



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107425252 B

(45)授权公告日 2020.08.28

(21)申请号 201710443941.6

(22)申请日 2013.04.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107425252 A

(43)申请公布日 2017.12.01

(30)优先权数据

61/640,784 2012.05.01 US

61/782,629 2013.03.14 US

(62)分案原申请数据

201380035597.7 2013.04.29

(73)专利权人 纳米通股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 J·A·杜利

(74)专利代理机构 北京坤瑞律师事务所 11494
代理人 封新琴

(51)Int.Cl.

H01P 7/04(2006.01)

H01P 7/06(2006.01)

H01B 1/24(2006.01)

(56)对比文件

US 2769148A ,1956.10.30

US 2769148A ,1956.10.30

EP 0290148A2 ,1988.11.09

US 2009160728A1 ,2009.06.25

US 2011027986A1 ,2011.02.03

JP 2011251406 ,2011.12.15

审查员 何丹丹

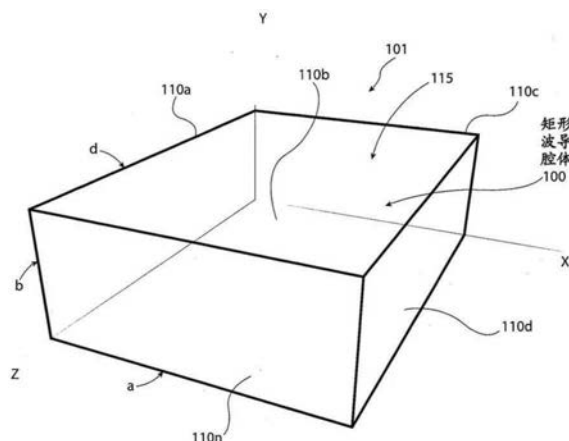
权利要求书5页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

射频(RF)传导媒介

(57)摘要

本公开的实施例提供一种射频(RF)传导媒介,用于减少所有RF硬件组件的不期望的插入损耗并且改进RF谐振腔体的Q因数或“品质因数”。所述RF传导媒介通过包括对趋肤效应损耗有免疫的并且通过延伸基本上没有对于RF能量的传导的阻性的横向电磁轴中的一条或多条传导路径来降低RF设备的插入损耗。



1. 一种施加到结构的射频(RF)传导媒介,所述媒介包括:

电介质材料;和

设置在所述电介质材料内且在第一方向上延伸的多条传导路径,所述多条传导路径降低所述结构的插入损耗,所述多条传导路径中的每一条传导路径包括:

至少部分由所述电介质材料环绕的第一部分;以及

连续连接于所述第一部分的第二部分,其中所述第二部分在接合点与所述多条传导路径中的至少一条其它传导路径电耦合。

2. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中至少部分环绕每一条传导路径的第一部分的电介质材料配置为降低在与第一方向大致垂直的第二方向上传送RF能量。

3. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中所述多条传导路径周期性地分散在所述电介质材料中。

4. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中所述多条传导路径为以作为碳、银、铜、铝或金中的至少一个的元素构成的纳米材料。

5. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中,所述多条传导路径中的每一条传导路径为作为引线、条带、管或薄片中的至少一个的结构。

6. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中,所述多条传导路径中的每一条传导路径在期望操作频率处具有不大于所述RF传导媒介的趋肤深度“ δ ”的直径。

7. 如权利要求6所述的RF传导媒介,其中,趋肤深度“ δ ”计算为:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}} \quad \text{其中, } \mu_0 \text{ 是真空的磁导率, } \mu_r \text{ 是形成所述多条传导路径的纳米材料的相对磁导率, } \rho \text{ 是所述纳米材料的电阻系数, } f \text{ 是期望操作频率。}$$

8. 如权利要求6所述的RF传导媒介,其中,所述期望操作频率是以下项中的至少一个:腔体滤波器的谐振频率、天线的谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的操作频率、或包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

9. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中,所述多条传导路径中的每一条传导路径具有小于50nm-4000nm的厚度。

10. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中,所述多条传导路径中的每一条传导路径具有小于1000nm-3000nm的厚度。

11. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中,所述多条传导路径中的每一条传导路径具有小于1500nm-2500nm的厚度。

12. 如权利要求1所述的RF传导媒介,还包括保护层,其覆盖所述多条传导路径。

13. 如权利要求12所述的RF传导媒介,其中,所述保护层包括在期望操作频率处对于RF能量隔离并且基本上透明的材料。

14. 如权利要求13所述的RF传导媒介,其中,所述材料为聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

15. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中所述电介质材料配置为机械支撑所述多条传导路径。

16. 如权利要求1所述的RF传导媒介,其中所述多条传导路径中的每一条传导路径沿所

述第一方向传导并且沿与所述第一方向基本上垂直的第二方向弱传导。

17. 如权利要求16所述的RF传导媒介,其中所述电介质材料包括空气。

18. 如权利要求16所述的RF传导媒介,其中,所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径为单壁化碳纳米管(SWCNT)、多壁化纳米管(MWCNT)和石墨烯中的至少一个。

19. 一种射频(RF)设备,其包括:

形成具有内表面的腔体的电介质结构;和

设置在所述内表面的至少一部分上的RF传导媒介,所述RF传导媒介包括:

电介质材料;和

在所述电介质材料的第一方向上设置以防止在与第一方向垂直的第二方向上传送RF能量的多条连续传导路径,所述多条连续传导路径降低所述RF设备的插入损耗,

其中所述RF能量通过RF短路部被提供通道,以从所述多条连续传导路径中的第一连续传导路径传递到所述多条连续传导路径中的第二连续传导路径。

20. 如权利要求19所述的RF设备,其中所述电介质材料进一步配置为:为所述多条连续传导路径中的每一条提供机械支撑。

21. 如权利要求19所述的RF设备,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径由以作为银、铜、铝或金中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成。

22. 如权利要求19所述的RF设备,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径为作为引线、条带、管或薄片中的至少一个的结构。

23. 如权利要求19所述的RF设备,其中,所述多条连续传导路径中的每一条在期望操作频率处具有不大于所述RF传导媒介的趋肤深度“ δ ”的直径。

24. 如权利要求23所述的RF设备,其中,趋肤深度“ δ ”计算为:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$$

其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是形成所述多条连续传导路径的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。

25. 如权利要求23所述的RF设备,其中,所述期望操作频率是腔体的期望谐振频率。

26. 如权利要求19所述的RF设备,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于50nm-4000nm的厚度。

27. 如权利要求19所述的RF设备,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于1000nm-3000nm的厚度。

28. 如权利要求19所述的RF设备,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于1500nm-2500nm的厚度。

29. 如权利要求19所述的RF设备,还包括保护层,其覆盖所述多条连续传导路径,其中,所述保护层包括在期望操作频率处对于RF能量隔离并且最小吸收的材料。

30. 如权利要求29所述的RF设备,其中,所述材料为聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

31. 一种射频(RF)传导媒介,其包括:

多条连续传导路径,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径在第一方向上传导并且在与所述第一方向垂直的第二方向上弱传导;和

RF惰性材料层,其环绕所述多条连续传导路径,

其中所述RF惰性材料在期望操作频率处对于RF能量是隔离并且最小吸收的,

其中所述RF惰性材料层进一步配置为:将所述多条连续传导路径紧固到具有电介质表面的结构上,以及

其中RF短路允许RF能量从所述多条连续传导路径中的第一连续传导路径传递到所述多条连续传导路径中的第二连续传导路径,由此降低所述结构的插入损耗。

32.如权利要求31所述的RF传导媒介,还包括粘接剂,其用于将所述多条连续传导路径粘接到所述电介质表面。

33.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径由以作为碳和石墨烯中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成。

34.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径为单壁化碳纳米管(SWCNT)、多壁化纳米管(MWCNT)和石墨烯中的至少一个。

35.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中所述多条连续传导路径中的每一条连续传导路径在期望操作频率处具有不大于所述RF传导媒介的趋肤深度“ δ ”的直径。

36.如权利要求35所述的RF传导媒介,其中,趋肤深度“ δ ”计算为:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$$

其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是形成所述多条连续传导路径的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。

37.如权利要求35所述的RF传导媒介,其中,所述期望操作频率是以下项中的至少一个:腔体滤波器的期望谐振频率、天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围、和包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

38.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于50nm-4000nm的厚度。

39.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于1000nm-3000nm的厚度。

40.如权利要求31所述的RF传导媒介,其中,所述多条连续传导路径中的每一条具有小于1500nm-2500nm的厚度。

41.一种射频(RF)传导媒介,其包括:

电介质材料;和

包埋在所述电介质材料内且在第一方向上延伸的多条连续传导路径,所述多条传导路径中的至少一条传导路径包括:

与至少一条其它传导路径在接合点电接触的至少一种分立式导电媒介;和

与所述接合点邻接的至少一个间隙,

其中所述电介质材料在所述至少一个间隙的至少一部分内延伸并且隔离所述多条传导路径中的每一条以防在与第一方向大致垂直的第二方向上传送RF能量,以及

其中所述多条连续传导路径降低所述电介质材料所施加到的结构的插入损耗。

42.一种射频(RF)设备,所述RF设备包括:

设置在形成所述RF设备的一部分的电介质结构上的RF传导媒介,所述RF传导媒介降低

所述RF设备的插入损耗,所述RF传导媒介包括:

在第一方向上延伸的多条连续传导路径,所述多条传导路径的至少一条传导路径包括:

与至少一条其它传导路径在接合点电接触的至少一种分立式导电介质;以及

其中所述至少一种分立式导电介质包括在所述第一方向上传导并且沿与所述第一方向垂直的轴中弱传导的材料。

43. 如权利要求42所述的RF设备,其中所述RF设备是腔体滤波器,且所述表面是谐振腔体的内表面。

44. 如权利要求42所述的RF设备,其中所述RF设备是同轴缆线,且所述表面由所述同轴缆线的中心构件限定。

45. 如权利要求42所述的RF设备,其中所述RF设备是天线,且所述表面由所述天线的电介质结构形成部分限定。

46. 一种射频(RF)传导媒介,所述RF传导媒介包括:

包括传导材料的一批分立式导电纳米结构;和

粘接剂,其使得所述一批分立式导电纳米结构能够施加到电介质结构,所述一批分立式导电纳米结构形成在期望操作频率处具有小于趋肤深度的厚度的连续传导媒介且包括与第二导电纳米结构在接合点电接触的第一导电纳米结构,所述连续传导媒介降低所述电介质结构的插入损耗。

47. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述传导材料以作为碳、银、铜、铝和金中的至少一个的元素构成。

48. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述一批分立式导电纳米结构为作为引线、条带、管和薄片中的至少一个的传导结构。

49. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中,所述趋肤深度按以下等式计算:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$$

其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是形成所述一批分立式导电纳米结构的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。

50. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中,所述期望操作频率与以下项中的至少一个对应:腔体滤波器的期望谐振频率、天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围、和包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

51. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述趋肤深度为50nm-4000nm。

52. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述趋肤深度为1000nm-3000nm。

53. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述趋肤深度为1500nm-2500nm。

54. 如权利要求46所述的RF传导媒介,还包括保护层,其覆盖所述连续传导媒介,其中,所述保护层包括在期望操作频率处对于RF能量无传导并且最小吸收的材料。

55. 如权利要求54所述的RF传导媒介,其中,所述材料是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

56. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述电介质结构限定腔体,所述腔体具有与所述腔体的期望频率响应特性对应的内部几何形状。

57. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述电介质结构包括同轴缆线。
58. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中,所述电介质结构的几何形状和所述一批分立式导电纳米结构的传导性质限定天线的谐振频率响应和辐射图案。
59. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述一批分立式传导纳米结构响应于受到热源烧结而形成连续传导媒介。
60. 如权利要求46所述的RF传导媒介,其中所述连续传导媒介具有均匀格状结构。

射频(RF)传导媒介

[0001] 本申请是中国发明申请(发明名称:射频(RF)传导媒介;申请日2013 年4月29日;申请号201380035597.7)的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 本申请要求2012年5月1日提交的美国临时申请No.61/640,784和2013 年3月14日提交的美国临时申请No.61/782,629两者的权益。上述申请的完整教导通过引用的方式合并到此。

背景技术

[0004] 电磁波或电磁辐射(EMR)是具有电和磁场分量的能量的形式。电磁波可以具有很多不同的频率。

[0005] 现代电信系统操控电磁谱中的电磁波,以将无线通信提供给电信系统的订户。具体地,现代电信系统操控具有将它们分类为射频(RF)波的频率的那些波。为了利用RF波,电信系统利用特定必要硬件组件,例如滤波器、混频器、放大器和天线。

发明内容

[0006] 在此描述的技术涉及用于改进RF设备的传导效率的射频(RF)传导媒介。所述RF传导媒介通过包括横向电磁轴中的没有引起感兴趣射频处的趋肤效应的影响的损耗的一条或多条传导路径来改进RF设备的传导效率。

[0007] 一个实施例是射频(RF)传导媒介,其包括多样传导媒介,其在横向电磁轴中形成多条连续传导路径。所述RF传导媒介还包括悬垂电介质,其在所述横向电磁轴中周期性地环绕所述多条连续传导路径中的每一条。所述悬垂电介质被配置为隔离所述多条传导路径中的每一条以防在垂直于所述横向电磁轴的轴中传送RF能量。所述悬垂电介质进一步配置为:为所述多条连续传导路径中的每一条提供机械支撑。

[0008] 在实施例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以是传导路径的多个传导层中的一个传导层。所述多个传导层中的每一个可以相对于所述多个传导层中的其它层被构造并且具有均匀位置或布置。在另一实施例中,所述多个传导层中的每一个可以相对于所述多个传导层中的其它层未结构化并且具有网格布置。

[0009] 在一些实施例中,所述横向电磁轴是与施加RF传导媒介的表面平行的轴。在其它实施例中,所述横向电磁轴是与施加RF传导媒介的表面共面的轴。

[0010] 所述RF传导媒介可以还包括溶剂,其配置为:在所述RF传导媒介施加到电介质表面上期间将所述RF传导媒介保持在黏性状态下。所述溶剂配置为响应于受到热源激励而蒸发。

[0011] 可以通过以作为银、铜、铝和金中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成所述多样传导媒介中的每样媒介。此外,所述多样传导媒介中的每样媒介可以具有作为引线、条带、管以及薄片中的至少一个的结构。

[0012] 此外,所述多条连续传导路径中的每一条可以在期望操作频率处具有不大于趋肤

深度的传导截面面积。在实施例中,所述趋肤深度“ δ ”可以计算为:

$$[0013] \quad \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}},$$

[0014] 其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是所述传导媒介的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述传导媒介的纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。

[0015] 所述期望操作频率可以与以下项中的至少一个对应:腔体滤波器的期望谐振频率、天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围、包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

[0016] 所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有50nm-4000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在其它示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1000nm-3000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在又一示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1500nm-2500nm 的趋肤深度的均匀传导截面面积。

[0017] 所述RF传导媒介可以还包括保护层,其覆盖所述连续传导路径的多个层,其中,所述保护层包括在期望操作频率处对于RF能量无传导并且最小吸收的材料。所述材料可以是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

[0018] 另一实施例是一种射频(RF)传导媒介,其包括:多样传导媒介,其形成多条连续传导路径。以在横向电磁轴中传导并且在与所述横向电磁轴垂直的轴中弱传导的材料来制成所述传导媒介中的每个媒介。所述RF传导媒介还包括:RF惰性材料层,其环绕所述多样传导媒介。

[0019] 所述RF惰性材料在期望操作频率处对于RF能量是无传导并且最小吸收的。此外,所述RF惰性材料层配置为将所述多样传导媒介紧固到电介质表面上。所述RF惰性材料可以是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

[0020] 所述RF传导媒介可以还包括粘接剂,其用于将所述RF传导媒介粘接到所述表面。所述RF传导媒介可以还包括溶剂,其配置为在所述RF传导媒介施加到所述电介质表面上期间将所述RF传导媒介保持在黏性状态下。所述溶剂进一步配置为响应于受到热源激励而蒸发。

[0021] 可以通过以作为碳和石墨烯中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成所述多样传导媒介中的每样媒介。此外,所述多样传导媒介中的每样传导媒介可以是单壁化碳纳米管(SWCNT)、多壁化碳纳米管(MWCNT)以及石墨烯中的至少一个。

[0022] 此外,所述多条连续传导路径中的每一条可以在期望操作频率处具有不大于趋肤深度的传导截面面积。在实施例中,所述趋肤深度“ δ ”可以计算为:

$$[0023] \quad \delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$$

[0024] 其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是所述传导媒介的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述传导媒介的纳米材料的电阻系数, f 是期望的操作频率。

[0025] 所述期望操作频率与以下项中的至少一个对应:腔体滤波器的期望谐振频率、天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围、包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

[0026] 所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有50nm-4000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在其它示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1000nm-3000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在又一示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1500nm-2500nm 的趋肤深度的均匀传导截面面积。

[0027] 另一实施例是一种射频(RF)传导媒介。所述RF传导媒介包括一批分立式传导纳米结构。此外,所述RF传导媒介包括粘接剂,其使得所述一批分立式传导纳米结构能够施加到电介质表面。所述一批分立式传导纳米结构响应于受到热源烧结而形成具有均匀格状结构和均匀传导截面面积的连续传导层。所述热源可以基于所述一批分立式传导纳米结构中的每个分立式传导纳米结构的纳米材料的原子结构和厚度而施加热量的激励。

[0028] 可以通过以作为碳、银、铜、铝和金中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成所述纳米结构中的每一个。此外,所述分立式传导纳米结构中的每一个可以是作为引线、条带、管以及薄片中的至少一个的传导结构。

[0029] 所述连续传导层可以在期望操作频率处具有不大于趋肤深度的均匀传导截面面积。在实施例中,所述趋肤深度“ δ ”可以计算为:

$$[0030] \quad \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}},$$

[0031] 其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是所述纳米结构的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米结构的纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。

[0032] 所述期望操作频率与以下项中的至少一个对应:腔体滤波器的期望谐振频率、天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围、包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

[0033] 所述连续传导层可以具有拥有50nm-4000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在其它示例中,所述连续传导层可以具有拥有1000nm-3000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在又一示例中,所述连续传导层可以具有拥有1500nm-2500nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。

[0034] 所述电介质表面可以具有在大小方面没有大于趋肤深度的不匀度的表面平滑度。在实施例中,所述电介质表面可以具有拥有不匀度的表面平滑度,所述不匀度具有不大于以下公式所计算的深度“ δ ”的深度:

$$[0035] \quad \delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}},$$

[0036] 其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是所述纳米结构的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米结构的纳米材料的电阻系数, f 是感兴趣的频率(以Hz为单位)。

[0037] 所述RF传导媒介还包括保护层,其覆盖所述连续传导层。所述保护层包括在期望操作频率处对于RF能量无传导并且最小吸收的材料。所述材料可以是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

[0038] 所述电介质表面可以是腔体的内表面,其具有与所述腔体的期望频率响应特性对应的内部几何形状。在另一实施例中,一批分立式纳米结构可以施加到第一电介质表面的外表面和第二电介质表面的同心内表面。所述第一电介质表面是同轴缆线的内导体,所述第二电介质表面是外导体。此外,所述一批分立式传导纳米结构可以施加到电介质结构,其

中,所述电介质结构的几何形状和所述一批分立式传导纳米结构的传导性质限定天线的谐振频率响应和辐射图案。

附图说明

[0039] 以上根据附图所示的本公开示例实施例的以下更具体的描述将是明显的,在附图中,相同附图标记贯穿不同视图指代相同部分。附图不一定按比例,而是重点放在图示本公开的实施例。

[0040] 图1是根据本公开示例实施例的矩形波导腔体的示意图;

[0041] 图2是根据本公开示例实施例的包括射频(RF)传导媒介的腔体谐振器的示意图;

[0042] 图3是根据本公开示例实施例的包括形成连续传导层的一批分立式传导纳米结构的RF传导媒介的示意图;

[0043] 图4A-图4B是根据本公开的示例实施例的施加到结构性电介质的表面上的RF传导媒介的截面图;和

[0044] 图5是根据本公开的示例实施例的施加到结构性电介质的表面上的高度构造的RF传导媒介的截面图。

具体实施方式

[0045] 本公开的示例实施例的描述如下。

[0046] 现代电信系统操控具有将它们分类为射频(RF)波的电磁谱中的波长的范围的电磁波。为了利用RF波,电信系统采用特定必要RF硬件组件,例如滤波器、混频器、放大器和天线。

[0047] RF硬件组件经由RF传导元件与RF波交互。RF传导元件通常包括RF传导媒介,例如铝、铜、银以及金。然而,传统RF传导媒介的结构遭受阻碍RF能量的传导的有效电阻,使得将不期望的插入损耗引入到所有RF硬件组件中,并且降低特定RF硬件组件(比如谐振腔体滤波器)的Q因数。

[0048] 在通过RF硬件组件传导RF能量中关于不期望损耗的主要物理机制是趋肤效应。趋肤效应由于导体中的反电动力而产生,导体中的反电动力是所施加的RF能量所引起的传导媒介中的交变电流的结果。顾名思义,趋肤效应使得大量电流在导体的表面(定义为“趋肤深度”的区域)处流动。趋肤效应将导体的有效截面面积一般减少到其物理截面的一小部分。导体的有效趋肤深度是依赖频率的量,其与波长成反比。这意味着,频率越高,趋肤深度越浅,并且通过延伸,有效RF传导损耗越大。

[0049] 在此所描述的技术涉及一种用于减少RF硬件组件的RF传导损耗的射频(RF)传导媒介(下文中,“技术”)。此技术所创建的RF传导媒介通过阻挠在导体中形成反电动力来减少RF设备的RF传导损耗。

[0050] 对于上下文,不加以限制地,在RF腔体谐振器的上下文中描述在此的技术。然而,应理解,此技术可以应用于需要被配置为与RF波交互的RF传导媒介的任何RF组件。例如,RF组件可以是天线、波导、同轴缆线以及包括腔体滤波器和天线的集成结构。

[0051] 图1是矩形射频(RF)波导腔体滤波器101的示意图。作为多数RF腔体谐振器的RF腔体滤波器101典型地定义为“闭金属结构”,其将射频电磁场封闭在壁110a-n所限定的腔

体100中。腔体滤波器101充当具有特定频率响应的低损耗谐振电路，并且类似于包括分立电感(L)和电容(C)组件的经典谐振电路。然而，与传统LC电路不同的是，腔体滤波器101在滤波器的设计波长(即腔体滤波器101的物理内部几何形状)处展现出异常低的能量损耗。这意味着，腔体滤波器101的Q因数比分立式组件谐振器(例如LC“槽”电路)的Q因数大几百倍。

[0052] 任何谐振电路或结构(例如腔体滤波器101)的Q因数测量谐振电路或结构削弱施加至其的能量的程度。因此，Q因数可以表示为每振荡周期的谐振电路或结构中所存储的能量对于谐振电路或结构中所耗散的能量比例。每周期所耗散的能量越少，Q因数越高。例如，Q因数“Q”可以定义为：

$$[0053] \quad Q = 2\pi \times \frac{\text{存储的能量}}{\text{每个周期耗散的能量}} = 2\pi f_r \times \frac{\text{存储的能量}}{\text{功率损失}}, \text{ 等式 1}$$

[0054] 其中， f_r 是电路或结构的谐振频率。

[0055] 腔体滤波器101的Q因数受两个因素影响：(a)腔体滤波器101的电介

[0056] 质媒介115中的功率损耗以及(b)腔体滤波器101的壁110a-n中的功率 Q=损耗。在基于腔体谐振器的滤波器(例如腔体滤波器101)的特定应用中，电介质媒介115一般是空气。空气所引起的损耗在对于移动宽带通信共同使用的较低微波谱中的频率处可以被看作是微小的。因此，腔体滤波器101的壁110a-n中的导体损耗对于腔体滤波器101的较低有效Q因数和较高插入损耗贡献最多。

[0057] 例如，腔体滤波器101的Q因数“Q”可以定义为：

$$[0058] \quad Q = \left(\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} \right)^{-1}, \text{ 等式 2}$$

[0059] 其中， Q_c 是腔体壁的Q因数， Q_d 是电介质媒介的Q因数。

[0060] 如上所述，因为较低微波谱中的RF能量与空气和其它普通腔体电介质弱交互，所以电介质媒介(例如空气)115的RF传导损耗是可忽略的。因此，腔体滤波器101的壁110a-n的RF传导率“ Q_c ”对于腔体滤波器101的品质因数“Q”贡献最多。壁110a-n的RF传导率的品质因数贡献“ Q_c ”可以定义为：

$$[0061] \quad Q_c = \frac{(kad)^3 b \eta}{2\pi^2 R_s} \frac{1}{2l^2 a^3 b + 2bd^3 + l^2 a^3 d + ad^3}, \text{ 等式 3}$$

[0062] 其中， k =波数； n =电介质阻抗， R_s =腔体壁110a-n的表面电阻系数， $a/b/d$ 是腔体滤波器101的物理尺寸。因此，增加腔体壁110a-n的表面电阻系数“ R_s ”的值减少 Q_c 的值，由此减少腔体滤波器101的Q因数。

[0063] 为了增加腔体滤波器101和其它RF设备的Q因数，本发明实施例提供一种减少RF设备(例如腔体滤波器101)的RF传导元件的表面电阻系数“ R_s ”的RF传导媒介。

[0064] 图2是包括射频(RF)传导媒介205的射频(RF)腔体谐振器200的示意图。腔体谐振器200包括结构性电介质210。结构性电介质210限定腔体216。腔体216具有与腔体谐振器200的期望频率响应特性对应的内部几何形状。具体地，内部几何形状增强所期望的射频并且衰减不期望的射频。

[0065] 结构性电介质210包括具有低相对介电常数的材料。此外，结构性电介质210的材

料具有高保角电势 (conformality potential)。例如,结构性电介质210的材料使得结构性电介质210能够符合复杂和平滑过渡的几何形状。结构性电介质210的材料在热应力之下也具有高尺寸稳定性。例如,该材料防止结构性电介质210在腔体谐振器处于典型操作环境中可能经历的热应力之下变形。在另一实施例中,结构性电介质210的材料在机械应力之下具有高尺寸稳定性,使得该材料防止结构性电介质210在典型操作应用中经历的机械应力之下凹陷、屈曲或另外机械形变。

[0066] 此外,结构性电介质210具有拥有高表面平滑度的内表面211。具体地,内表面211基本上没有表面不匀度。在实施例中,电介质表面211可以在射频 (RF) 腔体谐振器200的期望操作频率处具有带有拥有不大于深度“ δ ”的深度的不匀度的表面平滑度。

[0067] 腔体谐振器200还包括RF输入端口230a和RF输出端口230b。在示例中,RF输入端口230a和RF输出端口230b可以是微型版本A (SMA, SubMiniature version A) 连接器。可以通过RF传导材料 (例如铜、金、镍和银) 制成RF输入端口230a和RF输出端口230b。

[0068] RF输入端口230a电耦合到耦合环路235a。RF输入端口230a从RF传输媒介 (例如同轴缆线 (未示出)) 接收振荡RF电磁信号。响应于接收到振荡RF电磁信号,RF输入端口230a经由耦合环路235a辐射与所接收到的 RF电磁信号对应的振荡电和磁场 (即RF电磁波)。

[0069] 如在此所述,腔体216具有与腔体谐振器200的期望频率响应特性对应的内部几何形状。具体地,内部几何形状加强与腔体谐振器200的期望频率响应特性对应的射频的范围,并且衰减不期望的射频。此外,腔体谐振器200 还包括谐振器元件220。谐振器元件220在该示例中由结构性电介质210形成。然而,应注意,谐振器元件220可以是腔体谐振器200内的分离的独立结构。谐振器元件220具有进一步加强期望的射频并且衰减不期望的射频的谐振尺寸和整体结构几何形状。

[0070] 与所接收到的RF电磁信号对应的电磁波包括腔体216中的一个或多个谐振模式。通过这么做,电磁波与RF传导媒介205交互。具体地,电磁波在RF传导媒介205中引起交变电流 (AC)。如在此所描述的那样,本公开的实施例提供一种具有对RF传导媒介205给出低表面传导电阻系数“ R_s ”的结构和构造的RF传导媒介205。低表面传导电阻系数“ R_s ”允许RF传导媒介205以高效率等级支持腔体216中的谐振模式,由此增加腔体谐振器200的品质因数“ Q ”。

[0071] 所加强的感兴趣频率在耦合环路235b中引起AC信号。AC信号经由 RF输出230b从腔体谐振器200输出。RF输出230b电耦合到传输媒介 (未示出), 其将AC信号传递到RF硬件组件 (例如天线或接收机)。

[0072] RF传导媒介205可以还包括:保护层 (例如图4的层306), 其覆盖RF 传导媒介。保护层可以包括在腔体谐振器200的期望操作频率处对于RF能量无传导并且最小吸收的材料。所述材料可以是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。

[0073] 图3是根据本公开示例实施例的包括形成连续传导层340的一批分立式传导纳米结构的RF传导媒介305的示意图。

[0074] 所述RF传导媒介305包括一批分立式传导纳米结构。可以通过以作为碳、银、铜、铝和金中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成所述纳米结构中的每一个。此外,所述分立式传导纳米结构中的每一个可以是作为引线、条带、管和薄片中的至少一个的传导结构。该纳米材料可以具有作为宏观尺度上的材料的熔化温度的一小部分的烧结温度。例如,银 (Ag) 在961°C熔化,而纳米银 (Ag) 可以在300°C之下良好地烧结。

[0075] 此外,RF传导媒介305包括:粘接剂(未示出),其使得一批分立式传导纳米结构能够施加到结构性电介质310的表面345。所述一批分立式传导纳米结构响应于受到热源烧结而形成连续传导层340。可以选取分立式导电纳米结构中的每一个的大小,使得连续传导层340在腔体谐振器200的期望操作频率处具有不大于趋肤深度“ δ ”的均匀传导截面面积。连续传导层340 具有均匀格状结构和均匀传导截面面积。所述热源可以基于所述一批分立式传导纳米结构中的每个分立式传导纳米结构的纳米材料的原子结构和厚度而施加热量的激励。例如,热源所施加的热量的温度以及施加热量的时间长度是这一批分立式传导纳米结构的每个分立式传导纳米结构的纳米材料的原子结构和厚度的函数。可以使用本领域已知或待知的任何热源。

[0076] 如上所述,RF电磁波在RF传导媒介305中引起交变电流(AC)。对于 AC,该结构的截面面积对AC电阻的影响与对于直流(DC)电阻的截然不同。例如,直流可以贯穿导体的整个体积而传送;交变电流(其例如由RF 电磁波产生)仅在非常靠近传导媒介的表面的有界面内传送。这种交变电流在导体的表面附近传送的趋势称为“趋肤效应”。在RF设备(例如腔体谐振器200)中,趋肤效应将可用的传导截面面积减少到在腔体的内部结构的表面处的异常薄的层。因此,趋肤效应是用于谐振腔体中的RF传导损耗的至少一个明显机制,使得减少了腔体的Q因数。

[0077] 因此,连续传导层340可以在腔体谐振器(例如图2的腔体谐振器200) 的期望操作频率处具有不大于趋肤深度“ δ ”的均匀传导截面面积。在实施例,所述趋肤深度“ δ ”可以计算为:

$$[0078] \quad \delta = \sqrt{\frac{2\rho}{(2\pi f)(\mu_0\mu_r)}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}, \quad \text{等式 4}$$

[0079] 其中, μ_0 是真空的磁导率, μ_r 是所述纳米结构的纳米材料的相对磁导率, ρ 是所述纳米结构的纳米材料的电阻系数, f 是期望操作频率。下表1示出等式4关于射频集合的示例应用。然而,应注意,可以使用确定趋肤深度“ δ ”的任何其它已知或待知的方法替代等式4。

[0080]

频率	700MHz	800MHz	1900MHz	2100MHz	2500MHz
趋肤深度	2870nm	2690nm	1749nm	1660nm	1520nm

[0081] 表1

[0082] 在实施例中,连续传导层340可以具有拥有50nm-4000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在另一实施例中,连续传导层340可以具有拥有 1000nm-3000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在又一示例中,连续传导层340可以具有拥有1500nm-2500nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。

[0083] 图4A是施加到结构性电介质410的表面445上的RF传导媒介405的截面图。具体地,该截面图处于一方位使得轴475(即在图上从右到左)是与横向电磁轴480(即进入图的轴)垂直的轴。RF传导媒介405包括多样传导媒介470。多样传导媒介470在横向电磁轴480中形成多条连续传导路径(例如图4B的连续传导路径490a-n)。

[0084] 通过以作为银、铜、铝、碳和石墨烯中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成多样RF传导媒介470中的每样媒介。在元素为银、铜和铝中的至少一个的示例中,多样传导媒介470的每个媒介具有作为引线、条带、管和薄片中的至少一个的结构。在元素是碳和石墨烯中的至少一个的示例中,多样传导媒介470中的每样传导媒介是单壁化碳纳米管

(SWCNT)、多壁化纳米管(MWCNT)和石墨烯中的至少一个。

[0085] 此外,多条连续传导路径490a-n中的每一条可以在例如腔体谐振器(例如图2的腔体谐振器200)的期望操作频率处具有不大于趋肤深度的传导截面面积。在实施例中,可以按等式4来计算趋肤深度“ δ ”。

[0086] 在示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有 50nm-4000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在其它示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1000nm-3000nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。在又一示例中,所述多条连续传导路径中的每一条可以具有拥有1500nm-2500nm的趋肤深度的均匀传导截面面积。

[0087] 应注意,期望操作频率“ f ”也可以与以下项中的至少一个对应:天线的期望谐振频率、波导的截止频率、同轴缆线的期望操作频率范围以及包括腔体滤波器和天线的集成结构的组合操作频率范围。

[0088] 悬垂电介质460在横向电磁轴中周期性地环绕所述多个多条传导路径 490a-n中的每一条。具体地,悬垂电介质460周期性地隔离多条传导路径 490a-n中的每一条以防在轴475(即与横向电磁轴480垂直的轴)中传送RF 能量。所述悬垂电介质460也可以配置为:为多条传导路径490a-n中的每一条提供机械支撑。

[0089] 在通过以作为银、铜和铝中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成多样RF传导媒介470的每样媒介的示例实施例中,悬垂电介质460包括在期望操作频率处与RF能量弱交互的结构刚性热稳定材料。

[0090] 在通过以作为碳和石墨烯中的至少一个的元素构成的纳米材料来制成多样RF传导媒介470的每样媒介的另一示例实施例中,悬垂电介质460是空气。在此情况下,因为例如单壁化碳纳米管(SWCNT)、多壁化纳米管(MWCNT)和石墨烯是在横向电磁轴480中固有地传导并且在轴475中弱传导的材料,所以悬垂电介质460可以包括空气。

[0091] 在该示例中,RF传导媒介405包括RF透明保护层450。RF透明保护层450覆盖多条连续传导路径490a-n。保护层405包括在例如腔体谐振器(例如图2的腔体谐振器200)的期望操作频率处对于RF能量无传导并且最小吸收的材料。在示例实施例中,该材料可以是聚合物涂层和玻璃纤维涂层中的至少一个。虽然在该示例中RF传导媒介405包括RF透明保护层450,但 RF传导媒介405的其它示例实施例可以不包括RF透明保护层450。

[0092] RF传导媒介405也可以包括粘接剂(未示出)。粘接剂配置为将RF传导媒介405粘接到结构性电介质410的表面445。此外,RF传导媒介405 可以还包括溶剂(未示出)。溶剂配置为:在RF传导媒介405施加到表面 445的上期间将RF传导媒介405保持在黏性状态下。所述溶剂进一步配置为响应于受到热源激励而蒸发。热源在示例中可以是环绕RF传导媒介405的空气的环境温度。

[0093] 图4B是施加到结构性电介质410的表面445上的RF传导媒介405的截面图。具体地,该截面图处于一方位使得轴475(即在图上从上到下)是与横向电磁轴480(即在图上从左到右的轴)垂直的轴。如所示那样,多条连续传导路径490a-n定向在横向电磁轴480中,使得RF电磁波引起仅占优地沿着路径490a-n中的每一条在横向电磁轴480上行进的交变电流。

[0094] 为了交变电流仅占优地沿着路径490a-n中的每一条在横向电磁轴480 中行进,悬垂电介质460周期性地环绕多条传导路径490a-n中的每一条。具体地,悬垂电介质周期性地隔离多条传导路径490a-n中的每一条以防在轴 475中传送RF能量(例如交变电流)。在特定

点,例如点495,悬垂电介质 460为RF能量提供通道,以从一条路径(例如路径409b)传递到另一条路径(例如路径409n)。

[0095] 在连续传导路径490a-n中的每一条如上所述在RF设备(例如图2的腔体谐振器200)的期望操作频率处具有不大于趋肤深度“ δ ”的传导截面面积的实施例中,悬垂电介质460所提供的周期RF隔离使得RF传导媒介405能够具有构成要素(例如路径490a-n)不遭受趋肤效应损耗的用于RF传导性的增加的截面面积。

[0096] 图5是包括施加到RF设备(例如图2的腔体谐振器200)的结构性电介质510的表面545的RF透明保护层550(例如图4A-图4B的保护层450)的RF传导媒介505的截面图。具体地,该截面图处于一方位使得轴575(即在图上从右到左)是与横向电磁轴580(即在图上从上到下的轴)垂直的轴。RF传导媒介505包括横向电磁轴580中定向的多条连续传导路径590,使得 RF电磁波引起仅占优地沿着路径590a-n中的每一条在横向电磁轴580中行进的交变电流。

[0097] 多样传导媒介构造并且周期性地布置为形成多条连续传导路径590的结构化布置。多条连续传导路径590中的每一条通过电介质媒介560(例如图 4A-图4B的悬垂电介质460)周期性地与附近连续传导路径隔离。电介质媒介560周期性地隔离多条传导路径590中的每一条以防在轴575中传送RF 能量(例如交变电流)。在特定点处,RF短路部595为RF能量提供通道,以从一条路径传递到另一条路径。虽然示出横穿多条连续传导路径590中的每一条的单个RF短路部595,但应注意,其它实施例可以具有在多条连续传导路径中的每一条之间的周期性交错的RF短路部。

[0098] 在连续传导路径590中的每一条如上所述在RF设备(例如图2的腔体谐振器200)的期望操作频率处具有不大于趋肤深度“ δ ”传导截面面积的实施例中,电介质媒介560所提供的周期RF隔离使得RF传导媒介505能够具有构成要素(例如路径590)不遭受趋肤效应损耗的用于RF传导性的增加的截面面积。

[0099] 所有专利、公开的申请以及在此引用的参考文献的教导通过引用的方式就其全体合并到此。

[0100] 虽然已经参照本公开的示例实施例具体示出并且描述了本公开,但本领域技术人员应理解,在不脱离所附权利要求所涵盖的本公开的范围的情况下,可以在其中进行形式和细节方面的各种改变。

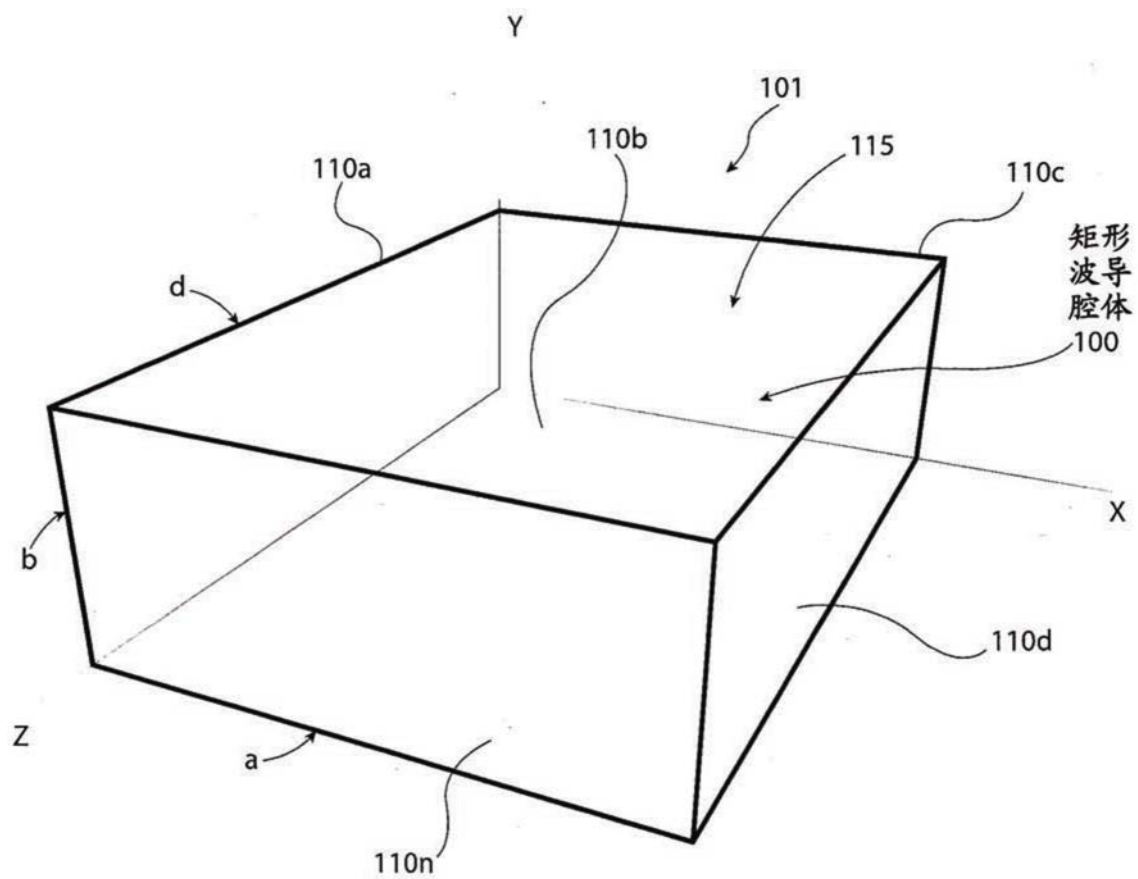


图1

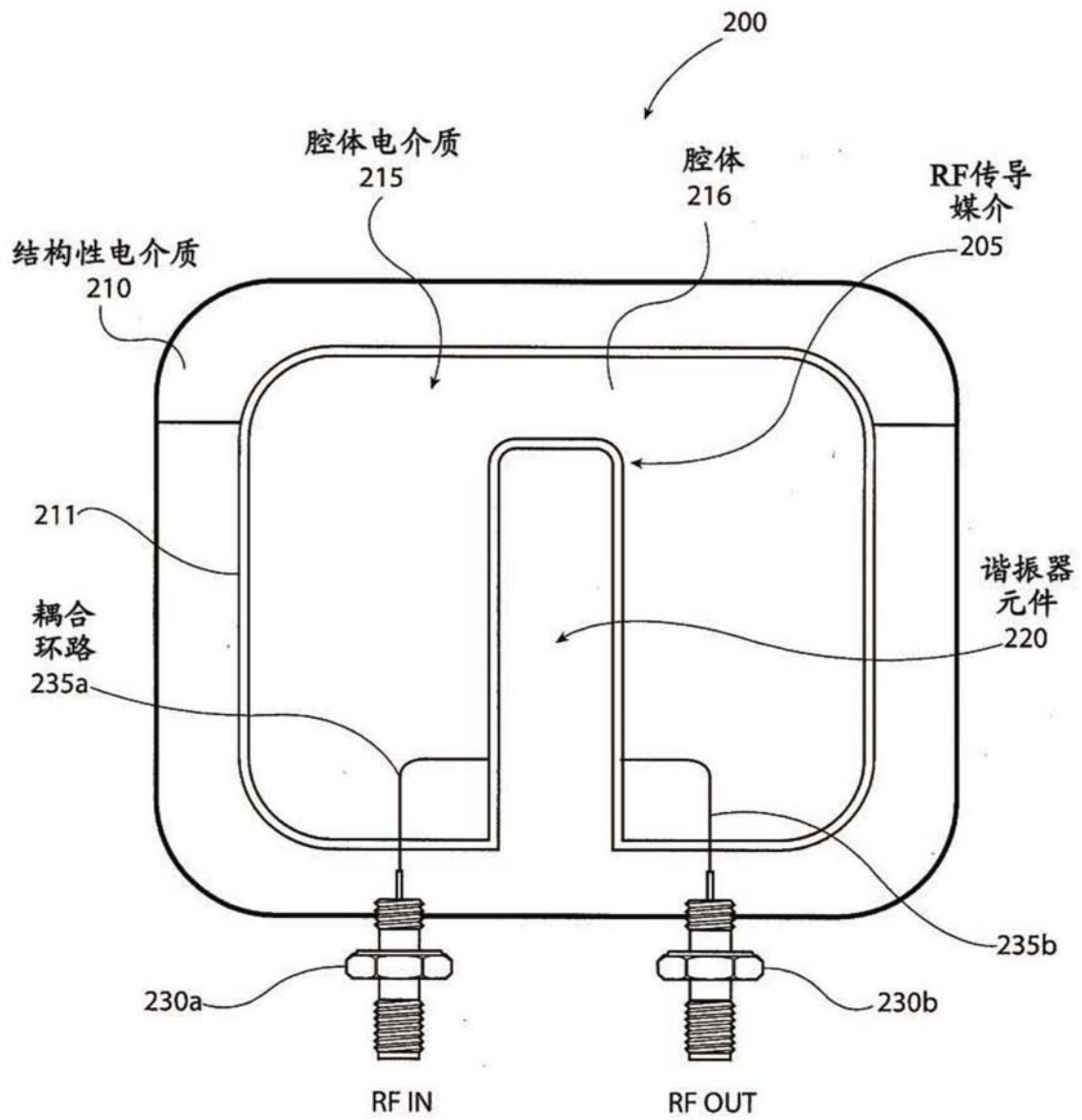


图2

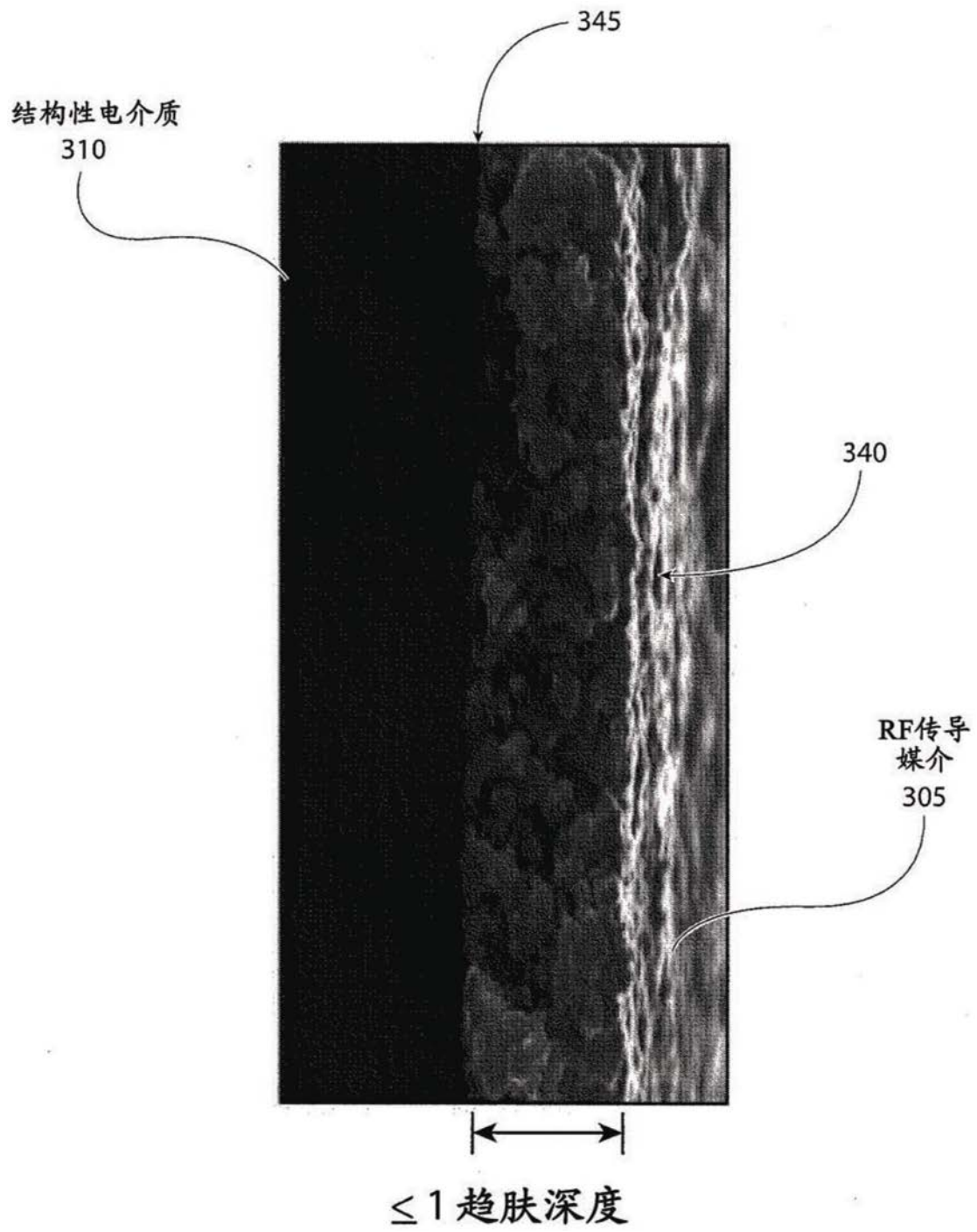


图3

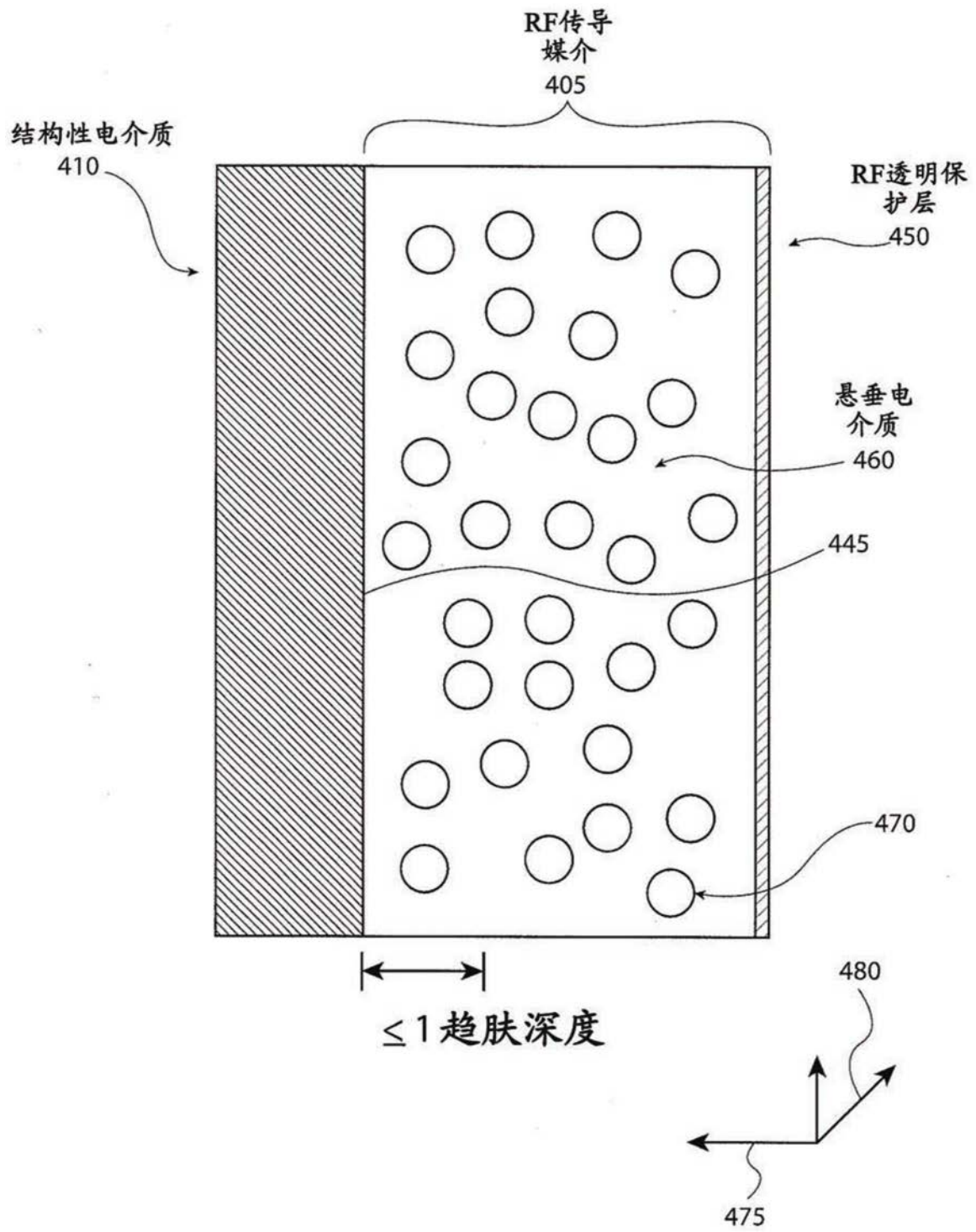


图4A

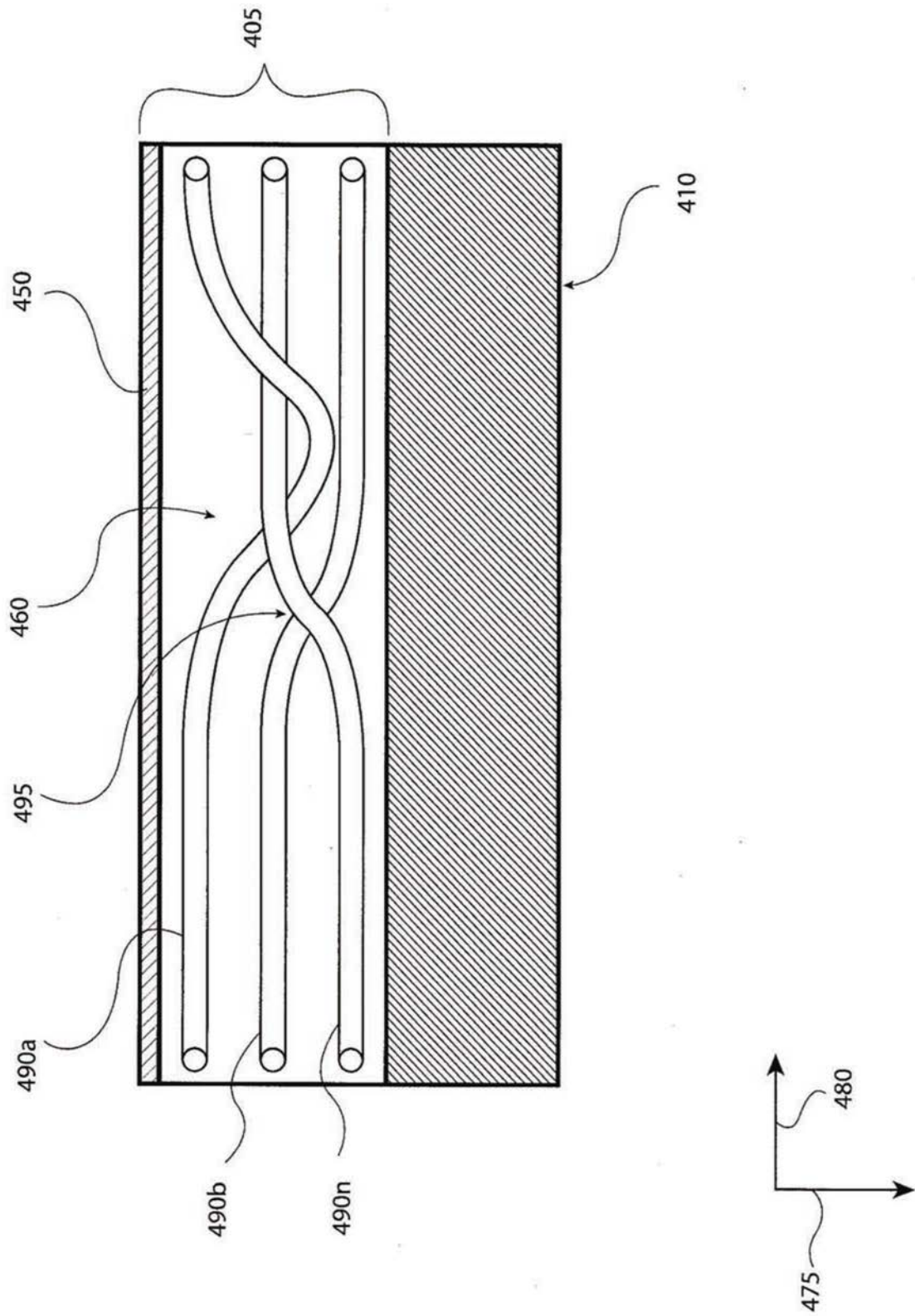


图4B

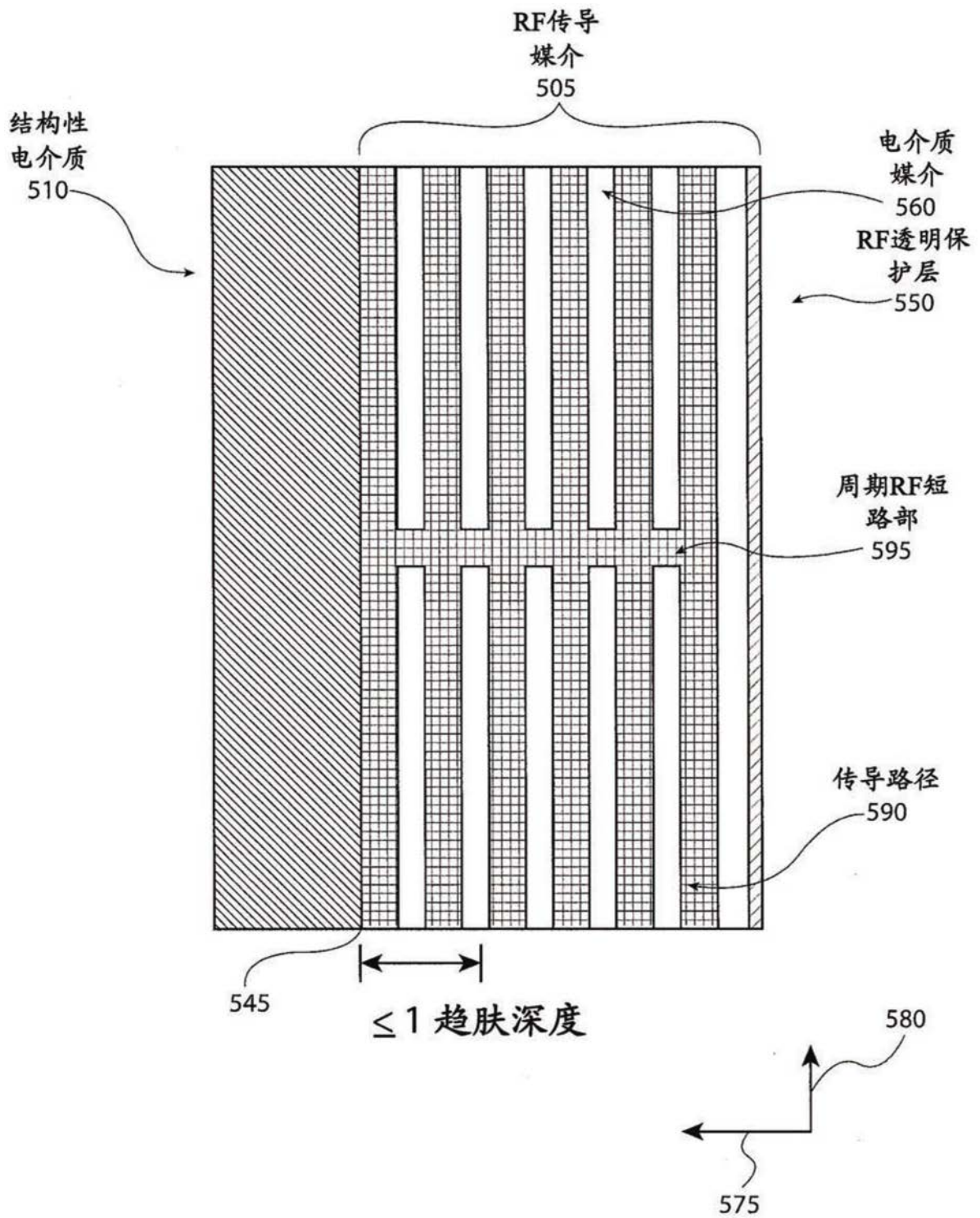


图5