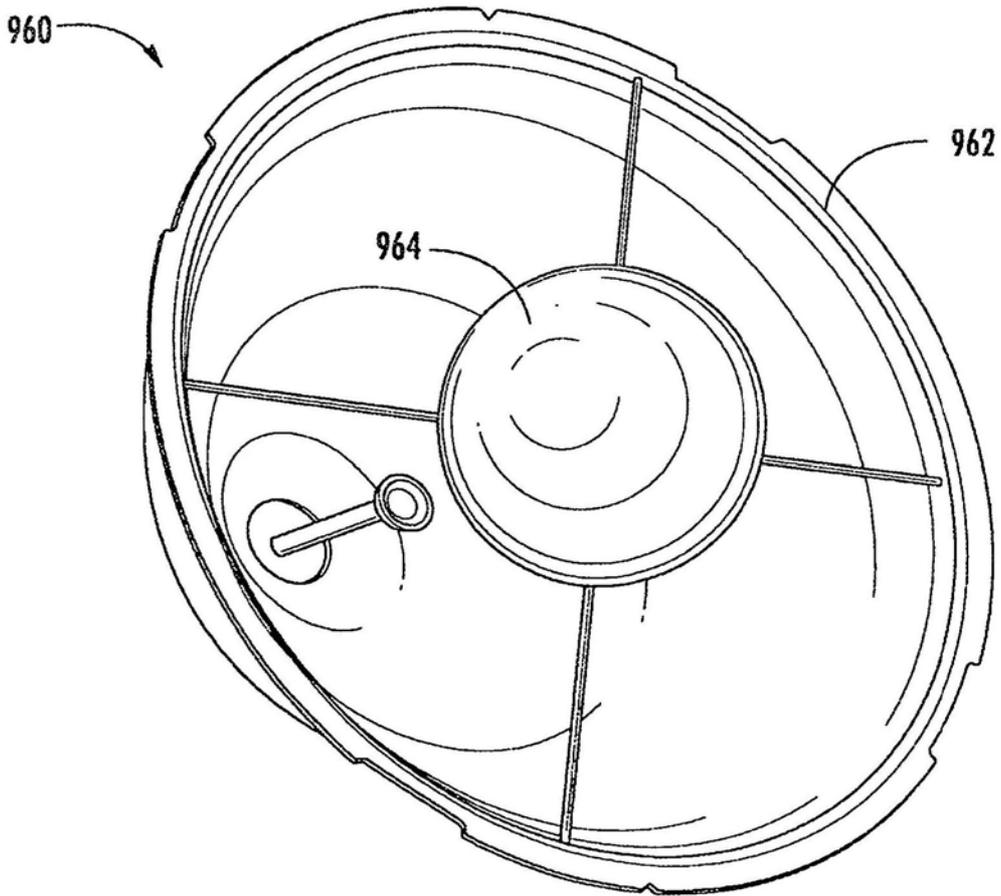


图13

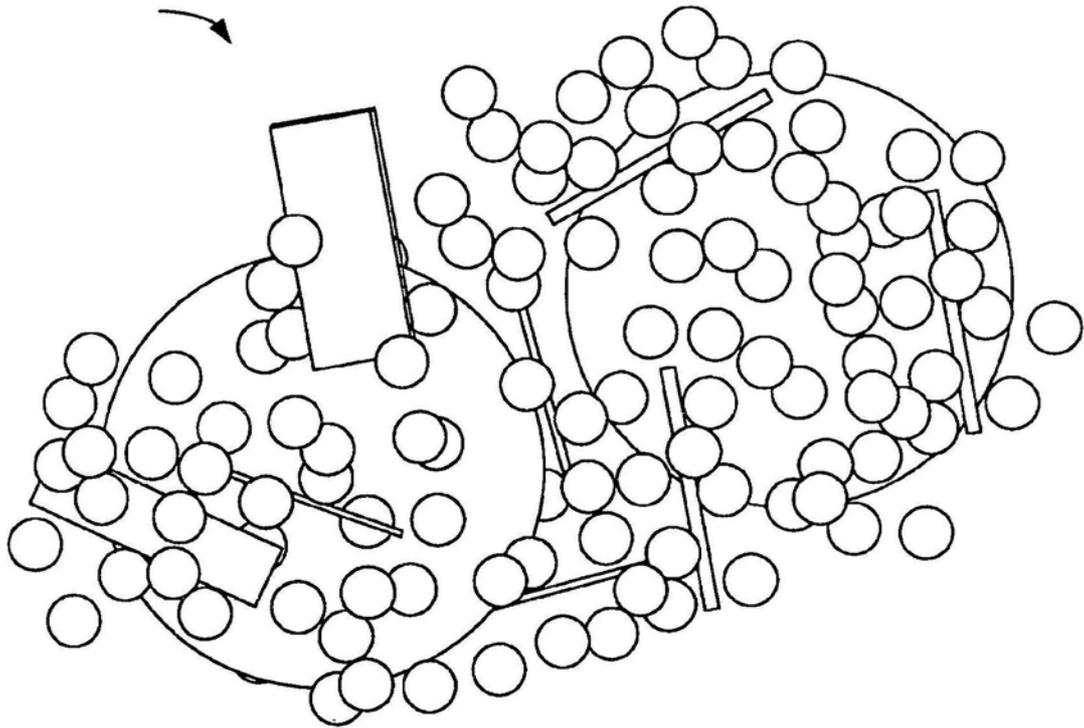


图14