



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111523671 B

(45) 授权公告日 2023. 05. 02

(21) 申请号 201910107886.2

(22) 申请日 2019.02.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111523671 A

(43) 申请公布日 2020.08.11

(73) 专利权人 阿里巴巴集团控股有限公司
地址 英属开曼群岛大开曼资本大厦一座四
层847号邮箱

(72) 发明人 徐华

(74) 专利代理机构 北京博浩百睿知识产权代理
有限责任公司 11134
专利代理师 谢湘宁 张文华

(51) Int. Cl.
G06N 10/70 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 107431541 A, 2017.12.01

CN 107994307 A, 2018.05.04

CN 108140145 A, 2018.06.08

US 2016132785 A1, 2016.05.12

US 2018240034 A1, 2018.08.23

J. M. Hornibrook等. Cryogenic Control
Architecture for Large-Scale Quantum
Computing. PHYSICAL REVIEW APPLIED. 2015, 1-
9.

王战. 基于微波源与矢量网络分析仪的量子
比特的表征. 中国集成电路. 2018, (第11期), 82-
83.

审查员 李志研

权利要求书2页 说明书13页 附图6页

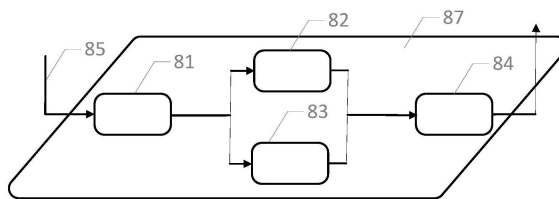
(54) 发明名称

量子比特校准装置、测控系统及测控方法

(57) 摘要

本发明涉及一种量子比特校准装置, 包括:
量子比特处理单元; 可调节装置; 量子比特处理
单元和所述的可调节装置设置于同一芯片上。

800



1. 一种量子比特测控系统,包括:
 - 量子比特处理单元,其中,所述的量子比特处理单元包括至少一个量子比特;
 - 可调节装置,其中,所述可调节装置邻近所述量子比特处理单元设置,所述量子比特处理单元和所述可调节装置在同一环境内;
 - 操控信号发生器,所述操控信号发生器可选择地和所述量子比特处理单元以及所述量子比特处理单元相联接;
 - 其中,所述可调节装置在接收到量子比特操控信号后操控量子比特;
 - 所述量子比特操控信号被输入到可调节装置,得到检测信号,将所述检测信号反馈回控制装置,所述控制装置用于依据所述检测信号的相关参数以及所述量子比特操控信号的初始参数得出实际到达所述可调节装置的信号和所述量子比特操控信号之间的偏离程度,并依据所述偏离程度对所述操控信号发生器进行相应的调节,直至所述偏离程度达到预先设定的收敛范围内;
 - 所述操控信号发生器用于生成待发送到所述量子比特处理单元或所述可调节装置中的至少一个的所述量子比特控制信号。
2. 根据权利要求1所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。
3. 根据权利要求1所述的量子比特测控系统,其中:
 - 在所述的量子比特处理单元以及所述的可调节装置的第一侧设置有第一模式选择装置。
4. 根据权利要求3所述的量子比特测控系统,其中:
 - 在所述的在所述的量子比特处理单元以及所述的可调节装置的第二侧设置有第二模式选择装置。
5. 根据权利要求1所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的量子比特处理单元和所述的可调节装置设置于同一芯片(Chip)上。
6. 根据权利要求1所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的量子比特处理单元和所述的可调节装置设置于同一电路板(PCB)上。
7. 根据权利要求4所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的量子比特处理单元、可调节装置、第一模式选择装置、第二模式选择装置设置于同一芯片(Chip)上。
8. 根据权利要求4所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的量子比特处理单元、可调节装置、第一模式选择装置、第二模式选择装置设置于同一电路板(PCB)上。
9. 根据权利要求1所述的量子比特测控系统,其中:
 - 在所述的操控信号发生器和所述的量子比特处理单元之间设置有至少一个调节器。
10. 根据权利要求1-9任一所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的操控信号发生器用于产生量子比特操控信号,所述的量子比特操控信号包括微波信号和激光信号。
11. 根据权利要求10所述的量子比特测控系统,其中:
 - 所述的可调节装置接收所述的量子比特操控信号并产生检测信号,所述的检测信号被

反馈回控制装置,所述的控制装置至少依据所述的检测信号来控制所述操控信号发生器调节所述的量子比特操控信号。

12. 根据权利要求11所述的量子比特测控系统,其中:

所述的操控信号发生器对量子比特操控信号的调节包括调节以下参数的至少一种:相位,强度,频率。

13. 根据权利要求7或8所述的量子比特测控系统,其中:

所述的第一模式选择装置和所述的第二模式选择装置配置以实现:多种操控信号模式选择以及操控信号路径选择。

14. 根据权利要求13所述的量子比特测控系统,其中:所述的操控信号模式选择包括反射模式和穿透模式。

15. 根据权利要求7所述的量子比特测控系统,其中:

所述的芯片设置于低温环境下,所述的低温环境包括液氦温区。

16. 根据权利要求8所述的量子比特测控系统,其中:

所述的电路板设置于低温环境下,所述的低温环境包括液氦温区。

17. 一种量子比特测控方法,包括:

将量子比特操控信号传输至量子比特;

对所述操控信号进行检测,并得到检测信号;

至少基于所述检测信号调节所述量子比特操控信号;

其中,所述量子比特为通过可调节装置在接收到所述量子比特操控信号后,进行操控的比特,所述可调节装置邻近量子比特处理单元设置,所述量子比特处理单元和所述可调节装置在同一环境内;

所述检测信号为将所述量子比特操控信号输入到所述可调节装置,进行检测得到的,将所述检测信号反馈回控制装置,所述控制装置还用于依据所述检测信号的相关参数以及所述量子比特操控信号的初始参数得出实际到达所述可调节装置的信号和所述量子比特操控信号之间的偏离程度,并依据所述偏离程度对操控信号发生器进行相应的调节,直至所述偏离程度达到预先设定的收敛范围内;

所述量子比特控制信号为通过所述操控信号发生器而生成的待发送到所述量子比特处理单元或所述可调节装置中的信号。

18. 根据权利要求17所述的量子比特测控方法,其中:

所述的量子比特操控信号包括微波信号和激光信号。

19. 根据权利要求18所述的量子比特测控方法,其中:

对所述的量子比特操控信号的调节包括调节以下参数的至少一种:相位,强度,频率。

20. 根据权利要求18所述的量子比特测控方法,其中:

所述操控信号包括反射模式和穿透模式。

21. 一种量子计算装置,包括如权利要求5或6任一所述的量子比特校准装置。

量子比特校准装置、测控系统及测控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及量子计算领域,具体而言,涉及一种量子比特校准装置、测控系统及测控方法。

背景技术

[0002] 量子计算与量子信息是一门基于量子力学的原理来实现计算与信息处理任务的交叉学科,与量子物理,计算机科学,信息学等学科有着十分紧密的联系。在最近二十年有着快速的发展。因数分解,无结构搜索等场景的基于量子计算机的量子算法展现出了远超越现有基于经典计算机的算法的表现,也使这一方向被寄予了超越现有计算能力的期望。

[0003] 量子计算机的基本特点之一就是,它使用的信息单元不是比特,而是量子比特(Qubit)。量子比特可以是电子那样的粒子,也可以是其它的处于元激发的准粒子。对于电子而言,自旋向上代表1,向下代表0。自旋既向上又向下的量子态称为叠加态。处于叠加态中的少量粒子可以携带大量信息,仅仅100个粒子所处的叠加态,就可以表示从1到2100个数字。量子计算机可以用微波或激光脉冲打击粒子,或者采用诸如此类的方法来对量子比特进行操作。

[0004] 目前,量子比特的主要实现方式包括:超导约瑟夫森结、离子阱、磁共振、拓扑量子等;而基于超导约瑟夫森结的量子比特是目前量子比特最主要的实现方向之一。基于超导量子比特的芯片需要处在低温环境中(一般是液氦温区)以保持超导性,通常由稀释制冷机提供该环境。超导量子比特芯片的操控信号通过同轴电缆(coaxial cable)进行输入。输入过程中有较长的距离,需跨越较大的温度区间(参见图1所给出的示意)。此外还会有若干Filter,Attenuator,以及Adapter。这些相对复杂的环境,尤其是低温环境会对输入的操控信号产生较大的影响,使得最终输入到超导量子比特芯片的操控信号与用户期望输入的操控信号可能差距较大,从而会限制对超导量子比特的精确操控,并进而使得量子计算机的实际实现变得愈发困难。

[0005] 基于以上,需要一种支持对量子比特芯片的测控进行校准的装置,以及相应的校准方法,以解决上述的这些技术问题。

发明内容

[0006] 根据本披露的一个方面的实施例,提供一种量子比特测控系统,包括:量子比特处理单元;操控信号发生器,操控信号发生器和所述量子比特处理单元相联接;可调节装置,可调节装置和所述操控信号发生器相联接。

[0007] 根据本披露一些实施例,可调节装置邻近量子比特处理单元设置。

[0008] 根据本披露一些实施例,量子比特处理单元包括至少一个量子比特。

[0009] 根据本披露一些实施例,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0010] 根据本披露一些实施例,在量子比特处理单元以及可调节装置的第一侧设置有第一模式选择装置,第一侧为操控信号发生器所在侧。

[0011] 根据本披露一些实施例,在所述的量子比特处理单元以及可调节装置的第二侧设置有第二模式选择装置。

[0012] 根据本披露一些实施例,量子比特处理单元和可调节装置设置于同一芯片(Chip)上。

[0013] 根据本披露一些实施例,量子比特处理单元和可调节装置设置于同一电路板(PCB)上。

[0014] 根据本披露一些实施例,量子比特处理单元、可调节装置、第一模式选择装置、第二模式选择装置设置于同一芯片(Chip)上。

[0015] 根据本披露一些实施例,量子比特处理单元、可调节装置、第一模式选择装置、第二模式选择装置设置于同一电路板(PCB)上。

[0016] 根据本披露一些实施例,在操控信号发生器和量子比特处理单元之间设置有至少一个调节器。

[0017] 根据本披露一些实施例,所述的操控信号发生器用于产生量子比特操控信号,所述的量子比特操控信号包括微波信号和激光信号。

[0018] 根据本披露一些实施例,可调节装置接收量子比特操控信号并产生检测信号,检测信号被反馈回操控信号发生器,操控信号发生器至少依据检测信号来调节所述的量子比特操控信号。

[0019] 根据本披露一些实施例,操控信号发生器对量子比特操控信号的调节包括调节以下参数的至少一种:相位,强度,频率。

[0020] 根据本披露一些实施例,第一模式选择装置和第二模式选择装置配置以实现:多种操控信号模式选择以及操控信号路径选择。

[0021] 根据本披露一些实施例,操控信号模式选择包括反射模式和穿透模式。

[0022] 根据本披露一些实施例,芯片或电路板设置于低温环境下,所述的低温环境包括液氦温区。

[0023] 根据本披露另一方面的一些实施例,提供一种量子比特校准装置,包括:量子比特处理单元;可调节装置;量子比特处理单元和可调节装置设置于同一芯片(Chip)上。

[0024] 根据本披露另一方面的一些实施例,提供一种量子比特校准装置,包括:量子比特处理单元;可调节装置;量子比特处理单元和所述的可调节装置设置于同一电路板(PCB)上。

[0025] 根据本披露另一方面的一些实施例,提供一种量子比特测控方法,包括:将量子比特操控信号传输至与量子比特临近的量子比特校准装置;对校准装置反馈的操控信号进行检测,并得到检测信号;至少基于所述检测信号调节所述量子比特操控信号。

[0026] 对所述操控信号进行检测,并得到检测信号;至少基于所述检测信号调节所述量子比特操控信号。

附图说明

[0027] 此处所说明的附图用来提供对本披露的进一步理解,构成本披露的一部分,本披露的示意性实施例及其说明用于解释本披露,并不构成对本披露的不当限定。在附图中:

[0028] 图1为现有技术的量子比特测控系统的示意图;

- [0029] 图2为基于本披露一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0030] 图3为基于本披露另一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0031] 图4为基于本披露另一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0032] 图5为基于本披露另一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0033] 图6为基于本披露一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0034] 图7为基于本披露一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0035] 图8为基于本披露一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0036] 图9为基于本披露一些实施例的量子比特校准装置的示意图；
- [0037] 图10为基于本披露一些实施例的量子比特测控系统的示意图；
- [0038] 图11为基于本披露一些实施例的量子比特测控方法的流程图。

具体实施方式

[0039] 当结合附图来阅读时,将更好地理解前述概述以及某些实施例的以下详细描述。就图示出一些实施例的功能框的简图而言,功能框未必指示硬件电路之间的分割。因而,例如,可在单件硬件(例如通用信号处理器或一块随机存取存储器、硬盘等)或多件硬件中实施功能框中的一个或多个(例如处理器或存储器)。类似地,程序可为独立的程序,可结合成操作系统中的例程,可为安装好的软件包中的函数等。应当理解,一些实施例不限于图中显示的布置和工具。

[0040] 如本披露所用,以单数叙述或以词语“一个”或“一种”开头的要素或步骤应理解为不排除所述要素或步骤的复数,除非明确陈述了这种排除。此外,对“一个实施例”的引用不意于被解释为排除也结合了所叙述的特征的另外的实施例的存在。除非明确陈述了相反的情况,否则“包括”、“包含”或“具有”具有特定属性的要素或多个要素的实施例可包括不具有那个属性的另外的这样的要素。

[0041] 图2示出了根据一些实施例的量子比特校准装置200的示意图,在单个芯片25上设置有量子比特处理单元22和可调节装置23。这里的单个芯片上指在单个晶圆(Wafer)上加工得到量子比特处理单元和可调节装置。

[0042] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元22和可调节装置23靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。

[0043] 量子比特处理单元22意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),芯片上接受输入信号的线路,以及配套的芯片上量子比特信号的放大输出线路。可调节装置23包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号21进行校准。

[0044] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号21,输入信号21即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号21包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的操控信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号21的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0045] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0046] 在一些实施例中,上述的单个芯片25在使用中置于低温环境下,这里的低温环境

一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号21在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号21传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0047] 在一些实施例中,输入信号21到达芯片25后,可以输入到量子比特处理单元22以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置23进行校准。本领域技术人员可以理解:可以在输入信号21到达之前通过(例如但不限于)自动开关的装置进行选择,从而实现对量子比特的校准或者对量子比特的操控动作。当输入信号21被输入到可调节装置23后得到检测信号24,由于量子比特处理单元22和可调节装置23靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置23的输入信号21即等同于到达量子比特处理单元22的输入信号。

[0048] 上述检测信号24进一步被反馈回控制装置,检测信号24的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”、或2者的结合。控制装置依据检测信号24的相关参数以及输入信号21的初始参数得出实际到达可调节装置23的信号和输入信号21之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0049] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号24的相位、强度、频率中的任一项和输入信号21之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号24的相位、强度、频率中的每一项和输入信号21的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号24的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号21的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0050] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0051] 经由上述设置,可以使得最终到达量子比特处理单元22的输入信号21满足预先设定的值(相位、强度、频率等),从而使得可以实现对量子比特的精准操控。

[0052] 图3示出了根据一些实施例的量子比特校准装置300的示意图,在单个电路板(PCB)35上设置有量子比特处理单元32和可调节装置33。这种框架结构使得图3的实施例在制程上会较之图2的实施例更加简单。

[0053] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元32和可调节装置33靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。

[0054] 量子比特处理单元32意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置33包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号21进行校准。

[0055] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号31,输入信号31即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号31包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号31的

相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0056] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0057] 在一些实施例中,上述的单个芯片35在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号31在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号31传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0058] 在一些实施例中,输入信号31到达芯片35后,可以输入到量子比特处理单元32以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置33进行校准。本领域技术人员可以理解:可以在输入信号31到达之前通过(例如但不限于)自动开关的装置进行选择,从而实现对量子比特的校准或者对量子比特的操控动作。当输入信号31被输入到可调节装置33后得到检测信号24,由于量子比特处理单元32和可调节装置23靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置33的输入信号31即等同于到达量子比特处理单元32的输入信号。

[0059] 上述检测信号34进一步被反馈回控制装置,检测信号34的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”、或2者的结合。控制装置依据检测信号34的相关参数以及输入信号31的初始参数得出实际到达可调节装置33的信号和输入信号31之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0060] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号34的相位、强度、频率中的任一项和输入信号31之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号34的相位、强度、频率中的每一项和输入信号31的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号34的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号31的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0061] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0062] 图4示出了根据一些实施例的量子比特校准装置400的示意图,在单个芯片45上设置有量子比特处理单元42和可调节装置43。这里的单个芯片上指在单个晶圆(Wafer)上加工得到量子比特处理单元42和可调节装置43。量子比特校准装置400还包括模式选择装置46。模式选择装置46可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号41的路径,如果选择输入到量子比特处理单元42,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置43,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,模式选择装置46设置在输入信号41侧。

[0063] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元42和可调节装置43靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。另外,应当尽量地使得从模式选择装置46到量子比特处理单元42和可调节装置43的线路保持微波响应特征相一致。

[0064] 量子比特处理单元42意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大

输出线路。可调节装置43包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号41进行校准,使得到达42中待控制量子比特的信号尽可能符合要求。

[0065] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号41,输入信号41即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号41包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号41的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0066] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0067] 在一些实施例中,上述的单个芯片45在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号41在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号41传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0068] 在一些实施例中,输入信号41经由模式选择装置46,可以输入到量子比特处理单元42以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置43进行校准。当输入信号41被输入到可调节装置43后得到检测信号44,由于量子比特处理单元42和可调节装置43靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置43的输入信号41即等同于到达量子比特处理单元42的输入信号。

[0069] 上述检测信号44进一步被反馈回控制装置,检测信号44的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”,或2者的结合。控制装置依据检测信号44的相关参数以及输入信号41的初始参数得出实际到达可调节装置43的信号和输入信号41之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0070] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号44的相位、强度、频率中的任一项和输入信号41之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号44的相位、强度、频率中的每一项和输入信号41的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号44的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号41的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0071] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0072] 图5示出了根据一些实施例的量子比特校准装置500的示意图,在单个芯片55上设置有量子比特处理单元52和可调节装置53。这里的单个芯片上指在单个晶圆(Wafer)上加工得到量子比特处理单元52和可调节微波标准响应器件装置53。量子比特校准装置500还包括模式选择装置54。模式选择装置54可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号51的路径,如果选择输入到量子比特处理单元52,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置53,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,模式选择装置54设置在检测信号56侧。

[0073] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元52和可调节装置53靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。

[0074] 量子比特处理单元52意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置53包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号51进行校准。

[0075] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号51,输入信号51即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号51包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的操控信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号51的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0076] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0077] 在一些实施例中,上述的单个芯片55在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号51在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号51传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0078] 在一些实施例中,输入信号51可以输入到量子比特处理单元52以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置53进行校准。当输入信号51被输入到可调节装置53后得到检测信号56,由于量子比特处理单元52和可调节装置53靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节微波标准响应器件装置53的输入信号51即等同于到达量子比特处理单元52的输入信号。

[0079] 上述检测信号56进一步经由模式选择装置54被反馈回控制装置,检测信号56的反馈路径可以是“穿过(Through)”。控制装置依据检测信号56的相关参数以及输入信号51的初始参数得出实际到达可调节装置53的信号和输入信号51之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0080] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号56的相位、强度、频率中的任一项和输入信号51之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号56的相位、强度、频率中的每一项和输入信号51的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号56的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号51的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0081] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0082] 图6示出了根据一些实施例的量子比特校准装置600的示意图,在单个芯片67上设置有量子比特处理单元62和可调节装置63。这里的单个芯片上指在单个晶圆(Wafer)上加工得到量子比特处理单元62和可调节装置63。量子比特校准装置600还包括第一模式选择

装置61和第二模式选择装置64。模式选择装置(61,64)可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号65的路径,如果选择输入到量子比特处理单元62,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置63,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,第一模式选择装置61设置在单个芯片67的一侧,而第二模式选择装置64设置在单个芯片67的另一侧。

[0083] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元62和可调节装置63靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。另外,应当尽量地使得从第一模式选择装置61到量子比特处理单元62和可调节装置63的线路保持微波响应特征相一致。

[0084] 量子比特处理单元62意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置63包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号61进行校准。

[0085] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号65,输入信号65即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号65包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号65的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0086] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0087] 在一些实施例中,上述的单个芯片67在使用中置于低温环境下,上述的单个芯片67在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号61在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号61传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0088] 在一些实施例中,输入信号65经由第一模式选择装置61,可以输入到量子比特处理单元62以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置63进行校准。当输入信号61被输入到可调节装置63后得到检测信号66,由于量子比特处理单元62和可调节装置63靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置63的输入信号65即等同于到达量子比特处理单元62的输入信号。

[0089] 上述检测信号66进一步经由第二模式选择装置64被反馈回控制装置,检测信号66的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”,也可以是两者的结合。控制装置依据检测信号66的相关参数以及输入信号65的初始参数得出实际到达可调节装置63的信号和输入信号65之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0090] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号66的相位、强度、频率中的任一项和输入信号665之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号66的相位、强度、频率中的每一项和输入信号65的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号66的

相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号65的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0091] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0092] 图7示出了根据一些实施例的量子比特校准装置700的示意图,在单个电路板(PCB)77上设置有量子比特处理单元72和可调节装置73。量子比特校准装置700还包括第一模式选择装置71和第二模式选择装置74。模式选择装置(71,74)可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号75的路径,如果选择输入到量子比特处理单元72,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置73,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,第一模式选择装置71设置在单个芯片77的一侧,而第二模式选择装置74设置在单个电路板77的另一侧。

[0093] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元72和可调节装置73靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。另外,应当尽量地使得从第一模式选择装置71到量子比特处理单元72和可调节装置73的线路保持微波响应特征相一致。

[0094] 量子比特处理单元72意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置73包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号21进行校准。

[0095] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号75,输入信号75即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号75包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号75的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0096] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0097] 在一些实施例中,上述的单个芯片77在使用中置于低温环境下,上述的单个芯片77在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号75在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号75传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0098] 在一些实施例中,输入信号75经由第一模式选择装置71,可以输入到量子比特处理单元72以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置73进行校准。当输入信号71被输入到可调节装置73后得到检测信号77,由于量子比特处理单元72和可调节装置73靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置73的输入信号75即等同于到达量子比特处理单元72的输入信号。

[0099] 上述检测信号77进一步经由第二模式选择装置74被反馈回控制装置,检测信号77的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”,也可以是两者的结合。控制装置依据检测信号77的相关参数以及输入信号75的初始参数得出实际到达可调节装置73的信号和输入信号75之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器

进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0100] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号77的相位、强度、频率中的任一项和输入信号75之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号77的相位、强度、频率中的每一项和输入信号75的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号77的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号75的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0101] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0102] 图8示出了根据一些实施例的量子比特校准装置800的示意图,在单个芯片87上设置有量子比特处理单元82和可调节装置83。这里的单个芯片上指在单个晶圆(Wafer)上加工得到量子比特处理单元82和可调节装置83。量子比特校准装置800还包括第一模式选择装置81和第二模式选择装置84。模式选择装置(81,84)可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号85的路径,如果选择输入到量子比特处理单元82,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置83,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,第一模式选择装置81设置在单个芯片88的一侧,而第二模式选择装置84设置在单个芯片88的另一侧。

[0103] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元82和可调节装置83靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。另外,应当尽量地使得从第一模式选择装置81到量子比特处理单元82和可调节装置83的线路保持微波响应特征相一致。

[0104] 量子比特处理单元82意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置83包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号21进行校准。

[0105] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号85,输入信号85即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号85包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号85的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0106] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0107] 在一些实施例中,上述的单个芯片88在使用中置于低温环境下,上述的单个芯片88在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号85在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号85传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0108] 在一些实施例中,输入信号85经由第一模式选择装置81,可以输入到量子比特处理单元82以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置83进行校准。当输入信号81被

输入到可调节装置83后得到检测信号88,由于量子比特处理单元82和可调节装置83靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置83的输入信号85即等同于到达量子比特处理单元82的输入信号。

[0109] 上述检测信号88进一步经由第二模式选择装置84被反馈回控制装置,检测信号88的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”,也可以是两者的组合。控制装置依据检测信号88的相关参数以及输入信号85的初始参数得出实际到达可调节装置83的信号和输入信号85之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0110] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号88的相位、强度、频率中的任一项和输入信号85之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号88的相位、强度、频率中的每一项和输入信号85的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号88的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号85的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0111] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0112] 图9示出了根据一些实施例的量子比特校准装置900的示意图,在单个电路板(PCB)97上设置有量子比特处理单元92和可调节装置93。量子比特校准装置900还包括第一模式选择装置91和第二模式选择装置94。模式选择装置(91,94)可以通过远程控制(一般以电信号为主,但是不限于电信号控制)的方式,来改变输入信号95的路径,如果选择输入到量子比特处理单元92,则对量子比特进行操控;如果选择输入到可调节装置93,则可以进行校准步骤。在一些实施例中,第一模式选择装置91设置在单个芯片99的一侧,而第二模式选择装置94设置在单个芯片99的另一侧。

[0113] 在实施例中,应当尽量使得量子比特处理单元92和可调节装置93靠近设置,从而使得两者置于同样的环境下。另外,应当尽量地使得从第一模式选择装置91到量子比特处理单元92和可调节装置93的线路保持微波响应特征相一致。

[0114] 量子比特处理单元92意指包含一个或多个量子比特的芯片(或芯片之上的单元模块),通常包括:量子比特本身,共振腔(Resonator),输入信号的线路,以及配套的信号放大输出线路。可调节装置93包括可控的开关和多个用于校准的标准器件。一般而言,用于校准的标准器件包括Open\Short\Fixed Load\Thru等标准,可以基于这些不同的标准来对输入信号21进行校准。

[0115] 在一些实施例中,使用同轴电缆传输输入信号95,输入信号95即对量子比特进行操控的信号,由操控信号发生器所产生,输入信号95包括微波信号和激光信号,本领域技术人员可以选择习知的信号发生器,并依据期望对量子比特进行的操控来选择输入信号95的相位、强度、频率等参数,这些参数同时被传输到控制装置。

[0116] 在一些实施例中,量子比特为基于超导约瑟夫森结的量子比特。

[0117] 在一些实施例中,上述的单个芯片99在使用中置于低温环境下,上述的单个芯片99在使用中置于低温环境下,这里的低温环境一般指100mK-4.2K(K指开尔文)的范围,这个

温度范围可以通过例如但不限于稀释制冷机来实现。输入信号95在由室温(或相对较高温度区域)传输到低温环境下时会发生失真,即上述相位、强度、频率等参数会发生变化,从而当输入信号95传输到量子比特处理单元时,其实际的相位、强度、频率等参数会和预先设定的值发生偏离,从而使得对量子比特的操控过程变得更加困难甚至不可控。

[0118] 在一些实施例中,输入信号95经由第一模式选择装置91,可以输入到量子比特处理单元92以对量子比特进行操控,也可以输入到可调节装置93进行校准。当输入信号91被输入到可调节装置93后得到检测信号99,由于量子比特处理单元92和可调节装置93靠近设置(处于相同的环境下),可以认为到达可调节装置93的输入信号95即等同于到达量子比特处理单元92的输入信号。

[0119] 上述检测信号99进一步经由第二模式选择装置94被反馈回控制装置,检测信号99的反馈路径可以是“穿过(Through)”,也可以是“反射(Reflection)”,也可以是两者的结合。控制装置依据检测信号99的相关参数以及输入信号95的初始参数得出实际到达可调节装置93的信号和输入信号95之间的偏离程度,并依据得到的偏离程度来对操控信号发生器进行相应的调节。这里的调节可以是对上述相位、强度、频率中的任一项的调节,也可以是对其中的几项的调节。

[0120] 上述过程可以多次循环,直至偏离程度达到一个预先设定的收敛范围内。收敛范围可以设定为检测信号99的相位、强度、频率中的任一项和输入信号95之间的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;也可以设定为检测信号99的相位、强度、频率中的每一项和输入信号95的相位、强度、频率之间的对应偏差小于预定值;还可以设定为检测信号99的相位、强度、频率中的某几项的设定函数值和输入信号95的相位、强度、频率中的对应项的设定函数值之间的对应偏差小于预定值。

[0121] 上述偏离程度和调节之间的关系可以通过理论计算得到,也可以依据实际的使用环境得到经验对应关系,也可以是上述两者的结合。

[0122] 图10示出了根据一些实施例的量子比特测控系统1000的示意图,其中,101为低温环境,102为可以包括以上多个实施例的量子比特校准装置,即,102包括量子比特处理单元1021和可调节装置1022。

[0123] 量子比特测控系统1000还包括控制装置103,操控信号发生器105,以及可选择的计算机104。控制装置103也可以自身即是计算机。在一些实施例中,控制装置103、计算机104和操控信号发生器105之间通信连接。信号发生和校准的过程如上述实施例所描述。

[0124] 图11示出了根据一些实施例的量子比特测控方法的流程图,包括:将量子比特操控信号传输至量子比特(临近)所对应的校准装置;对所述操控信号进行检测,并得到检测信号;至少基于所述检测信号调节用来操控量子比特的操控信号,使得传输至待操控量子比特的操控信号精确可控。

[0125] 要理解的是,以上描述意于为示例性,而不是限制性的。例如,上面描述的实施例(和/或它们的各方面)可与彼此结合起来使用。另外,可在不偏离一些实施例的范围的情况下做出许多修改,以使具体情况或内容适于一些实施例的教导。虽然本文描述的材料尺寸和类型意于限定一些实施例的参数,但实施例决不是限制性的,而是示例性实施例。在审阅以上描述之后,许多其它实施例对本领域技术人员将是显而易见的。因此,应当参照所附权利要求以及这样的权利要求所涵盖的等效体的全部范围来确定一些实施例的范围。在所

附权利要求中,用语“包括”和“在其中”用作相应的用语“包含”和“其中”的易懂语言等效体。此外,在所附权利要求中,用语“第一”、“第二”和“第三”等仅作为标记使用,并且它们不意于对它们的对象施加数字要求。另外,不以手段加功能的格式来书写所附权利要求的限制,除非且直到这样的权利要求限制清楚地使用短语“用于…的手段”,跟随没有另外的结构的功能陈述。

[0126] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0127] 本领域内的技术人员应明白,本披露的一些实施例可提供为方法、设备、或计算机程序产品。因此,本披露可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本披露可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0128] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0129] 本书面描述使用示例来公开一些实施例,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践一些实施例,包括制造和使用任何装置或系统,以及实行任何结合的方法。一些实施例的保护范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有不异于权利要求的字面语言的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构要素,则它们意于处在权利要求的范围之内。

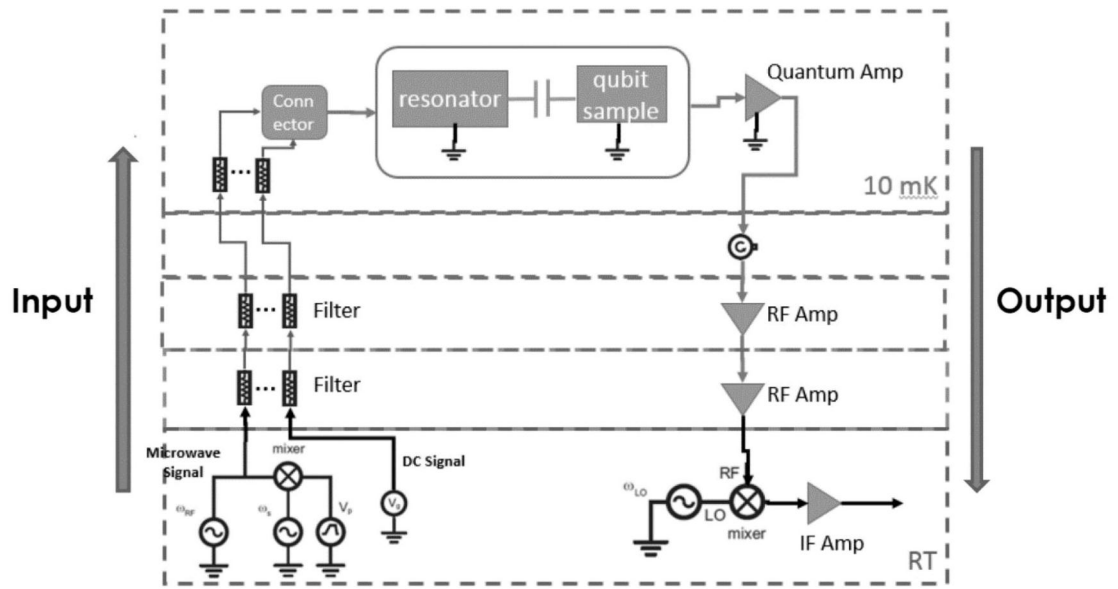


图1

200

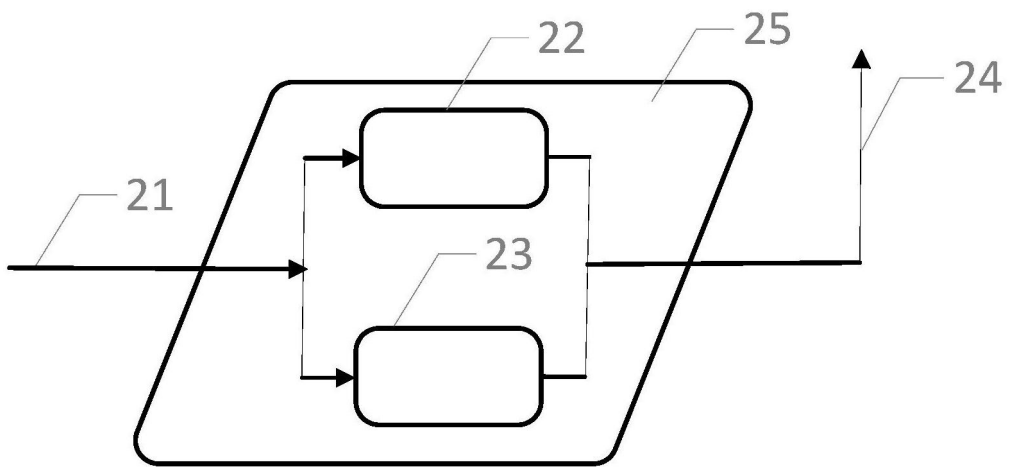


图2

300

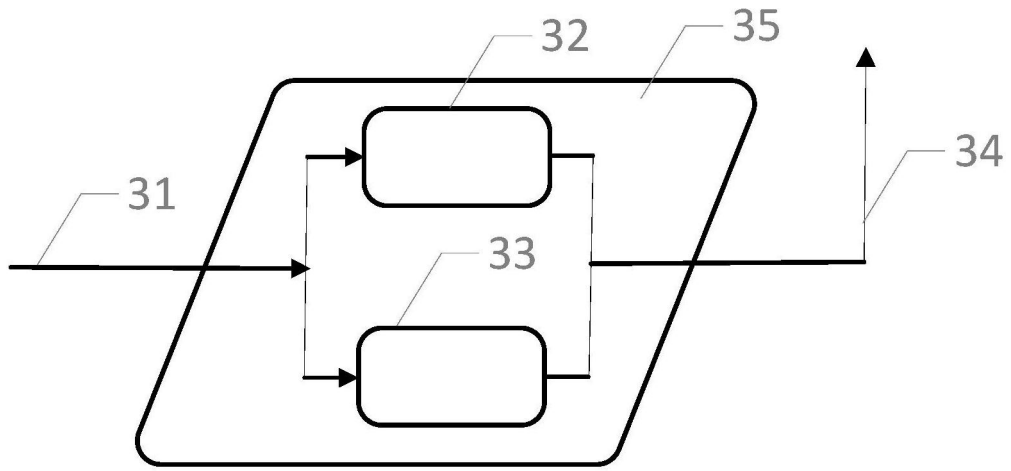


图3

400

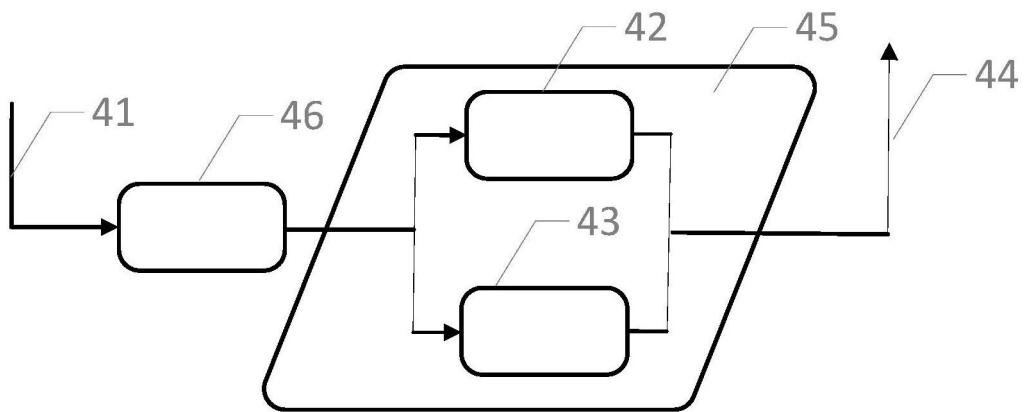


图4

500

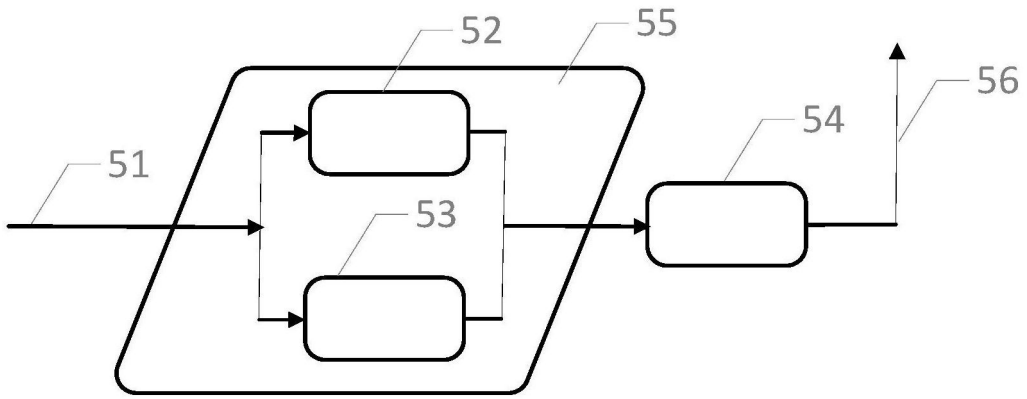


图5

600

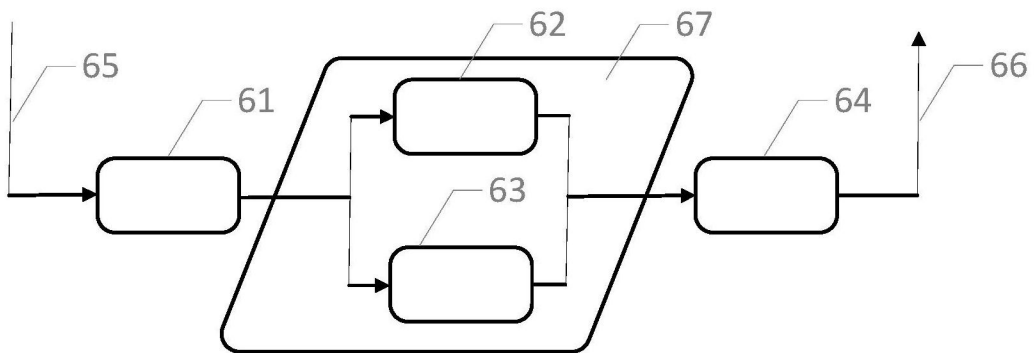


图6

700

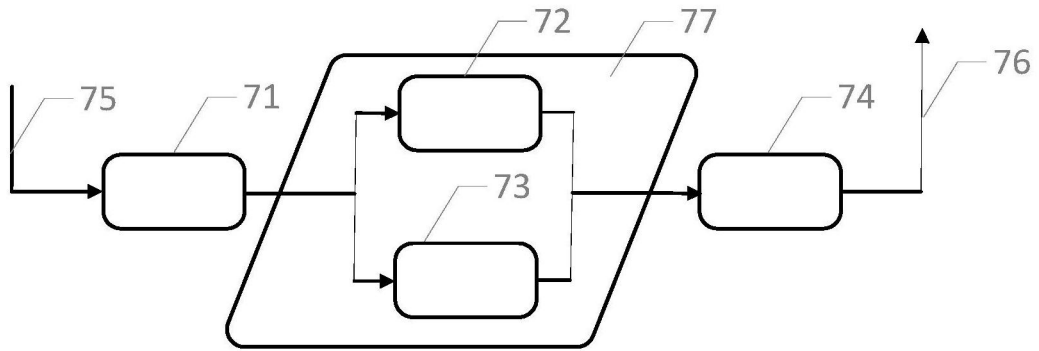


图7

800

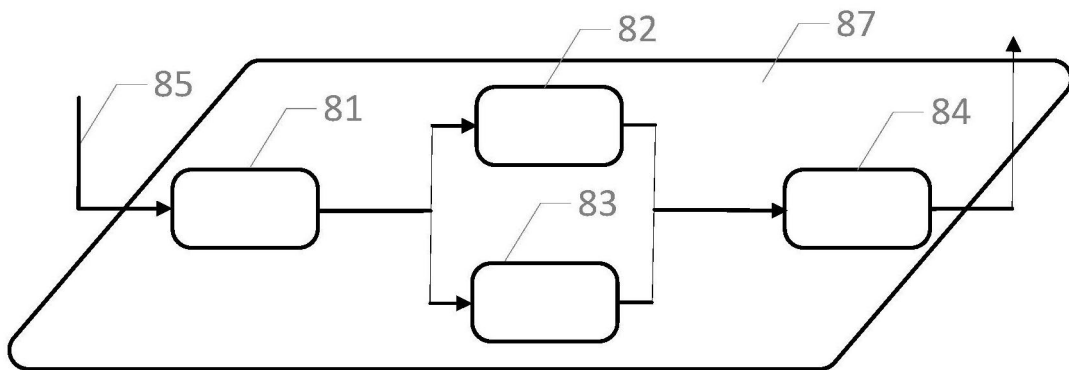


图8

900

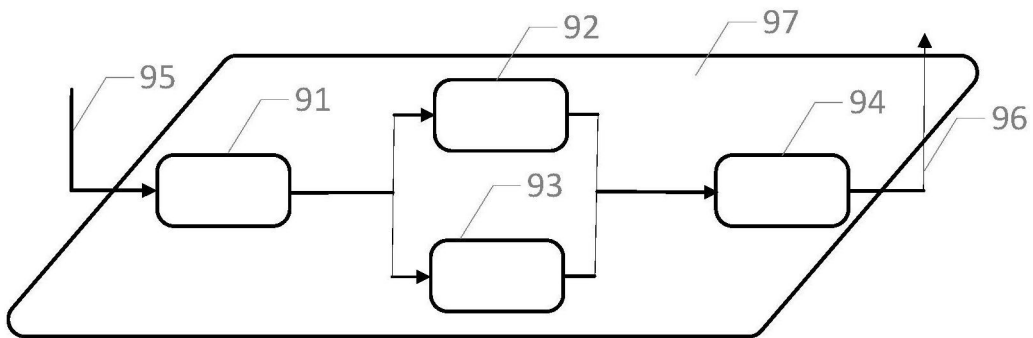


图9

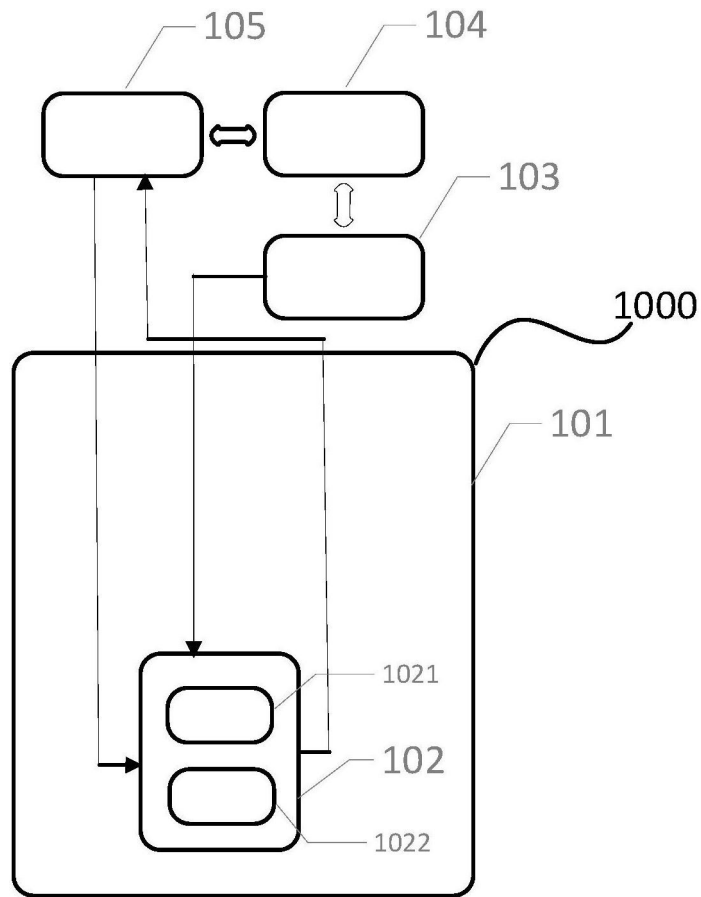


图10

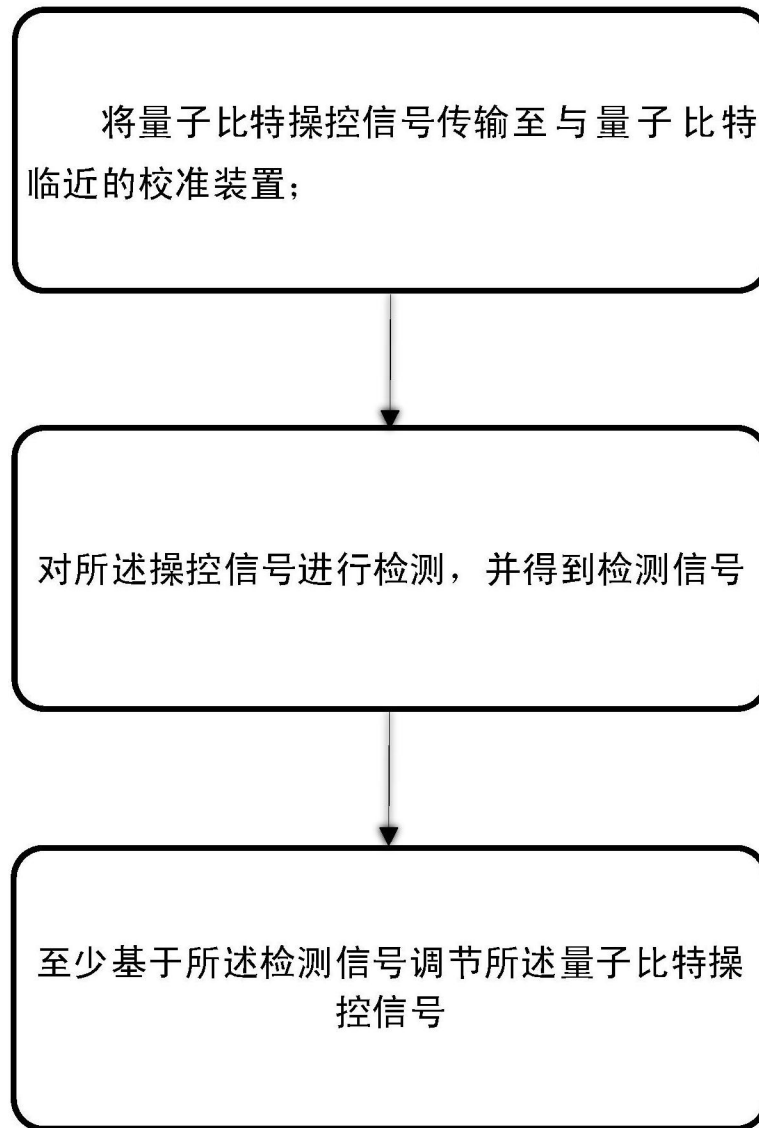


图11