



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105190805 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480013947. 4

(22) 申请日 2014. 03. 06

(30) 优先权数据

61/783, 373 2013. 03. 14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/021173 2014. 03. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/158970 EN 2014. 10. 02

(71) 申请人 沙特基础工业公司

地址 沙特阿拉伯利雅得

(72) 发明人 穆罕默德·N·阿尔马道恩

阿姆鲁·叔拉法 卡勒德·萨拉马

胡萨姆·N·谢里夫

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

代理人 谢攀 刘继富

(51) Int. Cl.

H01G 4/20(2006. 01)

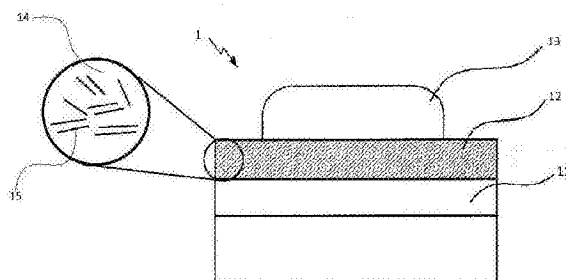
权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

基于掺杂有导电纳米填充物的介电聚合物的
分数阶电容器

(57) 摘要

本发明公开了一种分数阶电容器。分数阶电容器被定义为具有适配的介电阻抗。为了获得介电层的所需阻抗,导电的纳米填充材料被添加到电介质,由此导致形成介电纳米复合层。在本发明中,聚合物基质(如PVDF-TRFE)与石墨烯结合。所述石墨烯能够部分地或者完全地未被氧化。本发明公开了一种分数阶电容器,其包括:厚度为 t 的介电纳米复合层,其包括第一侧和与该第一侧相对的第二侧;第一电极层,其耦合至介电纳米复合层的第一侧;第二电极层,其耦合至介电层的第二侧;复阻抗相位角,其至少取决于介电纳米复合层中的填充材料材料重量百分比。



1. 一种分数阶电容器,其包括:
厚度为 t 的介电纳米复合层,其包括第一侧和与所述第一侧相对的第二侧;
第一电极层,其耦合至所述介电纳米复合层的第一侧;
第二电极层,其耦合至所述介电纳米复合层的第二侧;和
复阻抗相位角,其至少取决于所述介电纳米复合层中的填充材料的材料重量百分比。
2. 如权利要求 1 所述的分数阶电容器,其中所述介电纳米复合层包括基质材料和导电填充材料。
3. 如权利要求 2 所述的分数阶电容器,其中所述导电填充材料是石墨烯。
4. 如权利要求 3 所述的分数阶电容器,其中所述石墨烯部分氧化。
5. 如权利要求 3 所述的分数阶电容器,其中所述石墨烯完全未氧化。
6. 如权利要求 3 所述的分数阶电容器,其中基于所述介电纳米复合层的总重量,所述石墨烯的材料重量百分比为约 0.1% 到 15%。
7. 如权利要求 2 所述的分数阶电容器,其中所述基质材料包括聚合物。
8. 如权利要求 1 所述的分数阶电容器,其中所述第一电极层和所述第二电极层包括导电材料。
9. 如权利要求 8 所述的分数阶电容器,其中所述第一电极层包括铂,所述第二电极层包括铝。
10. 如权利要求 8 所述的分数阶电容器,其中所述第一电极层和所述第二电极层包括 PEDOT:PSS。
11. 如权利要求 1 所述的分数阶电容器,其包括为 0° 到 -90° 的复阻抗相位角。
12. 如权利要求 1 所述的分数阶电容器,其包括相对于频率近似恒定的损耗角正切。
13. 如权利要求 1 所述的分数阶电容器,其中所述分数阶电容器对于 10kHz 到 2MHz 的频率表现出分数特性。
14. 一种印刷电路板,其包括如权利要求 1 所述的分数阶电容器。
15. 一种集成电路,其包括如权利要求 1 所述的分数阶电容器。
16. 如权利要求 14 所述的印刷电路板,其中所述分数阶电容器构成通信电路的至少一部分。
17. 如权利要求 14 所述的印刷电路板,其中所述分数阶电容器构成感测电路的至少一部分。
18. 如权利要求 14 所述的印刷电路板,其中所述分数阶电容器构成控制电路的至少一部分。
19. 如权利要求 15 所述的集成电路,其中所述分数阶电容器构成通信电路的至少一部分。
20. 如权利要求 15 所述的集成电路,其中所述分数阶电容器构成感测电路的至少一部分。
21. 如权利要求 15 所述的集成电路,其中所述分数阶电容器构成控制电路的至少一部分。
22. 一种电子器件,其包括如权利要求 1 的分数阶电容器。
23. 一种制造分数阶电容器的方法,其包括:

获得第一电极层；

选择介电纳米复合层中的填充材料的材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角；

将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上；和

将第二电极层布置于所述介电纳米复合层上，从而将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层与所述第二电极层之间。

24. 如权利要求 23 所述的方法，其中所述介电纳米复合层至少包括基质材料和导电填充材料。

25. 如权利要求 24 所述的方法，其中所述导电填充材料是石墨烯。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其中所述石墨烯部分氧化。

27. 如权利要求 25 所述的方法，其中所述石墨烯完全未氧化。

28. 如权利要求 25 所述的分数阶电容器，其中基于所述介电纳米复合层的总重量，所述石墨烯的材料重量百分比被选择为约 0.1% 到 15%。

29. 如权利要求 24 所述的方法，其中所述基质材料包括聚合物。

30. 如权利要求 23 所述的方法，其中所述第一电极层和所述第二电极层包括导电材料。

31. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述第一电极层包括铂，所述第二电极层包括铝。

32. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述第一电极层和所述第二电极层包括 PEDOT:PSS。

33. 如权利要求 23 所述的方法，其中通过溶液浇注将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上。

34. 如权利要求 23 所述的方法，其中通过刮刀将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上。

35. 如权利要求 23 所述的方法，其中通过流延成型将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上。

36. 如权利要求 23 所述的方法，其中通过丝网印刷将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上。

37. 如权利要求 23 所述的方法，其中通过热压制将所述介电纳米复合层布置于所述第一电极层上。

38. 如权利要求 23 所述的方法，其中使用阴影掩模将所述第二电极层热蒸发于所述介电纳米复合层上。

39. 如权利要求 23 所述的方法，其中所述复阻抗相位角为 0° 到 -90° 。

40. 如权利要求 23 所述的方法，其另外包括将所述分数阶电容器封装于集成电路中的步骤。

41. 如权利要求 23 所述的方法，其另外包括将所述分数阶电容器封装于印刷电路板中的步骤。

42. 一种使用如权利要求 1 至 13 中任一项所述的分数阶电容器中任一者操作延迟电路以向电信号施加所选延迟的方法，所述方法包括以下步骤：

选择所述分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料的材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角；

响应于输入信号以一充电速率将所述分数阶电容器充电至第一电压；
响应于所述输入信号以一放电速率将所述分数阶电容器放电至第二电压；
产生随所述分数阶电容器的复阻抗相位角变化的延迟信号。

43. 一种用于调节包括如权利要求 1 至 13 中任一项所述的分数阶电容器中任一者和电阻器的滤波器的频率响应的方法,所述方法包括以下步骤:

选择所述分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料的材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角;

在所述分数电容器和电阻器的串联组合两端供应输入电压;

基于所述电阻器两端的电压供应输出电压;

在特定频率下测量所述滤波器的增益;

根据所述特定频率下的所述滤波器的增益,通过改变所述复阻抗相位角来调节所述分数阶电容器的电容。

44. 一种操作包括如权利要求 1 至 10 中任一项所述的分数阶电容器中任一者的 RF 通信电路的方法,所述方法包括以下步骤:

选择所述分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料的材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角;

在共振频率下生成 RF 信号;

检测所述 RF 通信电路中的其他组件的串联电阻值;

设定所述分数阶电容器的负电阻值,以通过改变所述复阻抗相位角来抵消所述 RF 通信电路中的其他组件的至少一部分等效串联电阻值。

基于掺杂有导电纳米填充物的介电聚合物的分数阶电容器

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请主张于 2013 年 3 月 14 日提交的美国临时专利申请第 61/783,373 号的权益。所提及申请的内容通过引用并入本申请中。

背景技术

[0003] A. 发明领域

[0004] 本公开一般性地涉及具有对电容器特性（包括复阻抗相位角）的改良控制的分数阶电容器。电容器具有介电纳米复合层，该介电纳米复合层含有允许对电容器特性改良控制的填充材料。

[0005] B. 相关技术说明

[0006] 过去，在工程中并未研发分数阶微积分，这是由于其较为复杂以及其并不具有完全可接受的几何或物理实现的事实。例如，电组件通常限于 α 值分别为 -1、0 和 1 的理想电感器、电阻器和电容器的特定特性。在此背景下， α 可被用于经由公式 $-\alpha \pi / 2$ 来确定器件的电流与其电压之间的相位差。在转变至度（即 90、0 和 -90）时，这些值代表复阻抗相位角。

[0007] 然而，由于当在实际应用中实施时电组件并不具有确切整数值的 α ，故具有有意将 α 值控制在标准组件的特性之间某处的能力可用于各种应用中，所述应用包括执行自动控制、图案识别、系统表征、信号处理和应用与电化学、黏弹性和甚至生物及神经系统领域相关的滤波器和振荡器。

[0008] 有意设计具有范围 $0 < \alpha < 1$ 内的特定 α 值的电组件的先前尝试通常得到极庞大设计，这些设计在许多情形下在实际应用或电路中不可用或并不实际。例如，就基于液体电极（LEB）的类型分数电容器而言，将铜电极浸没于 PMMA- 氯仿溶液中，相位角根据电极的浸没深度而变化。然而，显而易见，此方法不允许容易地与印刷电路板和 / 或电子电路集成。另外，封装这样的装备会得到极庞大装置。

[0009] 其他尝试包括分形类型（FT）分数电容器设计。这些设计通常在晶圆产生上并依赖于传输线理论。这些类型的电容器的基本操作原理涉及产生分形几何结构（例如短截线或传输线），这些分形几何结构继而能够产生基于几何形状和技术参数的特定阻抗。FT 使用一系列产生于电路上的金属迹线来产生阻抗而不是产生电容器。与集中式组件设计相反，这通常称为分布式组件设计。另外，在使用 FT 分数电容器时，能够获得的 α 的值仅在 0.46 到 0.5。另外，考虑到微波电路的性质，恒定相特性发生于极高频范围（1MHz 到 10GHz）处，且相位角变化约为 5° 。

[0010] 其他方式包括通过数字近似分数阶问题并计算近似解来模拟。数字近似必然受限于带宽、计算机资源的高度消耗，并且能够因有限精度运算而承受数值不稳定性。这些限制能够使得数字技术不实际或不能解决许多问题，例如控制涉及强反向力的快速过程或“僵硬”过程。

发明内容

[0011] 本发明者已发现,能够使用二维纳米材料(也阐述为填充材料)的重量百分比来控制电容器的复阻抗角。具体而言,能够通过基于填充材料在聚合物基质中的组合选择该填充材料(例如石墨烯)的某一重量百分比来形成电容器的介电层。重量百分比能够被用于选择 α 在 $0 < \alpha < 1$ 的范围内的任一非整数值,这直接改变如上文所述的电容器的复阻抗相位角。

[0012] 使用石墨烯作为二维纳米材料的独特方面之一涉及在介电层内形成微电容器。具体而言,通过在聚合物基质中加载石墨烯片材以使得形成分散的微电容器来控制分数电容。这极其类似于用于模拟的 RC 梯状网络并且允许调整 α 的值而无需复杂且庞大的电路设计。石墨烯亦具有促进电子以超高速度自由流动的独特性质。

[0013] 另外,本发明的分数阶电容器的制造可扩展并且有成本效益,从而允许有效的制造和商业化。

[0014] 根据本公开的一方面,分数阶电容器包括厚度为 t 的介电纳米复合层,并且包括第一侧和与第一侧相对的第二侧。分数阶电容器还包括耦合至介电纳米复合层的第一侧的第一电极层和耦合至介电纳米复合层的第二侧的第二电极层。分数阶电容器亦包括复阻抗相位角,其至少取决于介电纳米复合层中的填充材料/material 重量百分比。

[0015] 根据本公开的另一方面,分数阶电容器的介电纳米复合层包括基质材料和导电填充材料,其中基质材料是聚合物,导电填充材料是石墨烯。石墨烯可部分地氧化或完全未氧化。此外,基于介电纳米复合层的总重量,石墨烯的材料重量百分比为约 0.1% 到 15%。

[0016] 根据本公开的又一方面,分数阶电容器的第一电极层和第二电极层包括导电材料。第一电极层包括铂,第二电极层包括铝。第一电极层和第二电极层可替代地包括 PEDOT:PSS。

[0017] 根据本公开的另一方面,分数阶电容器包括 0° 到 -90° 的复阻抗相位角,或包括相对于频率近似恒定的损耗角正切,或对于 10kHz 到 2MHz 的频率表现出分数特性。

[0018] 根据本公开的另一方面,分数阶电容器可以被包括于印刷电路板或集成电路中并用于通信电路或感测电路或控制电路的至少一部分中。分数阶电容器亦可以被包括于电子器件中。

[0019] 根据本公开的又一方面,一种制造分数阶电容器的方法包括获得第一电极层。该方法亦包括选择介电纳米复合层中的填充材料/material 的重量百分比以获得指定复阻抗相位角。该方法还包括将介电纳米复合层布置于第一电极层上。该方法亦包括将第二电极层布置于介电纳米复合层上,从而将介电纳米复合层布置于第一电极层与第二电极层之间。

[0020] 根据本公开的另一方面,可使用基质材料和导电填充材料来制造分数阶电容器的介电纳米复合层,其中基质材料是聚合物并且导电填充材料是石墨烯。石墨烯可部分氧化或完全未氧化。此外,基于介电纳米复合层的总重量,石墨烯的材料重量百分比为约 0.1% 到 15%。此外,分数阶电容器包括 0° 到 -90° 的复阻抗相位角,或包括相对于频率近似恒定的损耗角正切,或对于 10kHz 到 2MHz 的频率表现出分数特性。

[0021] 根据本公开的另一方面,可使用包括导电材料的第一电极层和第二电极层来制造分数阶电容器。第一电极层包括铂,第二电极层包括铝。替代地,第一电极层和第二电极层可包括 PEDOT:PSS。

[0022] 根据本公开的又一方面,可通过溶液浇注、通过刮刀、或通过流延成型、或通过丝网印刷、或通过热压制将分数阶电容器的介电纳米复合层布置于第一电极层上。使用阴影掩模将第二电极层热蒸发于介电纳米复合层上。根据本公开的另一方面,分数阶电容器可以被封装于印刷电路板或集成电路中。

[0023] 根据本公开的另一方面,使用本发明的分数阶电容器中任一者操作延迟电路以向电信号施加所选延迟的方法包括选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角。该方法还包括响应于输入信号以一充电速率将所述分数阶电容器充电至第一电压。该方法还包括响应于输入信号以一放电速率将所述分数阶电容器放电至第二电压。该方法还包括产生随所述分数阶电容器的复阻抗相位角变化的延迟信号。

[0024] 根据本公开的另一方面,调节滤波器(其包括本发明的分数阶电容器中任一者和电阻器)的频率响应的方法包括选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角。该方法还包括在分数电容器和电阻器的串联组合两端供应输入电压。该方法还包括基于电阻器两端的电压供应输出电压。该方法还包括测量在特定频率下的滤波器增益。该方法还包括根据特定频率下的滤波器增益通过改变复阻抗相位角来调节分数阶电容器的电容。

[0025] 根据本公开的另一方面,一种操作包括本发明的分数阶电容器中任一者的 RF 通信电路的方法包括选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角。该方法还包括在共振频率下生成 RF 信号。该方法还包括检测 RF 通信电路中的其他组件的串联电阻值。该方法还包括设定分数阶电容器的负电阻值以通过改变复阻抗相位角来抵消(offset) RF 通信电路中的其他组件的至少一部分等效串联电阻值。

[0026] 还公开了本发明的以下实施例 1 到 44。实施例 1 是一种分数阶电容器,所述分数阶电容器包括:厚度为 t 的介电纳米复合层,其包括第一侧和与第一侧相对的第二侧;第一电极层,其耦合至介电纳米复合层的第一侧;第二电极层,其耦合至介电纳米复合层的第二侧;和复阻抗相位角,其至少取决于介电纳米复合层中的填充材料材料重量百分比。实施例 2 是实施例 1 的分数阶电容器,其中介电纳米复合层包括基质材料和导电填充材料。实施例 3 是实施例 2 的分数阶电容器,其中导电填充材料是石墨烯。实施例 4 是实施例 3 的分数阶电容器,其中石墨烯部分地氧化。实施例 5 是实施例 3 的分数阶电容器,其中石墨烯完全未氧化。实施例 6 是实施例 3 到 5 中任一项的分数阶电容器,其中基于介电纳米复合层的总重量,石墨烯的材料重量百分比为约 0.1% 到 15%。实施例 7 是实施例 2 到 6 中任一项的分数阶电容器,其中基质材料包括聚合物。实施例 8 是实施例 1 到 7 中任一项的分数阶电容器,其中第一电极层和第二电极层包括导电材料。实施例 9 是实施例 8 的分数阶电容器,其中第一电极层包括铂,第二电极层包括铝。实施例 10 是实施例 8 的分数阶电容器,其中第一电极层和第二电极层包括 PEDOT:PSS。实施例 11 是实施例 1 到 10 中任一项的分数阶电容器,其包括 0° 到 90° 的复阻抗相位角。实施例 12 是实施例 1 到 11 中任一项的分数阶电容器,其包括相对于频率近似恒定的损耗角正切。实施例 13 是实施例 1 到 13 中任一项的分数阶电容器,其中分数阶电容器对于 10kHz 到 2MHz 的频率表现出分数特性。实施例 14 是一种印刷电路板,其包括实施例 1 到 13 中任一项的分数阶电容器。实施

例 15 是一种集成电路,其包括如实施例 1 到 13 中任一项的分数阶电容器。实施例 16 是实施例 14 的印刷电路板,其中分数阶电容器构成通信电路的至少一部分。实施例 17 是实施例 14 的印刷电路板,其中分数阶电容器构成感测电路的至少一部分。实施例 18 是实施例 14 的印刷电路板,其中分数阶电容器构成控制电路的至少一部分。实施例 19 是实施例 15 的集成电路,其中分数阶电容器构成通信电路的至少一部分。实施例 20 是实施例 15 的集成电路,其中分数阶电容器构成感测电路的至少一部分。实施例 21 是实施例 15 的集成电路,其中分数阶电容器构成控制电路的至少一部分。实施例 22 是一种电子器件,其包括如实施例 1 到 13 中任一项的分数阶电容器。实施例 23 是一种制造分数阶电容器的方法,其包括:获得第一电极层;选择介电纳米复合层中的填充材料/material 重量百分比以获得指定复阻抗相位角;将介电纳米复合层布置于第一电极层上;和将第二电极层布置于介电纳米复合层上,从而将介电纳米复合层布置于第一电极层与第二电极层之间。实施例 24 是实施例 23 的方法,其中介电纳米复合层至少包括基质材料和导电填充材料。实施例 25 是实施例 24 的方法,其中导电填充材料是石墨烯。实施例 26 是实施例 25 的方法,其中石墨烯部分地氧化。实施例 27 是实施例 25 的方法,其中石墨烯完全未氧化。实施例 28 是实施例 25 到 27 中任一项的方法,其中基于介电纳米复合层的总重量,石墨烯的材料重量百分比被选择为约 0.1% 到 15%。实施例 29 是实施例 24 到 28 中任一项的方法,其中基质材料包括聚合物。实施例 30 是实施例 23 到 29 中任一项的方法,其中第一电极层和第二电极层包括导电材料。实施例 31 是实施例 30 的方法,其中第一电极层包括铂,第二电极层包括铝。实施例 32 是实施例 30 的方法,其中第一电极层和第二电极层包括 PEDOT:PSS。实施例 33 是实施例 23 到 32 中任一项的方法,其中通过溶液浇注将介电纳米复合层布置于第一电极层上。实施例 34 是实施例 23 到 33 中任一项的方法,其中通过刮刀将介电纳米复合层布置于第一电极层上。实施例 35 是实施例 23 到 34 中任一项的方法,其中通过流延成型将介电纳米复合层布置于第一电极层上。实施例 36 是实施例 23 到 35 中任一项的方法,其中通过丝网印刷将介电纳米复合层布置于第一电极层上。实施例 37 是实施例 23 到 36 中任一项的方法,其中通过热压制将介电纳米复合层布置于第一电极层上。实施例 38 是实施例 23 到 37 中任一项的方法,其中使用阴影掩模将第二电极层热蒸发于介电纳米复合层上。实施例 39 是实施例 23 到 38 中任一项的方法,其中复阻抗相位角为 0° 到 -90° 。实施例 40 是实施例 23 到 39 中任一项的方法,其另外包括将分数阶电容器封装于集成电路中的步骤。实施例 41 是实施例 23 到 40 的方法,其另外包括将分数阶电容器封装于印刷电路板中的步骤。实施例 42 是一种使用如实施例 1 到 13 中任一项的分数阶电容器中任一者操作延迟电路以向电信号施加所选延迟的方法,方法包括以下步骤:选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料/material 重量百分比以获得指定复阻抗相位角;响应于输入信号以一充电速率将分数阶电容器充电至第一电压;响应于输入信号以一放电速率将分数阶电容器放电至第二电压;产生随分数阶电容器的复阻抗相位角变化的延迟信号。实施例 43 是一种调节包括如实施例 1 至 13 中任一项的分数阶电容器中任一者和电阻器的滤波器的频率响应的方法,方法包括以下步骤:选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料/material 重量百分比以获得指定复阻抗相位角;在分数电容器和电阻器的串联组合两端供应输入电压;基于电阻器两端的电压供应输出电压;在特定频率下测量滤波器的增益;根据特定频率下的滤波器的增益通过改变复阻抗相位角来调节分数阶电容器的电容。实施例 44 是一种操作包括如

实施例 1 至 13 中任一项的分数阶电容器中任一者的 RF 通信电路的方法,方法包括以下步骤:选择分数阶电容器的介电纳米复合层中填充材料的材料重量百分比以获得指定复阻抗相位角;在共振频率下生成 RF 信号;检测 RF 通信电路中的其他组件的串联电阻值;设定分数阶电容器的负电阻值以通过改变复阻抗相位角来抵消 RF 通信电路中的其他组件的至少一部分等效串联电阻值。

[0027] 术语“约”或“大约”被限定为如由本领域技术人员所理解的接近,并且在一非限制性实施例中,这些术语被限定为在 10%内、优选地在 5%内、更优选地在 1%内和最优选地在 0.5%内。

[0028] 在权利要求或说明书中,词语“一(a或an)”在与术语“包括”连用时可能意指“一个”,但还与“一或多个”、“至少一个”和“一个或一个以上”的含义吻合。

[0029] 词语“包括(comprising)”(及其任一形式,例如“包括(comprise)”和“包括(comprises)”、“具有(having)”(及其任一形式,例如“具有(have)”和“具有(has)”、“包括(including)”(及其任一形式,例如“包括(includes)”和“包括(include)”或“含有(containing)”(及其任一形式,例如“含有(contains)”和“含有(contain)”)皆囊括各种情况或无限制,且并不排除额外的未列举要素或方法步骤。

[0030] 术语“耦合”被限定为连结,但未必直接地且未必以机械方式。

[0031] 本发明的介电材料、电极层、分数阶电容器和电子器件能够“包括”整个说明书中所公开的特定成份、组份、组合物等、“基本上由其组成”或“由其组成”。就转折词组“基本上由……组成”而言,在一非限制性方面中,本发明的电容器的基本和新颖特征是控制电容器的复阻抗角的能力。

[0032] 通过以下附图、详细描述和示例,本发明的其他目标、特征和优点将显而易见。然而,应理解,附图、详细描述和示例尽管指示本发明的具体实施例,但仅是以阐释方式而非旨在以限制方式给出。另外,预计本领域技术人员根据此详细描述将明了在本发明的精神和范围内的变化和修改。

附图说明

[0033] 图 1:本发明的分数阶电容器。

[0034] 图 2:示出了分数阶电容器的介电纳米复合材料中的填充材料的横截面。

[0035] 图 3:示出了在其中可有利地采用本发明的分数阶电容器的示例性无线通信系统的方块图。

[0036] 图 4:含有石墨烯的 P(VDF-TrFE-CFE),其示出了所制造的纳米复合电容器的损耗角正切在所测量的整个频率范围内具有恒定值。

[0037] 图 5:不含石墨烯的 P(VDF-TrFE-CFE),其示出了损耗角正切值随 10 到 100kHz 的频率的增加而大大增加。

[0038] 图 6:P(VDF-TrFE-CFE)/聚苯胺纳米复合材料,其示出了损耗角正切值随 10-100kHz 之间频率的增加而大大增加。

[0039] 图 7:聚苯乙烯,其示出了损耗角正切值随 10 到 100kHz 的频率的增加而大大增加。

具体实施方式

[0040] 已发现允许实现分数阶电容器的用于电容器的改良介电材料。特别地,通过将二维纳米复合填充材料(例如石墨烯)组合至聚合物基质中然后改变填充材料的重量百分比,能够改变电容器的复阻抗相位角,由此允许实现分数阶电容器。

[0041] 进一步在下文部分中详细论述本发明的这些和其他非限制性方面。

[0042] A. 分数阶电容器

[0043] 图1是本发明的包括介电纳米复合层的分数阶电容器的横截面视图。分数阶电容器(1)能够包括基板(10)、下电极(11)、介电纳米复合层(12)和端电极(13)。能够通过将介电纳米复合层(其包括聚合物基质和亦阐述为填充材料的二维纳米材料)夹于两个导电电极(11)和(13)之间来在基板上制造分数阶电容器。

[0044] 与具有基本上为整数阶阻抗的标准电容器相比,本发明的分数阶电容器能够获得并不限于 -90° 度值的相位差。例如,分数阶电容器能够具有介于电阻器和电容器的相位差之间的相位差,例如 -0.5 。因此,这给予电设计者在选择用于特定需求的相和能量储存/耗散关系时具有更多选项并由此容许实施到通常不可用的电路和方法中。

[0045] 1. 基板(10)

[0046] 基板(10)被用作支撑件。能够使用不同基板制造本发明的分数阶电容器。对于本领域普通技术人员已知的许多另外的基板材料能够用于本发明的分数阶电容器(1)。这些材料的非限制性示例包括无机材料(例如硅、塑料、纸等)。其他示例可包括基于 SABIC 聚合物及其共聚物和共混物(包括聚醚酰亚胺(例如 ULTEM、EXTEM、SILTEM)、聚对苯二甲酸乙二酯、聚对苯二甲酸丁二酯、聚碳酸酯(例如 LEXAN)、聚苯醚、聚烯烃、聚苯乙烯和聚氯乙烯)的基板。分数阶电容器已表示出与硅基板上的器件和金属电极等效运行。基板通常由不易因热或有机溶剂改变或降解的材料制成。

[0047] 2. 下电极和上电极(11)和(13)

[0048] 下电极(11)由导电材料制成。通常,通过使用这样的材料形成膜(例如真空沉积、溅镀、离子镀覆、镀覆、涂覆等)来获得下电极(11)。替代地,基板可经高度导电聚合物(聚 3,4-乙烯二氧噻吩:聚苯乙烯磺酸、掺杂有约 4% 二甲基亚砜(DMSO)的 PEDOT:PSS Clevios PH-1000(Heraeus))的薄层涂覆,从而用作底部电极。能够用于形成导电膜的导电材料的其他非限制性示例包括金、铂、银、铝和铜、铱、氧化铱等。此外,导电聚合物材料的非限制性示例包括导电聚合物(例如 PEDOT:PSS、聚苯胺、石墨烯等)。用于下部电极(11)的膜的厚度通常为 20nm 至 500nm。

[0049] 能够通过使用用于图案化和探测的阴影掩模进行热蒸发来将上电极(13)布置于介电纳米复合层(12)上。还可经由喷墨印刷经掺杂的 PH1000 来将顶部电极图案化。这些电容器已表现出与硅基板上的器件和金属电极等效运行。用于上电极(13)的材料也导电,且优选是铝。这些其他材料的非限制性示例包括金属、金属氧化物和导电聚合物(例如聚苯胺、聚噻吩等),例如上文在关于下电极(11)的内容中所阐述的那些材料。上电极(13)能够为由各自具有不同功函数的材料形成的单一层或层压层。另外,其可为具有低功函数的一种或更多种材料和选自以下的至少一种材料的合金:金、银、铂、铜、锰、钛、钴、镍、钨和锡。合金的示例包括锂-铝合金、锂-镁合金、锂-铜合金、镁-银合金、镁-铜合金、镁-铝合金、铜-银合金和钙-铝合金。上电极(13)的膜厚度通常为 20nm 至 500nm。

[0050] 3. 介电纳米复合层 (12)

[0051] 图 2 是插入下电极 (11) 和上电极 (13) 之间的介电纳米复合层 (12) 的横截面。介电纳米复合层 (12) 包括填充材料 (15) 和聚合物材料 (14)。在一个实例中,介电纳米复合层 (12) 能够为使用石墨烯作为填充材料 (其可未氧化或部分氧化) 和聚合物 (14) 的共混溶液。聚合物 (14) 内的石墨烯的浓度为 0.1wt% 到 15wt%。石墨烯合成的非限制性示例包括根据经修改的 Hummer 法 (DOI:10.1021/ja01539a017) 由石墨制备石墨氧化物或剥离石墨氧化物以形成石墨烯氧化物随后实施单水合肼还原。(DOI:10.1016/j.carbon.2011.02.071)。

[0052] 能够通过获得包括聚合物和悬浮填充材料的溶液来沉积介电纳米复合层。能够通过以下方式来沉积溶液:刮涂、滴注、旋涂、弯月面涂覆、转移印刷、喷墨印刷、胶版印刷、丝网印刷工艺、浸涂、浇注、棒涂覆、辊涂、线棒涂覆、喷雾、丝网印刷、凹版印刷、柔性版印刷、胶版印刷、凹版胶版印刷、分配涂覆、喷嘴涂覆、毛细管涂覆等。

[0053] B. 产生分数阶电容器的工艺实施例

[0054] 参照图 2,通过将填充材料 (15) 和聚合物 (14) 的介电纳米复合层 (12) 布置于两个导电电极之间来在硅基板上制造分数阶电容器 (1)。能够使用经 Pt 涂覆的硅基板并在器件制造之前使用丙酮、IPA 和去离子水清洗该硅基板。能够根据期望负载量称取 0.1wt.% 至 15wt.% 的石墨烯粉末然后被悬浮于溶液中并被超音波处理 1 到 10 小时。向溶液中添加聚合物 (14) 并继续搅拌。将石墨烯/聚合物溶液超音波处理 4 次 (1 到 300min),从而得到在聚合物溶液中的石墨烯悬浮液以备用于浇注。

[0055] 能够通过滴注来沉积介电纳米复合层 (12) 溶液,然后干燥 1 到 24 小时。将风干膜转移至真空中并干燥 1 到 48 小时。热蒸发顶部铝电极并使用阴影掩模在膜的顶部表面上对该顶部铝电极进行图案化。

[0056] 本发明的工艺能够高效地大量产生高性能分数阶电容器。

[0057] C. 分数阶电容器的应用

[0058] 电容器是集成电路中的主要组件之一且广泛用于许多电子器件中。本发明的分数阶电容器能够被用于实施通常不可用的电路和方法。这包括减小电路中所需的组件数量,增强电路的共振频率,容许更灵活地使电子滤波器的频率响应成型,和允许实现负电阻和频率依赖性负电阻器。这些后述益处能够极具价值并且能够导致更具通用性的电子电路。

[0059] 分数阶电容器还提供能量储存功能性。在板上施加电压时,电介质中的电场使电荷移动,且由此储存能量。由分数阶电容器储存的能量的量取决于绝缘材料的介电常数和电介质的尺寸 (总面积和厚度)。能够通过改变填充材料的量和类型来改变本发明的分数阶电容器的介电常数。为使电容器可累积的总能量的量最大化,介电常数被最大化,且介电层的厚度被最小化。

[0060] 上文所公开的分数阶电容器还可用于集成电路中。例如,分数阶电容器可为逻辑器件 (例如微处理器) 中的 NAND 或 NOR 门的一部分。尽管已陈述具体电路,但本领域技术人员应了解,并非需要所有所公开电路来实践本公开。另外,并未阐述某些熟知电路以维持着眼于本公开。

[0061] 图 3 是示出了可有利地采用本公开实施例的示例性无线通信系统 40 的方块图。出于阐释目的,图 3 示出了三个遥控单元 42、43 和 45 和两个基站 44。应认识到,无线通信系

统可具有更多个遥控单元和基站。遥控单元 42、43 和 45 包括含有所公开分数阶电容器的电路器件 42A、42C 和 42B,所述电路器件可包括集成电路或可印刷电路板。应认识到,含有集成电路或可印刷电路板的任何器件亦可包括本文所公开的分数阶电容器,包括基站、切换器件和网络设备。图 3 示出了自基站 44 至遥控单元 42、43 和 45 的正向链路信号 48 和自遥控单元 42、43 和 45 至基站 44 的反向链路信号 49。

[0062] 在图 3 中,遥控单元 42 被示出为移动电话,遥控单元 43 被示出为便携计算机,且遥控单元 45 被示出为位于无线局部回路系统中的固定位置遥控单元。例如,遥控单元可为移动电话、手持个人通信系统 (PCS) 单元、便携数据单元 (例如个人资料助理)、GPS 启用器件、导航器件、机顶盒、音乐播放器、视频播放器、娱乐单元、固定位置数据单元 (例如仪表读取设备) 或储存或恢复数据或计算机指令的任何其他器件或其任意组合。尽管图 3 图示了根据本公开的教导内容的遥控单元,但本公开并不限于这些示例性阐释单元。本公开的实施例可适宜地用于包括分数阶电容器 1 的任何器件中。

[0063] 尽管已详细阐述了本公开及其优点,但应理解,在不脱离如由所附权利要求所限定的本公开的技术的情况下,能够在本文中作出各种改变、替代和更改。另外,本申请的范围并不旨在限于本说明书中所阐述的工艺、机器、制品、物质组成、方式、方法和步骤的特定实施例。如本领域普通技术人员根据本公开将容易地了解的,可根据本公开利用当前存在或稍后将研发的实现与本文所阐述的对应实施例大致相同功能或达到大致相同结果的工艺、机器、制品、物质组成、方式、方法或步骤。因此,所附权利要求旨在在其范围内包括这些工艺、机器、制品、物质组成、方式、方法或步骤。

[0064] 示例

[0065] 会借助具体示例更详细地阐述本发明。下列示例仅用于阐释性目的、而非旨在以任何方式限制本发明地给出。本领域技术人员应将容易地识别各种非关键参数,能够对这些参数进行改变或修改以得到基本上相同的结果。

[0066] 示例 1

[0067] (含有石墨烯的 P(VDF-TrFE-CFE),其示出了所制造纳米复合电容器的损耗角正切在整个所测量频率范围内具有恒定值)

[0068] 实施损耗角正切测试以示出分数电容器表现出相对于频率的恒定相特性。等效地,分数电容器相对于频率将表现出恒定损耗角正切 (即 $\tan(\text{损耗角正切}) + \text{相位} = 90^\circ$)。在示例中,示出了具有不同石墨烯负载量的三种试样且清晰观察到损耗角正切和/或相位在大频率范围内较为恒定。图 4 也示出了 2% 和 1.75% 负载量较 0.75% 的负载量更为稳定。(参见图 4)

[0069] 示例 2

[0070] (不含石墨烯的 P(VDF-TrFE-CFE),其示出了损耗角正切值随 10 到 100kHz 的频率的增加而大大增加)

[0071] 为验证本发明的分数阶电容器的独特结果,获得来自 3 个其他静电电容器的另外损耗角正切数据。所选膜为:(1) 不含石墨烯的 P(VDF-TrFE-CFE), (2) P(VDF-TrFE-CFE)+ 聚苯胺 (PANI), 和 (3) 聚苯乙烯。在这些测试中,结果示出了 P(VDF-TrFE-CFE) 聚合物膜的损耗角正切在 10 到 100kHz 内具有显著变化 (变化约 140%)。这主要是由于不存在石墨烯片材且由此并不形成微电容器。显而易见,损耗角正切的稳定性是在聚合物基质中添加

导电石墨烯的效应（参见图 5）。

[0072] 示例 3

[0073] (P(VDF-TrFE-CFE)/聚苯胺纳米复合材料,其示出了损耗角正切值随 10 到 100kHz 的频率的增加而大大增加)

[0074] 使用填充有导电 PANI 颗粒的不同复合材料系统 P(VDF-TrFE-CFE) 实施另外的测试。在图 6 中,这些膜的性能清晰示出损耗角正切在相同所选频率范围内具有较大变化(>130%)。尽管这是渗透复合材料,但相对于石墨烯片材,PANI 颗粒具有低得多的纵横比且不能模仿 RC 网络模拟所需的微电容器结构化。

[0075] 示例 4

[0076] (聚苯乙烯,其示出了损耗角正切值随 10 到 100kHz 的频率的增加而大大增加)

[0077] 还在图 7 中测试聚苯乙烯的常规电容器膜。与上述电容器测试相比,尽管损耗角正切值低约 3 个数量级,但聚苯乙烯显示最大损耗变化(>400%)。

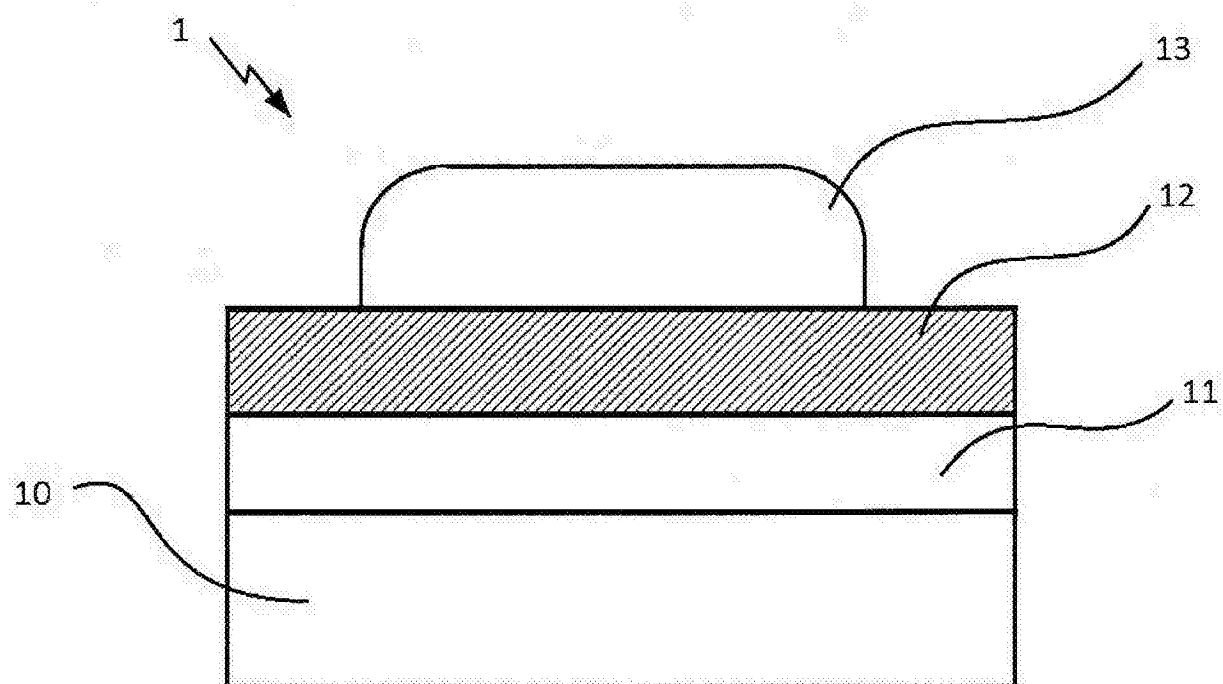


图 1

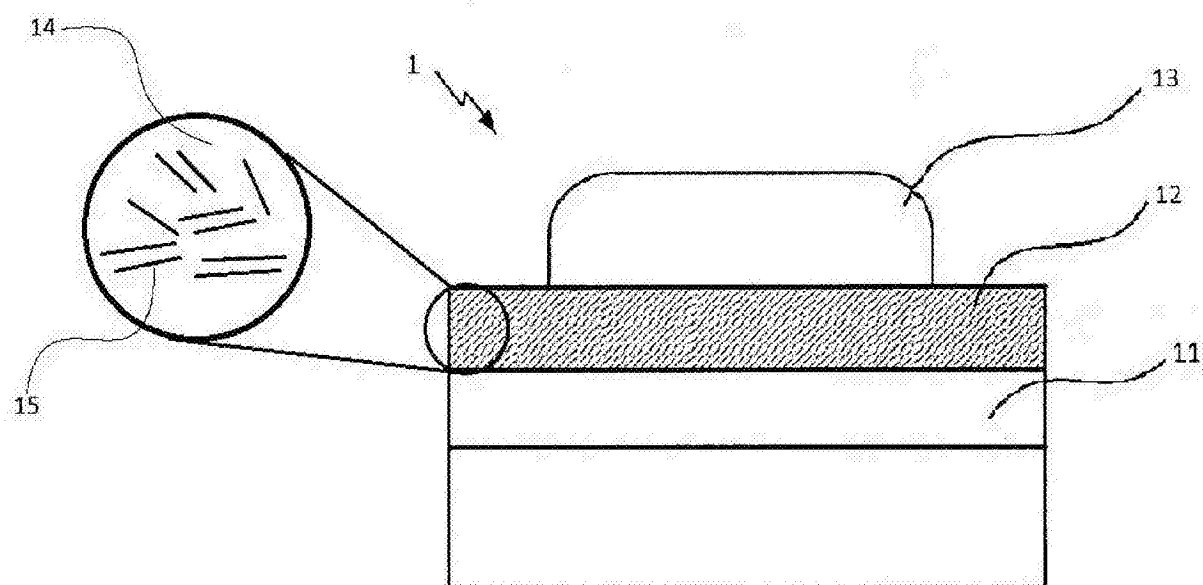


图 2

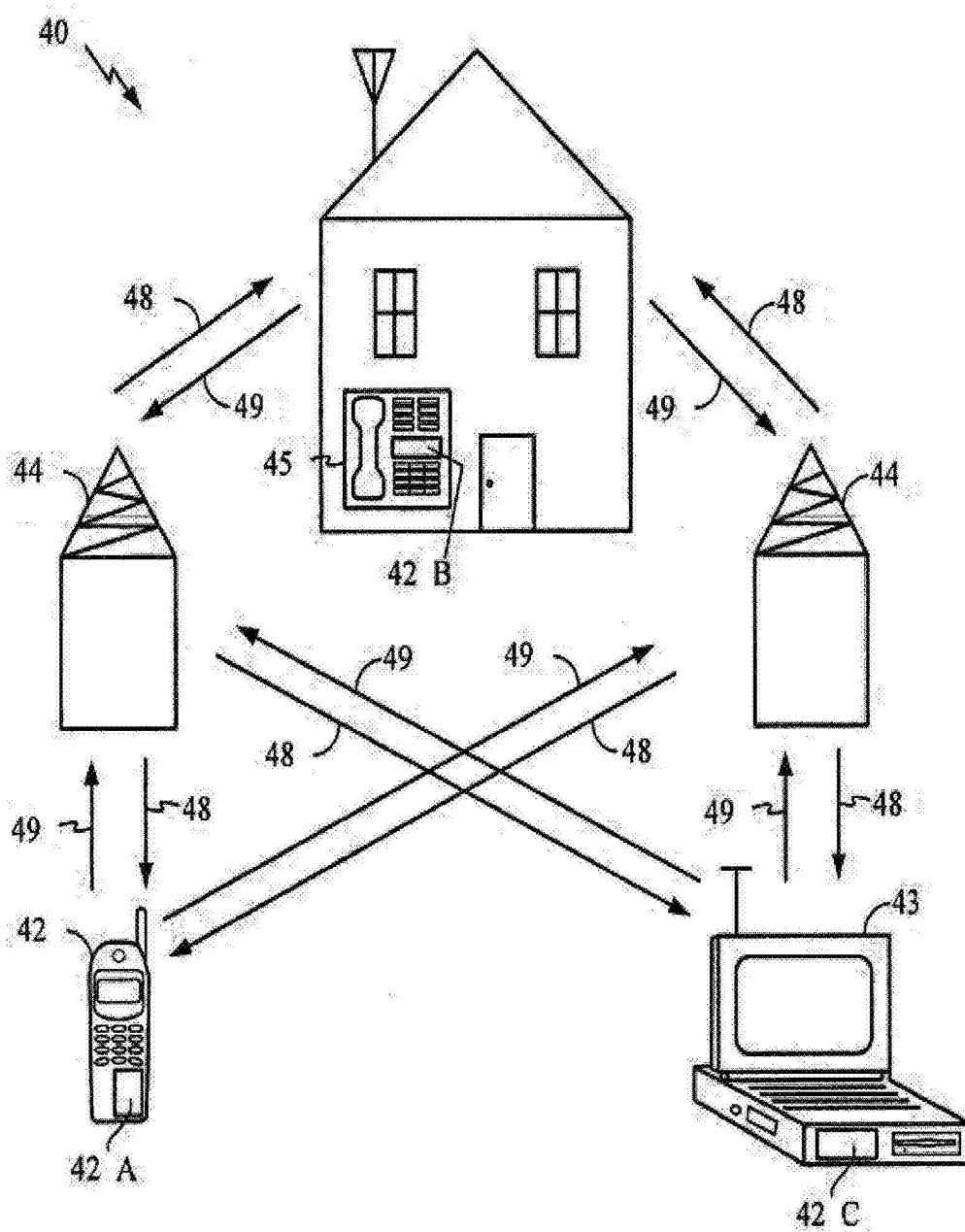


图 3

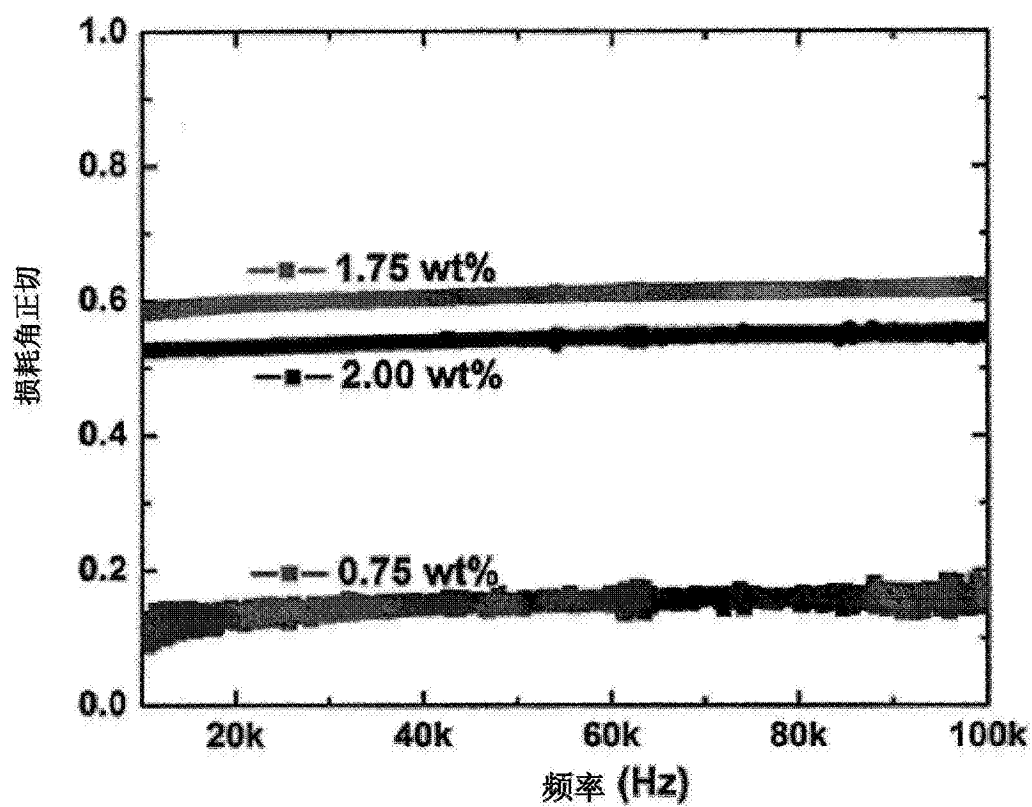


图 4

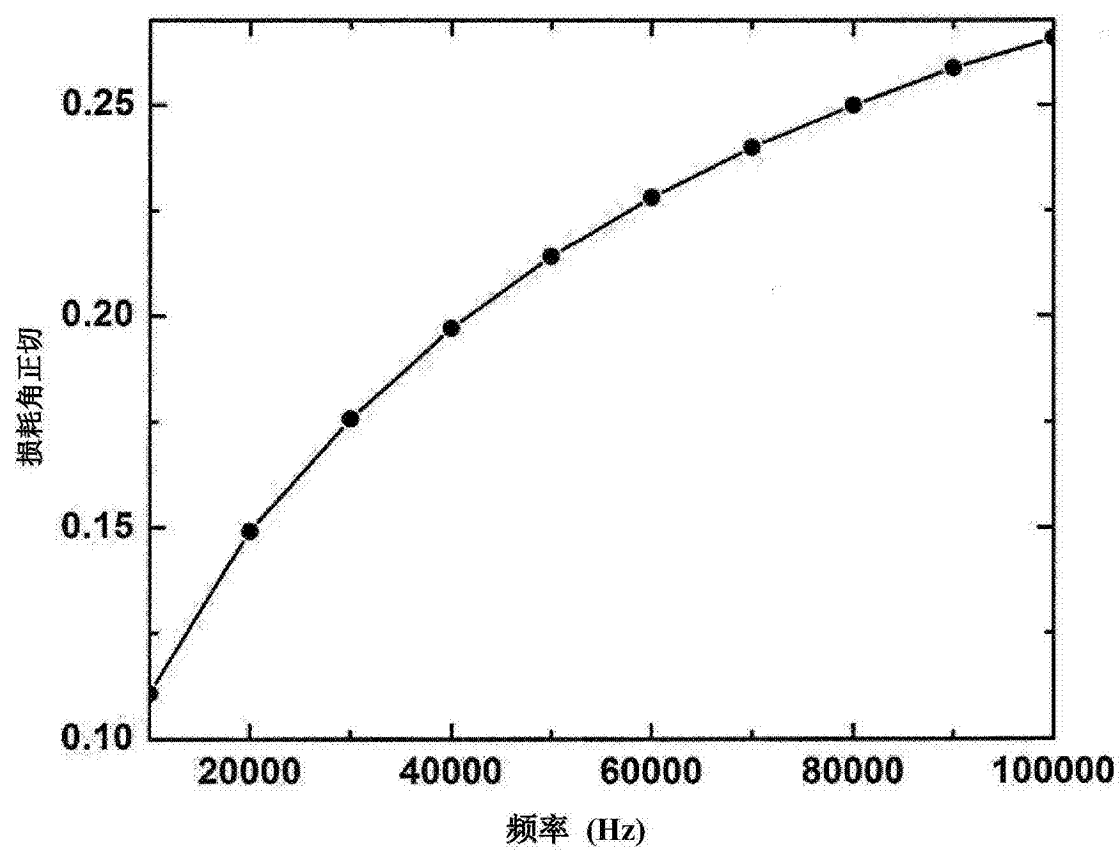


图 5

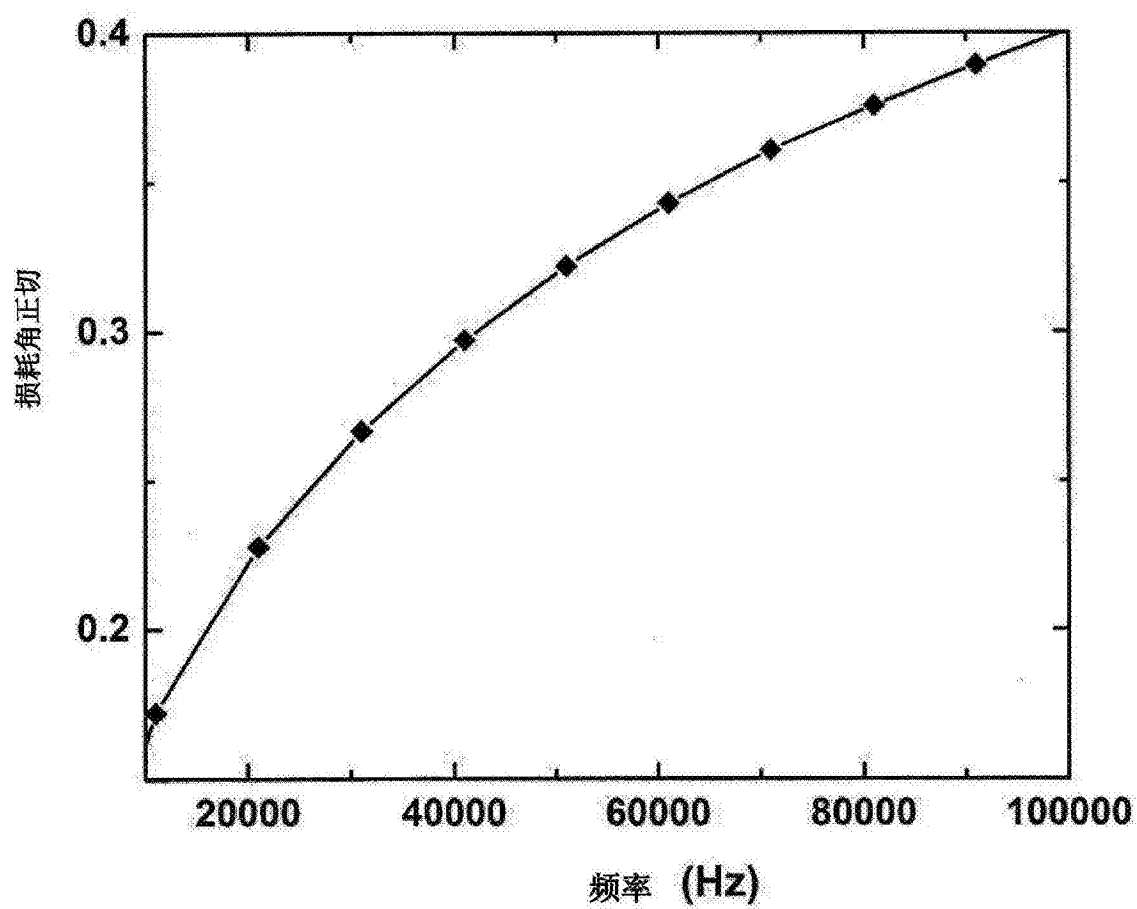


图 6

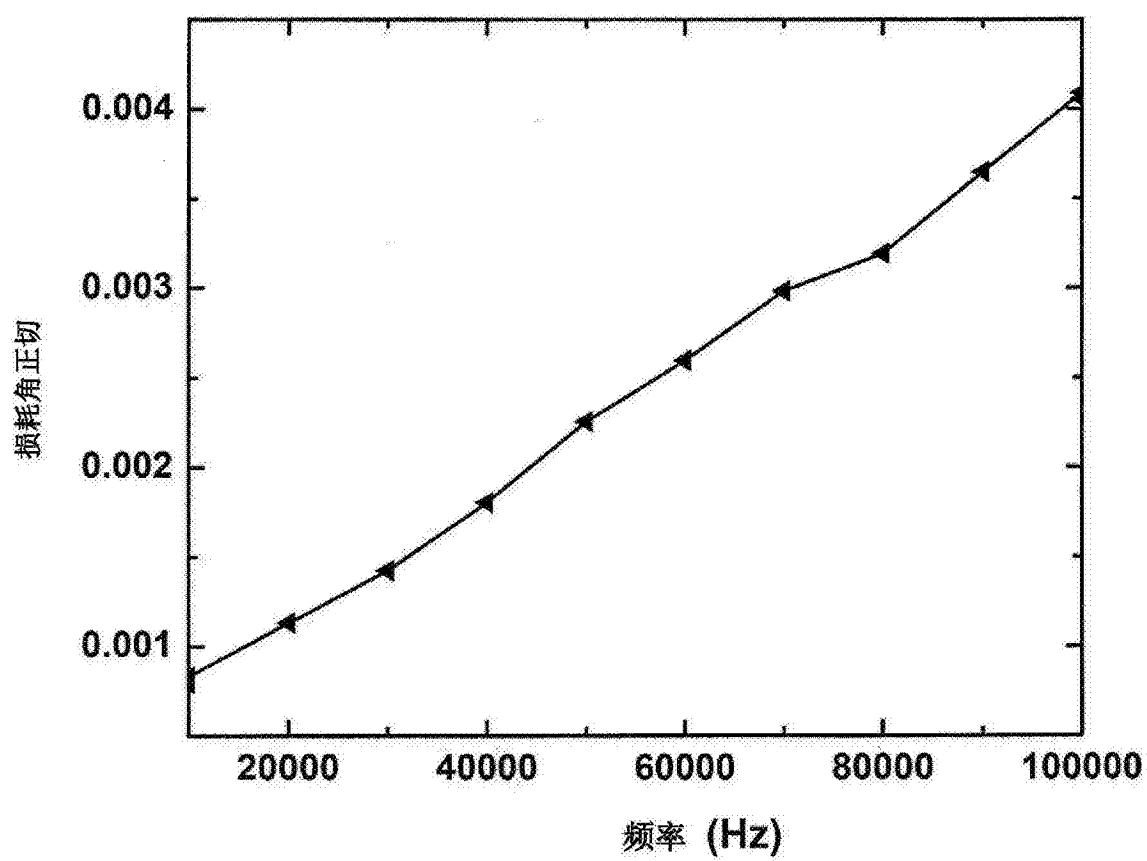


图 7