

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 10 月 20 日 (20.10.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/165571 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01P 5/16 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/078474
- (22) 国际申请日: 2016 年 4 月 5 日 (05.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510181778.1 2015 年 4 月 16 日 (16.04.2015) CN
- (71) 申请人: 通用电气公司 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) [US/US]; 美国纽约州斯克内克塔迪县河滨路 1 号, New York 12345 (US)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人 (仅对美国): 陈基锋 (CHEN, Jifeng) [CN/CN]; 中国上海市普陀区白玉新村 133 号, Shanghai 200063 (CN)。宋婷婷 (SONG, Tingting) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号, Shanghai 201203 (CN)。
- (74) 代理人: 中国专利代理 (香港) 有限公司 (CHINA PATENT AGENT (H.K.) LTD.); 中国香港特别行政区湾仔港湾道 23 号鹰君中心 22 字楼, Hong Kong (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: MAGNETIC RESONANCE IMAGING DEVICE, POWER AMPLIFIER MODULE AND POWER COMBINER

(54) 发明名称: 磁共振成像装置、功率放大器模组及功率合成器

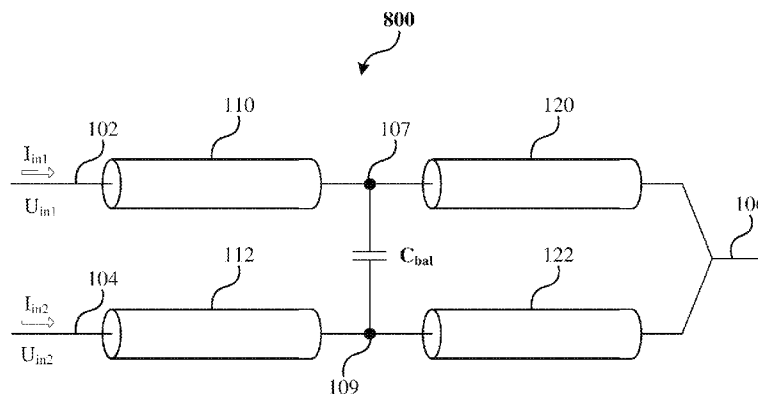


图 6

(57) Abstract: A power combiner comprises a first transmission line (110) or lumped circuit element, a second transmission line (120) or lumped circuit element, a third transmission line (112) or lumped circuit element, a fourth transmission line (122) or lumped circuit element and a balancing capacitor element (C bal) or balancing inductor element (L bal). The first transmission line (110) or lumped circuit element is coupled to a first port (102). The second transmission line (120) or lumped circuit element is coupled between the first transmission line (110) or lumped circuit element and a public port (106). The third transmission line (112) or lumped circuit element is coupled to a second port (104). The fourth transmission line (122) or lumped circuit element is coupled between the third transmission line (112) or lumped circuit element and the public port (106). The balancing capacitor element (C bal) or the balancing inductor element (L bal) is coupled between a connecting point (107) between the first transmission line (110) or lumped circuit element and the second transmission line (120) or lumped circuit element and a connecting point (109) between the third transmission line (112) or lumped circuit element and the fourth transmission line (122) or lumped circuit element. Further provided are a power amplifier module and a magnetic resonance imaging device.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/165571 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

一种功率合成器，其包括第一传输线（110）或集总电路元件、第二传输线（120）或集总电路元件、第三传输线（112）或集总电路元件、第四传输线（122）或集总电路元件及平衡电容元件（ C_{bal} ）或平衡电感元件（ L_{bal} ）。第一传输线（110）或集总电路元件耦合至第一端口（102）。第二传输线（120）或集总电路元件耦合于第一传输线（110）或集总电路元件与公共端口（106）之间。第三传输线（112）或集总电路元件耦合至第二端口（104）。第四传输线（122）或集总电路元件耦合于第三传输线（112）或集总电路元件与公共端口（106）之间。平衡电容元件（ C_{bal} ）或平衡电感元件（ L_{bal} ），耦合于第一传输线（110）或集总电路元件和第二传输线（120）或集总电路元件之间的连接点（107）与第三传输线（112）或集总电路元件和第四传输线（122）或集总电路元件之间的连接点（109）之间。还提供一种功率放大器模组及磁共振成像装置。

磁共振成像装置、功率放大器模组及功率合成器

技术领域

本发明实施方式涉及功率合成器、功率放大器模组以及磁共振成像装置。

背景技术

如图 1 所示,其为现有/公知技术中的威尔金森功率合成器 900 的电路图。威尔金森功率合成器 900 包括第一端口 902、第二端口 904、公共端口 906、平衡电阻元件 Z_r 、第一传输线 910 及第二传输线 912。第一传输线 910 耦合于第一端口 902 与公共端口 906 之间,第二传输线 912 耦合于第二端口 904 与公共端口 906 之间。平衡电阻元件 Z_r 的一端耦合于第一端口 902 与第一传输线 910 之间的连接点,另一端耦合于第二端口 904 与第二传输线 912 之间的连接点。第一端口 902 用于接收第一电功率,第二端口 904 用于接收第二电功率,威尔金森功率合成器 900 用于对第一电功率与第二电功率进行合成以产生合成电功率,该合成电功率从公共端口 906 输出至负载 Z_L 。

当第一电功率与第二电功率不平衡时,该第一电功率与第二电功率之间的差值功率由平衡电阻元件 Z_r 消耗掉。然而,平衡电阻元件 Z_r 的存在会导致如下问题:其一、当有电流流过平衡电阻元件 Z_r 时,平衡电阻元件 Z_r 会额外地消耗电能,导致威尔金森功率合成器 900 的效率低;其二、平衡电阻元件 Z_r 的损坏是导致威尔金森功率合成器 900 异常工作的主要原因之一(尤其,在高功率应用中,平衡电阻元件损坏的可能性大大地提高了),也即降低了威尔金森功率合成器 900 的可靠性。

发明内容

现在归纳本发明实施方式的一个或多个方面以便于本发明实施方式的基本理解,其中该归纳并不是本发明实施方式的扩展性纵览,且并非旨在标识本发明实施方式的某些要素,也并非旨在划出其范围。相反,该归纳的主要目的是在下文呈现更详细的描述之前用简化形式呈现本发明实施方式的一些概念。

本发明实施方式的一个方面,在于提供一种功率合成器,其包括第一传

输线或集总电路元件、第二传输线或集总电路元件、第三传输线或集总电路元件、第四传输线或集总电路元件及平衡电容元件或平衡电感元件。第一传输线或集总电路元件耦合至第一端口。第二传输线或集总电路元件耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间。第三传输线或集总电路元件耦合至第二端口。第四传输线或集总电路元件耦合于第三传输线或集总电路元件与公共端口之间。平衡电容元件或平衡电感元件，耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四传输线或集总电路元件之间的连接点之间。

本发明实施方式的另一个方面，在于提供一种功率放大器模组，其包括用于提供第一电功率的第一功率放大器、用于提供第二电功率的第二功率放大器及功率合成器。该功率合成器包括第一传输线或集总电路元件、第二传输线或集总电路元件、第三传输线或集总电路元件、第四传输线或集总电路元件及平衡电容元件或平衡电感元件。第一传输线或集总电路元件耦合至用于接收第一电功率的第一端口。第二传输线或集总电路元件耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间。第三传输线或集总电路元件耦合至用于接收第二电功率的第二端口。第四传输线或集总电路元件耦合于第三传输线或集总电路元件与公共端口之间。平衡电容元件或平衡电感元件，耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四传输线或集总电路元件之间的连接点之间。

本发明实施方式的另一个方面，在于提供一种磁共振成像系统，其包括用于产生主磁场的主磁体、梯度线圈组件、梯度放大器、射频线圈组件及射频放大器。该梯度放大器用于激励该梯度线圈组件在选定的梯度轴上产生作用到主磁场的梯度磁场。该射频放大器包括用于提供第一电功率的第一功率放大器、用于提供第二电功率的第二功率放大器及功率合成器。该功率合成器包括第一传输线或集总电路元件、第二传输线或集总电路元件、第三传输线或集总电路元件、第四传输线或集总电路元件及平衡电容元件或平衡电感元件。第一传输线或集总电路元件耦合至用于接收第一电功率的第一端口。第二传输线或集总电路元件耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间。第三传输线或集总电路元件耦合至用于接收第二电功率的第二端口。第四传输线或集总电路元件耦合于第三传输线或集总电路元件与公共端口之间。平衡电容元件或平衡电感元件，耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四

传输线或集总电路元件之间的连接点之间。该公共端口用于提供基于合成第一电功率和第二电功率的合成电功率，该合成电功率用于激励该射频线圈组件发射射频信号。

由于本发明实施方式提供的功率合成器不包括平衡电阻元件，因此功率合成器的电能消耗大致为零，也即功率合成器的效率得到了提高。其次，没有现有技术中由于平衡电阻元件损坏而导致的异常工作，本发明实施方式提供的功率合成器的可靠性得到了提高。

附图说明

通过结合附图对于本发明的实施方式进行描述，可以更好地理解本发明实施方式，在附图中：

图 1 为现有技术中的威尔金森功率合成器的电路图。

图 2 为图 1 所示威尔金森功率合成器的偶模激励电路。

图 3 为图 1 所示威尔金森功率合成器的奇模激励电路。

图 4 为图 2 所示偶模激励电路的分解图。

图 5 为图 3 所示奇模激励电路的分解图。

图 6 为本发明第一种实施方式的功率合成器的电路图。

图 7 为本发明第二种实施方式的功率合成器的电路图。

图 8 为图 6 所示功率合成器的奇模激励电路图。

图 9 为图 8 所示奇模激励电路的分解图。

图 10 为图 7 所示功率合成器的奇模激励电路图。

图 11 为图 10 所示奇模激励电路的分解图。

图 12 为本发明第三种实施方式的功率合成器的电路图。

图 13 为本发明第四种实施方式的功率合成器的电路图。

图 14 为本发明第五种实施方式的功率合成器的电路图。

图 15 为本发明第六种实施方式的功率合成器的电路图。

图 16 为本发明一种实施方式的功率放大器模组的功能模块图。

图 17 为本发明一种实施方式的磁共振成像系统的模块示意图。

具体实施方式

以下将描述本发明实施方式的具体实施方式，需要指出的是，在这些实施方式的具体描述过程中，为了进行简明扼要的描述，本说明书不可能对实

际的实施方式的所有特征均作详尽的描述。应当可以理解的是，在任意一种实施方式的实际实施过程中，正如在任意一个工程项目或者设计项目的过程中，为了实现开发者的具体目标，为了满足系统相关的或者商业相关的限制，常常会做出各种各样的具体决策，而这也可能会从一种实施方式到另一种实施方式之间发生改变。此外，还可以理解的是，虽然这种开发过程中所作出的努力可能是复杂并且冗长的，然而对于与本发明实施方式公开的内容相关的本领域的普通技术人员而言，在本公开揭露的技术内容的基础上进行的一些设计，制造或者生产等变更只是常规的技术手段，不应当理解为本公开的内容不充分。

除非另作定义，权利要求书和说明书中使用的技术术语或者科学术语应当为本发明实施方式所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明实施方式专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“一个”或者“一”等类似词语并不表示数量限制，而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同元件，并不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电气的连接，不管是直接的还是间接的。

本发明实施方式涉及一种功率合成器，该功率合成器包括第一端口、第二端口及公共端口。第一端口用于接收第一电功率，第二端口用于接收第二电功率，功率合成器用于对第一电功率和第二电功率进行合成以产生合成电功率。该合成电功率从公共端口输出。其中的一个理论是，当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时，该第一端口的电压等于第二端口的电压。

为了对上述理论进行解释，本发明实施方式先引入现有/公知技术中的如图 1 所示的威尔金森功率合成器 900 进行说明：

在图 1 中，平衡电阻元件 Z_r 的阻抗值等于 $2Z_0$ ，第一传输线 910 的特征阻抗与第二传输线 912 的特征阻抗均为 Z_{01} ， Z_{01} 的阻抗值等于 $\sqrt{2}Z_0$ ，负载 Z_L 的阻抗值等于 Z_0 ，另外，第一传输线 910 的电长度等于流经第一传输线 910 的信号的波长的 $1/4$ 。由于对称的原因，第二传输线 912 的电长度等于第一传输线 910 的电长度。

图 1 所示威尔金森功率合成器 900 可以被分解成图 2 所示偶模激励电路及图 3 所示奇模激励电路。

在图 2 所示偶模电路中，偶模激励源 962 耦合至第一端口 902，偶模激励源 964 耦合至第二端口 904；使得第一端口 902 的偶模输入电流为 I_{in1_even} ，第二端口 904 的偶模输入电流为 I_{in2_even} 。

在图 3 所示奇模电路中，奇模激励源 982 耦合至第一端口 902，奇模激励源 984 耦合至第二端口 904；使得第一端口 902 的奇模输入电流为 I_{in1_odd} ，第二端口 904 的奇模输入电流为 I_{in2_odd} 。

由于第一端口 902 与第二端口 904 是对称的，图 2 中的偶模电流 I_{in1_even} 及 I_{in2_even} 与图 1 中第一端口 902 的真实输入电流 I_{in1} 及第二端口 904 的真实输入电流 I_{in2} 的关系可以用下述公式 (1) 表示。

$$I_{in2_even} = I_{in1_even} = I_{in_even} = \frac{I_{in1} + I_{in2}}{2} \quad (1)$$

图 2 中的奇模电流 I_{in1_odd} 及 I_{in2_odd} 与图 1 中第一端口 902 的真实输入电流 I_{in1} 及第二端口 904 的真实输入电流 I_{in2} 的关系可以用下述公式 (2) 表示。

$$I_{in2_odd} = -I_{in1_odd} = I_{in_odd} = \frac{I_{in1} - I_{in2}}{2} \quad (2)$$

根据上述公式 (1) 及 (2)，第一端口 902 的真实输入电流 I_{in1} 及第二端口 904 的真实输入电流 I_{in2} 可以用下述公式 (3)、(4) 表示。

$$I_{in1} = I_{in_even} + I_{in_odd} \quad (3)$$

$$I_{in2} = I_{in_even} - I_{in_odd} \quad (4)$$

同样，第一端口 902 的真实输入电压 U_{in1} 及第二端口 904 的真实输入电压 U_{in2} 可以用下述公式 (5)、(6) 表示。

$$U_{in1} = U_{in1_even} + U_{in1_odd} = I_{in_even} * Z_{in1_even} + I_{in_odd} * Z_{in1_odd} \quad (5)$$

$$U_{in2} = U_{in2_even} + U_{in2_odd} = I_{in_even} * Z_{in2_even} - I_{in_odd} * Z_{in2_odd} \quad (6)$$

其中， U_{in1_even} 及 U_{in1_odd} 分别为第一端口 902 的偶模输入电压及奇模输入电压， U_{in2_even} 及 U_{in2_odd} 分别为第二端口 904 的偶模输入电压及奇模输入电压； Z_{in1_even} 及 Z_{in1_odd} 分别为第一端口 902 的偶模输入阻抗及奇模输入阻抗， Z_{in2_even} 及 Z_{in2_odd} 分别为第二端口 904 的偶模输入阻抗及奇模输入阻抗。

由上述公式 (3)、(4)、(5)、(6)，第一端口 902 的真实输入阻抗 Z_{in1} 及第二端口 904 的真实输入阻抗 Z_{in2} 可以用下述公式 (7)、(8) 表示。

$$Z_{in1} = \frac{U_{in1}}{I_{in1}} = \frac{I_{in_odd} * Z_{in1_odd} + I_{in_even} * Z_{in1_even}}{I_{in_odd} + I_{in_even}} \quad (7)$$

$$Z_{in2} = \frac{U_{in2}}{I_{in2}} = \frac{I_{in_odd} * Z_{in2_odd} - I_{in_even} * Z_{in2_even}}{I_{in_odd} - I_{in_even}} \quad (8)$$

对于图 2 中的偶模激励来说, 由于第一端口 902 的偶模输入电流 I_{in1_even} 与第二端口 902 的偶模输入电流 I_{in2_even} 相等, 也即, $I_{in1_even}=I_{in2_even}$, 因此没有电流流过电阻 Z_r , 因此电阻 Z_r 可以看作是开路, 因此图 2 所述偶模激励电路可以分解成图 4 所示电路。在图 4 中, 电阻 $Z_r/2$ 是多余的。

从图 4 中, 第一端口 902 的偶模输入阻抗 Z_{in1_even} 可以由下述公式 (9) 表示。

$$Z_{in1_even} = \sqrt{2}Z_o \frac{(2Z_o) + j\sqrt{2}Z_o \tan \lambda/4}{\sqrt{2}Z_o + j(2Z_o) \tan \lambda/4} = \frac{(\sqrt{2}Z_o)^2}{2Z_o} = Z_o \quad (9)$$

$$\text{由于电路是对称的, } Z_{in2_even} = Z_{in1_even} = Z_{in_even} = Z_o \quad (10)$$

对于图 3 中的奇模激励来说, 由于 $I_{in1_odd}=-I_{in2_odd}$, 因此图 3 所述奇模激励电路可以分解成图 5 所示电路。在图 5 中, 电阻 $Z_r/2$ 的一端耦合于第一端口 902 与第一传输线 910 之间, 另一端接地, 同时第三端口 906 也接地。

$$\text{从图 5 中可以得出: } Z_{in1_odd} = \frac{Z_r}{2} = Z_o$$

$$\text{由于电路是对称的, } Z_{in2_odd} = Z_{in1_odd} = Z_{in_odd} = Z_o \quad (11)$$

将公式 10、11 代入公式 7、8 可以得到第一端口 902 的真实输入阻抗 Z_{in1} 及第二端口 904 的真实输入阻抗 Z_{in2} 为:

$$Z_{in1} = \frac{U_{in1}}{I_{in1}} = \frac{I_{in_odd} * Z_{in_odd} + I_{in_even} * Z_{in_even}}{I_{in_odd} + I_{in_even}} = Z_o \quad (12)$$

$$Z_{in2} = \frac{U_{in2}}{I_{in2}} = \frac{I_{in_odd} * Z_{in2_odd} - I_{in_even} * Z_{in2_even}}{I_{in_odd} - I_{in_even}} = Z_o \quad (13)$$

由上述分析可知, 由于奇模输入阻抗 Z_{in_odd} 等于偶模输入阻抗 Z_{in_even} , 因此即便当第一端口 902 的真实输入电流 I_{in1} 与第二端口 904 的真实输入电流 I_{in2} 不平衡, 第一端口 902 的真实输入阻抗 Z_{in1} 仍然等于负载 Z_L 的阻抗, 第二端口 904 的真实输入阻抗 Z_{in2} 仍然等于负载 Z_L 的阻抗, 因此威尔金森功率合成器 900 可以稳定工作。

如前所述, 在图 1 所示威尔金森功率合成器 900 中, 当第一端口 902 的真实输入电流 I_{in1} 与第二端口 904 的真实输入电流 I_{in2} 不平衡时, 第一端口 902 接收的输入功率与第二端口 904 接收的输入功率之间的差异功率将由电阻 Z_r 消耗掉, 这将会导致电阻 Z_r 过热而损坏, 进而导致威尔金森功率合成器 900 损坏。

第一传输线 910 的电长度等于流经第一传输线 910 的信号的波长的 1/4, 第二传输线 912 的电长度等于第一传输线 910 的电长度。对于甚高频 (very

high frequency, 简称 VHF) 和特高频 (ultra high frequency, 简称 UHF) 应用来说, 第一传输线 910 和第二传输线 912 的电长度太长了。

请参阅图 6, 其为第一种实施方式的功率合成器 800 的电路图。功率合成器 800 包括第一端口 102、第二端口 104、公共端口 106、第一传输线 110、第二传输线 120、第三传输线 112、第四传输线 122 及平衡电容元件 C_{bal} 。在本实施方式中, 第一传输线 110 的电长度与第三传输线 112 的电长度相等, 第一传输线 110 的特征阻抗与第三传输线 112 的特征阻抗相等; 第二传输线 120 的电长度与第四传输线 122 的电长度相等, 第二传输线 120 的特征阻抗与第四传输线 122 的特征阻抗相等。

在本实施例中, 第一传输线 110、第二传输线 120、第三传输线 112 及第四传输线 122 均为同轴电缆 (coaxial cable)。在其他的实施例中, 第一传输线 110、第二传输线 120、第三传输线 112 及第四传输线 122 均为带状线 (strip line) 或微带线 (micro strip line)。

第一传输线 110 耦合至第一端口 102, 第二传输线 120 耦合于第一传输线 110 与公共端口 106 之间。第三传输线 112 耦合至第二端口 104, 第四传输线 122 耦合于第三传输线 112 与公共端口 106 之间。平衡电容元件 C_{bal} 的一端耦合于第一传输线 110 与第二传输线 120 之间, 另一端耦合于第三传输线 112 与第四传输线 122 之间。

在本实施方式中, 第一端口 102 用于接收第一功率放大器 (图未示) 提供的第一电功率, 第二端口 104 用于接收第二功率放大器 (图未示) 提供的第二电功率, 公共端口 106 用于提供基于合成第一电功率和第二电功率的合成电功率。

为了解决图 1 所示先有/公知威尔金森功率合成器 900 的上述问题, 考虑到上述第一功率放大器及第二功率放大器内部的 MOS 场效应管为电流源, 在本发明实施方式之图 6 所示功率合成器 800 中, 当流过第一端口 102 的电流 I_{in1} 与流过第二端口 104 的电流 I_{in2} 不平衡时, 可以通过使第一端口 102 的电压 U_{in1} 与第二端口 104 的电压 U_{in2} 相等, 使得图 6 所示功率合成器 800 可以稳定工作, 因为 MOS 场效应管的性能由 V_{ds} 来决定。

由下述公式 14 及 15 可知, 当奇模输入阻抗 Z_{in_odd} 等于零时, 即可以确保第一端口 102 的电压 U_{in1} 与第二端口 104 的电压 U_{in2} 相等。

$$U_{in1} = I_{in_even} * Z_{in1_even} + I_{in_odd} * Z_{in1_odd} = I_{in_even} * Z_{in1_even} \quad (14)$$

$$U_{in2} = I_{in_even} * Z_{in2_even} - I_{in_odd} * Z_{in2_odd} = I_{in_even} * Z_{in2_even} \quad (15)$$

由于 $Z_{in1_even}=Z_{in2_even}=Z_{in_even}$, 因此 $U_{in1}=U_{in2}$ 。

在图 6 中, 由于增加了平衡电容元件 C_{bal} , 因此可以确保奇模输入阻抗 Z_{in_odd} 等于零。其理由如下:

图 8 为图 6 所示功率合成器 800 的奇模激励电路的等效图, 其中, 第一端口 102 通过串联连接的两个等效电容元件连接至第二端口 104, 两个等效电容元件的电容值均为 $2C_{bal}$ 。

图 9 为图 8 所示奇模激励电路的分解图, 其中, 第二传输线 120 的奇模输入阻抗 Z_{odd1_b} 通过下述公式 16 来计算:

$$Z_{odd1_b} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \beta l}{Z_{o1}} = jZ_{o1} \tan \beta l \quad \dots\dots\dots \text{公式 16}$$

其中, βl 是第二传输线 120 的电长度, Z_{o1} 是第二传输线 120 的特征阻抗。

第一传输线 110 的奇模输出阻抗通过下述公式 17 来计算:

$$Z_{odd1_c} = -\frac{1}{j\omega C} // jZ_{o1} \tan \beta l = \frac{Z_{o1} \tan \beta l}{1 - Z_{o1} \tan \beta l \omega C} j = Z_{o1} \tan \alpha l j \quad \dots\dots\dots \text{公式 17}$$

其中, C 是平衡电容元件 C_{bal} 的电容值的 2 倍, ω 是通过第一传输线 110 和第二传输线 120 的信号的角频率。

第二传输线 120 的奇模输出阻抗 Z_{odd1_a} 通过下述公式 18 来计算:

$$Z_{odd1_a} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \alpha l + jZ_{o1} \tan \alpha l}{Z_{o1} - Z_{o1} \tan \alpha l \tan \alpha l} j = Z_{o1} \frac{j \tan \alpha l + j \tan \alpha l}{1 - \tan \alpha l \tan \alpha l} j \quad \dots\dots\dots \text{公式 18}$$

其中, αl 是第一传输线 110 的电长度, Z_{o1} 也是第一传输线 110 的特征阻抗;

若 $\alpha l + \alpha l = \pi$, 则第二传输线 120 的奇模输出阻抗 Z_{odd1_a} 等于零, 因此 $Z_{in1_odd} = Z_{odd1_a} = 0$; 又由于对称的原因, $Z_{in2_odd} = Z_{in1_odd} = Z_{in_odd} = 0$; 使得当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时, 第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等, 如此可以确保功率合成器 800 稳定工作。

第一传输线 110 的电长度可以是任意值, 第二传输线 120 的电长度也可以是任意值。

请参阅图 7, 其为第二种实施方式的功率合成器 802 的电路图。图 8 所示功率合成器 802 与图 6 所示功率合成器 800 的区别是: 图 8 所示功率合成器 800 使用平衡电感元件 L_{bal} 取代了图 6 所示功率合成器 800 中的平衡电容元件 C_{bal} 。也即, 平衡电感元件 L_{bal} 的一端耦合于第一传输线 110 与第二传输线 120 之间, 另一端耦合于第三传输线 112 与第四传输线 122 之间。

图 10 为图 7 所示功率合成器 802 的奇模激励电路的等效图, 其中, 第一

端口 102 通过串联连接的两个等效电感元件连接至第二端口 104，两个等效电感元件的电感值均为 $L_{bal}/2$ 。

图 11 为图 10 所示奇模激励电路的分解图，其中，第二传输线 120 的奇模输入阻抗 Z_{odd1_b} 通过下述公式 16 来计算：

因此，上述公式 17 中的 C 对应地替换成 L，得到下述公式 19。

$$Z_{odd1_c} = -\frac{1}{j\omega L} // jZ_{o1} \tan \beta l = \frac{Z_{o1} \tan \beta l}{1 - Z_{o1} \tan \beta l \omega L} j = Z_{o1} \tan \delta l j \dots\dots\dots \text{公式 19}$$

其中，L 是平衡电感元件 L_{bal} 的电感值的一半。

与图 6 所示功率合成器 800 类似的推导方法，也即与上述公式 16、17 及 18 类似，若 $\delta l + \alpha l = \pi$ （注意： δl 是指公式 19 中的 δl ），则第二传输线 120 的奇模输出阻抗 Z_{odd1_a} 等于零，因此 $Z_{in1_odd} = Z_{odd1_a} = 0$ ；又由于对称的原因， $Z_{in2_odd} = Z_{in1_odd} = Z_{in_odd} = 0$ ；使得当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时，第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等，如此可以确保功率合成器 802 稳定工作。

请参阅图 12，其为第三种实施方式的功率合成器 804 的电路图。图 9 所示功率合成器 804 与图 6 所示功率合成器 800 的区别是：图 9 所示功率合成器 804 使用第二电感 L2 及第四电感 L4 分别取代了图 6 所示功率合成器 800 中的第二传输线 120 及第四传输线 122。

在图 12 中，与图 6 所示功率合成器 800 类似的推导方法，当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时，第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等，如此可以确保功率合成器 804 稳定工作。图 12 所示功率合成器 804 的推导方法与图 6 所示功率合成器 800 的推导方法不同的是：

第二电感 L2 的奇模输入阻抗 Z_{odd1_b} 通过下述公式 20 来计算：

$$Z_{odd1_b} = j\omega L \dots\dots\dots \text{公式 20}$$

其中，L 为第二电感 L2 的电感值。

可以理解的是，在其他的实施例中，图 9 所示功率合成器 804 中的平衡电容元件 C_{bal} 可以替换成平衡电感元件，同样可以实现本发明实施方式的目的。

请参阅图 13，其为第四种实施方式的功率合成器 805 的电路图。图 10 所示功率合成器 805 与图 6 所示功率合成器 800 的区别是：图 10 所示功率合成器 805 使用第二电容 C2 及第四电容 C4 分别取代了图 6 所示功率合成器 800

中的第二传输线 120 及第四传输线 122。

在图 13 中,与图 6 所示功率合成器 800 类似的推导方法,当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时,第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等,如此可以确保功率合成器 805 稳定工作。图 13 所示功率合成器 805 的推导方法与图 6 所示功率合成器 800 的推导方法不同的是:

第二电容 C2 的奇模输入阻抗 Z_{odd1_b} 通过下述公式 20 来计算:

$$Z_{odd1_b} = -j/\omega C \quad \dots\dots\dots \text{公式 20}$$

其中, C 为第二电容 C2 的电容值。

可以理解的是,在其他的实施例中,图 13 所示功率合成器 805 中的平衡电容元件 C_{bal} 可以替换成平衡电感元件,同样可以实现本发明实施方式的目的。

请参阅图 14,其为第五种实施方式的功率合成器 806 的电路图。功率合成器 806 包括该第一电感元件 L1、第二电容元件 C2、第三电感元件 L3、第四电容元件 C4 及平衡电容元件 C_{bal} 。第一电感元件 L1 耦合至第一端口 102,第二电容元件 C2 耦合于第一电感元件 L1 与公共端口 106 之间。第三电感元件 L3 耦合至第二端口 104,第四电容元件 C4 耦合于第三电感元件 L3 与公共端口 106 之间。平衡电容元件 C_{bal} 耦合于第一电感元件 L1 和第二电容元件 C2 之间的连接点与第三电感元件 L3 和第四电容元件 C4 之间的连接点之间。

与图 6 所示功率合成器 800 类似的推导方法,当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时,第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等,如此可以确保功率合成器 806 稳定工作。

请参阅图 15,其为第六种实施方式的功率合成器 808 的电路图。功率合成器 808 包括第一传输线 110、第二传输线 120、第三传输线 112 及第四传输线 122。第一传输线 110 耦合至第一端口 102,第二传输线 120 耦合于第一传输线 110 与公共端口 106 之间。第三传输线 112 耦合至第二端口 104,第四传输线 122 耦合于第三传输线 112 与公共端口 106 之间。公共端口 106 耦合至负载 Z_L 。

第一传输线 110 的电长度与第二传输线 120 的电长度之和等于第一传输线 110 和第二传输线 120 中传送的信号的波长的一半,第三传输线 112 的电长度与第四传输线 122 的电长度之和等于第三传输线 112 和第四传输线 122

中传送的信号的波长的一半。

请再次参阅图 9，将图 9 中的等效电容元件 $2C_{bal}$ 删除，即成为图 12 所示功率合成器 808 的奇模激励分解电路。由于第一传输线 110 的电长度与第二传输线 120 的电长度之和等于第一传输线 110 和第二传输线 120 中传送的信号的波长的一半，因此第一端口 102 的奇模输入阻抗 $Z_{in1_odd}=Z_{odd1_a}=0$ ，由于第一端口 102 与第二端口 104 对称，因此第二端口 104 的奇模输入阻抗 $Z_{in2_odd}=Z_{in1_odd}=Z_{in_odd}=0$ 。

如此当流过第一端口 102 的电流与流过第二端口 104 的电流不平衡时，第一端口 102 的电压与第二端口 104 的电压相等，如此可以确保功率合成器 808 稳定工作。

如图 16 所示，其作为一种实施方式的功率放大器模组 990 的功能模块图。功率放大器模组 990 包括第一功率放大器 910、第二功率放大器 920 及功率合成器 930。功率合成器 930 包括第一端口 102、第二端口 104 及公共端口 106。第一端口 102 用于接收第一功率放大器 910 提供的第一电功率，第二端口 104 用于接收第二功率放大器 920 提供的第二电功率，公共端口 106 用于提供基于合成第一电功率和第二电功率的合成电功率。该合成电功率被提供给负载 940。其中，功率合成器 930 可以是图 6 所示功率合成器 800、图 7 所示功率合成器 802、图 12 所示功率合成器 804、图 13 所示功率合成器 805、图 14 所示功率合成器 806 及图 15 所示功率合成器 808 中的任意一种。

请参阅图 17，其为磁共振成像（MRI）装置 10 的示意图。磁共振成像系统 10 的操作可以从操作员控制台 12 进行控制，操作员控制台 12 包括键盘或其它输入设备 13、控制面板 14 和显示器 16。控制台 12 通过链路 18 与计算机系统 20 通信，并提供接口供操作员用来规定磁共振扫描，显示所得图像，对图像执行图像处理，以及将数据和图像存档。输入设备 13 可以包括鼠标、操纵杆、键盘、轨迹球、触摸屏、光棒、语音控制设备或任何类似或等效的输入设备，并且可用于交互式几何规定。

计算机系统 20 包括多个模块，这些模块通过例如通过利用背板 20a 提供的电和/或数据连接彼此通信。数据连接可以是直接有线链路或者无线通信链路等。计算机系统 20 的模块包括图像处理器模块 22、中央处理器模块 24 和存储器模块 26。存储器模块 26 可以包括用于存储图像数据阵列的帧缓冲器。在替换的实施方式中，图像处理器模块 22 可以由中央处理器模块 24 上运行的图像处理功能进行替代。计算机系统 20 可以链接到档案媒体设备、永久或

备份存储器存储设备或网络。计算机系统 20 还可通过链路 34 与独立的系统控制计算机 32 进行通信。

在一种实施方式中，系统控制计算机 32 包括经由电和/或数据连接 32a 相互通信的一组模块。数据连接 32a 可以是有线链路或者无线通信链路等。在可替换的实施方式中，计算机系统 20 和系统控制计算机 32 的模块可以在相同的计算机系统或多个计算机系统上实现。系统控制计算机 32 的模块包括中央处理器模块 36 和通过通信链路 40 连接到操作员控制台 12 的脉冲发生器模块 38。

在一种实施方式中，脉冲发生器模块 38 可以集成到扫描仪设备（如共振组件 52）中。系统控制计算机 32 通过链路 40 接收来自操作员的指示将执行扫描序列的命令。脉冲发生器模块 38 通过发送描述将产生的射频脉冲和脉冲序列的时序、强度和形状以及数据采集窗的定时和长度的指令、命令和/或请求来操作放出（即，执行）期望的脉冲序列的系统部件。脉冲发生器模块 38 连接到梯度放大器系统 42，并产生称为梯度波形的数据，这些梯度波形控制将在扫描期间使用的梯度脉冲的时序和形状。

在一种实施方式中，脉冲发生器模块 38 还可从生理采集控制器 44 接收患者数据，生理采集控制器 44 从连接到患者的多个不同传感器接收信号，例如来自附着到患者的电极的心电图信号。脉冲生成器模块 38 连接到扫描室接口电路 46，扫描室接口电路 46 从各种传感器接收与患者和磁体系统的状况相关联的信号。患者定位系统 48 也通过扫描室接口电路 46 来接收将患者台移到期望的位置进行扫描的命令。

在一种实施方式中，脉冲生成器模块 38 产生的梯度波形被作用到梯度放大器系统 42。梯度放大器系统 42 包括 X 轴梯度放大器、Y 轴梯度放大器和 Z 轴梯度放大器。每个梯度放大器激励梯度线圈组件（一般标 50）中对应的物理梯度线圈，并产生磁场梯度脉冲，以用于对所采集的信号进行空间编码。梯度线圈组件 50 形成共振组件 52 的一部分，共振组件 52 包括具有超导主线圈 54 的极化超导磁体。共振组件 52 可包括全身射频线圈 56、表面或并行成像线圈 76、或两者。射频线圈组件的线圈 56、76 可构造成用于传送和接收、或只传送、或只接收。患者或成像对象 70 可安置在共振组件 52 的圆柱形患者成像体积 72 内。系统控制计算机 32 中的收发器模块 58 产生脉冲，这些脉冲由射频放大器 60 放大，并通过发射/接收开关 62 耦合到射频线圈 56、76。

由患者中的受激核发出的所得信号可由相同的射频线圈 56 感测，并通过发射/接收开关 62 耦合到前置放大器 64。或者，由受激核发出的信号可由诸如并行线圈或表面线圈 76 的独立接收线圈感测。在收发器 58 的接收器部分中对放大的磁共振信号进行解调、滤波和数字化。发射/接收开关 62 由来自脉冲生成器模块 38 的信号进行控制，以便在发射模式期间将射频放大器 60 电连接到射频线圈 56，并在接收模式期间将前置放大器 64 连接到射频线圈 56。发射/接收开关 62 还可使得能够在发射或接收模式中使用独立射频线圈（例如，并行或表面线圈 76）。

由射频线圈 56、或并行或表面线圈 76 感测的磁共振信号由收发器模块 58 数字化，并传送给系统控制计算机 32 中的存储器模块 66。通常，对应于磁共振信号的数据帧临时存储在存储器模块 66 中，直到随后对它们进行变换以创建图像。阵列处理器 68 利用已知的变换方法（最常见的有傅里叶变换）来从磁共振信号创建图像。这些图像通过链路 34 传送给计算机系统 20，在计算机系统 20 中，其存储在存储器中。响应于从操作员控制台 12 接收的命令，可将此图像数据存档在长期存储设备中，或者可通过图像处理器 22 对它做进一步处理、传给操作员控制台 12 并呈现在显示器 16 上。

在一种实施方式中，射频放大器 60 可以是如图 13 所示的功率放大器模组 990。

虽然结合特定的实施方式对本发明实施方式进行了说明，但本领域的技术人员可以理解，对本发明实施方式可以作出许多修改和变型。因此，要认识到，权利要求书的意图在于覆盖在本发明实施方式真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

权 利 要 求 书

1. 一种功率合成器，其包括：

第一传输线或集总电路元件，其耦合至第一端口；

第二传输线或集总电路元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间；

第三传输线或集总电路元件，其耦合至第二端口；

第四传输线或集总电路元件，其耦合于第三传输线或集总电路元件与公共端口之间；

平衡电容元件或平衡电感元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四传输线或集总电路元件之间的连接点之间。

2. 如权利要求 1 所述的功率合成器，其特征在于：当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时，第一端口的电压等于第二端口的电压。

3. 如权利要求 1 所述的功率合成器，其特征在于：该第一集总电路元件、第二集总电路元件、第三集总电路元件及第四集总电路元件中的每一者包括电容元件或电感元件。

4. 如权利要求 1 所述的功率合成器，其特征在于，该功率合成器包括：

该第一传输线，其耦合至第一端口；

该第二传输线，其耦合于第一传输线与公共端口之间；

该第三传输线，其耦合至第二端口；

该第四传输线，其耦合于第三传输线与公共端口之间；

该平衡电容元件或平衡电感元件，其耦合于第一和第二传输线之间的连接点与第三和第四传输线之间的连接点之间。

5. 如权利要求 4 所述的功率合成器，其特征在于，该第二传输线的奇模输入阻抗通过下述公式 1 来计算：

$$Z_{odd1_b} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \beta l}{Z_{o1}} = jZ_{o1} \tan \beta l \quad \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

其中， βl 是第二传输线的电长度， Z_{o1} 是第二传输线的特征阻抗；

该第一传输线的奇模输出阻抗通过下述公式 2 来计算：

$$Z_{odd1_c} = -\frac{1}{j\omega C} // jZ_{o1} \tan \beta l = \frac{Z_{o1} \tan \beta l}{1 - Z_{o1} \tan \beta l \omega C} j = Z_{o1} \tan \delta j \quad \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

其中, C 是平衡电容元件的电容值的 2 倍, ω 是通过第一传输线和第二传输线的信号的角频率;

该第二传输线的奇模输出阻抗通过下述公式 3 来计算:

$$Z_{odd1_a} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \delta l + jZ_{o1} \tan \alpha l}{Z_{o1} - Z_{o1} \tan \delta l \tan \alpha l} j = Z_{o1} \frac{j \tan \delta l + j \tan \alpha l}{1 - \tan \delta l \tan \alpha l} j \quad \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

其中, αl 是第一传输线的电长度, Z_{o1} 也是第一传输线的特征阻抗;

若 $\delta l + \alpha l = \pi$, 则 $Z_{in1_odd} = Z_{odd1_a} = 0$, $Z_{in2_odd} = Z_{in1_odd} = 0$; 其中 Z_{in1_odd} 是第一端口的奇模输入阻抗, Z_{in2_odd} 是第二端口的奇模输入阻抗; 使得当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时, 第一端口的电压与第二端口的电压相等。

6. 如权利要求 4 所述的功率合成器, 其特征在于, 该第二传输线的奇模输入阻抗通过下述公式 1 来计算:

$$Z_{odd1_b} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \beta l}{Z_{o1}} = jZ_{o1} \tan \beta l \quad \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

其中, βl 是第二传输线的电长度, Z_{o1} 是第二传输线的特征阻抗;

该第一传输线的奇模输出阻抗通过下述公式 2 来计算:

$$Z_{odd1_c} = -\frac{1}{j\omega L} // jZ_{o1} \tan \beta l = \frac{Z_{o1} \tan \beta l}{1 - Z_{o1} \tan \beta l \omega C} j = Z_{o1} \tan \delta l j \quad \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

其中, L 是平衡电感元件的电感值的一半, ω 是通过第一传输线和第二传输线的信号的角频率;

该第二传输线的奇模输出阻抗通过下述公式 3 来计算:

$$Z_{odd1_a} = Z_{o1} \frac{jZ_{o1} \tan \delta l + jZ_{o1} \tan \alpha l}{Z_{o1} - Z_{o1} \tan \delta l \tan \alpha l} j = Z_{o1} \frac{j \tan \delta l + j \tan \alpha l}{1 - \tan \delta l \tan \alpha l} j \quad \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

其中, αl 是第一传输线的电长度, Z_{o1} 也是第一传输线的特征阻抗;

若 $\delta l + \alpha l = \pi$, 则 $Z_{in1_odd} = Z_{odd1_a} = 0$, $Z_{in2_odd} = Z_{in1_odd} = 0$; 其中 Z_{in1_odd} 是第一端口的奇模输入阻抗, Z_{in2_odd} 是第二端口的奇模输入阻抗; 使得当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时, 第一端口的电压与第二端口的电压相等。

7. 如权利要求 4 所述的功率合成器, 其特征在于: 该第一传输线、第二传输线、第三传输线及第四传输线中的每一者的电长度为任意值。

8. 如权利要求 1 所述的功率合成器, 其特征在于: 该第二集总电路元件包括第二电感元件, 该第四集总电路元件包括第四电感元件;

该功率合成器包括:

该第一传输线，其耦合至第一端口；

该第二电感元件，其耦合于第一传输线与公共端口之间；

该第三传输线，其耦合至第二端口；

该第四电感元件，其耦合于第三传输线与公共端口之间；

该平衡电容元件，其耦合于第一传输线和第二电感元件之间的连接点与第三传输线和第四电感元件之间的连接点之间。

9. 如权利要求 1 所述的功率合成器，其特征在于：该第一集总电路元件包括第一电感元件，该第二集总电路元件包括第二电容元件；该第三集总电路元件包括第三电感元件，该第四集总电路元件包括第四电容元件；

该功率合成器包括：

该第一电感元件，其耦合至第一端口；

该第二电容元件，其耦合于第一电感元件与公共端口之间；

该第三电感元件，其耦合至第二端口；

该第四电容元件，其耦合于第三电感元件与公共端口之间；

该平衡电容元件，其耦合于第一电感元件和第二电容元件之间的连接点与第三电感元件和第四电容元件之间的连接点之间。

10. 如权利要求 1 所述的功率合成器，其特征在于：该第一端口用于接收第一电功率，该第二端口用于接收第二电功率，该公共端口用于提供基于合成第一电功率和第二电功率的合成电功率。

11. 一种功率放大器模组，其特征在于，该功率放大器模组包括：

第一功率放大器，用于提供第一电功率；

第二功率放大器，用于提供第二电功率；及

功率合成器，其包括：

第一传输线或集总电路元件，其耦合至用于接收第一电功率的第一端口；

第二传输线或集总电路元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间；

第三传输线或集总电路元件，其耦合至用于接收第二电功率的第二端口；

第四传输线或集总电路元件，其耦合于第三传输线或集总电路元件

与公共端口之间；

平衡电容元件或平衡电感元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四传输线或集总电路元件之间的连接点之间。

12. 如权利要求 11 所述的功率放大器模组，其特征在于：当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时，第一端口的电压等于第二端口的电压。

13. 一种磁共振成像系统，其特征在于，该磁共振成像系统包括：

主磁体，用于产生主磁场；

梯度线圈组件；

梯度放大器，用于激励该梯度线圈组件在选定的梯度轴上产生作用到主磁场的梯度磁场；

射频线圈组件；

射频放大器，其包括：

第一功率放大器，用于提供第一电功率；

第二功率放大器，用于提供第二电功率；及

功率合成器，其包括：

第一传输线或集总电路元件，其耦合至用于接收第一电功率的第一端口；

第二传输线或集总电路元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件与公共端口之间；

第三传输线或集总电路元件，其耦合至用于接收第二电功率的第二端口；

第四传输线或集总电路元件，其耦合于第三传输线或集总电路元件与公共端口之间；

平衡电容元件或平衡电感元件，其耦合于第一传输线或集总电路元件和第二传输线或集总电路元件之间的连接点与第三传输线或集总电路元件和第四传输线或集总电路元件之间的连接点之间；

其中，该公共端口用于提供基于合成第一电功率和第二电功率的合成电功率，该合成电功率用于激励该射频线圈组件发射射频信号。

14. 如权利要求 13 所述的磁共振成像系统，其特征在于：当流过第一端口的电流与流过第二端口的电流不平衡时，该第一端口的电压等于第二端口的电压。

15. 一种功率合成器，其包括：

第一传输线，其耦合至第一端口；

第二传输线，其耦合于第一传输线与公共端口之间；

第三传输线，其耦合至第二端口；

第四传输线，其耦合于第三传输线与公共端口之间；

该第一传输线的电长度与第二传输线的电长度之和等于第一传输线和第二传输线中传送的信号的波长的一半，该第三传输线的电长度与第四传输线的电长度之和等于第三传输线和第四传输线中传送的信号的波长的一半。

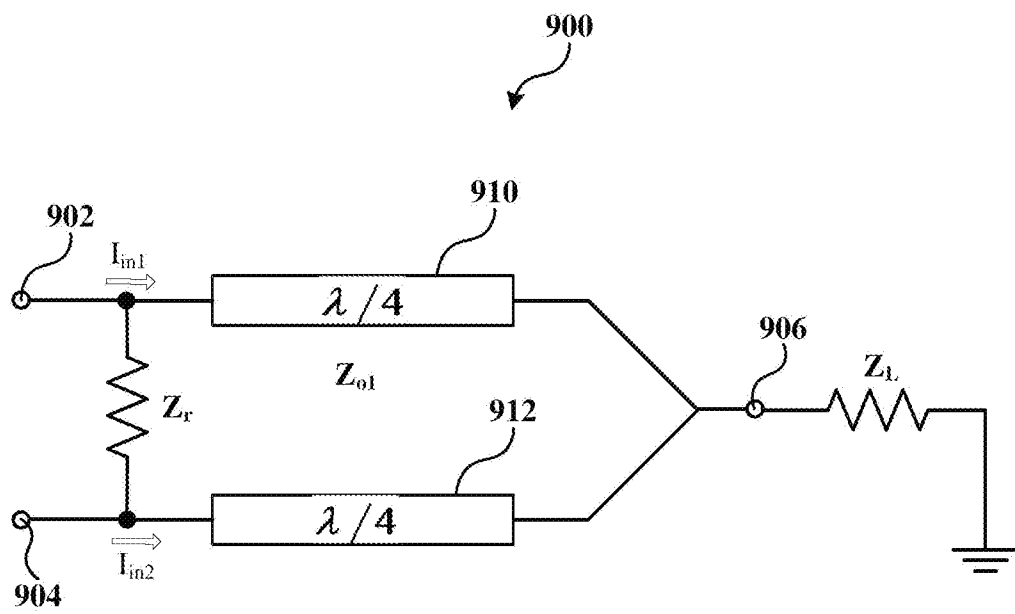


图 1

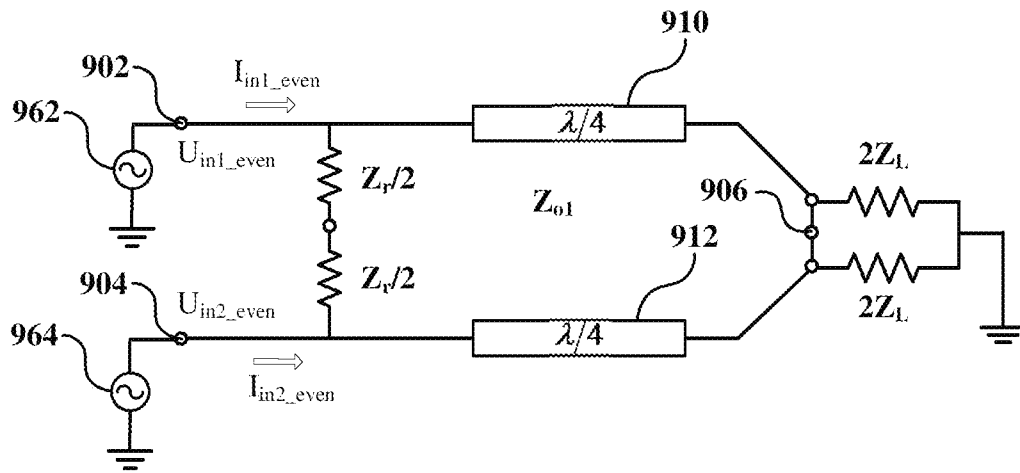


图 2

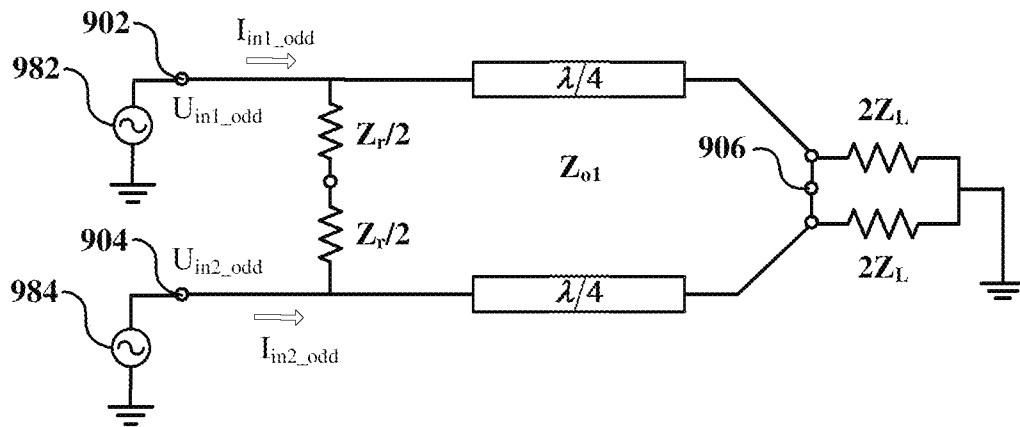


图 3

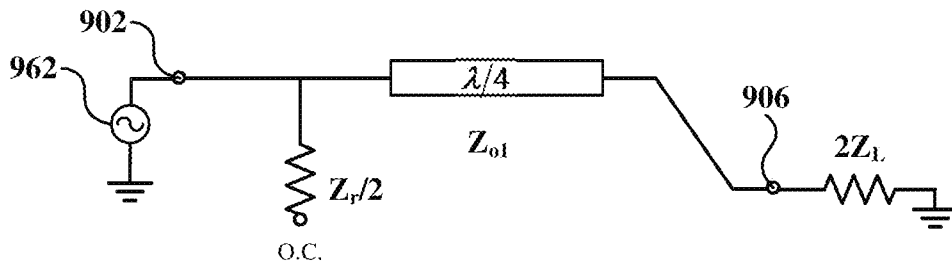


图 4

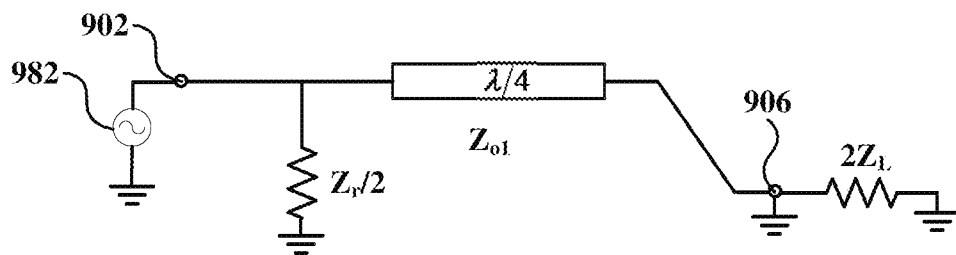


图 5

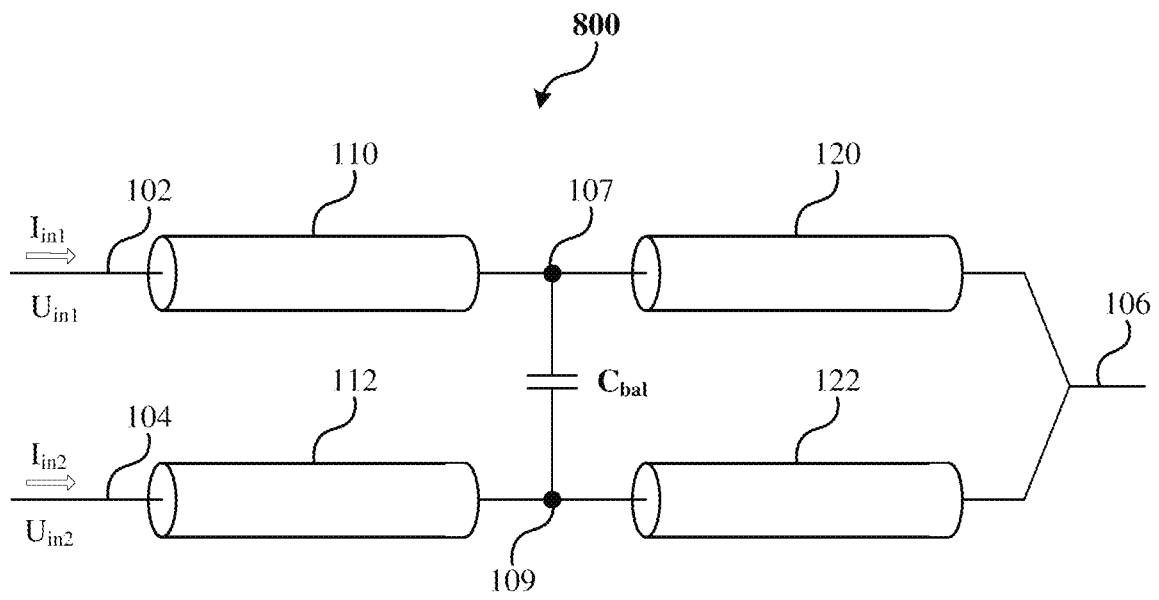


图 6

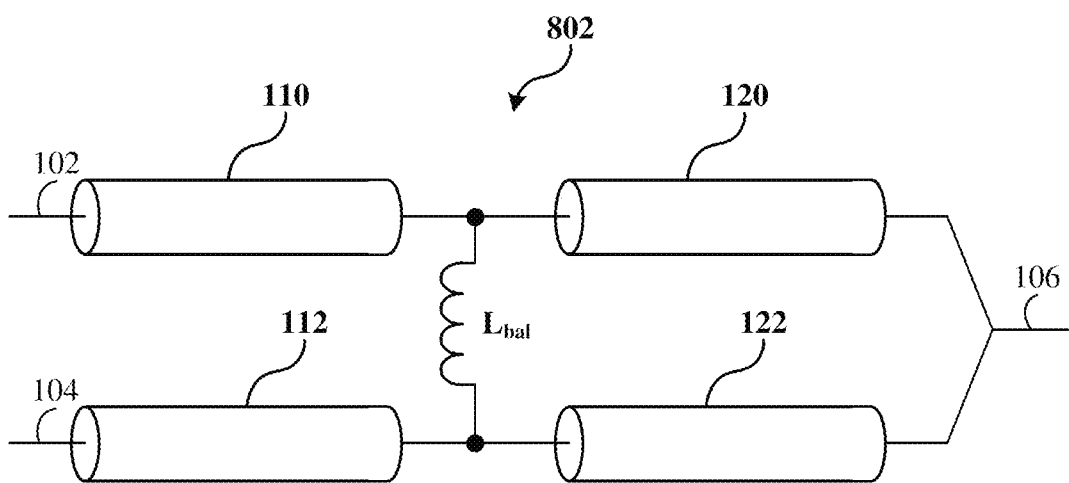


图 7

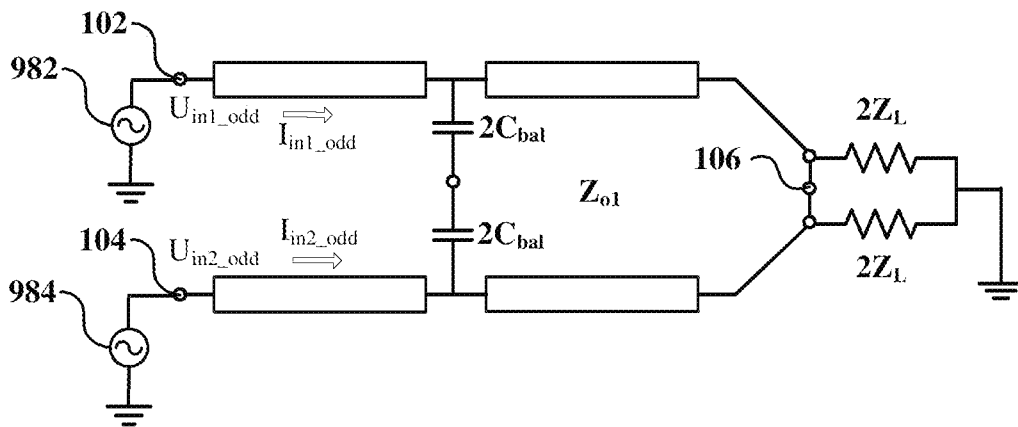


图 8

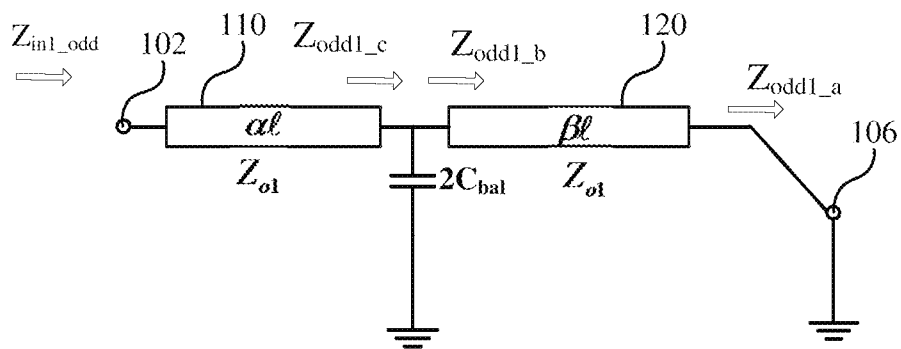


图 9

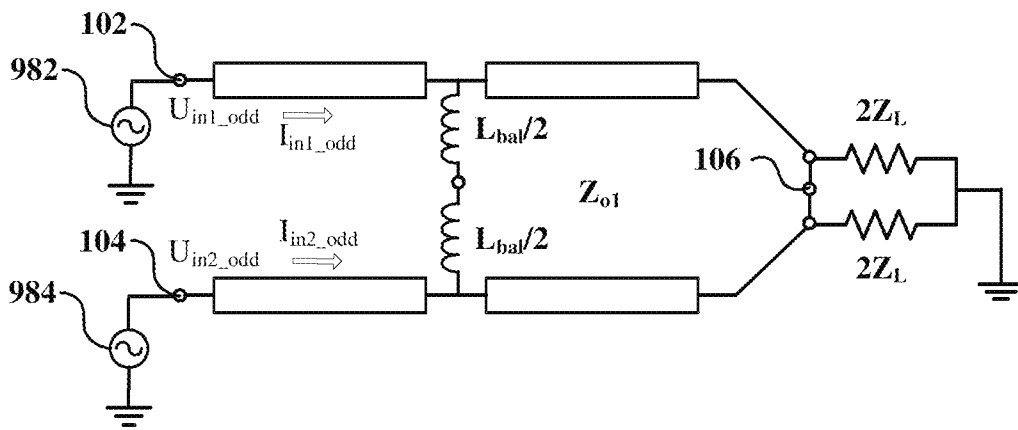


图 10

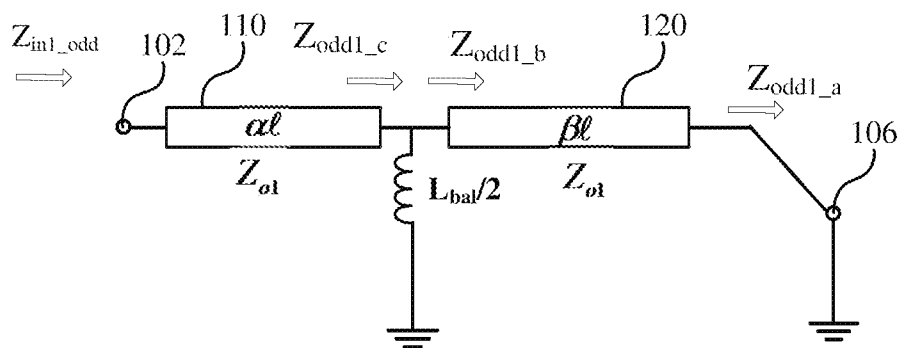


图 11

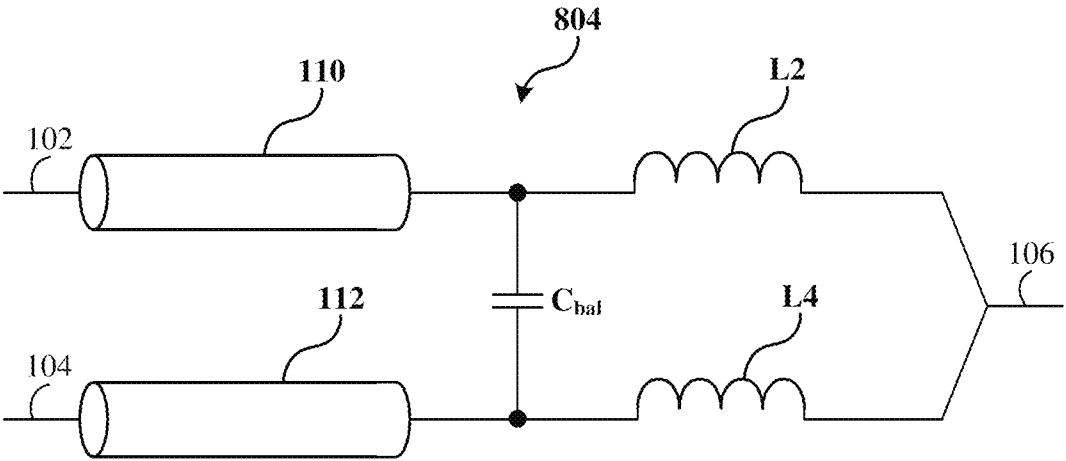


图 12

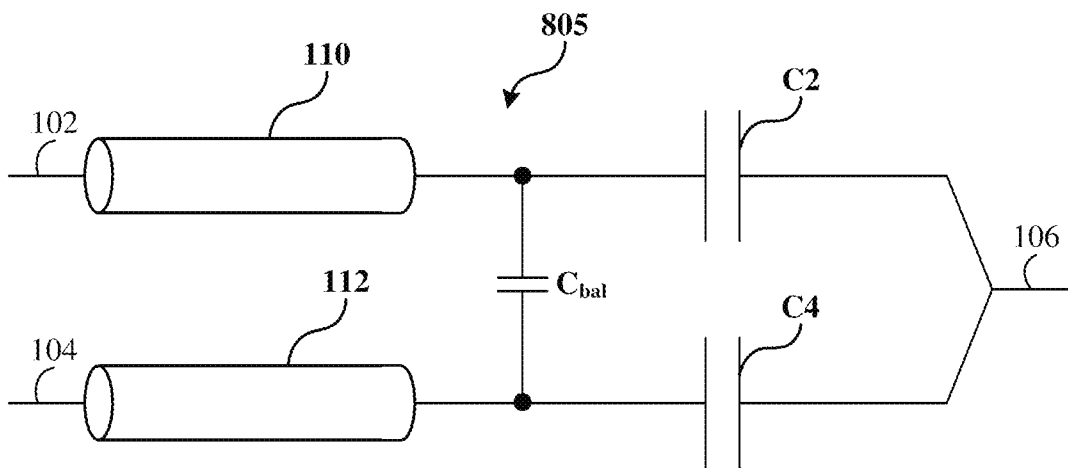


图 13

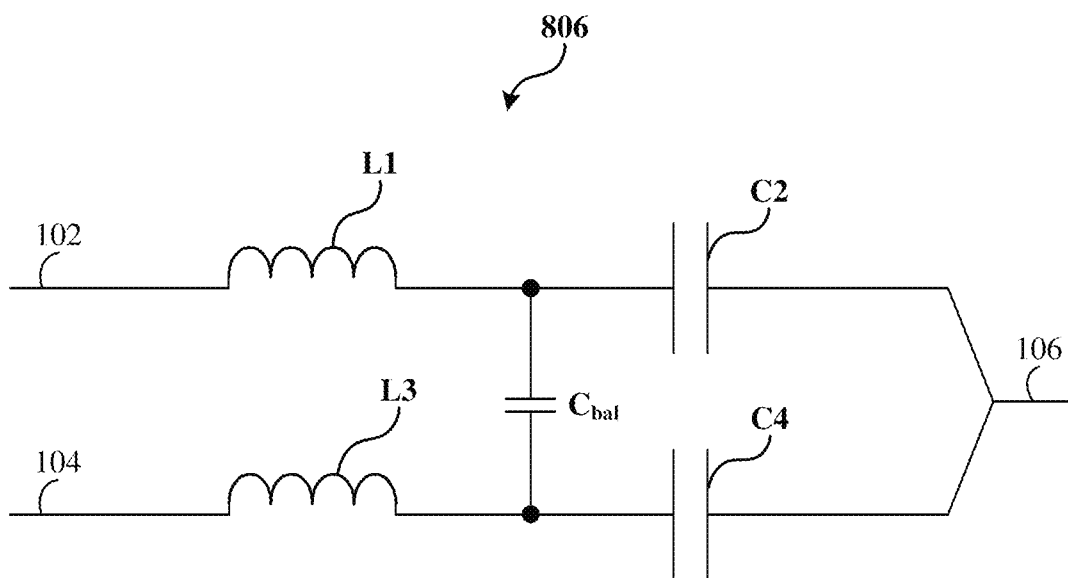


图 14

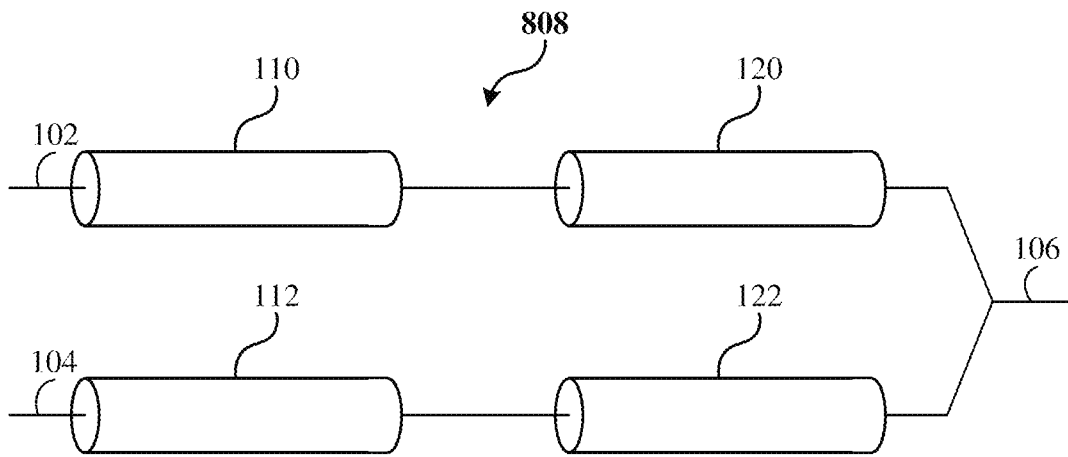


图 15

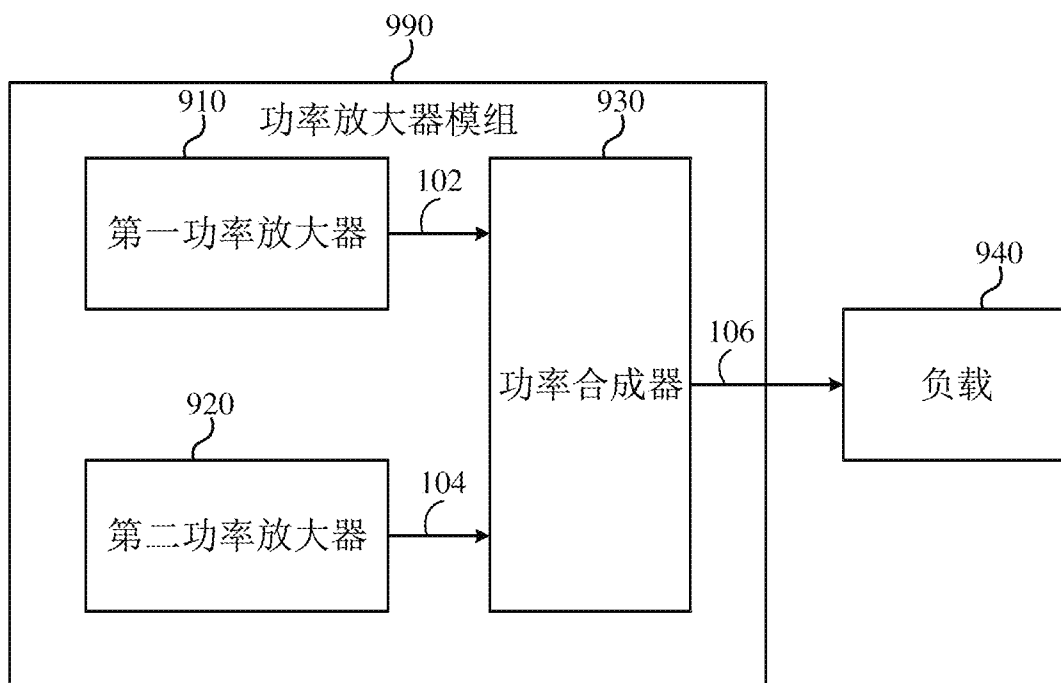


图 16

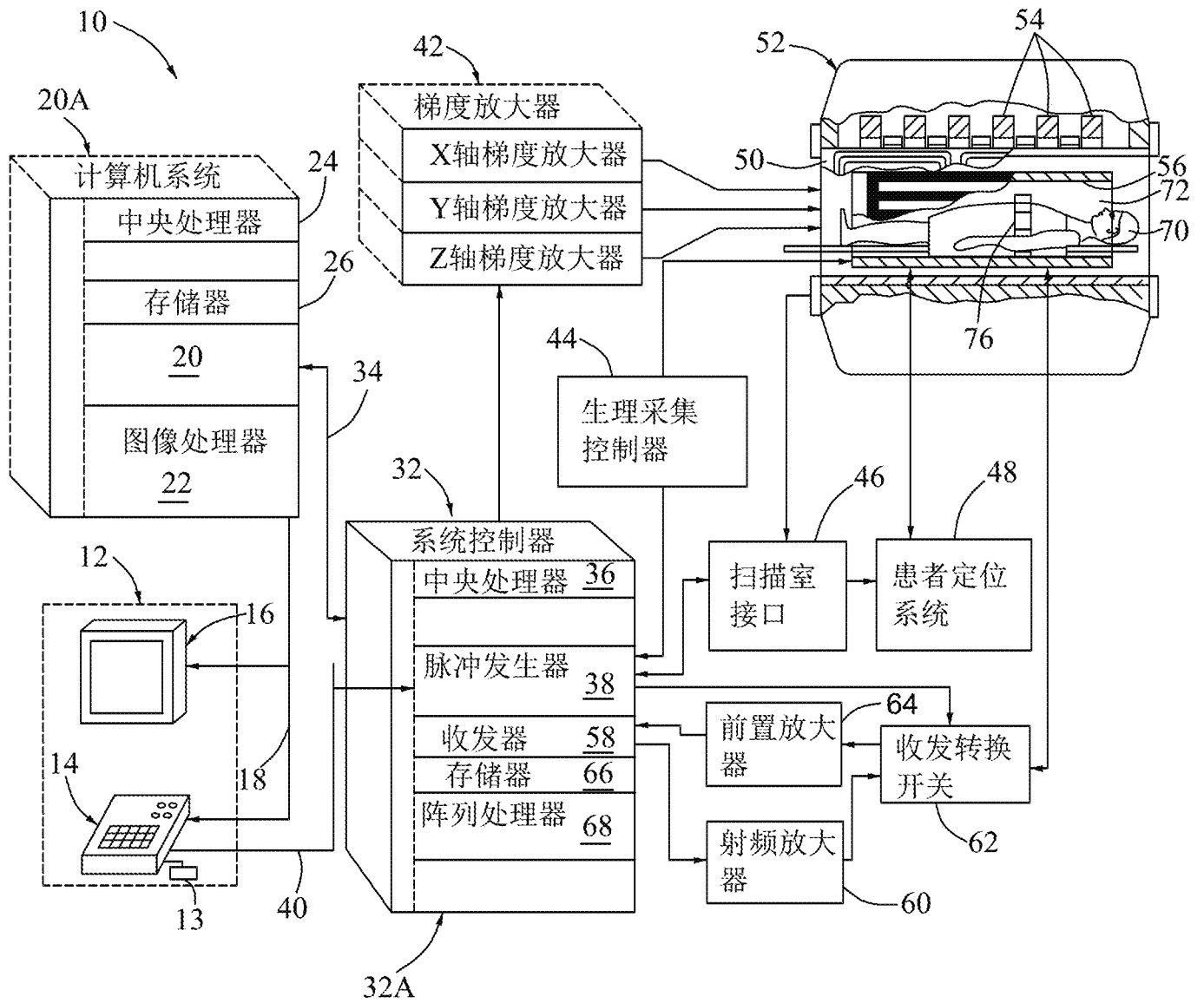


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/078474

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P 5/16 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: power synthesis, balancing resistance, power dividing, balancing capacitance, balancing inductor, wilkinson, power, divide, split, combine, match, impedance, resistance, resistor, capacitance, inductance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 201018578 Y (ANSHAN JIZHAO ELECTRONIC CO., LTD.), 06 February 2008 (06.02.2008), description, page 1, lines 12-14, and figure 1	15
A	US 2015002242 A1 (ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO.KG), 01 January 2015 (01.01.2015), the whole document	1-15
A	US 6570466 B1 (TYCO ELECTRONICS LOGISTICS AG), 27 May 2003 (27.05.2003), the whole document	1-15
A	CN 104022333 A (SUZHOU BOHAI MICROSYSTEM CO., LTD. et al.), 03 September 2014 (03.09.2014), the whole document	1-15
A	CN 102013542 A (SHANGHAI JESON WIRELESS COMMUNICATION EQUIPMENT CO., LTD.), 13 April 2011 (13.04.2011), the whole document	1-15
A	US 2014132364 A1 (QUALCOMM INCORPORATED), 15 May 2014 (15.05.2014), the whole document	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 June 2016 (12.06.2016)	Date of mailing of the international search report 28 June 2016 (28.06.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer KONG, Wei Telephone No.: (86-10) 61648128

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/078474

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 201018578 Y	06 February 2008	None	
US 2015002242 A1	01 January 2015	DE 102013213297 A1	08 January 2015
US 6570466 B1	27 May 2003	None	
CN 104022333 A	03 September 2014	None	
CN 102013542 A	13 April 2011	None	
US 2014132364 A1	15 May 2014	EP 2920841 A1	23 September 2015
		JP 2015535162 A	07 December 2015
		CN 104798249 A	22 July 2015
		WO 2014078334 A1	22 May 2014

A. 主题的分类 H01P 5/16 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H01P 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 威尔金森, 功率合成, 匹配, 平衡电阻, 功率, 功分, 功合, 功率分配, 平衡电容, 平衡电感, 阻抗, wilkinson, power, divide, split, combine, match, impedance, resistance, resistor, capacitance, inductance																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 201018578 Y (鞍山吉兆电子有限公司) 2008年 2月 6日 (2008 - 02 - 06) 说明书第1页第12-14行、图1</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015002242 A1 (ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG) 2015年 1月 1日 (2015 - 01 - 01) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6570466 B1 (TYCO ELECTRONICS LOGISTICS AG.) 2003年 5月 27日 (2003 - 05 - 27) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104022333 A (苏州博海创业微系统有限公司等) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102013542 A (上海杰盛无线通讯设备有限公司) 2011年 4月 13日 (2011 - 04 - 13) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014132364 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2014年 5月 15日 (2014 - 05 - 15) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 201018578 Y (鞍山吉兆电子有限公司) 2008年 2月 6日 (2008 - 02 - 06) 说明书第1页第12-14行、图1	15	A	US 2015002242 A1 (ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG) 2015年 1月 1日 (2015 - 01 - 01) 全文	1-15	A	US 6570466 B1 (TYCO ELECTRONICS LOGISTICS AG.) 2003年 5月 27日 (2003 - 05 - 27) 全文	1-15	A	CN 104022333 A (苏州博海创业微系统有限公司等) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文	1-15	A	CN 102013542 A (上海杰盛无线通讯设备有限公司) 2011年 4月 13日 (2011 - 04 - 13) 全文	1-15	A	US 2014132364 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2014年 5月 15日 (2014 - 05 - 15) 全文	1-15
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 201018578 Y (鞍山吉兆电子有限公司) 2008年 2月 6日 (2008 - 02 - 06) 说明书第1页第12-14行、图1	15																					
A	US 2015002242 A1 (ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG) 2015年 1月 1日 (2015 - 01 - 01) 全文	1-15																					
A	US 6570466 B1 (TYCO ELECTRONICS LOGISTICS AG.) 2003年 5月 27日 (2003 - 05 - 27) 全文	1-15																					
A	CN 104022333 A (苏州博海创业微系统有限公司等) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文	1-15																					
A	CN 102013542 A (上海杰盛无线通讯设备有限公司) 2011年 4月 13日 (2011 - 04 - 13) 全文	1-15																					
A	US 2014132364 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2014年 5月 15日 (2014 - 05 - 15) 全文	1-15																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2016年 6月 12日		国际检索报告邮寄日期 2016年 6月 28日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 孔伟 电话号码 (86-10)61648128																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/078474

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	201018578	Y	2008年 2月 6日	无			
US	2015002242	A1	2015年 1月 1日	DE	102013213297	A1	2015年 1月 8日
US	6570466	B1	2003年 5月 27日	无			
CN	104022333	A	2014年 9月 3日	无			
CN	102013542	A	2011年 4月 13日	无			
US	2014132364	A1	2014年 5月 15日	EP	2920841	A1	2015年 9月 23日
				JP	2015535162	A	2015年 12月 7日
				CN	104798249	A	2015年 7月 22日
				WO	2014078334	A1	2014年 5月 22日