



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105301534 B

(45)授权公告日 2018.05.15

(21)申请号 201410226536.5

(22)申请日 2014.05.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105301534 A

(43)申请公布日 2016.02.03

(73)专利权人 上海辰光医疗科技股份有限公司

地址 201107 上海市闵行区纪翟路1199弄8
号楼

(72)发明人 张松涛 王豪

(74)专利代理机构 上海兆丰知识产权代理事务

所(有限合伙) 31241

代理人 倪继祖

(51)Int.Cl.

G01R 33/36(2006.01)

(56)对比文件

CN 102790589 A,2012.11.21,说明书第
[0004]-[0027]段及说明书附图1-3.

CN 201541238 U,2010.08.04,说明书第
[0035]-[0060]段及说明书附图1-6.

CN 203773036 U,2014.08.13,全文.

CN 102664595 A,2012.09.12,全文.

CN 102301254 A,2011.12.28,全文.

审查员 张小伟

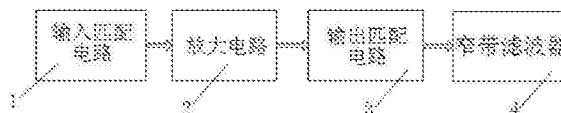
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器

(57)摘要

本发明公开了磁共振成像领域的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、放大电路和输出匹配电路,以及用于对经过所述放大电路放大后的磁共振信号进行滤波的窄带滤波器。其技术效果是:该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器在磁共振信号频率点附近很小的范围内产生磁共振成像所需的增益,而在其它频率处只产生非常小的增益或者完全不具备放大功能,从而大幅降低磁共振成像射频线圈振荡的可能性。本发明还提供了一种可实现上述技术效果的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、一级放大电路、窄带滤波电路、二级放大电路和输出匹配电路。



1. 一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、放大电路和输出匹配电路,其特征在于:

该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器中还包括用于对经过所述放大电路放大后的磁共振信号进行滤波的窄带滤波器,

所述窄带滤波器为LC滤波器,且所述LC滤波器与所述输出匹配电路构成一体电路,

所述一体电路包括输出电容 C_m 、输出电感 L_m 、第一滤波电阻 R_m 和第二滤波电阻 r ,所述输出电容 C_m 的第一端部和第二端部,对应连接所述放大电路的第一输出端和第二输出端,所述输出电感 L_m 的第一端部连接所述放大电路的第一输出端,所述第二滤波电阻 r 的两端对应连接所述输出电容 C_m 的第二端部和所述输出电感 L_m 的第二端部,所述第一滤波电阻 R_m 与所述输出电感 L_m 的第二端部连接。

2. 根据权利要求1所述的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其特征在于:所述窄带滤波器为声表面波滤波器。

3. 根据权利要求2所述的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其特征在于:所述输出匹配电路包括输出电容 C_m 、输出电感 L_m ,所述输出电容 C_m 的第一端部和第二端部,对应连接所述放大电路的第一输出端和第二输出端,所述输出电感 L_m 的第一端部连接所述放大电路的第一输出端,所述输出电感 L_m 的第二端部连接所述声表面波滤波器。

4. 根据权利要求3所述的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其特征在于:所述声表面波滤波器为无磁的声表面波滤波器。

5. 一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、一级放大电路、二级放大电路和输出匹配电路,所述一级放大电路连接在所述输入匹配电路的后端,所述输出匹配电路连接在所述二级放大电路的后端,其特征在于:

所述一级放大电路和所述二级放大电路之间通过窄带滤波电路连接,

所述窄带滤波电路包括与所述一级放大电路第一输出端连接的滤波电容 C_f ,与所述二级放大电路第一输入端连接的滤波电感 L_f ,所述滤波电容 C_f 和所述滤波电感 L_f 串联,所述滤波电容 C_f 上并联有偏置电感 L_c 。

6. 根据权利要求5所述的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其特征在于:所述窄带滤波电路包括依次连接的第一阻抗匹配电路,中间窄带滤波器和第二阻抗匹配电路,以及与所述中间窄带滤波器并联的偏置电感 L_c 。

7. 根据权利要求6所述的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其特征在于:所述第一阻抗匹配电路包括第一匹配电感 L_{m1} 和第一匹配电容 C_{m1} ,所述第一匹配电感 L_{m1} 的第一端部连接所述一级放大电路的第一输出端,所述第一匹配电感 L_{m1} 的第二端部连接所述第一匹配电容 C_{m1} 的第一端部,所述第一匹配电容 C_{m1} 的第二端部连接所述一级放大电路的第二输出端;

所述第二阻抗匹配电路包括第二匹配电感 L_{m2} 和第二匹配电容 C_{m2} ,所述第二匹配电感 L_{m2} 的第一端部连接所述二级放大电路的第一输入端,所述第二匹配电感 L_{m2} 的第二端部连接所述第二匹配电容 C_{m2} 的第一端部,所述第二匹配电容 C_{m2} 的第二端部连接所述二级放大电路的第二输入端;

所述中间窄带滤波器为声表面波滤波器,其连接所述第一匹配电感 L_{m1} 的第二端部和所述第二匹配电感 L_{m2} 的第二端部。

一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像领域的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器。

背景技术

[0002] 磁共振成像是一种先进的人体无损成像的技术,广泛应用于人体各个部位疾病的诊断。磁共振成像系统包括磁共振成像射频线圈、用于磁共振成像射频线圈的前置放大器和磁体、梯度、射频功放、谱仪和计算机等部件。现有技术的磁共振成像射频线圈的结构是一个LC谐振回路。用于磁共振成像射频线圈的前置放大器是磁共振成像系统中重要组成部分,其性能直接决定着磁共振成像质量。磁共振成像射频线圈探测到磁共振信号,磁共振信号经用于磁共振成像射频线圈的前置放大器放大后,通过系统负载 R_{load} 输入到磁共振成像系统的谱仪和计算机中进行运算处理,从而得到所需图像。

[0003] 传统用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的结构如图1和图2所示,通常由依次连接的输入匹配电路1、放大电路2和输出匹配电路3组成。其中,放大电路2包括一个等效输出阻抗 Z_s ,等效输出阻抗 Z_s 的两端分别为放大电路2的第一输出端和第二输出端,输出匹配电路3是一个LC电路,包括输出电容 C_m 和输出电感 L_m ,输出电感 L_m 的第一端部与放大电路2的第一输出端连接。输出电容 C_m 的两端分别连接放大电路2的第一输出端和第二输出端。输出匹配电路3的第一输出端和第二输出端,即输出电感 L_m 的第二端部和输出电容 C_m 的第二端部对应外接系统负载 R_{load} 的两端。磁共振信号,经过用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的放大,再通过系统负载 R_{load} ,输入谱仪和计算机,从而得到所需的图像。

[0004] 用于磁共振成像射频线圈的前置放大器中,输出匹配电路3的作用在于:使放大电路2的等效输出阻抗 Z_s 的阻抗值和系统负载 R_{load} 的阻抗值相匹配,从而提高用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的增益。系统负载 R_{load} 的阻抗值一般为 $50\ \Omega$,输出匹配电路3虽然也可以部分起到的频率选择的作用,但是由于系统负载 R_{load} 阻抗值为 $50\ \Omega$,因此输出匹配电路3的Q值很低,难以有较好的频率选择性。

[0005] 这种结构的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的工作带宽很宽,在磁共振信号频率点左右20-40M范围内均有很大的增益。图3是一个典型的现有技术的3.0T用于磁共振成像射频线圈的前置放大器在独立工作时(即输入端和输出端均连接到网络分析仪测试所得)的增益曲线,其在工作频率点,即增益最大的点,即磁共振信号频率点127.7M处的增益为28dB,而从107M到154M范围内,用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的增益均保持在20dB以上。同时,为了解决多通道磁共振成像射频线圈通道间耦合的问题,用于磁共振成像射频线圈的前置放大器输入匹配电路1的阻抗值通常都很低,因此射频磁共振成像射频线圈和用于射频磁共振成像射频线圈的前置放大器的阻抗并不匹配。磁共振成像射频线圈探测到磁共振信号通过输入匹配电路1输入用于磁共振成像射频线圈的前置放大器后,磁共振成像射频线圈和用于磁共振成像射频线圈的前置放大器综合作用后对于磁共振信号的增益曲线通常如图4所示,是一个具有两个尖峰的曲线,即所谓的骆驼曲线,该两个尖峰称为骆驼峰,这两个尖峰处的增益很高。而磁共振成像射频线圈的工作频率点通常在所述

两个骆驼峰频率点的中心附近,磁共振信号频率点处的增益反而很低。同时用于磁共振成像射频线圈的前置放大器通常就放置在磁共振成像射频线圈当中,不可避免产生反馈,因此用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的工作频率点非常容易在所述的两个骆驼峰频率点附近处振荡。如何使得用于磁共振成像射频线圈的前置放大器只在磁共振信号频率点附近产生磁共振成像所需增益,而在其它频率处不发生振荡,对于本领域技术人员来说是一项重要的技术挑战。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足,提供一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,其只在磁共振信号频率点附近产生磁共振成像所需增益,而在其它频率处只产生非常小的增益或者完全不具备放大功能,且从而降低其发生振荡的可能性。

[0007] 实现上述目的的一种技术方案是:一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、放大电路和输出匹配电路,以及用于对经过所述放大电路放大后的磁共振信号进行滤波的窄带滤波器。

[0008] 进一步的,所述窄带滤波器为LC滤波器,且所述LC滤波器与所述输出匹配电路构成一体电路。

[0009] 再进一步的,所述一体电路包括输出电容 C_m 、输出电感 L_m 、第一滤波电阻 R_m 和第二滤波电阻 r ,所述输出电容 C_m 的第一端部和第二端部,对应连接所述放大电路的第一输出端和第二输出端,所述输出电感 L_m 的第一端部连接所述放大电路的第一输出端,所述第二滤波电阻 r 的两端对应连接所述输出电容 C_m 的第二端部和所述输出电感 L_m 的第二端部,所述第一滤波电阻 R_m 与所述输出电感 L_m 的第二端部连接。

[0010] 进一步的,所述窄带滤波器为声表面波滤波器。

[0011] 再进一步的,所述输出匹配电路包括输出电容 C_m 、输出电感 L_m ,所述输出电容 C_m 的第一端部和第二端部,对应连接所述放大电路的第一输出端和第二输出端,所述输出电感 L_m 的第一端部连接所述放大电路的第一输出端,所述输出电感 L_m 的第二端部连接所述声表面波滤波器。

[0012] 更进一步的,所述声表面波滤波器为无磁的声表面波滤波器。

[0013] 实现上述目的的一种技术方案是:一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,包括输入匹配电路、一级放大电路、二级放大电路和输出匹配电路,所述一级放大电路连接在所述输入匹配电路的后端,所述输出匹配电路连接在所述二级放大电路的后端,所述一级放大电路和所述二级放大电路之间通过窄带滤波电路连接。

[0014] 进一步的,所述窄带滤波电路包括与所述一级放大电路第一输出端连接的滤波电容 C_f ,与所述二级放大电路第一输入端连接的滤波电感 L_f ,所述滤波电容 C_f 和所述滤波电感 L_f 串联,所述滤波电容 C_f 上并联有偏置电感 L_c 。

[0015] 进一步的,所述窄带滤波电路包括依次连接的第一阻抗匹配电路,中间窄带滤波器和第二阻抗匹配电路,以及与所述中间窄带滤波器并联的偏置电感 L_c 。

[0016] 再进一步的,所述第一阻抗匹配电路包括第一匹配电感 L_{m1} 和第一匹配电容 C_{m1} ,所述第一匹配电感 L_{m1} 的第一端部连接所述一级放大电路的第一输出端,所述第一匹配电感 L_{m1} 的第二端部连接所述第一匹配电容 C_{m1} 的第一端部,所述第一匹配电容 C_{m1} 的第二端

部连接所述一级放大电路的第二输出端；

[0017] 所述第二阻抗匹配电路包括第二匹配电感 L_{m2} 和第二匹配电容 C_{m2} ，所述第二匹配电感 L_{m2} 的第一端部连接所述二级放大电路的第一输入端，所述第二匹配电感 L_{m2} 的第二端部连接所述第二匹配电容 C_{m2} 的第一端部，所述第二匹配电容 C_{m2} 的第二端部连接所述二级放大电路的第二输入端；

[0018] 所述中间窄带滤波器为声表面波滤波器，其连接所述第一匹配电感 L_{m1} 的第二端部和所述第二匹配电感 L_{m2} 的第二端部。

[0019] 采用了本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的技术方案，即在包括输入匹配电路、放大电路和输出匹配电路的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器中增加一个用于对经过所述放大电路放大后的磁共振信号进行滤波的窄带滤波器的技术方案。其技术效果是：该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器在磁共振信号频率点附近产生磁共振成像所需的增益，而在其它频率处产生很小的增益或不具备放大功能，且该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器不易发生振荡。

[0020] 采用了本发明的另外一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的技术方案，即在包括输入匹配电路、一级放大电路、二放大电路和输出匹配电路的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器中增加一个连接一级放大电路和二放大电路的窄带滤波电路的技术方案。其技术效果是：该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器在磁共振信号频率点附近产生磁共振成像所需的增益，而在其它频率处产生很小的增益或不具备放大功能，且该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器不易发生振荡。

附图说明

[0021] 图1为现有的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器结构框图。

[0022] 图2为现有的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的电路简图

[0023] 图3为现有的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器单独工作的增益曲线图。

[0024] 图4为现有的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器和磁共振成像射频线圈综合作用后，磁共振信号的增益曲线图。

[0025] 图5为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第一实施例的结构框图。

[0026] 图6为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第二实施例的电路简图。

[0027] 图7为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第二实施例单独工作的增益曲线图。

[0028] 图8为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第二实施例和磁共振成像射频线圈相综合作用后，磁共振信号的增益曲线图。

[0029] 图9为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第三实施例的电路简图。

[0030] 图10为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第三实施例单独工作的增益曲线图。

[0031] 图11为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第三实施例和磁共

振成像射频线圈相综合作用后,磁共振信号的增益曲线图。

[0032] 图12为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第四实施例的结构框图。

[0033] 图13为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第五实施例的电路简图。

[0034] 图14为本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器第六实施例的电路简图。

具体实施方式

[0035] 请参阅图5~14,本发明的发明人为了能更好地对本发明的技术方案进行理解,下面通过具体地实施例,并结合附图进行详细地说明:

[0036] 实施例一

[0037] 请参阅图5,本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、放大电路2、输出匹配电路3以及窄带滤波器4。磁共振成像射频线圈探测到磁共振信号,磁共振信号通过输入匹配电路1输入本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,经过输入匹配电路1的阻抗匹配,放大电路2的放大,输出匹配电路3的再次阻抗匹配,以及窄带滤波器4的滤波后,输入谱仪和计算机,生成所需要的图像。本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器未对输入匹配电路1、放大电路2和输出匹配电路3做出任何形式的改进。

[0038] 这样设计的目的在于:使得用于磁共振成像射频线圈的前置放大器只在磁共振信号频率点附近很窄的一个频率范围内具有放大功能,即用于磁共振成像射频线圈的前置放大器只在磁共振信号频率点左右很小的带宽内,对磁共振信号产生磁共振成像需要的增益,而在其它频率处,产生非常低的增益或者完全不具备放大功能。同时用于磁共振成像射频线圈的前置放大器工作频率点的稳定性大幅度提高,能大幅降低用于磁共振成像射频线圈的前置放大器产生振荡的可能性。

[0039] 将窄带滤波器4连接在输出匹配电路3后端的目的在于:降低窄带滤波器4本身引入的噪声对磁共振成像射频线圈的信噪比的影响。

[0040] 同时实现输出匹配和窄带滤波功能的另外一个方法是,将窄带滤波器4和输出匹配电路3做成一体电路5。

[0041] 本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,通过在输出匹配电路3的后端增加一个窄带滤波器4,从而将传统上用于磁共振成像射频线圈的前置放大器由工作带宽达到几十MHz的放大器改进为工作带宽只有不到10MHz的窄带放大器,使其只在磁共振信号频率点左右很小的范围才具有放大功能,从而在不影响磁共振成像射频线圈正常工作的情况下,大幅降低用于磁共振成像射频线圈的前置放大器振荡的可能性。

[0042] 此外本发明的一种用前置放大器结构简单,实现方便。

[0043] 实施例二

[0044] 请参阅图6,本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、放大电路2、输出匹配电路3以及窄带滤波器4。其中输入匹配电路1和放大电路2都是现有的,输出匹配电路3以及窄带滤波器4组成了一体电路5。输入匹配电路1设有

第一输出端和第二输出端。放大电路2包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。放大电路2的第一输入端和第二输入端对应连接输入匹配电路1的第一输出端和第二输出端。放大电路2包括一个等效输出阻抗 Z_s ，等效输出阻抗 Z_s 的两端分别构成放大电路2的第一输出端和第二输出端。一体电路5包括输出电容 C_m 、输出电感 L_m 、第一滤波电阻 R_m 和第二滤波电阻 r ，输出电容 C_m 的第一端部和第二端部，对应连接放大电路2的第一输出端和第二输出端，输出电感 L_m 的第一端部连接放大电路2的第一输出端，第二滤波电阻 r 的两端对应连接输出电容 C_m 的第二端部和输出电感 L_m 的第二端部，第一滤波电阻 R_m 的第一端部与输出电感 L_m 的第二端部连接。增加第二滤波电阻 r 的目的在于提高此一体电路5的Q值。

[0045] 外接的系统负载 R_{load} 的一端与第一滤波电阻 R_m 的第二端部连接，另外一端与第二滤波电阻 r 的第二端部连接。由于系统负载 R_{load} 的阻抗值一般为 $50\ \Omega$ ，因此第二滤波电阻 r 的阻抗值最多为 $10\ \Omega$ ，即系统负载 R_{load} 阻抗值的五分之一，且第一滤波电阻 R_m 的阻抗值大于第二滤波电阻 r 的阻抗值。对于一体电路5进一步的改进可在于：第一滤波电阻 R_m 和第二滤波电阻 r 的阻抗值之和等于系统负载 R_{load} 的阻抗值，从而实现和系统负载 R_{load} 的阻抗匹配。

[0046] 这样设计的目的在于：可以使得一体电路5的Q值大幅提高，从而使得用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的工作带宽，即增益大于20dB的频率范围大为减小，一体电路5起到了窄带滤波的作用。图7是当第二滤波电阻 r 的阻抗值为 $3\ \Omega$ ，输出电容 C_m 的容量为27pF，输出电感 L_m 的电感量为58nH，第一滤波电阻 R_m 的阻抗值为 $47\ \Omega$ 时，3.0T条件下的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器单独工作的增益曲线图。与图3所示的传统的用于磁共振成像射频线圈的前置放大器相比，该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器在127.7MHz处的增益不变，但是其增益大于20dB的频率范围从47MHz (107Hz~154MHz)降低到11MHz (123MHz~134MHz)。图8是将该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器与磁共振成像射频线圈综合作用后，磁共振信号的增益曲线图。从图中可以看出，骆驼曲线的两个骆驼峰的频率点的增益大大降低，而在磁共振信号频率点仍旧产生磁共振成像所需的增益，用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的工作频率点出现振荡的可能性也大大降低。

[0047] 实施例三

[0048] 请参阅图9，本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、放大电路2、输出匹配电路3以及窄带滤波器4。输入匹配电路1、放大电路2和输出匹配电路3都是现有的。输入匹配电路1设有第一输出端和第二输出端。放大电路2包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。放大电路2的第一输入端和第二输入端对应连接输入匹配电路1的第一输出端和第二输出端。放大电路2包括一个等效输出阻抗 Z_s ，等效输出阻抗 Z_s 的两端分别构成放大电路2的第一输出端和第二输出端。输出匹配电路3为一个LC电路，包括输出电容 C_m 和输出电感 L_m 。其中输出电容 C_m 的第一端部和第二端部，对应连接放大电路2的第一输出端和第二输出端，输出电感 L_m 的第一端部连接放大电路2的第一输出端。

[0049] 本实施例中，窄带滤波器4采用声表面波滤波器(SAW Filter)，并且此声表面波滤波器内部阻抗已经匹配到 $50\ \Omega$ 。声表面波滤波器的输入端连接在输出电感 L_m 的第二端部。外接的系统负载 R_{load} 的一端，连接该声表面波滤波器的输出端，另外一端连接输出电容 C_m 的第二端部。

[0050] 采用声表面波滤波器的原因在于:声表面波滤波器可以在磁共振信号频率点附近具有几个dB的插损,而在磁共振信号频率点附近左右3~4MHz外,插损迅速达到几十个dB甚至更多,带通特性曲线非常陡峭,而且具有一致性好,不需要调试,抗干扰能力强。

[0051] 本实施例中,用于磁共振成像射频线圈的前置放大器单独使用的增益曲线如图10。可以看出,用于磁共振成像射频线圈的前置放大器只在127.7MHz左右2MHz范围内具有28dB的增益,在其它频率处的增益都很低。将该用于磁共振成像射频线圈的前置放大器与磁共振成像射频线圈综合作用后,磁共振信号的增益曲线如图11所示。从图11中可以看出,增益曲线的两个骆驼峰仍然存在,但是其高度已经低于0dB,不可能出现用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的振荡。

[0052] 不过一般的声表面波滤波器磁性对磁共振成像有影响,因此需要使用无磁或弱磁的声表面波滤波器。

[0053] 实施例四

[0054] 请参阅图12,本实施例是对于实施例一的改进,本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、一级放大电路21、窄带滤波电路6、二级放大电路22和输出匹配电路3。

[0055] 磁共振成像射频线圈探测到磁共振信号,磁共振信号通过输入匹配电路1输入本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器,经过输入匹配电路1的阻抗匹配,一级放大电路21的初次放大,窄带滤波电路6的滤波,二级放大电路22的再次放大,以及输出匹配电路3的再次阻抗匹配后,输入谱仪和计算机,生成所需要的图像。本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器未对输入匹配电路1、放大电路2和输出匹配电路3做出任何形式的改进。其中一级放大电路21和二级放大电路22的结构是完全相同的。

[0056] 本实施例在实现实施例一技术效果的基础上,对磁共振信号进一步放大,进一步提高用于磁共振成像射频线圈的前置放大器对磁共振信号的增益,并降低用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的输出端到输入端的内部反馈。

[0057] 将窄带滤波电路6连接一级放大电路21和二级放大电路22之间的目的在于:降低窄带滤波电路6本身引入的噪声对磁共振成像射频线圈的信噪比的影响。

[0058] 实施例五

[0059] 请参阅图13,实施例五是对于实施例二的进一步改进。

[0060] 本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、一级放大电路21、窄带滤波电路6、二级放大电路22,以及输出匹配电路3。输入匹配电路1、一级放大电路21、二级放大电路22和输出匹配电路3都是现有的。一级放大电路21、二级放大电路22与实施例二和实施例三中的放大电路2的结构也是完全相同的。

[0061] 输入匹配电路1设有第一输出端和第二输出端。一级放大电路21包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。一级放大电路21的第一输入端和第二输入端对应连接输入匹配电路1的第一输出端和第二输出端。一级放大电路21包括一个等效一级输出阻抗 Z_{s1} ,等效一级输出阻抗 Z_{s1} 的两端分别构成一级放大电路21的第一输出端和第二输出端。

[0062] 二级放大电路22包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。二级放大电路22包括一个等效二级输入阻抗 Z_{i2} 和等效二级输出阻抗 Z_{s2} ,等效二级输入阻抗 Z_{i2}

的两端分别构成二级放大电路22的第一输入端和第二输入端。等效二级输出阻抗 Z_{s2} 的两端分别构成二级放大电路22的第一输出端和第二输出端。

[0063] 窄带滤波电路6包括与一级放大电路21第一输出端连接的滤波电容 C_f ,与二级放大电路22第一输入端连接的滤波电感 L_f ,滤波电容 C_f 和滤波电感 L_f 串联,滤波电容 C_f 上并联有偏置电感 L_c 。

[0064] 输出匹配电路3在图13中未显示,但是其结构与是实施例三中输出匹配电路3的结构相同,其与二级放大电路22的连接方式是与实施例三中与放大电路2的连接方式是一样的。其与系统负载 R_{load} 的连接方式是与实施例三中一样的。

[0065] 本实施例在实现实施例二技术效果的基础上,对磁共振信号进一步放大,进一步提高用于磁共振成像射频线圈的前置放大器对磁共振信号的增益,并降低用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的输出端到输入端的内部反馈。

[0066] 本实施例中设置偏置电感 L_c 的目的在于:使一级放大电路21和二级放大电路22之间形成cascode结构,偏置电感 L_c 是一个高阻抗的电感,可以使一级放大电路21的直流回路和二级放大电路22的直流回路连通。

[0067] 实施例六

[0068] 请参阅图14,实施例六是对实施例三的进一步改进。

[0069] 本发明的一种用于磁共振成像射频线圈的前置放大器包括依次连接输入匹配电路1、一级放大电路21、窄带滤波电路6、二级放大电路22,以及输出匹配电路3。输入匹配电路1、一级放大电路21、二级放大电路22和输出匹配电路3都是现有的。一级放大电路21、二级放大电路22与实施例二和实施例三中的放大电路2的结构也是完全相同的。

[0070] 输入匹配电路1设有第一输出端和第二输出端。一级放大电路21包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。一级放大电路21的第一输入端和第二输入端对应连接输入匹配电路1的第一输出端和第二输出端。一级放大电路21包括一个等效一级输出阻抗 Z_{s1} ,等效一级输出阻抗 Z_{s1} 的两端分别构成一级放大电路21的第一输出端和第二输出端。

[0071] 二级放大电路22包括第一输入端、第二输入端、第一输出端和第二输出端。二级放大电路22包括一个等效二级输入阻抗 Z_{i2} 和等效二级输出阻抗 Z_{s2} ,等效二级输入阻抗 Z_{i2} 的两端分别构成二级放大电路22的第一输入端和第二输入端。等效二级输出阻抗 Z_{s2} 的两端分别构成二级放大电路22的第一输出端和第二输出端。

[0072] 输出匹配电路3在图14中未显示,但是其结构与是实施例三中输出匹配电路3的结构相同,其与二级放大电路22的连接方式是与实施例三中与放大电路2的连接方式是一样的。其与系统负载 R_{load} 的连接方式是与实施例三中一样的。

[0073] 窄带滤波电路6包括依次连接的第一阻抗匹配电路61,中间窄带滤波器63和第二阻抗匹配电路62,以及与中间窄带滤波器63并联的偏置电感 L_c 。

[0074] 第一阻抗匹配电路61包括第一匹配电感 L_{m1} 和第一匹配电容 C_{m1} ,第一匹配电感 L_{m1} 的第一端部连接一级放大电路21的第一输出端,第一匹配电感 L_{m1} 的第二端部连接第一匹配电容 C_{m1} 的第一端部,第一匹配电容 C_{m1} 的第二端部连接一级放大电路21的第二输出端。

[0075] 第二阻抗匹配电路62包括第二匹配电感 L_{m2} 和第二匹配电容 C_{m2} ,第二匹配电感

Lm2的第一端部连接二级放大电路22的第一输入端,第二匹配电感Lm2的第二端部连接第二匹配电容Cm2的第一端部,第二匹配电容Cm2的第二端部连接二级放大电路22的第二输入端。

[0076] 中间窄带滤波器63为声表面波滤波器,并且该声表面波滤波器内部阻抗已经匹配到 $50\ \Omega$,其连接第一匹配电感Lm1的第二端部和第二匹配电感Lm2的第二端部。同时,第一匹配电容Cm1的第二端部和第二匹配电容Cm2的第二端部也是相连的。

[0077] 本实施例中设置偏置电感Lc的目的在于:使一级放大电路21和二级放大电路22之间形成cascode结构,偏置电感Lc是一个高阻抗的电感,可以使一级放大电路21的直流回路和二级放大电路22的直流回路连通。

[0078] 本实施例在实现实施例三技术效果的基础上,对磁共振信号进一步放大,进一步提高用于磁共振成像射频线圈的前置放大器对磁共振信号的增益,并降低用于磁共振成像射频线圈的前置放大器的输出端到输入端的内部反馈。

[0079] 本技术领域中的普通技术人员应当认识到,以上的实施例仅是用来说明本发明,而并非用作为对本发明的限定,只要在本发明的实质精神范围内,对以上所述实施例的变化、变型都将落在本发明的权利要求书范围内。



图1

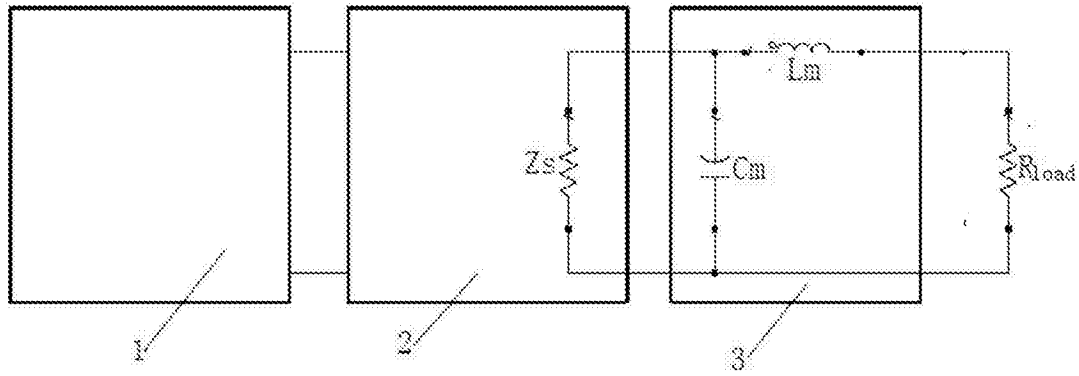


图2

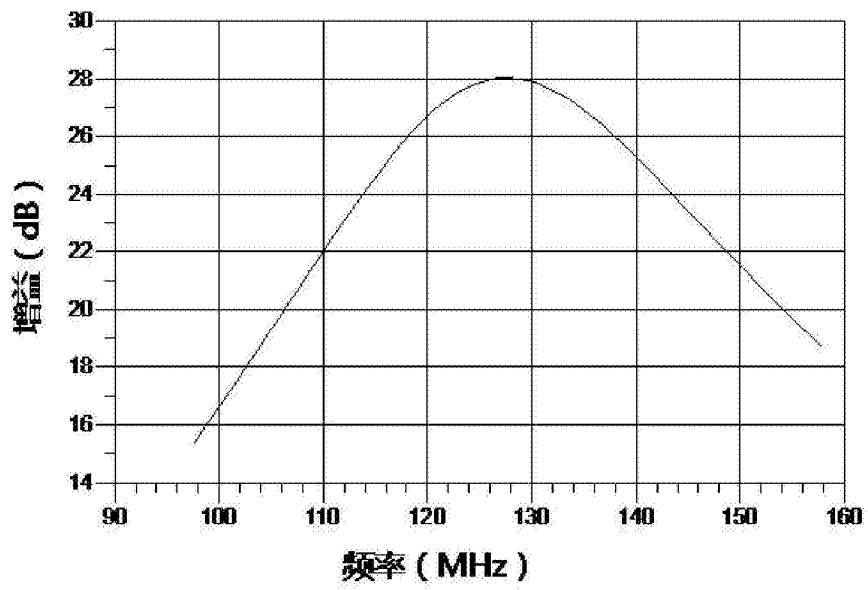


图3

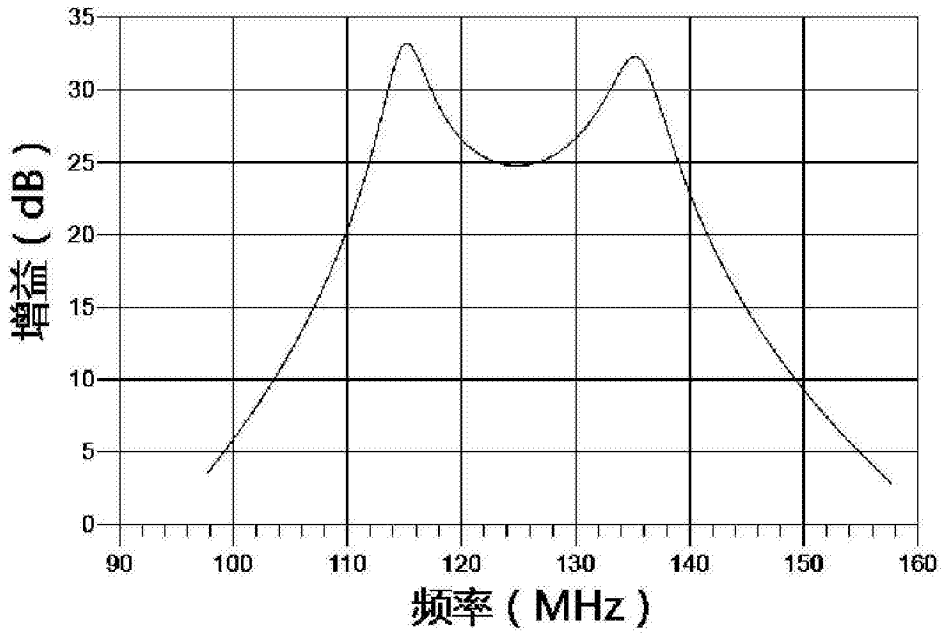


图4

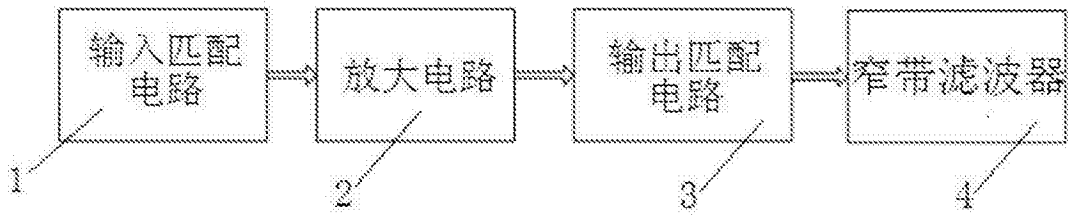


图5

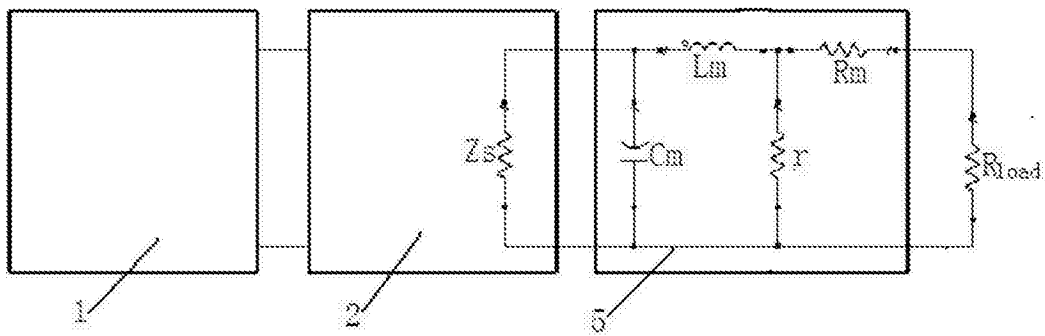


图6

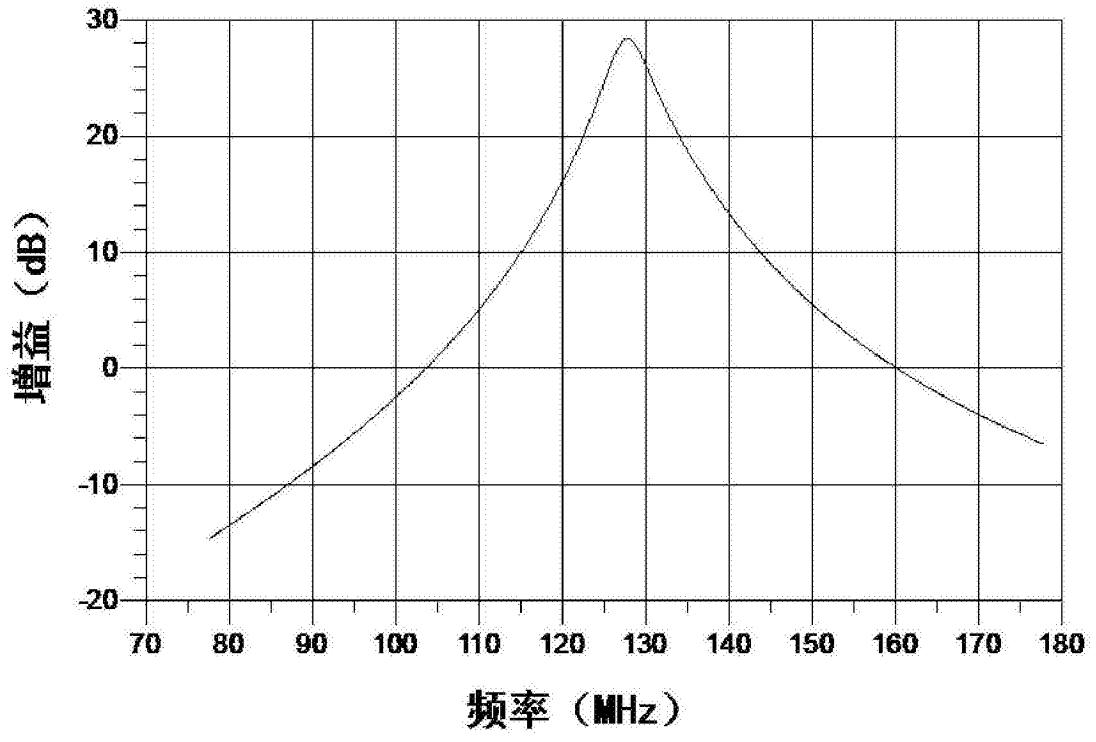


图7

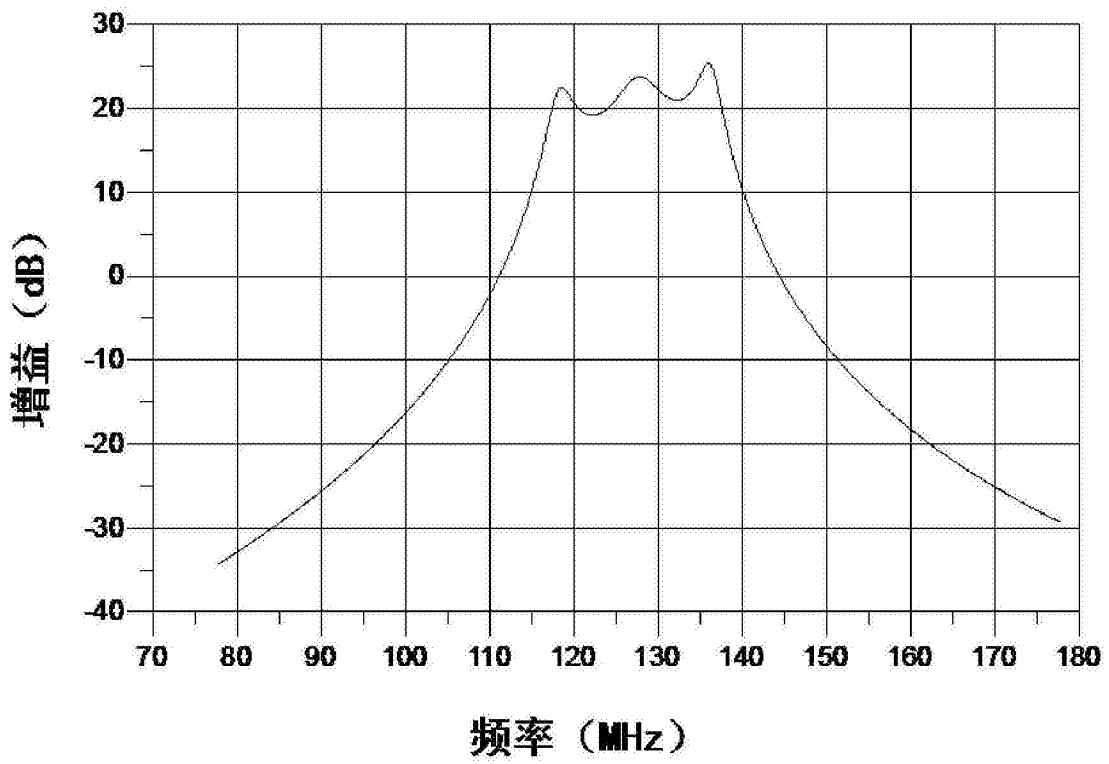


图8

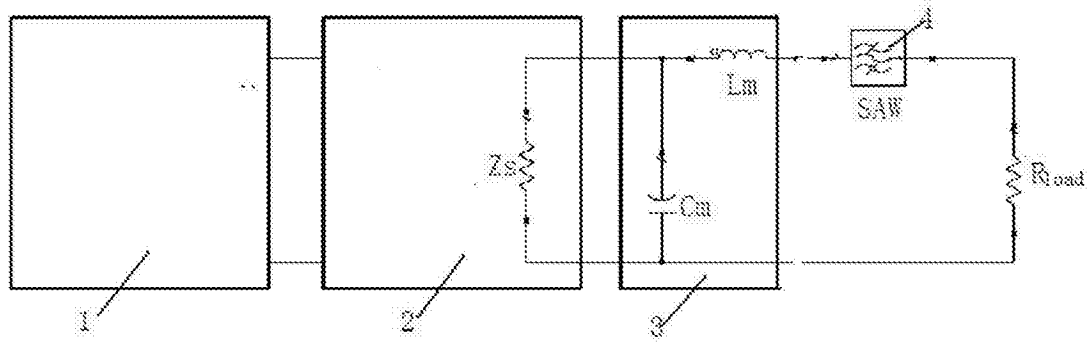


图9

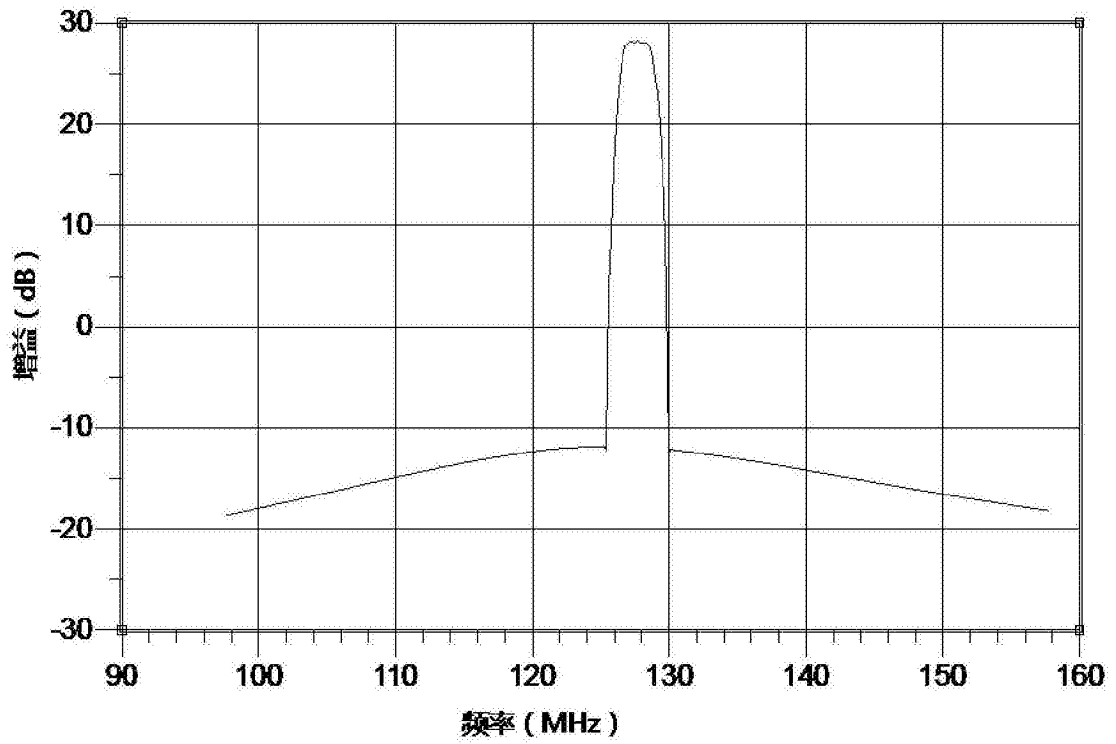


图10

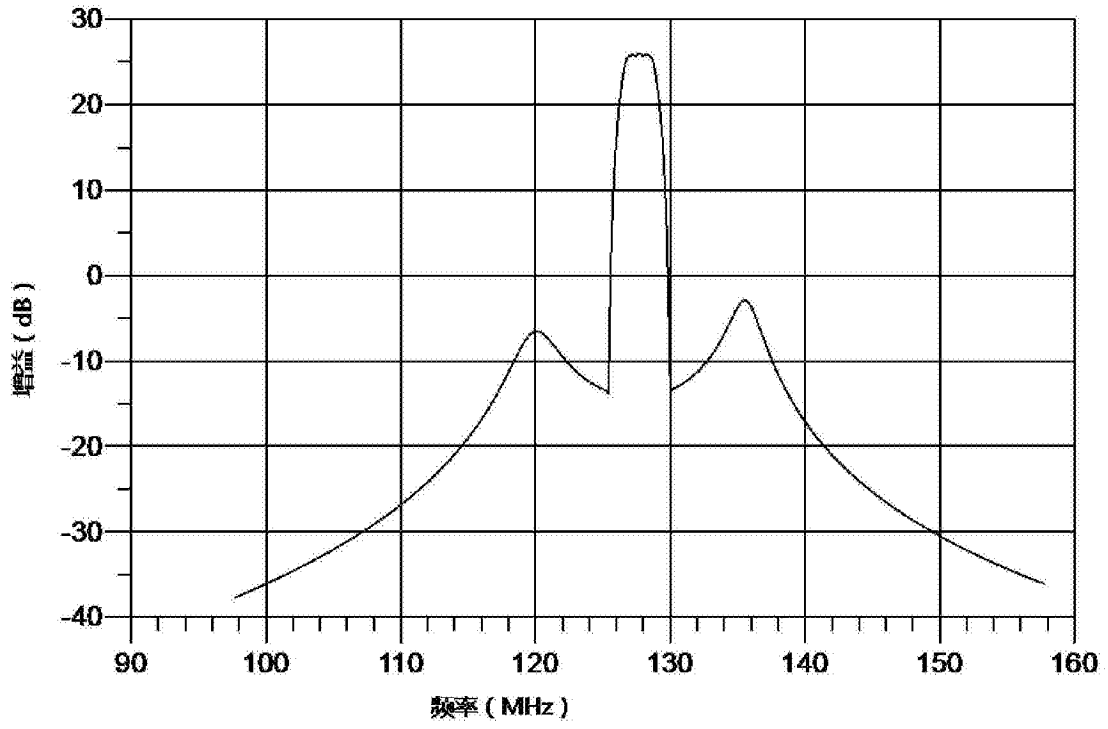


图11

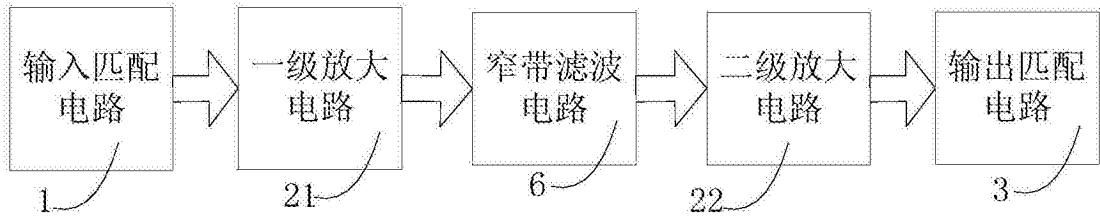


图12

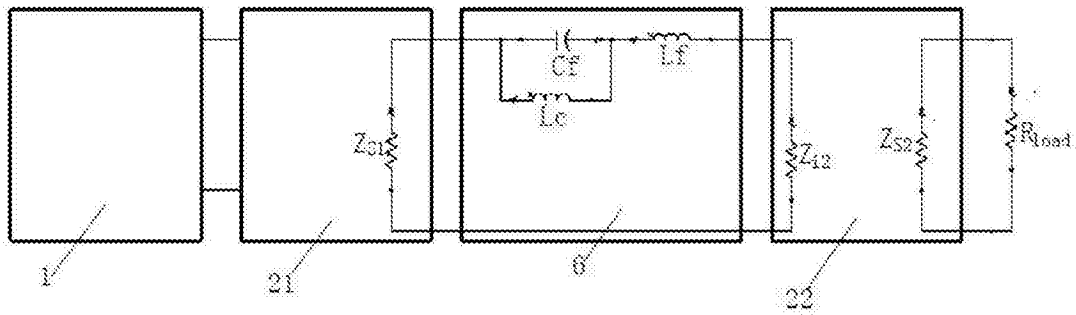


图13

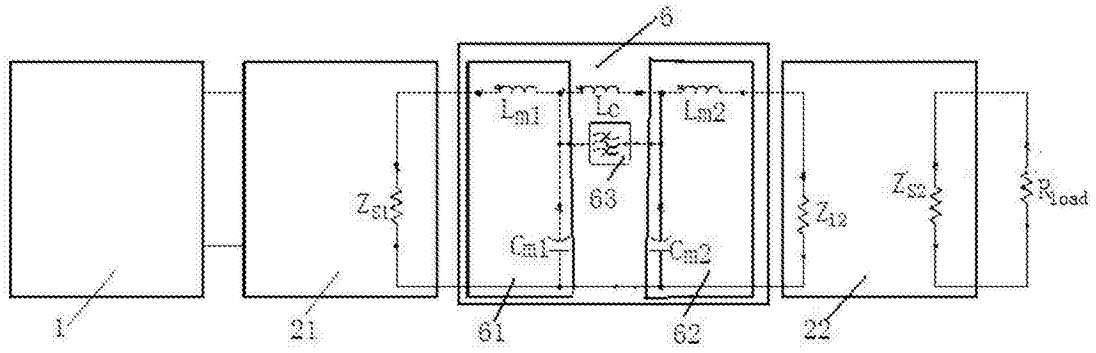


图14