



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103200894 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201180053379. 7

地址 瑞士苏黎世

(22) 申请日 2011. 09. 06

(72) 发明人 M. 卡普斯蒂克 N. 库斯特 S. 库恩  
E. 诺伊费尔德

(30) 优先权数据

1439/10 2010. 09. 06 CH

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 05. 06

代理人 张丽新

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2011/065402 2011. 09. 06

(51) Int. Cl.

A61B 18/18 (2006. 01)

A61N 1/40 (2006. 01)

(87) PCT申请的公布数据

W02012/032053 EN 2012. 03. 15

A61N 5/02 (2006. 01)

(71) 申请人 IT`IS 基金会

权利要求书2页 说明书7页 附图6页

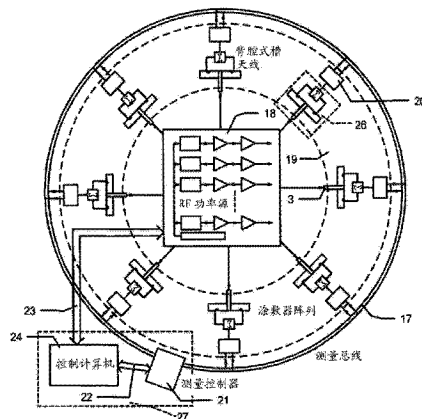
(54) 发明名称

用于隐式校正互耦和失配的具有集成的场传感器的电磁场涂敷器阵列

发明隐式校正耦合和失配, 而无需明确知道互耦和失配以及无需基于互耦和失配的计算(称为耦合矩阵), 从而使得由物体的存在造成的耦合矩阵中的变化或物体的改变被固有地考虑在内。此外, 通过连续地依次激励每个元件, 即使存在源阻抗变化和不确定电缆长度的情况下, 本发明也能够直接确定阵列的确切互耦矩阵, 从而使得可以计算初始激励幅值和相位从而允许快速调整到期望的值。一个特定感兴趣的应用是在射频高热涂敷器系统中。

(57) 摘要

本发明涉及用于在限定的体积或区域内产生特定的场分布的系统。该系统包括电磁场产生元件的阵列, 每个元件具有集成的传感器, 用于测量金属元件(天线或线圈)中流动的电流或基于槽的元件中的场的幅值和相位; 测量设备, 以使得能够测量来自传感器的电信号的相位和幅值两者, 且具有足够的动态范围用于该信号的量化; 具有个别可控的幅值和相位以激励每个电磁场产生元件的多通道射频功率源; 以及反馈控制器, 使得能够基于来自传感器的信号受控地调整射频功率源的幅值和相位。该系统控制多通道射频功率源的输出, 从而使得金属元件中的电流或基于槽的电磁场产生元件中的场提供期望的电磁场值, 并且由每个电磁场产生元件产生的场的叠加在所述限定的体积或区域中产生所述特定的电磁场分布。由于由每个传感器采集的信号与相关联的电磁场产生元件中的电流或场的相位和幅值直接相关, 并且因此与由阵列元件产生的电磁场直接相关, 其中测量的电流或场是施加的(来自射频功率源)和来自互耦和反射的二次激励的两者总和, 因此测量的值表示没有互耦、反射和失配情况下的理想激励。反馈控制器修改该直接激励, 从而使得总激励是理想的阵列激励而没有耦合或失配。本



1. 一种用于在限定的体积或区域中产生预定的电磁场分布的系统,其包括连接到电磁场产生元件(26)的阵列(19)的多通道射频或微波功率源(18),以及用于控制所述射频或微波功率源(18)以获得期望由每个元件(26)产生的电磁场、从而使得由每个电磁场产生元件产生的场的叠加在所述限定的体积中产生所述预定的电磁场分布的反馈控制器(27),给控制器(27)的反馈是由每个产生元件产生的电磁场的幅值和相位,其特征在于电流或(电、磁或电磁)场传感器(4)被集成到每个电磁场产生元件(26)中,用于直接感测元件激励并且因此间接感测由每个产生元件(26)产生的电磁场的幅值和相位,所述传感器(4)与测量设备(20)互连,所述测量设备(20)用于确定来自每个传感器(4)的信号的幅值和相位,并且因此确定由每个元件(26)产生的电磁场。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述电磁场产生元件(26)是(基于导体或槽(2)元件的)天线或线圈。

3. 根据权利要求1或2所述的系统,其中所述多通道射频功率源(18)配备有控制装置,用于个别控制幅值和相位(8)从而产生个别控制的射频输出(11)。

4. 根据权利要求1至3中任一项权利要求所述的系统,其中所述电磁场产生元件(26)配备有馈送端口(3),来自输出(11)的射频功率施加到该馈送端口,以及所述电磁场产生元件(26)配备有一个或多个集成的传感器(4),用于测量在金属元件中流动的电流或基于槽的元件(2)中的场(其类似于金属元件中的电流)的幅值和相位,所述传感器的输出是电信号,该电信号是所述电流或场的度量。

5. 根据权利要求1至4中任一项权利要求所述的系统,其中所述电磁场产生元件(26)位于任意配置的阵列(19)中,从而使得每个元件(26)可由射频功率源(18)的一个通道的射频功率输出(11)激发,并且从而使得来自场产生元件(26)的集成的传感器(4)的电信号与每个元件(2)中的射频电流(或在槽的情况下为场)成比例。

6. 根据权利要求1至5中任一项权利要求所述的系统,其中具有集成的电流(或在基于槽的元件的情况下为场)传感器(4)的电磁场产生元件(26)在存在元件之间互耦的情况下提供由每个电磁场产生元件产生的电磁场的相对幅值和相位的直接指示,并且因此在存在互耦的情况下提供对施加的场的控制。

7. 根据权利要求1至6中任一项权利要求所述的系统,其中所述测量设备(20)具有足够的动态范围,以使能对来自传感器(4)的电信号的幅值和相位两者的测量。

8. 根据前述权利要求中任一项权利要求所述的系统,其中所述测量设备(20)是同相/正交(IQ)解调器(14)或矢量伏特计,由此将所测量的电信号乘以校准因数能够使得由每个个别电磁场产生元件(26)产生的电磁场能够被量化。

9. 根据权利要求1至8中任一项权利要求所述的系统,其中每个电磁场产生元件(26)与测量设备(20)中的通道集成,从而形成模块,从而使得每个模块可配备有个别身份或序列号,从而使得校准数据可以被无缝地分配给每个电磁场产生元件,模块能够替换从而使能快速修复和/或维修,并且由此个别身份提供具有不同硬件的自动检测和校准数据的分配的“即插即用”能力。

10. 根据权利要求1至9中任一项权利要求所述的系统,其中所述反馈控制器(27)使能对多通道射频功率源(18)的每个个别的通道幅值和相位(8)的调整,从而使得由传感器(4)感测且由测量设备(20)测量的电磁场辐射元件(26)电流(或在基于槽的元件的情况下

为场)是期望的电流或场。

11. 根据权利要求1至10中任一项权利要求所述的系统,适于将射频能量聚焦到一个或多个介电物体或所述一个或多个介电物体的一个或多个区域,以便激励原子、分子或细胞结构或提高在所述一个或多个物体中或所述一个或多个介电物体中的一个或多个区域中的温度。

12. 根据权利要求1至11中任一项权利要求所述的系统,适于将场和电流感应到人类患者或该患者的特定区域中,从而激励原子、分子、神经或其它化学或细胞机制。

13. 根据权利要求1至10中任一项权利要求所述的系统,适于在空间中定位物体。

14. 根据权利要求1至13中任一项权利要求所述的系统,其中控制连接到电磁场产生元件的阵列(19)的多通道射频功率源(18),其中感测的电流(或在基于槽的元件的情况下是场)是没有耦合或失配的理想阵列(19)的、期望的电流或场水平,从而隐式校正电磁场产生元件之间的互耦和电磁场产生元件的失配而无需明确知道互耦和失配和基于互耦和失配的计算。

15. 根据权利要求1至14中任一项权利要求所述的系统,其中由介电或金属物体(例如患者、小水团(25)、支持结构)的存在而造成的互耦和失配中的改变、或这些物体的位置改变被固有地考虑在内。

16. 根据权利要求1至15中任一项权利要求所述的系统,其中电磁场产生元件(26)的任意阵列(19)的、用耦合矩阵描述的所述互耦和失配,能够通过由多通道射频功率源(18)的单个通道依次激励(11)每个电磁场产生元件(26)和使用由测量系统(20)的所有通道从所有集成的传感器(4)测量的电流或场而直接确定,能够比使用标准的网络分析方法更准确地确定阵列的耦合矩阵,这是因为固有地考虑了每个放大器的非理想输出阻抗和连接电缆长度。

17. 根据权利要求1至16中任一项权利要求所述的系统,其中所述耦合矩阵被用于计算多通道射频功率源(18)的射频输出(11)的初始幅值和相位,以及由测量系统(20)从集成到电磁场产生元件(26)的电流或场传感器(4)测量的电流或场被反馈控制器(27)用来精调所述系统从而在电磁场产生元件中提供期望的电流或场。

18. 根据权利要求1至17中任一项权利要求所述的系统,其中来自连接到个别电磁场产生元件(26)的多通道射频功率源(18)的每个射频输出(11)能够按任何顺序连接到电磁场产生元件的阵列(19),并且集成的电流或场传感器(4)被用于确定哪个射频输出连接到哪个电磁场产生元件,以及限定输出和元件之间正确的映射关系,从而消除由不正确的互连造成的不正确的电磁场产生。

## 用于隐式校正互耦和失配的具有集成的场传感器的电磁场 涂敷器阵列

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于在空间中的特定区域中创建特定的电磁场状况 (condition), 或用于以增强的控制将电磁能量聚焦到介电物体中的系统。

### 背景技术

[0002] 创建特定电磁场状况是从成像到治疗的许多医学应用中的核心要求。本发明具有在这两个方面的应用, 以及用于通信和传感应用的相控阵技术中的应用。

[0003] 本发明的一个应用是为了高热 (hyperthermia) 的目的在人体某位置处产生特定的场状况。

[0004] 美国国家健康学会的国家癌症学会定义高热 (还称作热疗或温热疗法) 为其中身体组织暴露在高温 (高至  $45^{\circ}\text{C}$ ) 的一种癌症治疗方法。研究已经显示高温可以破坏和杀死癌细胞, 而通常对正常组织损害为最低限度。通过杀死癌细胞并破坏细胞内的蛋白质和结构, 高热可以使肿瘤缩小。

[0005] 本发明涉及局部高热, 其中向诸如肿瘤的较小区域加热。有可能使用各种高技术来传送能量以对肿瘤加热。在本发明的上下文中, 可使用微波或者射频来加热。取决于肿瘤位置, 有多种局部高热的方法。在本例子中, 使用外部方法来治疗肿瘤。通过涂敷器施加能量。该涂敷器由位于适当区域周围或靠近该适当区域的许多元件构成, 并且将能量集中在肿瘤上从而使用相控阵技术提高其温度。

[0006] 高热通常结合其它疗法 (诸如放射疗法和 / 或化学疗法) 实施。高热已经被作为很多类型癌症的治疗的一部分而进行, 很多类型癌症包括肉瘤、黑色素瘤以及头和颈、脑、肺、食道、乳房、膀胱、直肠、肝、附件、宫颈和腹膜的 (间皮瘤) 的癌症。

[0007] 相控阵 (phased array) 天线是由每个具有其自己的馈入点的小 (较小) 辐射元件组成的天线。相控阵天线是能够电操纵的, 这意味着物理天线可以是固定不动的, 而天线方向图 (pattern) 可以通过调整每个元件的幅值加权和相位而被控制, 从而使其向特定的区域聚焦, 或从而使其能够定位空间中的物体。相控阵还可被用于在空间某位置处产生特定场条件, 或被用于将射频 (RF) 能量聚焦到介电物体, 从而提高介电物体或患者内部目标区域的温度, 或在患者中感应场和电流以激励原子、神经或其它细胞机制。

[0008] 可以通过将 RF 能量聚焦到患者从而使得温度被提高来将相控阵用于高热。当相控阵用于这个目的时, 由于其向患者施加能量, 因此其被称作涂敷器 (applicator)。相控阵或涂敷器元件由多通道 RF 或微波功率源馈给, 其中相位和幅值信号是灵敏的从而使得 RF 或微波能量可以聚焦在目标区域或肿瘤中。阵列元件的数目以及这些元件相对于目标区域的布置限定了可以获得的聚焦的质量。

[0009] 将使用 RF 高热的例子来阐述本发明的益处。尽管在过去已经提出很多系统并将其单独或者与其它疗法一起地用于对肿瘤的高热治疗, 但是普遍一直缺乏治疗的一致性和质量。局部高热极重要的一点在于从涂敷器将能量施加或聚焦到目标区域、组织或肿瘤的

能力。为了实现满意的治疗结果,整个目标区域应该被充分加热。为了确保此,良好的电磁涂敷器和患者特定模型多优选被用于计划和优化治疗。在高热系统中一直缺乏准确预测能量累积(和 / 或温度上升)和优化此用于最佳肿瘤治疗的步骤,并且这是造成不佳结果的部分原因。在治疗本身期间,其中 RF 或微波能量被施加到高热阵列,其中激励幅值和相位从治疗计划中确定,从质量保证的角度而言重要的是,监控由每个元件产生的电磁场监控从而确定实际上正在执行正确的计划的治疗。

[0010] 所有相控阵天线或高热涂敷器所共有的是对多通道源的要求,多通道源可以产生具有准确可控的幅值和相位的大功率信号,将其馈给各个电磁场产生元件。对本发明而言使用哪种方法来产生这些信号并不重要。

[0011] 多元件或相控阵涂敷器通常将阵列的元件放置在患者周围,其中有个小水团(water bolus) 填充在患者和阵列之间的空间从而在患者接触面提供表面冷却和更低的反射。美国专利 4672980、5251645 和 5441532 都示出典型的相控阵涂敷器。每个都具有以环形阵列放置在患者周围的元件,其中各个天线元件(或在美国专利 4672980 中的元件对)由具有受控幅值和相位的 RF 功率源激励。这些系统中没有一个测量实际施加的信号、或会降低有效辐射功率的反射的功率。因此这些因素增加了不确定性,在美国专利 5251645 和 5441532 中,场传感器被放置在患者的身体中和身体周围从而测量在那些点处总体施加的场,并且声称使用来自这些传感器的值,可以控制阵列激励从而使得将能量聚焦到目标。美国专利 4672980 使用不同的方法,其中将温度测量导管插入患者且控制系统从而最大化目标区域中的温度上升。这两种方法的缺点是人体是高度非均匀的,并且在阵列施加的激励和能量累积模式之间没有直观的关系。大体上,这些方法假定知道在一些点处的场或温度是对知道来自每个阵列元件辐射的替代。

[0012] 在文献中,Paulides 等人(2007)描述了典型现有技术的系统,其中将施加给每个涂敷器元件的信号的幅值(magnitude)和相位与反射的功率一起测量,从而使得可以调整控制值,以使得鉴于反射,施加的信号是如所期望的。当和适当的治疗计划一起使用时,该系统具有令人满意地执行的潜力。然而,该系统依赖于完全地定义实际设备的计算机仿真模型,且没有可用的手段以完全地考虑激励的元件阻抗和互耦元件在患者对于涂覆器的配准(registration)中的变化。

[0013] 在用于其它应用的相控阵的更广泛的上下文中,美国专利 5867123 使用一种技术,其激励单个元件并观察由相邻元件接收的信号用于内置测试和故障分析。Fulton and Chappell (2009)回顾了不同的用于相控阵的校准技术,并且状态阵列应在无回声的(anechoic)环境中被校准从而确定耦合矩阵以使得能够补偿阵列中的互耦。此外,注意到可以引入内部电子硬件用于监控相对来自初始经校准的耦合或传输链增益的任何变化,从而允许施加校正。Lee 等人(1992/3)向天线面板引入了传输(微波传输带)线路以与每个元件耦合从而使得电子器件的发送和接收功能可以被测试。传输线路同时从所有元件接收能量或同时向阵列的所有元件注入能量。

## 发明内容

[0014] 有关射频高热治疗和治疗计划的经验以及知道以上讨论性质的系统的缺点已经使得对仪器和控制系统做出了重要的发展。这些发展通过有保证的场激励很大程度地增强

了确定性和一致性。本发明在存在互耦、失配和反射的情况下,通过有保证的来自阵列的每个天线元件的场激励增强了一致性,并且因此降低了不确定性。此外,本发明使得与使用阻抗或散射矩阵测量相比,允许更准确地确定耦合矩阵,从而使能某种形式的自校准,可对每个正在做治疗的患者进行该自校准。获得如由治疗计划确定的、有保证的场激励的关键是集成到天线元件自身中的传感器的引入,其测量金属元件中流动的电流或基于槽的(slot based)元件中的场的相位和幅值。这些传感器,在不存在互耦或反射的情况下,提供与激励成比例的测量。然而,不要求考虑连接引线中的失配或相位差,这是因为测量的是天线中的实际电流(或场)。在有互耦和反射的情况下,传感器测量所有激励的总和而不管其来源,因此允许确定实际的辐射场。对每个元件依次激励和激励的天线和所有其它天线的耦合激励中的电流(或场)的测量将允许阵列的耦合矩阵被直接确定。

[0015] 以上讨论的US专利5867123还依次激励每个元件,但并不将其用作获得自校准的方式;即使这样做了,元件失配会提高不确定性。Lee等人(1992/3包括了引入到天线面板中的传输线路,但缺乏个别感测每个天线元件的能力,并且没有公开任何动机或能力以确定由直接激励或者互耦激励造成天线电流(或场)。因此,该系统被用作诊断工具而没有被用于场激励的控制。

[0016] 本发明包括电磁场产生元件的阵列,并且在每个中集成有传感器,传感器用于测量在金属元件(天线或线圈)中流动的电流或基于槽的元件中的场的相位和幅值,传感器链接到测量设备,从而使能对来自每个传感器的电信号的相位和幅值两者的测量,此外,由于由每个传感器采集的信号与相关联的电磁产生元件中电流或场的相位和幅值直接成比例(其中电流或场是其幅值和相位是所施加的(来自射频功率源)的激励和来自互耦和失配的二次激励两者总和的总电流或场),因此测量的值代表在没有互耦和失配情况下的理想激励。然后本发明使用天线中嵌入的传感器来添加更多的功能,例如,通过多通道射频或微波功率源、具有个别可控的幅值和相位的、每个阵列元件的直接激励可以使用反馈控制器修改,以使得由嵌入的(金属中的电流或基于槽的天线中的场)传感器测量的总激励是没有耦合或失配的理想阵列激励,从而使得由每个电磁场产生元件产生的场的叠加在限定的体积或区域中产生特定的电磁场分布。在没有明确知道互耦和失配(称作为耦合矩阵)并且基于互耦和失配的计算的情况下对互耦和失配进行隐式校正,从而使得由对象的存在或其变化造成的该耦合矩阵中的变化被固有地考虑在内。此外,使用每个元件的顺序激励,即使存在源阻抗中的变化和不确定性的电线长度的情况下本发明也可直接确定阵列的确切互耦矩阵,这对于确定电磁场产生元件的阵列的初始激励是有用的,从而使得反馈可更迅速地获得预定义的理想阵列激励。

#### 附图说明

[0017] 图1是示出两个相邻阵列元件(背腔式槽(cavity backed slot)),一个示出本发明的一种可能实施方式的并入;

[0018] 图1a是两个相邻阵列元件(背腔式槽),其中一个元件的腔屏蔽被切去;

[0019] 图2是对整个的RF高热涂敷器相控阵的说明,没有包括小传感器元件的细节;

[0020] 图3示出多通道射频功率源;

[0021] 图4示出单通道的测量设备;

[0022] 图 5 是对整个系统的说明,其中相位和幅值受控的多通道发射机和相位 / 幅值检测器被测量总线连接到测量和计算机控制器;

[0023] 图 6 是对用于射频高热的阵列的说明,其中小水团被示出放置在阵列元件和患者之间用于减少反射和便于表面冷却。

### 具体实施方式

[0024] 本发明涉及由五个集成的部分组成的系统,是这些部分中一些的新颖特性以及它们作为整体的集成和使用提供了创新。第一集成的部分是电磁场产生元件(图 1),其被布置为任意几何形状的阵列(图 2)。元件的阵列与射频功率源连接(图 3),射频功率源具有许多独立地相位和幅值计算机可控的通道。电流(或场)感测元件集成到每个电磁场产生元件中,其产生与产生的电磁场成比例的电输出,每个电信号由测量幅值和相位的测量设备(图 4)测量。测量数据经由测量总线通信到测量控制器。控制计算机利用测量数据来控制射频功率源,从而使得产生的电磁场是所需要的场,整个系统及互连在图 5 中示出。

[0025] 本发明的说明性应用是相控阵 19 涂敷器系统(图 5),其可以在空间中特定的位置处产生特定的场条件或将 RF 能量聚焦到介电物体。对金属、槽或线圈元件 26 中电流或场的直接测量允许对由电磁场产生元件产生的辐射或无功(reactive)场的直接量化。更具体地,本发明提供了这种可能,即隐式校正正在电磁场中由涂敷器阵列 19 中的互耦和失配产生的扰动,而无需明确地测量耦合矩阵以及对来自射频功率源 18 的激励应用校正。可以通过实验或数值手段确定金属元件中的电流(或基于槽元件中的场)到从元件传感器 4 的电输出到辐射或无功场之间的直接关系。

[0026] 本发明的目的之一是提供确定用于射频高热应用(图 2 和图 6)的电磁场产生元件 19 的阵列中,每个元件 26(图 1)的实际辐射的或无功近场的改进的手段,其中由患者、介电物体和其它系统部件造成的直接负荷改变元件 26 的输入端口 3 之间的耦合和在该处看到的匹配,或其中射频功率源通道 11 的源阻抗没有被很好地体现。

[0027] 本发明的又一目的是提供对来自多通道射频功率源 18 的真实阵列激励是计划的激励的更高级别的信心,从而确保对由电磁场产生元件的阵列 19 产生的场分布的更高质量的控制。为了实现此目的,使用具有足够灵敏度的诸如矢量伏特计或同相 / 正交解调器的测量设备测量产生的电磁场(图 4)。如图 4 中所示,可以添加额外的电路,从而允许通过不仅经由总线分布(distribute)本地振荡器,而且可被切换到输入的相位参考,来允许便于幅值和相位检测器的自校准,从而允许校准和 / 或相位模糊去除进一步降低不确定性。

[0028] 另外,本发明提供了一种新的范例,用于通过在将互耦和失配考虑在内的情况下隐式地测量产生的电磁场,进行阵列互耦的校正。因此,实际的激励和计划的激励特别是在存在治疗计划期间不能模型化的变化时具有较小的偏差。

[0029] 此外,本发明没有限制在目标区域周围或靠近目标区域的涂敷器阵列元件 26 的几何形状或布置(图 2)并且可以被适用于电磁场产生元件 19 的任何通用阵列。特别地,没有对介电物体(诸如患者)的邻近度或其它互耦或元件匹配修改属性的限制。

[0030] 尽管集成的电流或场传感器 4(图 1)隐式地考虑失配和互耦,本发明允许以比从 S- 参数计算耦合矩阵的标准技术更高的准确度、并且以不用将涂敷器阵列 19 从射频功率源 18(图 5)断开并将其与网络分析器连接的便利性,来直接确定电磁场产生元件的涂敷器

阵列的耦合阵列(其描述失配和互耦)。通过使用射频功率源依次激励每个元件 2 以及使用测量设备 18 测量所有元件 2 中必需的电流(或场)5,耦合矩阵可以被更精确地确定,这是因为固有地考虑了每个放大器 10 的非理想输出阻抗以及射频功率源输出 11 和电磁场产生元件 3 之间的连接电缆长度。

[0031] 本发明在提供这个有关来自每个元件 26 的辐射或无功场的非常重要的信息的同时还给出了检测来自多通道射频功率源 18 的哪个输出通道 11 已经连接到阵列 29 中的哪个电磁场产生元件 26 的能力,并且因此去除了不正确连接的可能性以及彻底错误的治疗的可能。

[0032] 使用与每个元件 26 集成在一起的测量设备 20,就变得能够具有用于每个电磁场产生元件的个别(individual)身份,从而允许分配用于元件-测量设备组合的个别校准。因此,校准数据可以被分配给正确的元件用于质量控制、使用方便和安全。因此校准设施可以提供可信的校准,其可以归因为给定元件。使整个阵列 19 能够用可替换的元件 26 来模块化,并且提供“即插即用”能力。

[0033] 优选实施方式

[0034] 可以在 RF 高热涂敷器系统(图 5)的上下文中描述优选的实施例。高热涂敷器系统包括硬件和计算机控制系统,并且这些系统允许增强使用说明本发明实用性的范例。

[0035] 图 5 中说明的高热涂敷器系统采用由电磁场产生元件(图 2)组成的环形阵列涂敷器的形式,其中电磁场产生元件(图 1)被放置在身体周围靠近要加热的区域。不总是元件需要形成整个的环的情况,而是可以主要放置在患者的一侧。然而在这个特定阵列中,所有元件的 E-场矢量应在目标区域中主要地排在同一方向上,但是这不是在系统所有应用中的要求。涂敷器和患者之间的区域由具有限定的形状的小水团填充(图 6),其提供三点:

[0036] 1. 小型化归因于高介电常数的天线元件;

[0037] 2. 将天线和患者之间的不连续性减到最小,这是由于水和组织的介电特性比空气和组织更相似;

[0038] 3. 提供对患者皮肤的冷却,这是由于会在身体表面发生高水平的特定能量吸收。

[0039] 背腔式槽天线(图 1)被选作优选实施例中的电磁场产生元件,这是由于其提供:低轮廓(profile)、良好的极化纯度、通过光刻印刷电路处理技术的准确的尺寸、易于制造、强壮的结构、相对宽带响应以及因此对环境改变的高容忍度。对于槽天线 2 实施例,然后合适的感测方法是通过利用小耦合环 4 感测槽中的场。环 4 足够小,从而使得耦合的功率量相对于总功率较小,总功率可以是 100s 的瓦特(100s of Whatts),其被施加到天线端口 3,并且这样槽 2 中的场保持不被测量所扰动。

[0040] 涂敷器中的每个槽元件被从相位和幅值可控的射频功率源(图 3)馈给。由于其自己的激励和从其它元件耦合的场造成的每个涂敷器元件中的场被感测 4,和使用包括相位/幅值检测器的测量装置 20(图 4)测量,且该值被传达给控制系统 21。在这种情况下,同相/正交解调器连同一对模数转换器 15 被用来测量同相和正交电压电平。然后该数字信号被使用微处理器 16 转换为幅值和相位,并经由测量总线 17 传达给测量控制器 21。

[0041] 控制系统 22 设置多通道射频功率源 18 的幅值和相位 8,并测量 20 从每个元件 26 施加的作为结果的场 4,并提供反馈控制以确保施加的场是所要求的场。

[0042] 典型的使用范例为,涂敷器阵列 19 的确认的数值电磁场模型和治疗计划软件中



的得自 CT、MRI 或其它图像数据的患者特定 EM 模型一起使用。在治疗计划软件中,目标区域或用于治疗的区域被限定,并且最优理想的激励值(或基于用于模型的互耦矩阵考虑互耦和失配而非理想的激励值,由于之前提到的可能的错误其可能密切或不密切相应于真实耦合矩阵,可以由该真实耦合矩阵计算出理想的激励)被推导出,且产生在整个目标区域或多个区域的对应的 EM-场、SAR 或温度升高值。

[0043] 然后目标激励被传输到治疗控制软件,以及病人被安置于涂敷器 19 中位于治疗计划中模型化的位置处。小水团 25 充满去离子水。

[0044] 测量设备 20 被置于校准模式,其中图 4 中的 RF 开关 13 切换,从而使得通过每个测量设备测量来自总线 12 的校准输入相位参考信号,从而允许对设备相位的校准并且从而去除同相/正交解调器 14 中  $\div 2$  正交分相器的相位模糊。

[0045] 依次激发多通道射频功率源 18 的每个射频功率源输出 11 通道,从而确定哪个涂敷器元件 26 被连接到每个输出通道,以及测量在所有元件中感应的场/电流 4 以在治疗时产生阵列 19 的实际互耦矩阵。此外,由连接电缆和传输通道差造成的相位和幅值偏移可以被消除或校准去掉。由涂敷器元件阻抗相比于理想的变化造成的相移(例如由患者接近度造成的),且因此介电常数直接环境中的变化也被消除。

[0046] 治疗开始于射频功率 18 被基于治疗计划——或者基于理想的或者基于校正的(使用耦合矩阵)激励——施加到每个元件 26,实际的激励水平使用场监测 4 和测量 20 确定,并由反馈控制器 27 控制从而校正任何相对于期望的激励水平的偏离。在整个治疗期间,来自每个通道 11 的总输出功率可以被控制 8,并且幅值和相位之间正确的关系被监测 20 和控制为正确的值。尽管这里公开的本发明已经通过特定实施例及其应用描述,但是本领域的技术人员可以在不偏离由权利要求限定的本发明的范围内进行很多更改和改变。

[0047] 引用的参考文献

[0048] 美国专利

[0049] 美国专利 5251645

[0050] “Adaptive nulling hyperthermia array”,发明人:Fenn, Alan J(Wayland, MA)  
受让人:Massachusetts Institute of Technology(Cambridge, MA)

[0051] 美国专利 4672980

[0052] “System and method for creating hyperthermia in tissue”,发明人:  
Turner, Paul F

[0053] 受让人:BSD Medical Corporation(Salt Lake City, UT)

[0054] 美国专利 US5441532 和 WIPO 专利申请 WO/1993/000132

[0055] “ADAPTIVE FOCUSING AND NULLING HYPERTHERMIA ANNULAR AND MONOPOLE PHASED ARRAY APPLICATORS”,发明人:Fenn, Alan J(Wayland, MA)

[0056] 受让人:Massachusetts Institute of Technology(Cambridge, MA)

[0057] 其它文献

[0058] Calibration techniques for digital phased arrays, 作者 Fulton, C.; Chappell, W.; 发表于 IEEE International Conference on Communications, Antennas and Electronic Systems, COMCAS2009, Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems, 2009. 公开于 2009 年,第 1 至 10 页。

[0059] A Built-In Performance-Monitoring/Fault Isolation and Correction(PM/FIC)System for Active Phased-Array Antennas, Kuan-Min Lee, Ruey-Shi Chu 和 Sien-Chang Liu, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, 第 41 卷, 第 11 号, 1993 年 11 月 K. M. Lee、R. S. Chu 和 S. C. Liu 发表的“A performance monitoring/fault isolation and correction system of a phased array antenna using transmission-line signal injection with phase toggling method”, IEEE AP-S1992Symposium Digest(Chigago, IL), 1992 年 7 月 18-25 日, 第 1 卷, 第 429 至 432 页。

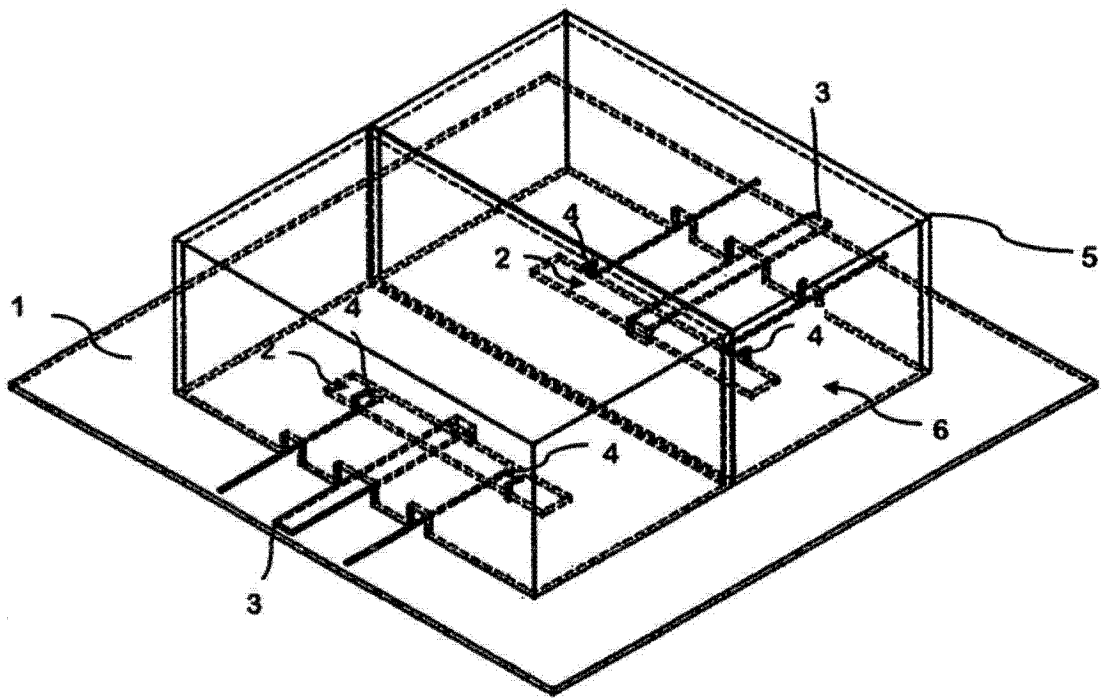


图 1

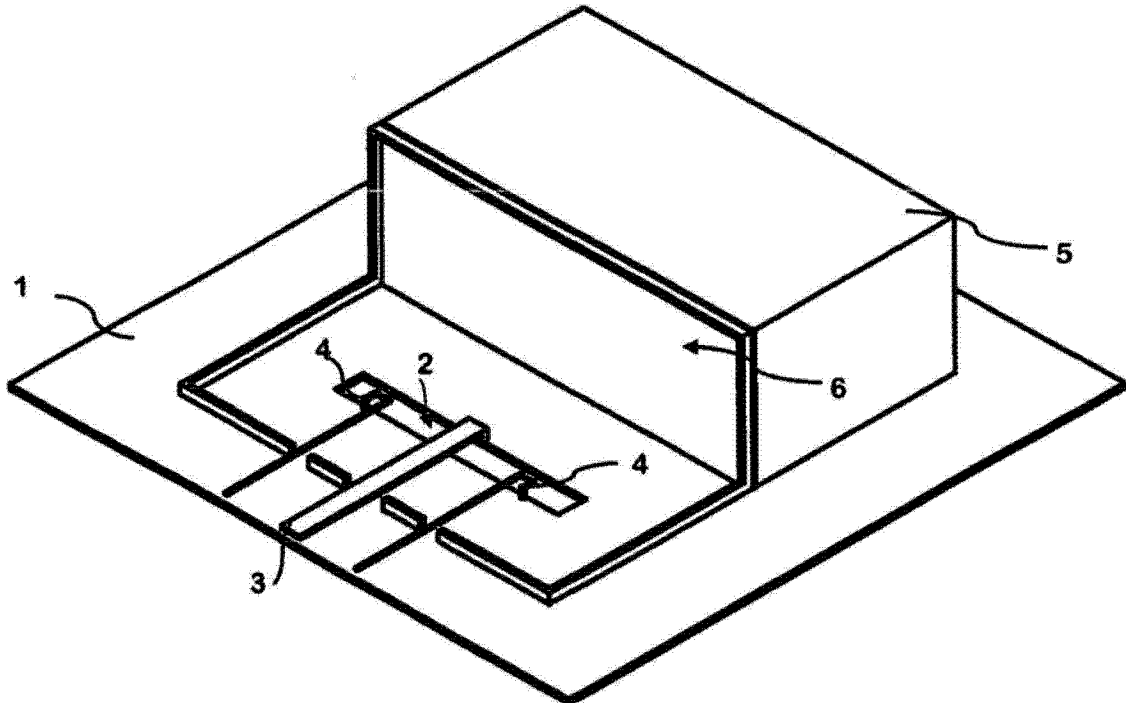


图 1a

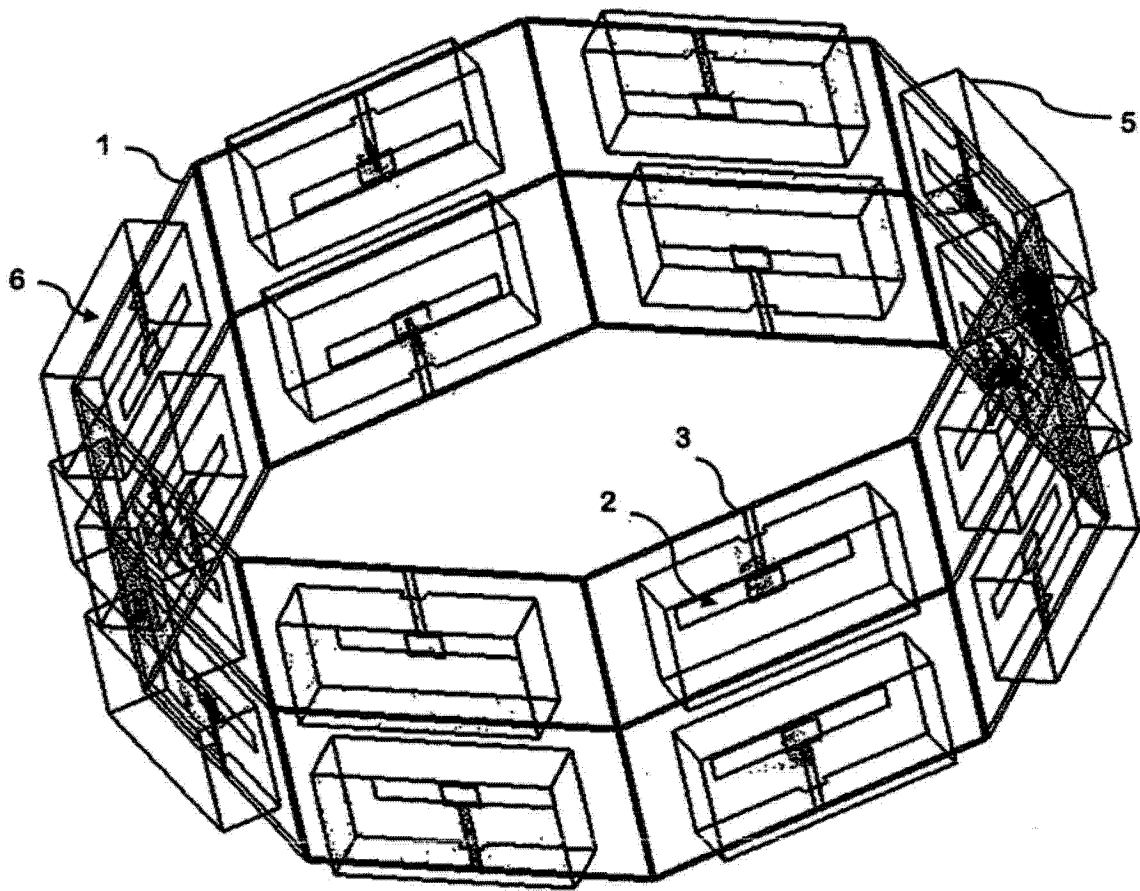


图 2

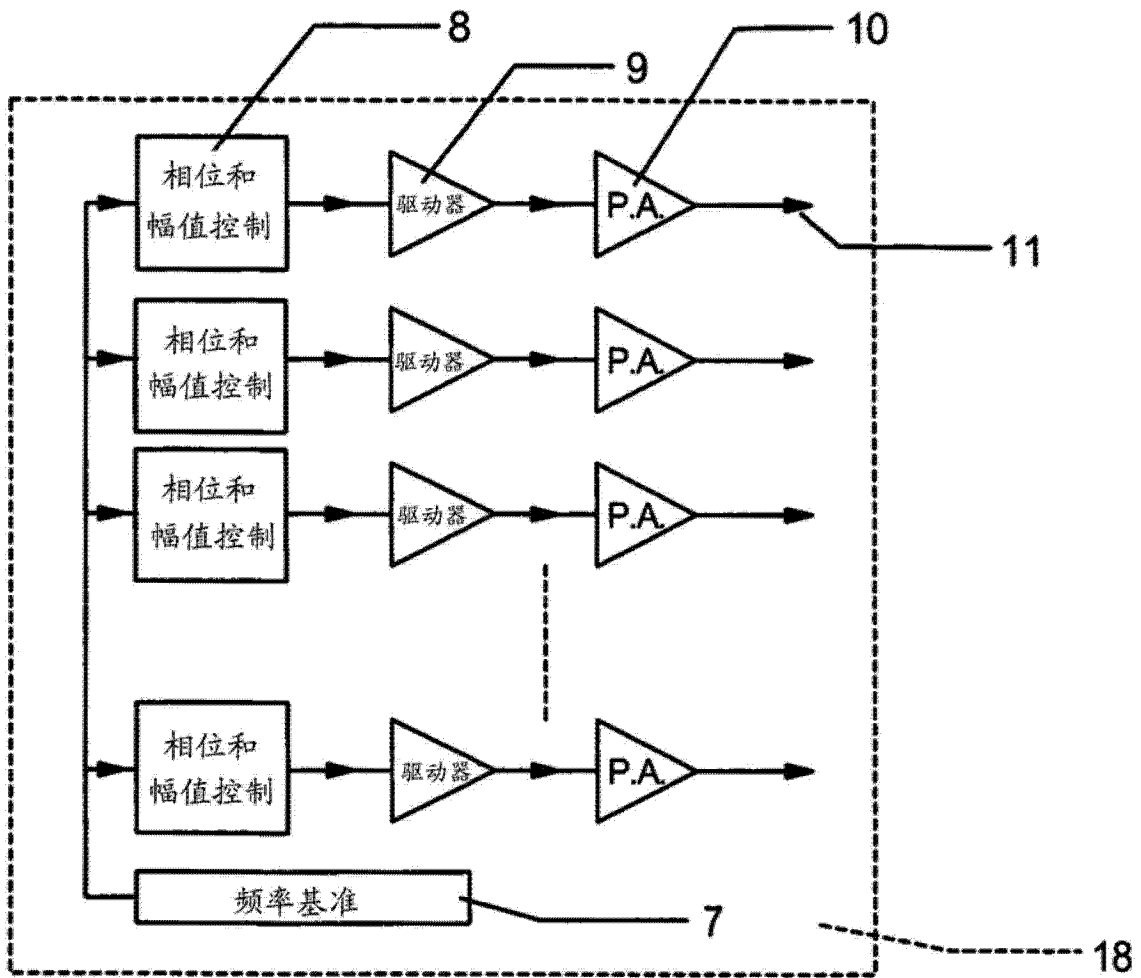


图 3

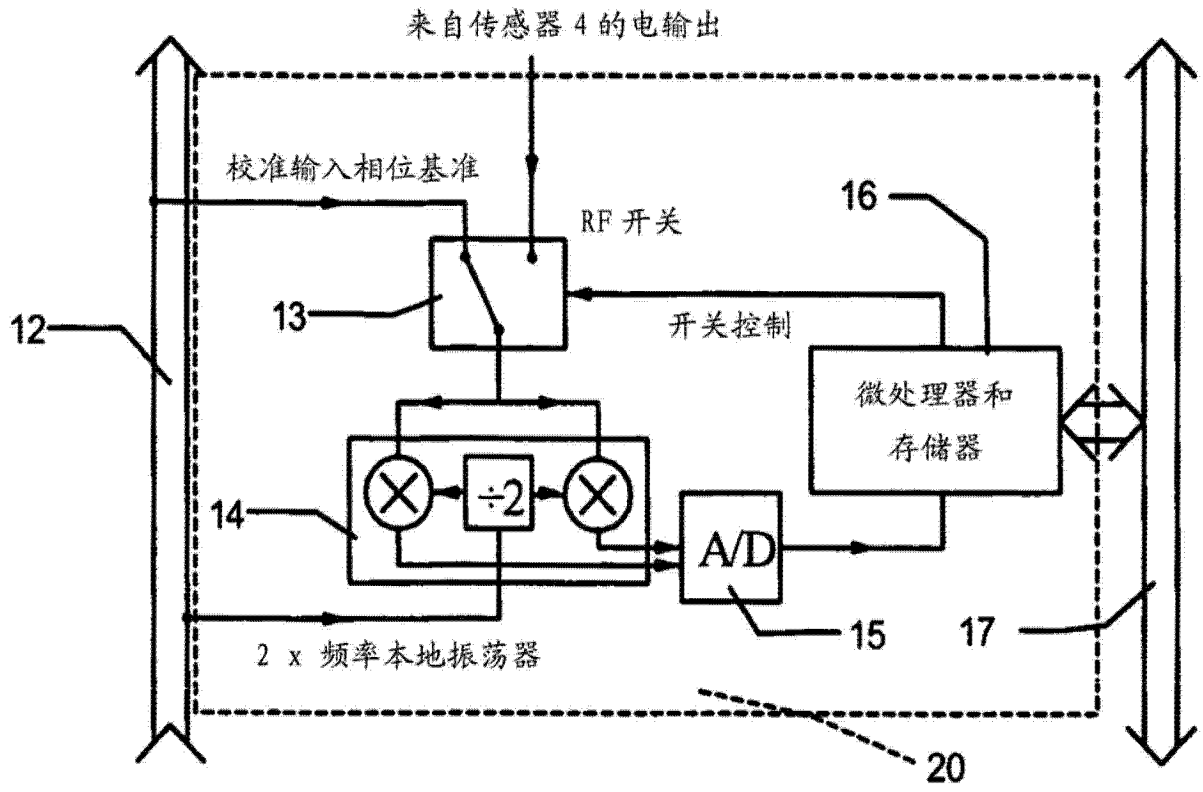


图 4



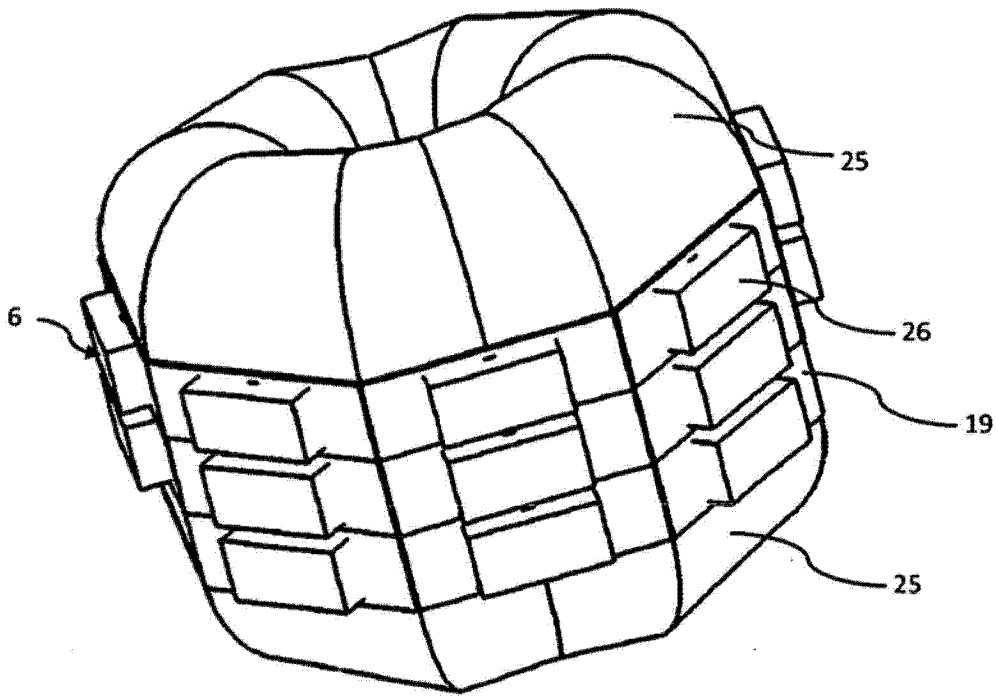


图 6