



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109478899 B

(45) 授权公告日 2021.07.27

(21) 申请号 201780045012.8

(22) 申请日 2017.07.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109478899 A

(43) 申请公布日 2019.03.15

(30) 优先权数据  
62/364,754 2016.07.20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.01.18

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/042701 2017.07.19

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/017635 EN 2018.01.25

(73) 专利权人 卡文迪什动力有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 牛晨辉 雷·帕克赫斯特  
小保罗·安东尼·托纳塔  
拉尔斯·恩斯特·约翰松

(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.  
H04B 1/04 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2012056689 A1, 2012.03.08  
CN 103782519 A, 2014.05.07  
EP 2690794 A1, 2014.01.29

审查员 马娟

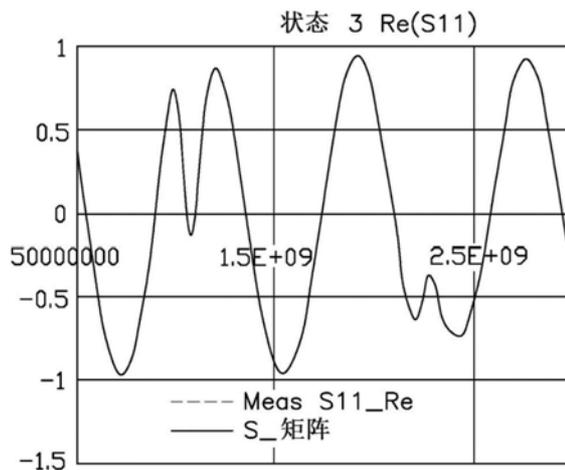
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

## (54) 发明名称

用于利用DVC调谐天线的方法

## (57) 摘要

概括而言,本公开内容涉及能够进行无线通信的任何设备,例如具有一个或更多个天线的移动电话或可穿戴设备。测量设备在三个不同DVC状态下的反射系数之后,能够计算所有其他DVC状态的反射系数。因此,仅基于三次反射系数测量,能够调谐天线以调节天线处的阻抗的任何变化。



1. 一种用于利用DVC调谐天线的方法,包括:  
测量设备在第一DVC状态下的反射系数,所述设备包括天线;  
将所述第一DVC状态改变到第二DVC状态;  
测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数;  
确定斜率查找表是否可用;  
a) 查看斜率查找表以查找要测量的第三DVC状态,或  
b) 将DVC状态改变到第三DVC状态;  
测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数;  
基于所测量的第一DVC状态、第二DVC状态和第三DVC状态的反射系数,计算所有未测量的DVC状态的反射系数;以及  
选择调谐所述天线的谐振频率的期望的DVC状态。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:检测反射系数的增加。
3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:检测反射系数的减小。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述确定包括:确定斜率查找表可用。
5. 根据权利要求4所述的方法,还包括:查看斜率查找表以查找要测量的第三DVC状态。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述确定包括:确定斜率查找表不可用。
7. 根据权利要求6所述的方法,还包括:将DVC状态改变到第三DVC状态。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,改变DVC状态包括:增大电容。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,将DVC状态改变到第二DVC状态包括:增大电容。
10. 根据权利要求7所述的方法,其中,改变DVC状态包括:减小电容。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,将DVC状态改变到第二DVC状态包括:减小电容。
12. 一种用于利用DVC调谐天线的方法,包括:  
测量设备在第一DVC状态下的反射系数,所述设备包括天线;  
测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数;  
查看斜率查找表以查找要测量的第三DVC状态;  
测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数;  
基于所测量的第一DVC状态、第二DVC状态和第三DVC状态的反射系数,计算所有未测量的DVC状态的反射系数;以及  
选择调谐所述天线的谐振频率的期望的DVC状态。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,在第一DVC状态下的反射系数和第二DVC状态下的反射系数之间,没有检测到反射系数的变化。
14. 根据权利要求12所述的方法,还包括:确定斜率查找表可用。
15. 一种用于利用DVC调谐天线的方法,包括:  
测量设备在第一DVC状态下的反射系数,所述设备包括天线;  
测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数;  
将DVC状态改变到第三DVC状态;  
测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数;  
基于所测量的第一DVC状态、第二DVC状态和第三DVC状态的反射系数,计算所有未测量的DVC状态的反射系数;以及

选择调谐所述天线的谐振频率的期望的DVC状态。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,在测量电容以获得第一DVC状态和在第二DVC状态下测量电容之间,没有检测到电容的变化。

17. 根据权利要求15所述的方法,还包括:确定斜率查找表不可用。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中,改变DVC状态包括:增大电容。

19. 根据权利要求15所述的方法,其中,改变DVC状态包括:减小电容。

## 用于利用DVC调谐天线的方法

[0001] 相关申请的交叉引用以及要求优先权

[0002] 本申请要求于2016年7月20日提交的、序列号为62/364,754的美国临时专利申请的优先权及权益,故为了所有适用的目的,通过引用的方式将其整体并入本文。

### 背景技术

#### 技术领域

[0003] 概括而言,本公开内容的实施例涉及具有无线调制解调器的任何设备,例如移动电话或可穿戴设备,该设备具有一个或多个天线以支持该设备与相应的无线网络的无线通信,其进一步简称为设备。

[0004] 相关技术描述

[0005] 在理想的世界中,设备总是接收强的、恒定的信号。到目前为止,无线信号的强度通常总是在变化,并且设备的理想世界只能够在“自由空间”中找到,在该“自由空间”中,设备悬浮在空气中而没有移动且没有与人的任何物理交互。由于设备的实际使用通常需要用户和设备之间的物理交互,因此理想的自由空间条件仅存在于制造设施和测试设施。一旦处于操作中并且在用户的手中,设备将经历信号环境的变化,例如由用户接近设备引起的所谓的头/手效应。

[0006] 头/手效应是指设备的天线的电气特性的变化,该变化通常由于用户的人体组织的接近而导致天线的电容性负载引起。在自由空间中没有用户,但在实际使用中几乎总是有用户。当用户物理地与设备交互或靠近设备时,天线的电气特性改变。因此,一旦处于操作中,设备的天线很少以理想电气特性操作,该理想电气特性通常是在生产期间凭借通常在自由空间中执行的校准来实现和测量的操作。

[0007] 当天线的电气特性由于环境或头/手效应而改变时,天线正确发送/接收无线信号的能力可能受到严重影响,这可能导致连接断开、未接来电、未发送/接收消息、以及数据业务和互联网操作的中断。这种性能下降是由于天线的辐射性能的变化以及天线对设备中发送/接收信号路径呈现的阻抗的变化。

[0008] 因此,强烈需要在操作期间保持天线的辐射和阻抗特性,并补偿由与用户的交互和/或环境的变化而引起的任何变化。

#### 发明内容

[0009] 概括而言,本公开内容涉及能够进行无线通信的任何设备,例如具有一个或多个天线的移动电话或可穿戴设备。在三个不同数字可变电容器(DVC)状态下测量三个不同反射系数之后,能够计算所有其他DVC状态的反射系数。因此,仅基于三次测量,能够调谐天线以调节天线处的阻抗的任何变化。

[0010] 在一个实施例中,一种方法,包括:测量设备在第一DVC状态下的反射系数;将DVC状态改变到第二DVC状态;测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数;确定斜率查找表是

否可用; a) 查看斜率查找表以查找要测量的第三DVC状态, 或, b) 将DVC状态改变到第三DVC状态; 测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数; 计算所有未测量的DVC状态的反射系数; 以及, 选择期望的DVC状态。

[0011] 在另一个实施例中, 一种方法, 包括: 测量设备在第一DVC状态下的反射系数; 测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数; 查看斜率查找表以查找要测量的第三DVC状态; 测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数; 计算所有未测量的DVC状态的反射系数; 以及, 选择期望的DVC状态。

[0012] 在又一个实施例中, 一种方法, 包括: 测量设备在第一DVC状态下的反射系数; 测量所述设备在第二DVC状态下的反射系数; 将DVC状态改变到第三DVC状态; 测量所述设备在第三DVC状态下的反射系数; 计算所有未测量的DVC状态的反射系数; 以及, 选择期望的DVC状态。

[0013] 附图简要说明

[0014] 因此, 以本公开内容的上述特征能够被详细地理解的方式, 可以通过参考实施例来获得上面简单概括的本公开内容的更具体描述, 在附图中示出了实施例中的一些。然而, 应该注意的是, 附图仅示出了示例性实施例, 并且因此不被认为是对其范围的限制, 可以允许其他等效实施例。

[0015] 图1是自由空间中的设备的示意图, 在该示例中设备是蜂窝电话。

[0016] 图2是附近有手的设备的示意图, 在该示例中设备是蜂窝电话, 其中, 手是电气环境中能够影响天线的电气特性和操作的任何类型变化的占位符。

[0017] 图3是具有DVC和天线的设备的示意图, 在该示例中设备是蜂窝电话。

[0018] 图4是根据一个实施例的DVC作为可变电抗的许多可能实例之一的示意图。

[0019] 图5A-5C是根据一个实施例的能够用作可变电抗的微机电 (MEMS) 设备的示意性横截面示图。

[0020] 图6-9是示出相对于实际测量状态的计算的状态的图。

[0021] 图10是示出用于仅用三个数据点来调谐天线的过程的流程图。

[0022] 为了便于理解, 在可能的情况下使用相同的附图标记来指定附图共有的相同元件。应预期的是, 在没有其他叙述的情况下, 一个实施例的元件和特征可以有益地合并在其其它实施例中。

## 具体实施方式

[0023] 概括而言, 本公开内容涉及能够进行无线通信的任何设备, 例如具有一个或更多个天线的移动电话或可穿戴设备。在三个不同DVC状态下测量反射系数之后, 能够计算所有其他DVC状态的反射系数。因此, 仅基于三次测量, 能够调谐天线以调节天线处的阻抗的任何变化。

[0024] 图1是自由空间中的设备100的示意图, 其中, 该设备具有一个或更多个天线。设备100具有至少一个天线102, 该至少一个天线102可以在设备主体的外部。应该理解, 天线102不限于在外部。相反, 天线102可以设置在设备主体的内部。设备100可以用于通过任何无线连接发送/接收电子邮件、语音呼叫、文本消息和诸如因特网网页和应用之类的数据, 无线连接例如为但不限于利用分配给2G、3G、4G LTE (长期演进) 等的各种频带的蜂窝服务, 和/

或WiFi、蓝牙、NFC,在此仅列举几个其他无线连接类型的例子。如图1中所示,设备100处于自由空间中,在自由空间中,在干扰设备100操作的位置处没有设置其他物体(例如人)。然而,当人与设备100交互时,出现头/手效应并且天线102的电气特性改变。

[0025] 图2是附近有手202的设备100的示意图。手202举示了设备100在操作期间暴露于的环境相互作用的许多可能的形式之一,其能够对天线102的电气特性产生影响。当手202如箭头“A”所示移近设备100时,天线102的电气环境改变。具体地,手202通常增加使天线102的谐振频率移位的电容性负载,但是电气特性能够以其他方式(例如电容性负载的减小或天线的电感性负载的变化)而改变。当设备100接近用户的头部(未示出)、被放置在物理对象上或接近移动物体时,会发生类似的效应,所有这些都能够干扰天线102的电气特性。当手202如箭头“B”所示远离设备100移动时,天线102的电气特性再次改变。具体地,手的移除通常移除再次使天线102的谐振频率移位的电容性负载,但天线的电抗性负载的其他变化也是可能的。事实上,使手202远离设备100移动使天线102的电气特性返回到接近初始条件,其中,谐振频率返回到干扰其电气特性之前存在的状态。根据环境的具体情况及其变化,以及用户的头/手与设备100在操作期间的交互,设备100的电气环境的变化能够表示天线102的电感的变化,尽管大多数情况下,这些变化将导致电容的变化。图3是具有DVC 302和天线304的设备100的示意图,在该示例中设备是蜂窝电话。

[0026] 图4是根据一个实施例的基于微机电系统(MEMS)的DVC 400的示意图。MEMS DVC包括多个腔402,每个腔具有耦合到公共RF凸块(bump)406的RF电极404。每个腔具有一个或多个上拉(pull-in)或下拉(pull-down)电极408和一个或多个接地电极410。开关元件412在远离RF电极404的位置和接近RF电极404的位置之间移动,以改变MEMS DVC 400中的电容。MEMS DVC 400具有多个开关元件412,并且因此具有能够从天线孔径施加/移除的较大的可变电容范围,以便保持恒定的谐振频率,并补偿在环境变化或头/手效应的影响下天线的电气特性的变化。MEMS DVC 400实质上是多个单独控制的MEMS元件的集合。

[0027] 图5A-5C是根据一个实施例的单个MEMS元件500的示意性横截面示图,该单个MEMS元件500能够在MEMS DVC 400中的多个腔402中创建多个开关元件412。MEMS元件500包括RF电极502、下拉电极504、上拉电极506、覆盖RF电极502和下拉电极504的第一介电层508、覆盖上拉电极506的第二介电层510、以及能够在第一介电层508和第二介电层510之间移动的开关元件512。开关元件512耦合到接地电极514。如图5B中所示,当开关器件512离RF电极502最近时,MEMS元件500在最大电容位置处。如图5C中所示,当开关器件512离RF电极502最远时,MEMS元件500在最小电容位置处。因此,MEMS元件500创建具有两个不同电容级的可变电容器,并且将多个这样的MEMS元件500集成到单个MEMS DVC 400中能够创建具有较大粒度和电容范围的DVC,以实现保持恒定谐振频率所需的电抗性孔径调谐,并补偿在环境变化或头/手效应的影响下天线的电气特性的变化。

[0028] 通过调节单个MEMS元件500的电容,能够改变DVC 400的电容,因此这导致改变设备100的电容以调谐天线304。对于给定的天线,仅需要在三个不同DVC状态下的反射系数的复合测量(complex measurement)(即,幅度和相位)来获得模型。测量到的天线反射系数是复数:

$$[0029] \quad S_{11M} = \text{幅度}(S_{11M}) * e^{j * \text{相位}(S_{11M})} \quad (\text{等式1})$$

[0030] 通过微波电路理论,得到:

$$[0031] \quad S_{11M} = \frac{Z-50}{Z+50} = e_{00} + \frac{e_{01}e_{10}+S_{11A}}{1-e_{11}+S_{11A}} \quad (\text{等式 2})$$

$$[0032] \quad e_{00}+S_{11A} \cdot S_{11M} \cdot e_{11}-S_{11A} \cdot e_{12}-S_{11M}=0 \quad (\text{等式 3})$$

[0033] 等式3中有三个未知变量： $e_{00}$ 、 $e_{11}$ 和 $e_{12}$ （即， $e_{12}=e_{00}e_{11}-e_{01}e_{10}$ ）需要复合测量来求解针对三个DVC状态的反射系数的等式。所述反射系数是：

$$[0034] \quad S_{11A1} = \frac{1-50+j\omega C_1}{1+50+j\omega C_1} \quad (\text{等式 4})$$

$$[0035] \quad S_{11A2} = \frac{1-50+j\omega C_2}{1+50+j\omega C_2} \quad (\text{等式 5})$$

$$[0036] \quad S_{11A3} = \frac{1-50+j\omega C_3}{1+50+j\omega C_3} \quad (\text{等式 6})$$

[0037] 等式4-6求解如下：

$$[0038] \quad e_{00}+S_{11A1} \cdot S_{11M1} \cdot e_{11}-S_{11A1} \cdot e_{12}-S_{11M1}=0 \quad (\text{等式 7})$$

$$[0039] \quad e_{00}+S_{11A2} \cdot S_{11M2} \cdot e_{11}-S_{11A2} \cdot e_{12}-S_{11M2}=0 \quad (\text{等式 8})$$

$$[0040] \quad e_{00}+S_{11A3} \cdot S_{11M3} \cdot e_{11}-S_{11A3} \cdot e_{12}-S_{11M3}=0 \quad (\text{等式 9})$$

[0041] 等式7-9的解是：

$$e_{00} =$$

$$\frac{(S_{11A1}-S_{11A2}) \cdot S_{11A3} \cdot S_{11M1} \cdot S_{11M2} + (S_{11A2}-S_{11A3}) \cdot S_{11A1} \cdot S_{11M2} \cdot S_{11M3} + (S_{11A3}-S_{11A1}) \cdot S_{11A2} \cdot S_{11M1} \cdot S_{11M3}}{(S_{11A2}-S_{11A3}) \cdot S_{11A1} \cdot S_{11M1} + (S_{11A3}-S_{11A1}) \cdot S_{11A2} \cdot S_{11M2} + (S_{11A1}-S_{11A2}) \cdot S_{11A3} \cdot S_{11M3}}$$

[0042]

(等式 10)

$$e_{11} = \frac{(S_{11A2}-S_{11A3}) \cdot S_{11M1} + (S_{11A3}-S_{11A1}) \cdot S_{11M2} + (S_{11A1}-S_{11A2}) \cdot S_{11M3}}{(S_{11A2}-S_{11A3}) \cdot S_{11A1} \cdot S_{11M1} + (S_{11A3}-S_{11A1}) \cdot S_{11A2} \cdot S_{11M2} + (S_{11A1}-S_{11A2}) \cdot S_{11A3} \cdot S_{11M3}}$$

[0043]

(等式 11)

$$e_{12} =$$

$$[0044] \quad \frac{(S_{11M2}-S_{11M3}) \cdot S_{11A1} \cdot S_{11M1} + (S_{11M3}-S_{11M1}) \cdot S_{11A2} \cdot S_{11M2} + (S_{11M1}-S_{11M2}) \cdot S_{11A3} \cdot S_{11M3}}{(S_{11A2}-S_{11A3}) \cdot S_{11A1} \cdot S_{11M1} + (S_{11A3}-S_{11A1}) \cdot S_{11A2} \cdot S_{11M2} + (S_{11A1}-S_{11A2}) \cdot S_{11A3} \cdot S_{11M3}}$$

[0045]

(等式 12)

[0046] 等式10-12的分母是相同的，这能够减小计算成本。针对所有其它的DVC状态，该计算是：

$$[0047] \quad C_{DVC} = C_0 + n \cdot C_{\text{步}} \quad (\text{等式 13})$$

$$[0048] \quad S_{11A1} = \frac{1-50+j\omega C_{DVC}}{1+50+j\omega C_{DVC}} \quad (\text{等式 14})$$

$$[0049] \quad S_{11M} = e_{00} + \frac{(e_{00}e_{11}-e_{12}) \cdot S_{11A}}{1-e_{11}+S_{11A}} \quad (\text{等式 15})$$

[0050] 考虑存在具有417R的可调谐PIFA的32种状态的情况，测量500M到3GHz。假设 $C_{DVC} = C_0 + n \cdot C_{\text{步}}$ ，状态0、16和31可以用于计算。使用数据表值， $C_0 = 0.5\text{pF}$ 、 $C_{\text{步}} = 37\text{fF}$ 、 $C_{16} = C_0 + 37\text{fF} \cdot 16$ 以及 $C_{31} = C_0 + 37\text{fF} \cdot 31$ 。能够使用其他29种状态来验证建模方法。

[0051] 图6和图7示出了测量和建模非常匹配。为了推断数据，该计算假设完全线性的

DVC。该推断示出在容易识别的谐振频率处的一些噪声(参见图8和9)。

[0052] 图10是示出用于仅用三个数据点来调谐天线的过程的流程图1000。调谐的原理是测量尽可能分开的三个DVC状态。然后,计算任何其他DVC状态的反射系数。通过自由空间天线测量来挑选第一DVC状态。第二DVC状态仅距离第一DVC状态一步,以避免任何意外的过度跳转(over jump)。应该理解,调谐步长是可变的,并不仅限于一步。相反,小步长是优选的,并且单个步长仅是一个示例。如果斜率查找表是可用的,则第三DVC状态来自基于两个反射系数测量的查找表。第三DVC状态应尽可能远离第一DVC状态。如果没有可用的查找表,则要测量的第三DVC状态仅距离第二DVC状态一步。应该理解,调谐步长是可变的,并不仅限于一步。相反,小步长是优选的,并且单个步长仅是一个示例。

[0053] 调谐算法开始于框1002,其中,测量并存储初始或第一DVC状态 $S_0$ 和初始反射系数 $RC_0$ 。此后,在框1004处,确定是否已经检测到随时间的头/手加载或头/手释放。

[0054] 如果没有检测到加载或释放,则在框1006处,第二DVC状态 $S_1$ 被测量为第二反射系数 $RC_1$ 。第二DVC状态 $S_1$ 距离第一DVC状态 $S_0$ 一步。具体地,第二DVC状态 $S_1$ 比第一DVC状态 $S_0$ 低一步。换句话说, $S_1 = S_0 - 1$ 。接下来,在框1008中,确定是否存在斜率查找表。

[0055] 如果没有可用的斜率查找表,则在框1010处,将第二反射系数 $RC_1$ 的幅度与第一反射系数 $RC_0$ 的幅度进行比较。如果 $RC_1$ 的幅度低于 $RC_0$ 的幅度,则在框1012中,DVC电容测量状态又减小一步到等于 $S_0 - 2$ 的 $S_2$ 。然而,如果 $RC_1$ 的幅度高于 $RC_0$ 的幅度,则在框1014中,DVC电容测量状态从 $S_0$ 增加一步到等于 $S_0 + 1$ 的 $S_2$ 。此后,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0056] 如果在框1008处存在斜率查找表,则查阅斜率查找表以获得将在框1020中测量的第三DVC状态 $S_2$ 。此后,在框1022中测量第三DVC状态 $S_2$ ,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0057] 回顾框1004,如果检测到加载或释放,则在框1024中确定实际上检测到的是加载还是释放。如果检测到加载,则在框1026处,DVC测量状态减小到等于 $S_0 - 1$ 的第二DVC状态 $S_1$ 。在框1028处,确定斜率查找表是否可用。

[0058] 如果在框1028处存在斜率查找表,则查阅斜率查找表以获得将在框1020中测量的第三DVC状态 $S_2$ 。此后,在框1022中测量第三DVC状态 $S_2$ ,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0059] 如果在框1028处没有斜率查找表可用,则在框1030中,DVC测量状态又减小一步到等于 $S_0 - 2$ 的 $S_2$ 。此后,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0060] 如果在框1024处检测到释放,则在框1032处,DVC测量状态增加到等于 $S_0 + 1$ 的第二DVC状态 $S_1$ 。在框1034处,确定斜率查找表是否可用。

[0061] 如果在框1034处存在斜率查找表,则查阅斜率查找表以获得将在框1020中测量的第三DVC状态 $S_2$ 。此后,在框1022中测量第三DVC状态 $S_2$ ,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0062] 如果在框1034处没有斜率查找表可用,则在框1036中,DVC测量状态又增加一步到等于 $S_0 + 2$ 的 $S_2$ 。此后,在框1016中计算所有未测量的DVC状态 $S_x$ 的反射系数 $RC_x$ ,并且在框1018中选择最优化的DVC状态以用于调谐天线。

[0063] 如果以宽隔开的电容间隔获取数据点,则提高了关于图10讨论的调谐算法精度。然而,电容的大的变化能够使天线失谐到诸如蜂窝电话之类的设备与网络之间的通信中断的点。斜率查找表用于使S1和S2之间的电容间隔最大化,而不会中断设备和网络之间的通信。斜率查找表还用于确定是否需要增加或减少电容来提高整体系统性能。

[0064] S0和S1之间的斜率值表示反射系数是否随着电容缓慢或快速地变化。大的斜率表示反射系数随电容的大的变化,这反过来表示,对于下一步S2,能够仅进行小的电容变化,以避免通信问题。如果斜率小,则在中断通信信道的风险有限的情况下,能够在S1和S2之间进行较大的电容变化。此外,斜率的符号,正或负,表示是否需要增加或减少电容以提高天线性能。通常,存在用户的手和头与设备接触或在设备附近将增大天线的电容负载。通过将天线系统谐振频率调节到更接近感兴趣的频率,减小电容状态将提高整体性能。

[0065] 斜率查找表在电话设计阶段确定,并且取决于特定设备型号的天线设计,例如电话型号。一旦确定了斜率查找表,斜率查找表对于同一型号的所有设备(例如蜂窝电话)保持相同,并且不需要为每个单独的电话重新校准。通过使用三个数据点,能够在原位处精确且容易地调谐天线。

[0066] 虽然上文针对本公开内容的实施例,但在不脱离其基本范围的情况下,可以设想出本公开的其他和进一步的实施例,并且其范围由后文的权利要求来确定。

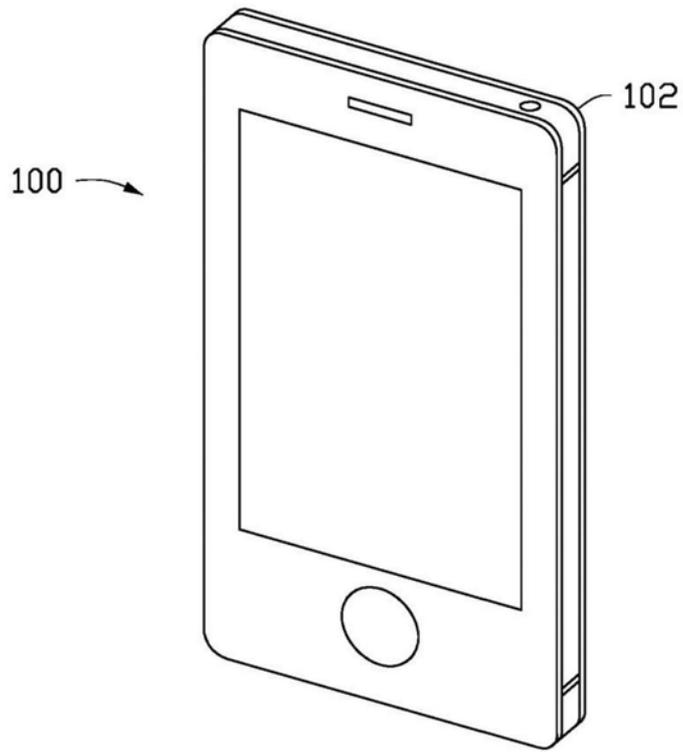


图1

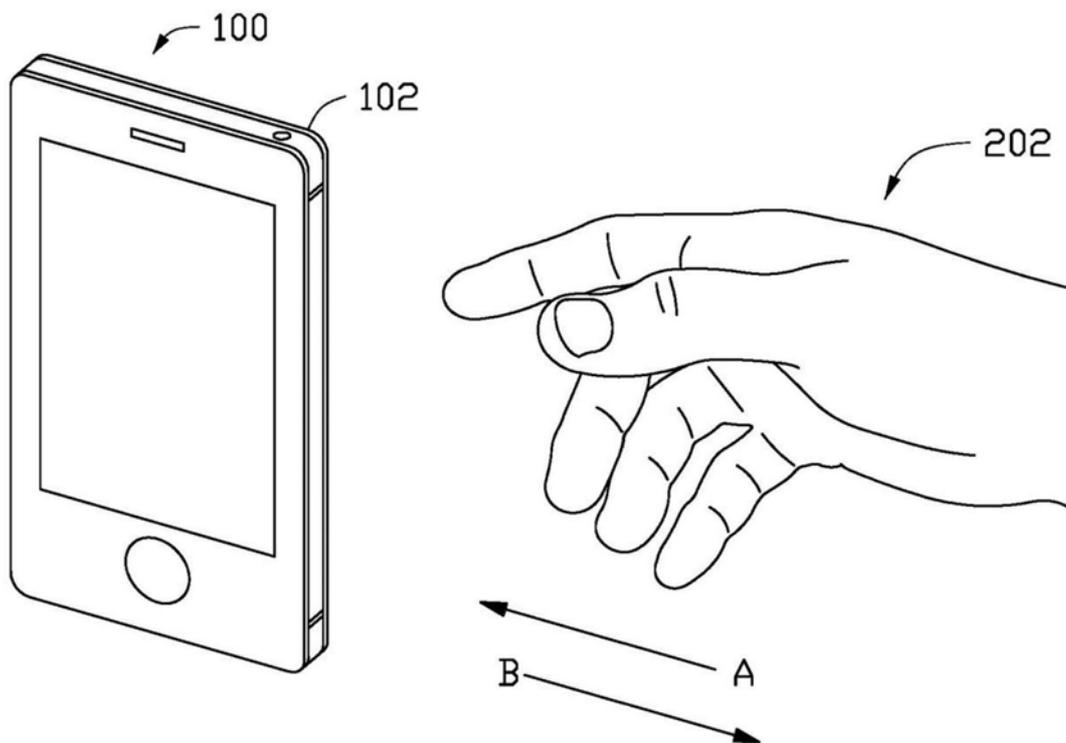


图2

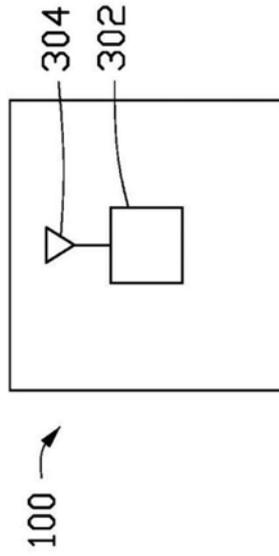


图3

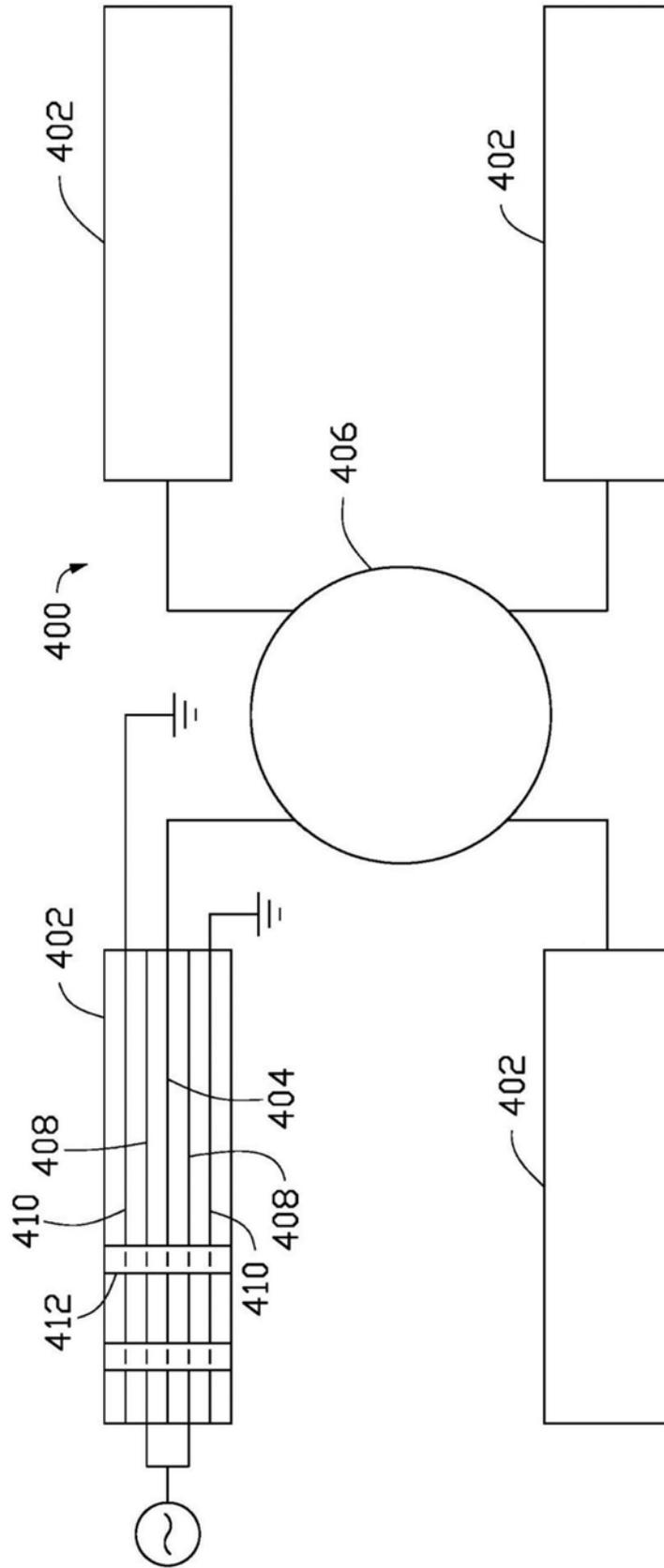


图4

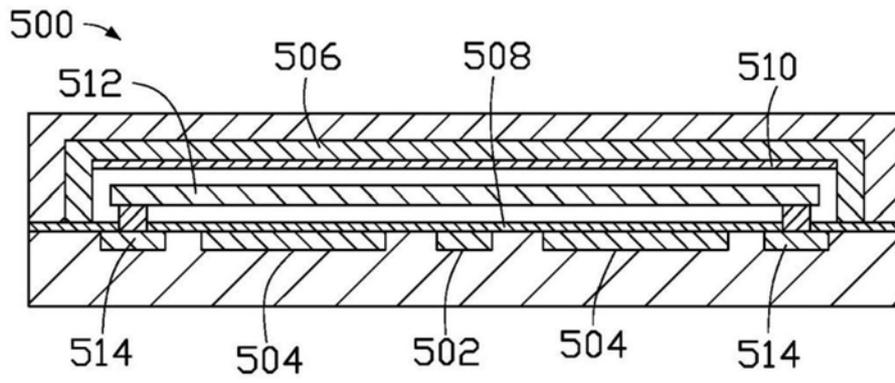


图5A

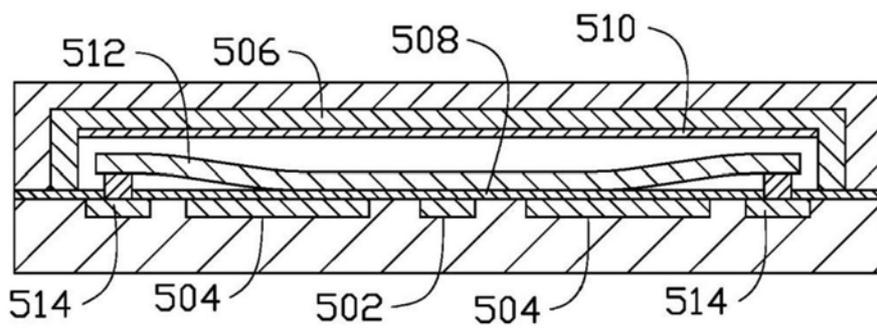


图5B

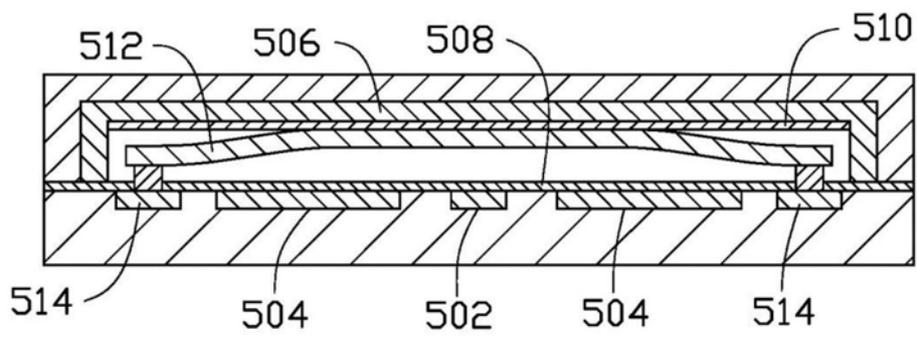


图5C

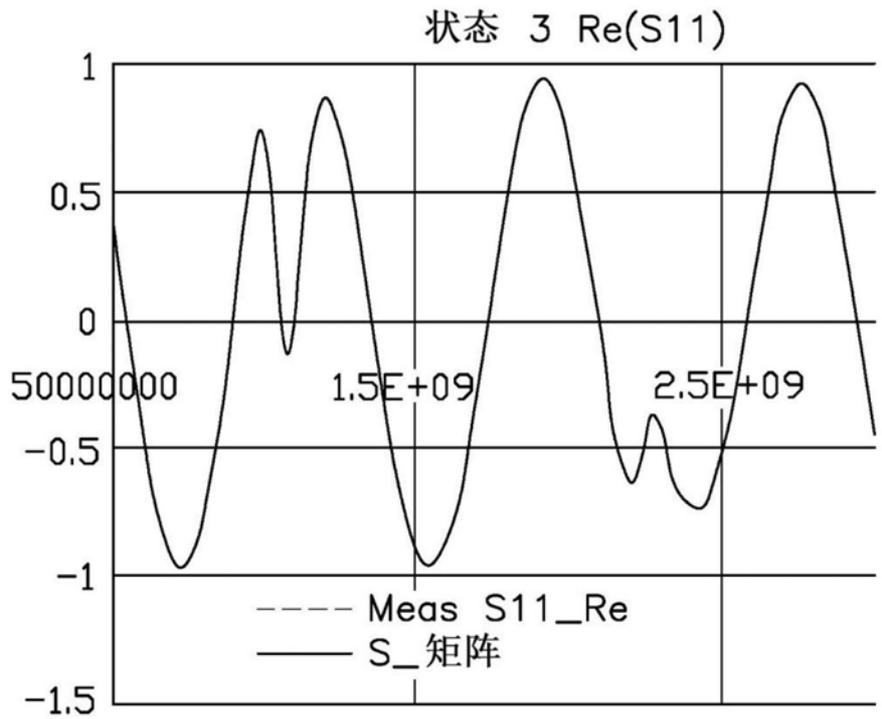


图6

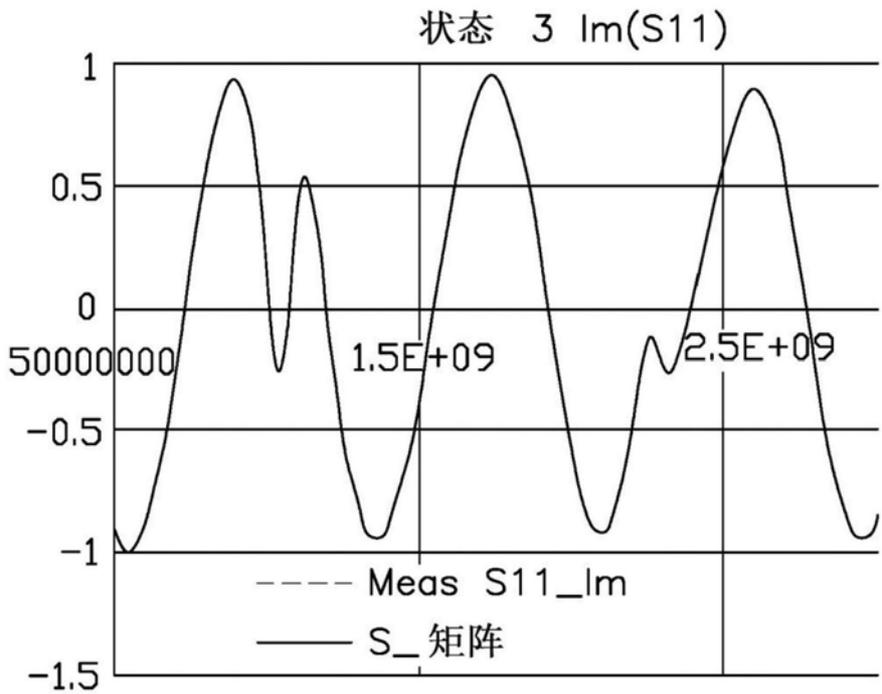


图7

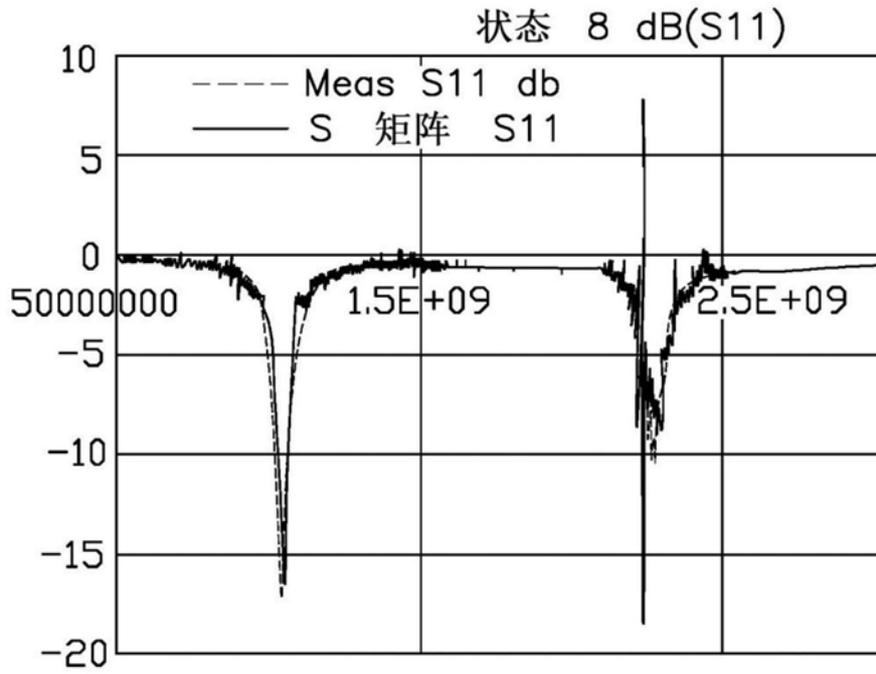


图8

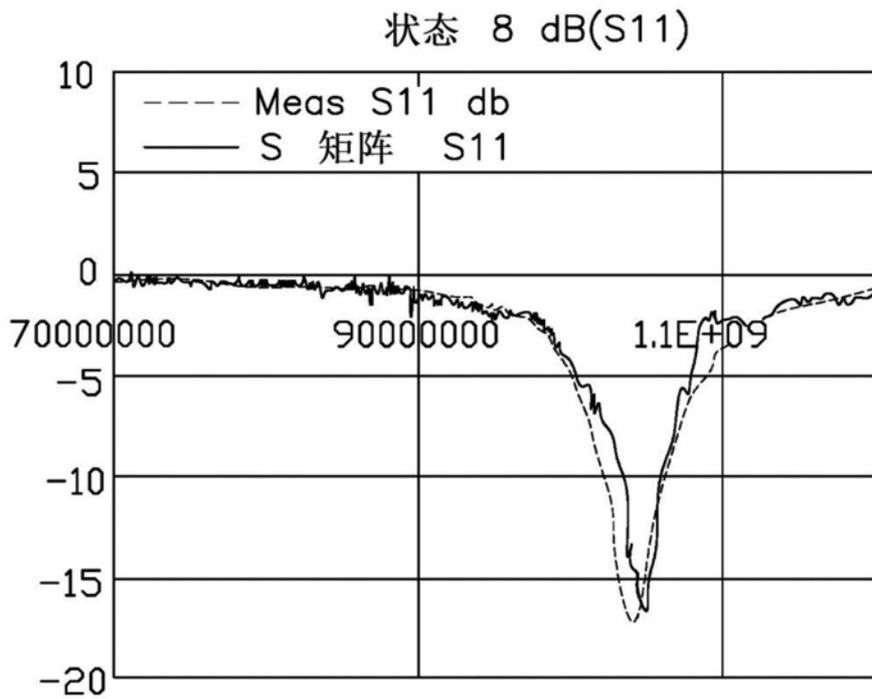


图9

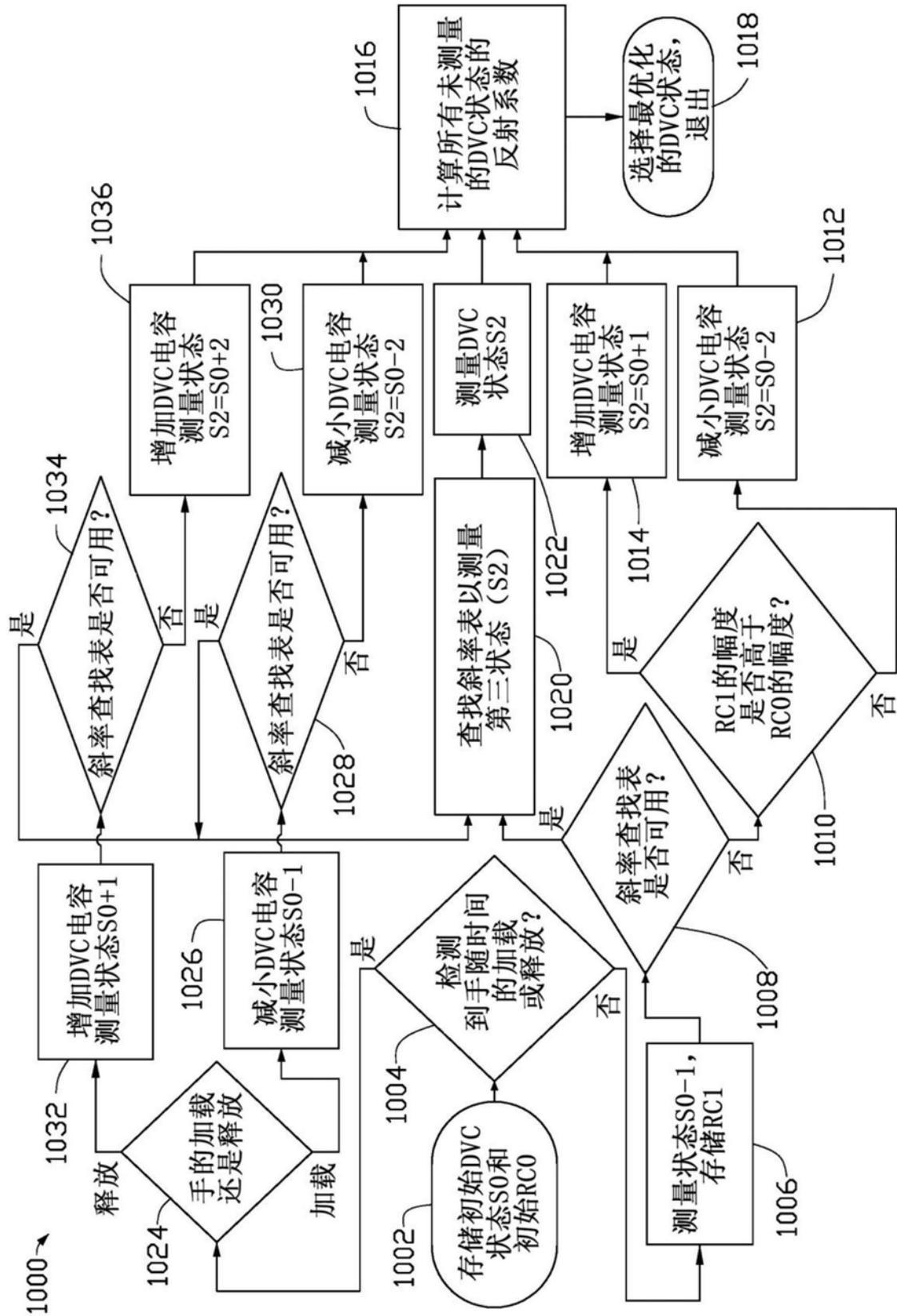


图10