



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111164757 A

(43)申请公布日 2020.05.15

(21)申请号 201880062330.X

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22)申请日 2018.08.27

代理人 傅远

(30)优先权数据

62/564,155 2017.09.27 US

15/976,710 2018.05.10 US

(51)Int.Cl.

H01L 27/12(2006.01)

H01L 21/84(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.03.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/048128 2018.08.27

(87)PCT国际申请的公布数据
W02019/067130 EN 2019.04.04

(71)申请人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 S·格科特佩里

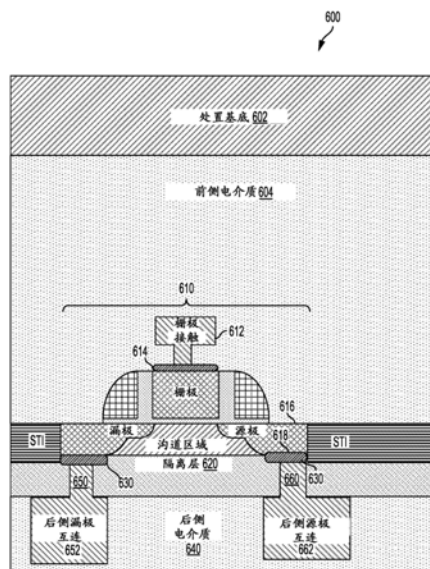
权利要求书2页 说明书12页 附图14页

(54)发明名称

低寄生电容低噪声放大器

(57)摘要

一种低噪声放大器(LNA)设备,包括在绝缘体上半导体(SOI)层上的第一晶体管。第一晶体管包括源极区域、漏极区域和栅极。LNA设备还包括被耦合到栅极的第一侧栅极接触。LNA设备还包括被耦合到源极区域的第二侧源极接触。LNA设备还包括被耦合到漏极区域的第二侧漏极接触。



1. 一种低噪声放大器LNA设备,包括:
第一晶体管,在绝缘体上半导体SOI层上,所述第一晶体管包括源极区域、漏极区域和栅极;
第一侧栅极接触,被耦合到所述栅极;
第二侧源极接触,被耦合到所述源极区域;以及
第二侧漏极接触,被耦合到所述漏极区域。
2. 根据权利要求1所述的LNA设备,其中第一侧包括所述第一晶体管的前侧,并且第二侧包括所述第一晶体的后侧。
3. 根据权利要求1所述的LNA设备,其中第二侧包括所述第一晶体管的前侧,并且第一侧包括所述第一晶体的后侧。
4. 根据权利要求1所述的LNA设备,其中所述第二侧源极接触和/或所述第二侧漏极接触包括硅化物接触层。
5. 根据权利要求1所述的LNA设备,还包括第一侧后端制程BEOL互连,所述第一侧后端制程BEOL互连被耦合到所述第一侧栅极接触,并且所述第一侧后端制程BEOL互连被布置在第一侧电介质层中。
6. 根据权利要求1所述的LNA设备,其中所述第一晶体管还包括:
第一通孔,通过所述第二侧源极接触被耦合到所述源极区域,所述第一通孔延伸向第二侧电介质层;
第二通孔,通过所述第二侧漏极接触被耦合到所述漏极区域,所述第二通孔延伸向所述第二侧电介质层;以及
处置基底,所述处置基底在第一侧电介质层或者所述第二侧电介质层上。
7. 根据权利要求1所述的LNA设备,还包括至少一个射频RF部件,所述射频RF部件被耦合到所述第二侧源极接触和/或所述第二侧漏极接触。
8. 根据权利要求7所述的LNA设备,其中所述至少一个RF部件包括电阻器、电感器、电容器或天线中的至少一个。
9. 根据权利要求1所述的LNA设备,被集成到RF前端模块中,所述RF前端模块被合并到音乐播放器、视频播放器、娱乐单元、导航设备、通信设备、个人数字助理PDA、固定位置数据单元、移动电话和便携计算机中的至少一个中。
10. 一种构建低噪声放大器LNA设备的方法,包括:
在由牺牲基底支撑的隔离层的第一表面上制造第一晶体管,所述第一晶体管包括被耦合到第一侧栅极接触的栅极;
在所述第一晶体管上沉积第一侧电介质层;
将处置基底接合到所述第一侧电介质层;
移除所述牺牲基底;
通过所述隔离层的与所述第一表面相对的第二表面,暴露所述第一晶体管的源极区域的第二侧和漏极区域的第二侧;
在所述源极区域的所述第二侧上沉积第二侧源极接触;以及
在所述漏极区域的所述第二侧上沉积第二侧漏极接触。
11. 根据权利要求10所述的方法,还包括将至少一个射频RF部件耦合到所述第二侧源

极接触和/或所述第二侧漏极接触。

12. 根据权利要求11所述的方法, 其中所述至少一个RF部件包括电阻器、电感器、电容器或天线中的至少一个。

13. 根据权利要求10所述的方法, 还包括:

制造第一通孔, 所述第一通孔通过所述第二侧源极接触被耦合到所述源极区域, 所述第一通孔延伸穿过所述隔离层并且进入第二侧电介质层中, 所述第二侧电介质层支撑所述隔离层并且远离所述第一侧电介质层; 以及

制造第二通孔, 所述第二通孔通过所述第二侧漏极接触被耦合到所述漏极区域, 所述第二通孔延伸穿过所述隔离层并且进入所述第二侧电介质层中。

14. 根据权利要求13所述的方法, 还包括在所述第二侧电介质层中制造后层转换金属化层, 并且所述后层转换金属化层通过所述第一通孔和/或所述第二通孔被耦合到所述第一晶体管的所述第二侧源极接触和/或所述第二侧漏极接触。

15. 根据权利要求10所述的方法, 还包括将所述LNA设备集成到RF前端模块中, 所述RF前端模块被合并到音乐播放器、视频播放器、娱乐单元、导航设备、通信设备、个人数字助理PDA、固定位置数据单元、移动电话和便携计算机中的至少一个中。

16. 一种射频RF前端模块, 包括:

低噪声放大器, 包括: 在绝缘体上半导体SOI层上的第一晶体管, 所述第一晶体管包括源极区域、漏极区域和栅极; 被耦合到所述栅极的第一侧栅极接触; 被耦合到所述源极区域的第二侧源极接触; 以及被耦合到所述漏极区域的第二侧漏极接触; 以及

天线, 被耦合到所述低噪声放大器的输出。

17. 根据权利要求16所述的RF前端模块, 其中第一侧包括所述第一晶体管的前侧, 并且第二侧包括所述第一晶体的后侧, 所述第二侧远离于所述第一侧。

18. 根据权利要求16所述的RF前端模块, 其中第二侧包括所述第一晶体管的前侧, 并且第一侧包括所述第一晶体的后侧, 所述第一侧远离于所述第二侧。

19. 根据权利要求16所述的RF前端模块, 其中所述第一晶体管还包括:

第一通孔, 通过所述第二侧源极接触被耦合到所述源极区域, 所述第一通孔延伸向所述第二侧电介质层;

第二通孔, 通过所述第二侧漏极接触被耦合到所述漏极区域, 所述第二通孔延伸向所述第二侧电介质层; 以及

处置基底, 在第一侧电介质层或者所述第二侧电介质层上。

20. 根据权利要求16所述的RF前端模块, 还包括至少一个射频RF部件, 所述至少一个射频RF部件被耦合到所述第二侧源极接触和/或所述第二侧漏极接触。

低寄生电容低噪声放大器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年5月10日提交的标题为“低寄生电容低噪声放大器”的美国专利申请No.15/976,710的权益,该美国专利申请要求于2017年9月27日提交的标题为“低寄生电容低噪声放大器”的美国临时专利申请No.62/564,155的权益,以上专利申请所公开的全部内容通过引用的方式被明确地并入本文。

技术领域

[0003] 本公开总体上涉及集成电路(IC)。更具体地,本公开涉及低寄生电容低噪声放大器。

背景技术

[0004] 在无线通信系统中的无线设备(例如,蜂窝电话或智能电话)可以包括射频(RF)收发器,以发射和接收用于双向通信的数据。移动RF收发器可以包括用于通信信号的数据发射的发射部分和数据接收的接收部分。针对数据发射,发射部分可以用数据调制RF载波信号以获得调制的RF信号,放大调制的RF信号以获得具有适当输出功率等级的放大的RF信号,并且经由天线将放大的RF信号发送到基站。针对数据接收,接收部分可以经由天线获得接收到的RF信号。接收部分可以放大和处理接收到的RF信号,以恢复由基站在通信信号中发送的数据。

[0005] 移动RF收发器可以包括用于放大这些通信信号的一个或多个电路。放大器电路可以包括一个或多个放大器级,一个或多个放大器级可以具有一个或多个驱动器级和一个或多个放大器输出级。放大器级的每个放大器级包括以各种方式配置的一个或多个晶体管,以放大通信信号。存在用于制造晶体管的各种选择,晶体管被配置为放大由移动RF收发器发射和接收的通信信号。

[0006] 这些移动RF收发器的设计可包括用于晶体管制造的在绝缘层上半导体(SOI)技术的使用。SOI技术用分层的半导体-绝缘体-半导体基底取代常规的半导体基底,以减少寄生电容并改善性能。因为硅结在电隔离器上方,通常是掩埋的氧化物(BOX)层,所以基于SOI的设备不同于常规的硅制设备。然而,减小的BOX层厚度可能不足以减小由在半导体层上的有源设备和支撑BOX层的半导体基底的接近而导致的寄生电容。

[0007] 在SOI层上的有源设备可以包括互补金属氧化物半导体(CMOS)晶体管。不幸的是,使用SOI技术的成功的晶体管制造由寄生电容复杂化。例如,以接触/互连到栅极电容的形式寄生电容是由后端制程(BEOL)互连和/或中段制程(MOL)接触和晶体管栅极的接近导致的。这种附加的电容会导致不良影响(诸如,如电路延迟和损耗)。这种附加的电容对于低噪声放大器(LNA)来说尤其成问题,该问题可能会妨碍用于5G应用的支持。

发明内容

[0008] 一种低噪声放大器(LNA),可以包括在绝缘体上半导体(SOI)层上的第一晶体管。

第一晶体管可以包括源极区域、漏极区域和栅极。LNA设备还可以包括被耦合到栅极的第一侧栅极接触。LNA设备还可以包括被耦合到源极区域的第二侧源极接触。LNA设备还可以包括被耦合到漏极区域的第二侧漏极接触。

[0009] 一种构造低噪声放大器 (LNA) 设备的方法,该方法可以包括在隔离层的第一表面上制造第一晶体管,隔离层由牺牲基底支撑。第一晶体管包括被耦合到第一侧栅极接触的栅极。该方法还可以包括在第一晶体管上沉积第一侧电介质层。该方法还可以包括将处置基底接合至第一侧电介质层。该方法还可以包括移除牺牲基底。该方法还可以包括通过隔离层的与第一表面相对的第二表面,暴露第一晶体管的源极区域的第二侧和漏极区域的第二侧。该方法还可以包括在源极区域的第二侧上沉积第二侧源极接触,以及在漏极区域的第二侧上沉积第二侧漏极接触。

[0010] 一种射频 (RF) 前端模块,可以包括低噪声放大器。低噪声放大器可以包括在绝缘体上半导体 (SOI) 层上的第一晶体管。第一晶体管可以包括源极区域、漏极区域和栅极。低噪声放大器还可以包括被耦合到栅极的第一侧栅极接触、被耦合到源极区域的第二侧源极接触和被耦合到漏极区域的第二侧漏极接触。RF前端模块还可以包括被耦合到低噪声放大器的输出的天线。

[0011] 这相当广泛地概述了本公开的特征和技术优点,以便可以更好地理解下面的详细描述。下面将描述本公开的其他特征和优点。本领域技术人员应当认识到,本公开可以容易地用作修改或设计用于实现本发明相同目的的其他结构的基础。本领域技术人员还应当意识到,此类等效构造不偏离在所附权利要求中所述的本公开的教导。当结合附图考虑时,将从以下描述中更好地理解被认为是本发明的特性的新颖特征,包括其组织和操作方法二者,以及进一步的目的和优点。然而,应明确理解的是,所提供的附图的每个附图仅用于说明和描述,并不旨在作为本公开的限制的限定。

附图说明

[0012] 为了更全面地理解本公开,现在参考以下结合附图所采取的描述。

[0013] 图1是具有用于芯片组的无线局域网模块和射频 (RF) 前端模块的无线设备的示意图。

[0014] 图2示出了无线设备的示例性设计的框图 (诸如,在图1示出的无线设备)。

[0015] 图3示出了根据本公开的方面,使用层转移处理制造的射频 (RF) 集成电路的横截面视图。

[0016] 图4是使用层转移处理制造的射频 (RF) 集成电路的横截面视图。

[0017] 图5图示了用于图4的RF集成电路的源极、漏极和栅极接触的布线。

[0018] 图6A和图6B是根据本公开的方面的包括低寄生电容低噪声放大器 (LNA) 的RF集成电路 (RFIC) 的横截面视图。

[0019] 图7A和图7B图示了根据本公开的方面的用于低寄生电容LNA的前侧布线。

[0020] 图8A和图8B图示了根据本公开的方面的用于低寄生电容LNA的后侧布线。

[0021] 图9是图示根据本发明的方面的用于构建包括LNA的RF集成电路的具有层转移的后侧硅化处理的方法的处理流程图。

[0022] 图10是示出了示例性无线通信系统的框图,其中本公开的方面可以被有利地采

用。

[0023] 图11图示了用于半导体部件的电路、布局和逻辑设计的框图(诸如,上文所公开的RF设备)。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图阐述的详细描述旨在描述各种配置,而不旨在表示可以在其中实践本文所描述的概念的唯一配置。详细描述包括具体细节,目的是提供对各种概念的透彻理解。然而,对于本领域技术人员而言,显而易见的是这些概念可以在没有这些具体细节的情况下被实践。在一些实例中,众所周知的结构和部件在框图的形式中被示出,以避免混淆此类概念。

[0025] 如本文所述的,术语“和/或”的使用旨在表示“包含性或(OR)”,术语“或”的使用旨在表示“排除性或(OR)”。如本文所述的,贯穿本描述所使用的术语“示例性”是指“用作示例、实例或说明”,并且不必被解释为优于或优于其他示例性配置。如本文所述的,贯穿本描述所使用的术语“耦合”是指“直接或间接通过中间连接(例如,开关)、电气、机械或以其他方式连接”,并且不一定限于物理连接。此外,连接可以使得对象永久地连接或可释放地连接。可以通过开关进行连接。如本文所述,贯穿本说明书所使用的术语“接近”是指“相邻、非常接近、靠近或接近”。如本文所述的,贯穿本说明书所使用的术语“接通”在一些配置中是指“直接接通”,并且在其他配置中是指“间接接通”。

[0026] 由于成本和功耗的考虑,在深亚微米处理节点处制造移动射频(RF)芯片(例如,移动RF收发器)是复杂的。在无线通信系统中的无线设备(例如,蜂窝电话或智能电话)可以包括用于双向通信的用于发射和接收数据的移动RF收发器。移动RF收发器可以包括用于发射数据的发射部分和用于接收数据的接收部分。针对发射数据,发射部分可以用数据调制RF载波信号以获得调制的RF信号。发射部分放大调制的RF信号用于获得具有适当输出功率等级的放大的RF信号,并通过天线将放大的RF信号发射到基站。针对接收数据,接收部分可以经由天线获得接收到的RF信号,并且可以放大和处理接收到的RF信号以恢复由基站在通信信号中发送的数据。

[0027] 移动RF收发器可以包括用于放大这些通信信号的一个或多个电路。放大器电路可以包括一个或多个放大器级,一个或多个放大器级可以具有一个或多个驱动器级和一个或多个放大器输出级。放大器级的每个放大器级包括以各种方式配置以放大通信信号的一个或多个晶体管。存在用于制造晶体管的各种选择,晶体管被配置为放大由移动RF收发器发射和接收的通信信号。

[0028] 这些移动RF收发器的设计可以包括用于制造晶体管的绝缘体上半导体(SOI)技术。SOI技术用分层的半导体-绝缘体-半导体基底取代常规的半导体基底,以减少寄生电容并改善性能。因为硅结位于电隔离器上方,通常是一个掩埋的氧化物(BOX)层,所以基于SOI的设备不同于常规的硅制设备。然而,在亚微米处理节点中的BOX层厚度的减小可能不足以减小由在半导体层上的有源设备和支撑BOX层的半导体基底的接近所导致的寄生电容。

[0029] 在SOI层上的有源设备可以包括互补金属氧化物半导体(CMOS)晶体管。不幸的是,使用SOI技术的成功的晶体管制造由寄生电容复杂化。例如,以接触/互连到栅极电容的形式的寄生电容可以由在后端制程(BEOL)互连/中段制程(MOL)接触和晶体管栅极之间的接

近导致。这种附加的电容会导致不良影响(诸如,电路延迟和损耗)。这种附加的电容针对低噪声放大器(LNA)来说尤其成问题。

[0030] 本发明的各个方面提供了在RF集成电路中用于制造低寄生电容LNA的技术。用于RF集成电路的半导体制造的处理流程可以包括前端制程(FEOL)处理、中段制程(MOL)处理和后端制程(BEOL)处理。将被理解的是,术语“层”包括膜,并且除非另有说明,否则不得被解释为表示垂直或水平厚度。如本文所述的,术语“基底”可以指经切割的晶片的基底或可以指未经切割的晶片的基底。类似地,术语芯片和裸片可以互换使用。

[0031] 中段制程或MOL是一组处理步骤,该组处理步骤使得使用MOL接触的晶体管到后端制程或BEOL互连的连接成为可能(例如,M1、M2等)。注意,以接触/互连到栅极电容的形式的寄生电容是由BEOL互连/MOL接触和晶体管栅极接触的接近导致的。这种附加的电容会造成不良影响(诸如,电路延迟和损耗),这对于LNA来说尤其成问题。例如,在LNA中的漏极到栅极接触寄生电容是在RF移动收发器中实现5G性能的重要障碍。层转移处理可以通过移除从RF集成电路的前侧到后侧的一些布线来减少附加电容。然而,移除一些布线可能不足以减少寄生电容。

[0032] 本公开的方面描述了后侧硅化设计,以降低在RF集成电路中的低噪声放大器(LNA)的寄生电容。本公开的一个方面使用具有层转移的后侧硅化处理,用于形成到LNA晶体管的源极/漏极区域的后侧接触层。后侧硅化处理可以形成通过后侧接触层被耦合到LNA晶体管的源极区域和漏极区域的接触插头(例如,通孔)。在这种布置中,后侧源极接触插头和后侧漏极接触插头延伸穿过隔离层并进入支撑隔离层的后侧电介质层(例如,第二侧电介质层)。

[0033] 后层转移金属化过程形成被耦合到接触插头的后侧金属化(例如,后侧BEOL互连M1)。此外,远离后侧金属化的前侧金属化可以被耦合到LNA晶体管的栅极的前侧栅极接触。在这种方式中,到源极和漏极区域的前侧互连(例如,BEOL互连/MOL接触)被移动到LNA晶体管的后侧。BEOL互连/MOL接触的重新布置可以减少由BEOL互连/MOL接触和晶体管栅极接触的接近导致的附加电容。尽管关于后侧源极/漏极接触和前侧栅极接触进行了描述,但本发明并不局限于此。例如,考虑了后侧栅极接触和前侧源极/漏极接触。

[0034] 图1是根据本公开的方面的具有低寄生电容低噪声放大器的无线设备100(例如,蜂窝电话或智能电话)的示意图。无线设备可以包括用于芯片组110的无线局域网(WLAN)(例如WiFi)模块150和RF前端模块170。WiFi模块150包括第一双工器160,第一双工器160能够通信地将天线162耦合到无线局域网模块(例如WLAN模块152)。RF前端模块170包括第二双工器190,第二双工器190通过双工器(duplexer)180(DUP)能够通信地将天线192耦合到无线收发器120(WTR)。无线收发器120和WiFi模块150的WLAN模块152被耦合到由电源102通过功率管理集成电路(PMIC)140供电的调制解调器130(MSM,例如,基带调制解调器)。芯片组110还包括电容器112和114以及提供信号完整性的(一个或多个)电感器116。PMIC 140、调制解调器130、无线收发器120和WLAN模块152各自包括电容器(例如,142、132、122和154),并且根据时钟118操作。在芯片组110中的各种电感器和电容器部件的几何形状和布置可以减少在部件之间的电磁耦合。

[0035] 图2示出了根据本公开的方面的包括低寄生电容低噪声放大器的无线设备200(诸如,在图1中示出的无线设备100)的示例性设计的框图。图2示出了可以是无线收发器(WTR)

的移动RF收发器220的示例。通常,在发射器230和接收器250中的信号的调节可以由(一个或多个)放大器、(一个或多个)滤波器、上变频器、下变频器等的一个或多个级来执行。这些电路块可以不同于图2中示出的配置来被布置。此外,在图2中未示出的其它电路块也可以被用于调节发射器230和接收器250中的信号。除非另有说明,否则图2中的任何信号或在图中的任何其他图形可以是单端或差分的。图2中的一些电路块也可以被省略。

[0036] 在图2中示出的示例中,无线设备200总体上包括移动RF收发器220和数据处理器210。数据处理器210可以包括存储器(未示出)以存储数据和程序代码,并且总体上可以包括模拟和数字处理元件。移动RF收发器220可以包括支持双向通信的发射器230和接收器250。总体而言,无线设备200可以包括用于任意数量的通信系统和频带的任意数量的发射器和/或接收器。移动RF收发器220的全部或部分可以在一个或多个模拟集成电路(IC)、射频(RF)集成电路(RFIC)、混合信号IC等上实现。

[0037] 发射器或接收器可以用超外差架构或直接转换架构来实现。在超外差架构中,信号在多个级中的射频和基带之间被频率转换,例如:在一级中从射频转换到中频(IF),然后在用于接收器的另一级中从中频转换到基带。在直接转换架构中,信号在一级中在射频和基带之间被频率转换。超外差和直接转换架构可以使用不同的电路块和/或具有不同的要求。在图2中示出的示例中,利用直接转换架构来实现发射器230和接收器250。

[0038] 在发射路径中,数据处理器210处理待发射的数据。数据处理器210还将同相(I)和正交(Q)模拟输出信号提供给在发送路径中的发射器230。在示例性方面中,数据处理器210包括数模转换器(DAC) 214a和214b,用于将由数据处理器210生成的数字信号转换到同相(I)和正交(Q)模拟输出信号(例如,I和Q输出电流)中以用于进一步处理。

[0039] 在发射器230内,低通滤波器232a和232b分别将同相(I)和正交(Q)模拟发射信号滤波,以移除由先前的数模转换导致的不希望被期望的图像。放大器234a和234b(Amp)分别放大来自低通滤波器232a和232b的信号,并提供同相(I)和正交(Q)基带信号。上变频器240包括同相上变频器241a和正交上变频器241b,上变频器240利用来自TX L0信号生成器290的同相(I)和正交(Q)发射(TX)本地振荡器(L0)信号上变频同相(I)和正交(Q)基带信号以提供上变频信号。滤波器242将上变频信号滤波,以减少由频率上变频以及在接收频带中的干扰导致的不期望的图像。功率放大器(PA) 244放大来自滤波器242的信号以获得期望的输出功率等级并提供发射射频信号。发射射频信号通过双工器/开关246路由并经由天线248发射。

[0040] 在接收路径中,天线248接收通信信号并提供接收到的射频(RF)信号,该射频(RF)信号通过双工器/开关246路由并提供给低噪声放大器(LNA) 252。双工器/开关246被设计为利用特定的接收(RX)至发射(TX) (RX-至-TX)双工器频率分隔操作,使得RX信号从TX信号隔离。接收到的RF信号由LNA 252放大并由滤波器254滤波以获得被期望的RF输入信号。下变频混频器261a和261b将滤波器254的输出与来自RX L0信号生成器280的同相(I)和正交(Q)接收(RX) L0信号(即LO_I和LO_Q)混合以生成同相(I)和正交(Q)基带信号。同相(I)和正交(Q)基带信号由放大器262a和262b放大,并由低通滤波器264a和264b进一步滤波,以获得被提供给数据处理器210的同相(I)和正交(Q)模拟输入信号。在示出的示例性配置中,数据处理器210包括用于将模拟输入信号转换到数字信号中以用于由数据处理器210进一步处理的模数转换器(ADC) 216a和216b。

[0041] 在图2中,发射本地振荡器(TX LO)信号生成器290生成用于频率上变频的同相(I)和正交(Q)TX LO信号,而接收本地振荡器(RX LO)信号发生器280生成用于频率下变频的同相(I)和正交(Q)RX LO信号。每个LO信号是具有特定基频的周期信号。锁相环(PLL)292从数据处理器210接收定时信息,并生成用于调整来自TX LO信号生成器290的TX LO信号的频率和/或相位的控制信号。类似地,PLL 282从数据处理器210接收计时信息,并生成用于调整来自RX LO信号生成器280的RX LO信号的频率和/或相位的控制信号。

[0042] 无线设备200可以支持载波聚合,并且可以(i)接收由在多个下行链路载波上的一个或多个单元以不同频率发射的多个下行链路信号和/或(ii)将多个上行链路信号发射到在多个上行链路载波上的一个或多个单元。针对带内载波聚合,发射在相同频带的不同载波上被发送。针对带间载波聚合,发射在不同频带的多个载波上被发送。然而,本领域的技术人员将理解的是,本文描述的方面可以在不支持载波聚合的系统、设备和/或架构中实现。

[0043] 无线设备200的移动RF收发器220总体上包括发射器230和接收器250,以发射和接收用于双向通信的数据。接收器250可以包括一个或多个用于放大通信信号的电路(诸如,LNA 252)。LNA 252可以包括一个或多个放大器级,一个或多个放大器级可以具有一个或多个驱动器级和一个或多个放大器输出级。放大器级的每个放大器级包括以各种方式被配置的一个或多个晶体管,以放大通信信号。存在用于制造晶体管的各种选择,晶体管被配置为放大由移动RF收发器220发送和接收的通信信号。

[0044] 移动RF收发器220和RF前端模块170(图1)可以使用绝缘体上半导体(SOI)技术来实现,用于制造移动RF收发器220和RF前端模块170的晶体管。使用SOI技术有助于降低在RF前端模块170中的高次谐波。SOI技术用分层的半导体-绝缘体-半导体基底替代常规的半导体基底,以减少寄生电容并改善性能。因为硅结位于电隔离器上方,通常是一个掩埋的氧化物(BOX)层,所以基于SOI的设备不同于传统的硅制设备。然而,在亚微米处理节点中的BOX层的减小的厚度可能不足以减小由在半导体层上的有源设备和支撑BOX层的半导体基底的接近所引起的寄生电容。结果,层转移处理被引入,以进一步将有源设备与基底分隔,如图3所示。

[0045] 图3示出了根据本发明的方面的使用层转移处理制造的射频(RF)集成电路300的横截面视图。如在图3中示出的,RF SOI设备包括在掩埋氧化物(BOX)层320上的有源设备310,该掩埋氧化物(BOX)层320最初由牺牲基底301(例如,大块晶片)支撑。RF SOI设备还包括在第一电介质层304内被耦合到有源设备310的互连350。在该配置中,处置基底302与RF SOI设备的第一电介质层304结合并且牺牲基底301被移除(见箭头)。此外,处置基底302的接合使得能够移除牺牲基底301。使用层转移处理的牺牲基底301的移除使得能够通过增加电介质厚度来实现高性能低寄生RF设备。亦即,RF SOI设备的寄生电容与第一电介质层304的厚度成正例,第一电介质层304的厚度决定有源设备310与处置基底302之间的距离。

[0046] 在BOX层320上的有源设备310可以是互补金属氧化物半导体(CMOS)晶体管。不幸的是,使用SOI技术的成功的CMOS晶体管制造由寄生电容复杂化。例如,如在图4中示出的,以接触/互连到栅极电容的形式的寄生电容可以由在后端制程(BEOL)互连/中段制程(MOL)接触和晶体管栅极接触之间的接近导致。这种附加的电容会导致不良影响(诸如,电路延迟和损耗)。对于低噪声放大器(LNA)(诸如,图2的移动RF收发器220的LNA 252),这种附加电

容特别成问题。

[0047] 图4是使用层转移处理制造的RF集成电路400的横截面视图。RF集成电路400包括具有栅极、源极区域、漏极区域和沟道区域的有源设备410。沟道区域在半导体层的源极区域和漏极区域之间,该半导体层在隔离层420上形成(例如,绝缘层上半导体(SOI))。在SOI实现方式中,隔离层420是掩埋的氧化物(BOX)层,并且沟道、源极区域和漏极区域由SOI层(例如,硅)形成,SOI层包括由隔离层420支撑的浅沟槽隔离(STI)区域。

[0048] RF集成电路400还包括被耦合到有源设备410的源极/漏极区域的中段制程(MOL)互连(例如,前侧漏极接触430和前侧源极接触432)和后端制程(BEOL)互连(例如M1、M2)。如所描述的,MOL/BEOL层指前侧层。相反地,支撑隔离层420的层可以被称为后侧层。根据该命名法,前侧金属化M1被耦合到有源设备410的源极区域和漏极区域,并且前侧金属化M1被布置在处置基底402被耦合的前侧电介质层404(例如,第一侧电介质层)中。在该示例中,后侧电介质440邻近于隔离层420并且可能支撑隔离层420。后侧金属化434被耦合到前侧金属化M1。前侧金属化M1是前侧的后端制程(BEOL)互连(例如,线的第一侧后端制程(BEOL)互连),并且后侧金属化434是后侧BEOL互连(例如,第二侧BEOL互连)。

[0049] 有源设备410的操作受到漏栅寄生电容406和源栅寄生电容408的不利影响。在该示例中,接触/互连到栅极寄生电容(例如,406和408)是由前侧漏极接触430和前侧源极接触432到栅极接触412到有源设备410的栅极的接近导致的。漏栅寄生电容406引起不利影响(诸如,电路延迟和损耗等)。对于低噪声放大器(诸如,在图2中示出的LNA 252),漏栅寄生电容406特别成问题。

[0050] 图5图示了图4的RF集成电路400的源极、漏极和栅极接触的布线500。常规地,在前端制程处理期间形成的对有源设备的访问被限制在有源设备的前侧。例如,中端制程处理提供在有源设备的栅极和源/漏区域与后端制程互连层(例如M1、M2等)之间的接触。图5图示了在扩散区域510上的栅极接触412、前侧漏极接触430和前侧源极接触432分别到栅极连接570、漏极连接550和源极连接560的布线。

[0051] 常规地,晶体管栅极通过在第二BEOL互连层(M2)处的连接布线,并且源极/漏极连接使用第一BEOL互连层(M1)布线。当这些源极/漏极接触以及栅极接触被定位在晶体管的前侧时,M1 BEOL互连和M2 BEOL互连交叉多次。尤其是,当布线到漏极连接550和栅极连接570时,栅极接触412和前侧漏极接触430的重叠特别成问题。栅极接触412和前侧漏极接触430的重叠布线产生显著的漏栅电容(C_{DG})以及增加的栅极电阻,从而大幅度地降低了LNA性能。

[0052] 本公开的各个方面提供了用于RF集成电路(RFIC)的有源设备后侧的后层转换处理的技术。相比之下,在前端制程处理期间形成的对有源设备的访问常规地在中段制程处理期间从前侧提供,该中段制程处理在有源设备的栅极和源极/漏极区域与后端制程互连层(例如,M1、M2等)之间创建接触。本公开的方面涉及用于形成后侧接触层和后侧接触插头到LNA晶体管的源极/漏极区域的后层转换处理。后侧接触层和后侧接触插头能够将源极/漏极接触移动到LNA晶体管的后侧,从而消除上述接触到栅极的寄生耦合。这些晶体管结构可以被使用在LNA中(诸如,图2的LNA 252)。

[0053] 在图3中示出的层转换处理可以通过将一些布线从RF集成电路400的前侧移动到后侧来减小寄生电容。如在图6A至图8B中描述的,本公开的各个方面提供了用于RF集成电

路中的低寄生电容LNA的技术。

[0054] 图6A是根据本公开的方面的RF集成电路 (RFIC) 600的横截面视图, RF集成电路 (RFIC) 600包括低寄生电容低噪声放大器 (LNA) 的晶体管。在该配置中, 在有源设备610 (例如, LNA晶体管) 的源极/漏极 (S/D) 区域的后侧上执行后层转换处理。代表性地, RFIC 600包括有源设备610, 有源设备610具有形成在隔离层620上的栅极、源极/漏极 (S/D) 区域和在源极/漏极区域之间的沟道区域。隔离层620可以是用于绝缘体上硅 (SOI) 实现方式的掩埋氧化物 (BOX) 层, 其中沟道和源极/漏极区域从SOI层形成。在该配置中, 浅沟槽隔离 (STI) 区域也在隔离层620上。

[0055] RFIC 600包括在前侧电介质层604中的栅极接触612 (例如, 线路中层的零互连 (M0)/零通孔 (V0))。栅极接触612 (例如, 第一侧栅极接触) 被耦合到在栅极上的前侧接触层614, 其可以由硅化物接触层 (例如, 前侧硅化物层) 组成。在该配置中, 处置基底602被耦合到前侧电介质层604, 以使得在有源设备610的后侧上能够进行后层转换处理。例如, 后层转换处理使得能够访问与有源设备610的源极/漏极区域的前侧616相对的后侧618。结果, 源极/漏极区域的前侧616被暴露以使得源极/漏极区域的前侧616能够由前侧电介质层604直接接触。

[0056] 根据本公开的方面, 处置基底602可以由半导体材料 (诸如硅) 组成。在该配置中, 处置基底602可以包括至少一个其它有源设备。备选地, 处置基底602可以是无源基底, 以通过减小寄生电容来进一步改善谐波。在此配置中, 处置基底602可以包括至少一个其它无源设备。如所描述的, 术语“无源基底”可以指切割的晶片或面板的基底, 或可以指未切割的晶片/面板的基底。在一种配置中, 无源基底由玻璃、石英、蓝宝石、高电阻硅或其它类似无源材料组成。无源基底也可以是无芯基底。

[0057] 例如, 根据本公开的方面, 如在图3中示出的层转换处理使得能够在有源设备610的源极/漏极区域的后侧618上形成后侧接触层630。后侧接触层630可以由后侧硅化物层组成。一旦形成, 后侧接触层630允许将前侧源极/漏极接触 (例如, 图4的前侧漏极接触430和前侧源极接触432) 移动到源极/漏极区域的后侧618。将前端源极/漏极接触 (例如, 图4的前侧漏极接触430和前侧源极接触432) 移动到源极/漏极区域的后侧618消除了图4中示出的接触/互连到栅极寄生电容 (例如, 406和408)。

[0058] 在备选配置中, 栅极接触612被移动到有源设备610的后侧, 并且前侧源极/漏极接触不变。此外, 后侧电介质层640邻近并且可能支撑隔离层620。在该配置中, 后层转换金属化处理在有源设备610的源极/漏极区域的后侧618上形成后侧接触层630。如在图6A中示出的, 后侧漏极接触650 (例如, 第二侧漏极接触) 通过后侧接触层630耦合到漏极区域的后侧618。此外, 后侧源极接触660 (例如, 第二侧源极接触) 通过后侧接触层630耦合到源极区域的后侧618。后侧漏极接触650可以是耦合到后侧后端制程 (BEOL) 漏极互连652的接触插头 (例如, 中段制程 (MOL) 零通孔 (V0))。类似地, 后侧源极接触660可以是耦合到后侧BEOL源极互连662的接触插头。

[0059] 图6B是根据本发明的一些方面的RFIC 680的横截面视图, 其中后层转换处理也在有源设备610 (例如, LNA晶体管) 的源极/漏极区域的后侧618上被执行。如将认识到的, RFIC 680的配置类似于图6A的RFIC 600的配置。然而, 在图6B中示出的配置中, RFIC 680包括在前侧电介质层604中的前侧金属化 (例如, 第一BEOL互连 (M1))。前侧金属化M1通过通孔V0耦

合到后侧金属化642。后侧金属化642在后侧电介质层640内。

[0060] 如在图6A和6B中示出的,后侧接触层630在隔离层620内,并且能够与后侧漏极接触650和后侧源极接触660接触。接触/互连(例如,图4的前侧漏极接触430和前侧源极接触432)到有源设备610的源极/漏极区域的后侧618的重新定位有助于防止有源设备610的栅极接触612和常规的前侧源极/漏极接触/互连之间的寄生电容。如在图7A和7B中示出的,在该配置中,栅极接触612的布线被简化。类似地,如在图8A和8B中示出的,后侧漏极接触650和后侧源极接触660的布线被简化。

[0061] 图7A和7B图示了根据本发明的方面的低寄生电容LNA的前侧布线。在图7A中示出的配置中,针对单扩散岛配置示出了LNA的前侧布线700。在该示例中,LNA被配置为包括LNA晶体管,例如,如在图6A中示出的。代表性地,在扩散岛710上的每个栅极接触612被布线到栅极连接770。该配置有助于消除在图5中示出的寄生电容。

[0062] 图7B示出了用于双扩散岛配置的LNA的前端布线750。在此示例中,LNA还被配置为包括在图6A中示出的LNA晶体管。代表性地,在第一扩散岛710-1和第二扩散岛710-2上的每个栅极接触612被布线到栅极连接770以用于消除漏栅寄生电容。这种LNA配置使用多个扩散岛(例如,710-1和710-2)来补偿增加的栅极电阻。

[0063] 与栅极连接相反的源极/漏极连接的布线通过简化有源设备的布线,支持了使用多个扩散岛制造的LNA。特别是,由于源极/漏极和栅极接触布线重叠,会产生接触到栅极电容和寄生电阻。大幅度地降低寄生电容和栅极电阻提供了用于支持5G通信增强的实质上的增益带宽积(FT)的改善(例如,20%至40%的改善)和最大振荡频率(F_{\max})。

[0064] 图8A和图8B图示了根据本公开的方面的低寄生电容LNA的后侧布线。在图8A中示出的配置中,图7A的单扩散岛配置中的LNA的后侧布线800被示出。该示例还合并了如在图6A中示出的LNA晶体管。代表性地,在扩散岛710上的每个后侧漏极接触650被布线到漏极互连652。此外,在扩散岛710上的每个后侧源极接触660被布线到后侧BEOL源极互连662。用后侧源极和漏极接触替换前侧源极和漏极接触消除了图5中示出的寄生电容(例如,漏栅电容(C_{DG}))。

[0065] 图8B示出了在图7B中示出的用于双扩散岛配置的LNA的后侧布线850。代表性地,在第一扩散岛710-1和第二扩散岛710-2上的每个后侧漏极接触650被布线到漏极连接880。类似地,在第一扩散岛710-1和第二扩散岛710-2上的每个后侧源极接触660被布线到源极连接890以用于消除寄生电容。该LNA配置使用多个扩散岛(例如710-1和710-2)来降低栅极电阻,以实现支持5G通信增强。

[0066] LNA的这种配置还图示了被耦合到漏极连接880和可选择地耦合到源极连接890的射频(RF)部件860。RF部件860可以包括电阻器(R)、电感器(L)和电容器(C)(RLC)部件。如在图2中示出的,例如,RF部件860还可以包括天线和其他类似的RF部件。关于用于完成LNA的形成的RF部件860的附加细节被省略,以避免模糊本发明的特征。应当认识到的是,本公开的方面可以包括在共源共栅配置、电阻配置或其他类似配置中被配置的LNA。尽管前面的描述是关于平面晶体管的,但是本公开也应用于其它配置(诸如FinFET)。

[0067] 例如,如在图9中示出的,本公开的一个方面使用具有层转换的后侧硅化处理来形成到LNA晶体管的源极/漏极区域的后侧源极/漏极接触。

[0068] 图9是图示了根据本公开的一方面,使用具有层转换的后侧硅化处理来构造低噪

声放大器 (LNA) 设备的方法900的处理流程图。方法900从框902处开始,其中在隔离层的第一表面上制造第一晶体管。隔离层由牺牲基底支撑。例如,如在图3中示出的,在掩埋氧化物 (BOX) 层320上制造有源设备310。在框904中,前侧电介质层被沉积在第一晶体管上。例如,如在图6A中示出的,前侧电介质层604被沉积在有源设备610上。

[0069] 再次参考图9,在框906中,处置基底被接合到前侧电介质层。例如,如在图6A中示出的,处置基底602被接合到前侧电介质层604。在图9的框908中,牺牲基底被移除。如在图3中示出的,层转换过程包括牺牲基底301的移除。在框910中,源极区域的后侧和第一晶体管的漏极区域的后侧通过与隔离层的第一表面相对的第二表面暴露。例如,如在图6A中示出的,漏极区域和源极区域的后侧618被后层转换处理暴露。

[0070] 在图9的框912中,在源极区域的后侧上被沉积了后侧源极接触。在框914中,在漏极区域的后侧上被沉积了后侧漏极接触。例如,如在图6A中示出的,后侧接触层630被沉积在源极区域和漏极区域的后侧618上。此外,后侧漏极接触650通过后侧接触层630被耦合到漏极区域的后侧618。类似地,后侧源极接触660通过后侧接触层630被耦合到源极区域的后侧618。在图9的框916中,电阻器、电感器、电容器、天线和/或RF部件的至少一个被可选择地与第一晶体管和/或第二晶体管(例如,如在图8B的RF部件860中示出的)耦合。

[0071] 本公开的方面描述了一种后侧硅化设计,以降低在RF集成电路中的低噪声放大器的寄生电容。本公开的一方面使用具有层转换的后侧硅化处理,以形成到晶体管的源极/漏极区域的后侧源极/漏极接触(例如,后侧硅化物接触)。后侧硅化处理可以通过后侧源极/漏极接触形成被耦合到晶体管的第一源极/漏极区域的通孔。通孔可以延伸穿过隔离层并进入支撑隔离层的后侧电介质层中。此外,后层转换金属化处理能够实现被耦合到通孔的后侧金属化的形成。远离后侧金属化的前侧金属化可以被耦合到晶体管栅极的栅极接触。

[0072] BEOL互连/MOL接触的重新布置可以减小由BEOL互连/MOL接触和晶体管栅极接触的接近性导致的寄生电容。前侧和后侧可以分别称为第一侧或第二侧。在一些情况下,前侧将被称为第一侧。在其他情况下,后侧将被称为第一侧。尽管该描述是关于LNA的,但可以考虑到这些结构也将改善功率放大器(PA)。

[0073] 根据本公开的额外方面,描述了包括在晶体管的源极/漏极区域上的后侧硅化物接触的RF集成电路。该RF集成电路包括在隔离层的第一表面上的晶体管,该隔离层包括在晶体管上的前侧电介质层。RF集成电路结构还包括用于处置在前侧电介质层上的RF集成电路的器件。如在图3中示出的,处置器件可以是处置基底。在另一方面中,前述器件可以是任何层、模块或被配置以执行前述器件的所述功能的任何装置。

[0074] 图10是示出示例性无线通信系统1000的框图,其中本公开的一方面被有利地采用。为了说明的目的,图10示出了三个远程单元1020、1030和1050以及两个基站1040。将认识到的是,无线通信系统可以具有更多的远程单元和基站。远程单元1020、1030和1050包括IC设备1025A、1025C和1025B,IC设备1025A、1025C和1025B包括所公开的低噪声放大器(LNA)设备。应当认识到的是,其他设备还可以包括所公开的LNA(诸如基站、开关设备和网络装备)。图10示出了从基站1040到远程单元1020、1030和1050的前向链路信号1080和从远程单元1020、1030和1050到基站1040的反向链路信号1090。

[0075] 在图10中,远程单元1020被示出为移动电话,远程单元1030被示出为便携式计算机,并且远程单元1050被示出为在无线本地环路系统中的固定位置远程单元。例如,远程单

元可以是移动电话、手持个人通信系统 (PCS) 单元、诸如个人数字助理 (PDA) 的便携式数据单元、使用GPS的设备、导航设备、机顶盒、音乐播放器、视频播放器、娱乐单元、诸如抄表设备的固定位置数据单元,或者存储或检索数据或计算机指令或其组合的其它通信设备。尽管图10图示了根据本公开的方面的远程单元,但本公开不限于这些示例性图示的单元。本发明的各个方面可以被适当地在包括所公开的LNA的许多设备中被采用。

[0076] 图11是图示了用于半导体部件 (诸如上述RFIC) 的电路、布局和逻辑设计的设计工作站的框图。设计工作站1100包括包含操作系统软件、支持文件和诸如Cadence或OrCAD的设计软件的硬盘1101。设计工作站1100还包括显示器1102,以便于RF设备的电路设计1110或LNA设计1112。提供了存储介质1104,用于有形地存储电路设计1110或LNA设计1112。电路设计1110或LNA设计1112可以以诸如GDSII或GERBER的文件格式被存储在存储介质1104上。存储介质1104可以是CD-ROM、DVD、硬盘、闪存或其他适当的设备。此外,设计工作站1100包括用于接受来自存储介质1104的输入或向存储介质1104写入输出的驱动装置1103。

[0077] 记录在存储介质1104上的数据可以指定逻辑电路配置、用于光刻掩模的图案数据,或者用于串行写入工具 (诸如电子束光刻) 的掩模图案数据。数据还可以包括逻辑验证数据,诸如:时序图或与逻辑模拟相关联的网络电路。在存储介质1104上提供数据通过减少用于设计半导体晶片的处理的数目而有助于电路设计1110或LNA设计1112。

[0078] 针对固件和/或软件实现方式,可以利用执行本文所述功能的模块 (例如,过程、功能等) 来实现方法。在实现本文所描述的方法中,有形地实施了指令的机器可读介质可以被使用。例如,软件代码可以被存储在存储器中并由处理器单元执行。存储器可以在处理器单元内被实现,也可以在处理器单元外部被实现。如本文所使用的,术语“存储器”是指任何类型的长期、短期、易失性、非易失性或其他存储器,并且不限于存储存储器的特定类型或数量的存储器或介质类型。

[0079] 如果在固件和/或软件中被实现,则功能可以作为一个或多个指令或代码被存储在计算机可读介质上。示例包括具有数据结构编码的计算机可读介质和具有计算机程序代码的计算机可读介质。计算机可读介质包括物理计算机存储介质。存储介质可以由计算机可以访问的可用介质。通过示例的方式,但不限于这些示例,此类计算机可读介质可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储器、磁盘存储器或其他磁存储设备,或者可以用于以指令或数据结构的形式存储所需程序代码并可以由计算机访问的其他介质;如本文所使用的磁盘和光盘,包括光盘 (CD)、激光盘、光学盘、数字多功能光盘 (DVD)、软盘和蓝光盘,其中磁盘通常以磁性再现数据,而光盘则利用激光以光学再现数据。上述组合也应当包括在计算机可读介质的范围内。

[0080] 除了在计算机可读介质上存储之外,指令和/或数据还可以被提供为包括在通信装置中的传输介质上的信号。例如,通信装置可以包括具有指示指令和数据的信号的收发器。指令和数据被配置为导致一个或多个处理器实现在权利要求中概述的功能。

[0081] 尽管已经详细描述了本发明及其优点,但是应当理解但是,在不脱离所附权利要求所限定的本发明的技术的情况下,可以在本文进行各种改变、替换和变化。例如,诸如“上方”和“下方”的关系术语用于基底或电子设备。当然,如果基底或电子设备是倒置的,上方变为下方,反之亦然。另外,如果面向侧面,择上方和下方可以指基底或电子设备的侧面。此外,本申请的范围不限于本说明书所述的处理、机器、制造和物质、器件、方法和步骤的组成

的特定配置。如本领域普通技术人员将容易从本公开理解的,现有存在或以后将要开发的处理、机器、制造、物质组成、装置、方法或步骤,其执行基本相同的功能或实现与所述相对应配置基本相同的结果根据本发明,可以在本文中被利用。因此,所附权利要求旨在在其范围内包括这些处理、机器、制造、物质组成、器件、方法或步骤。

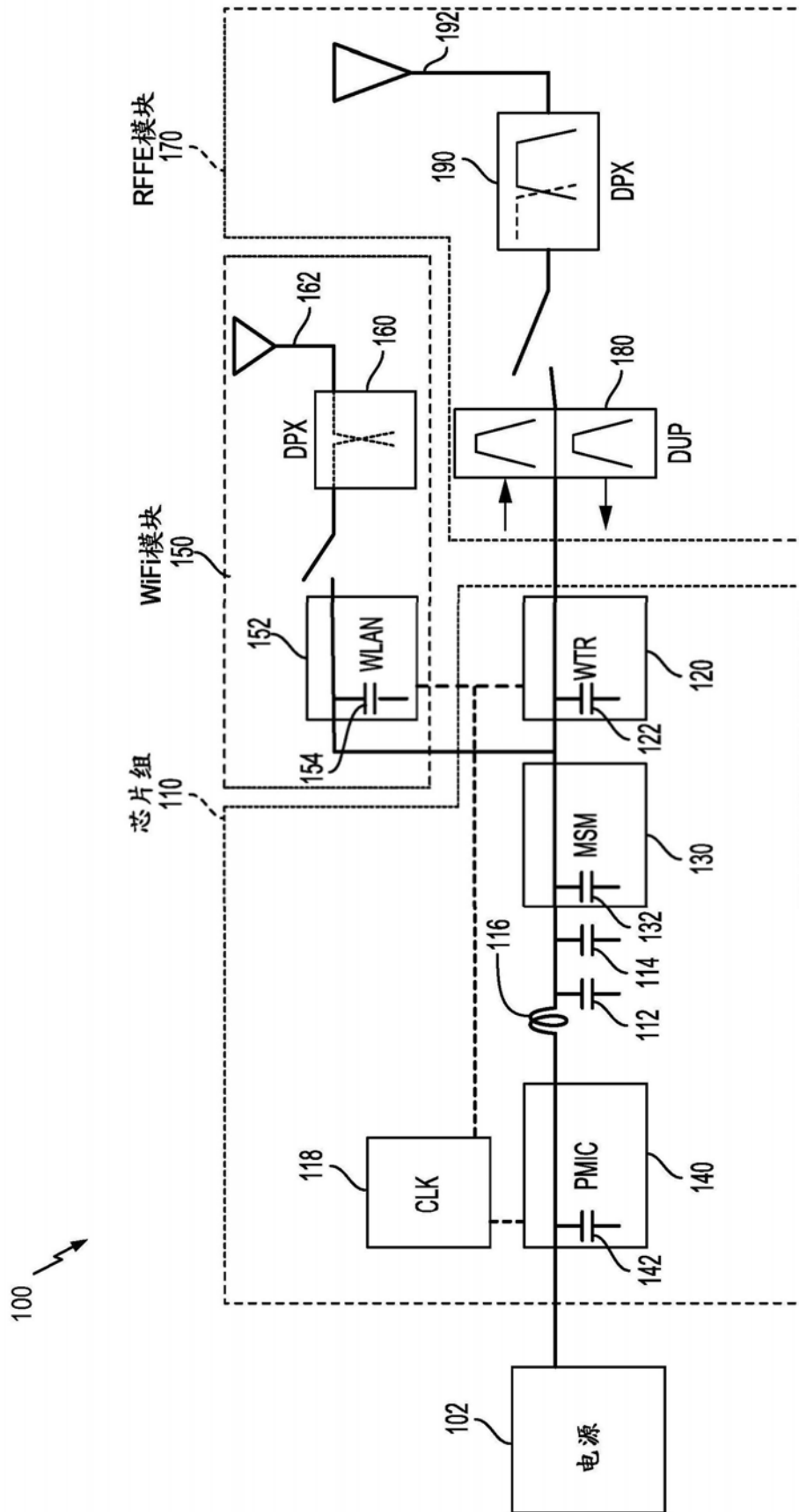


图1

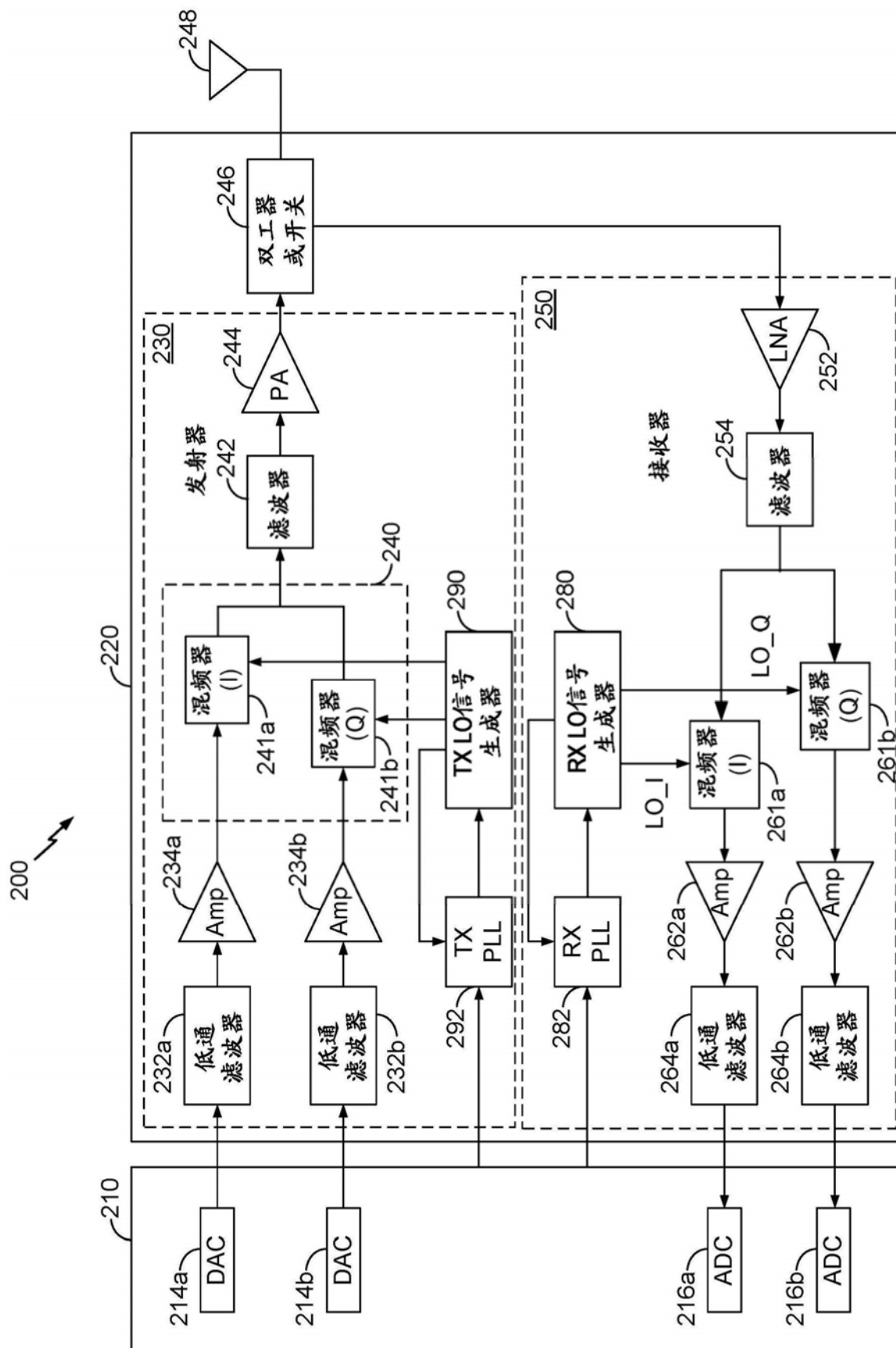


图2

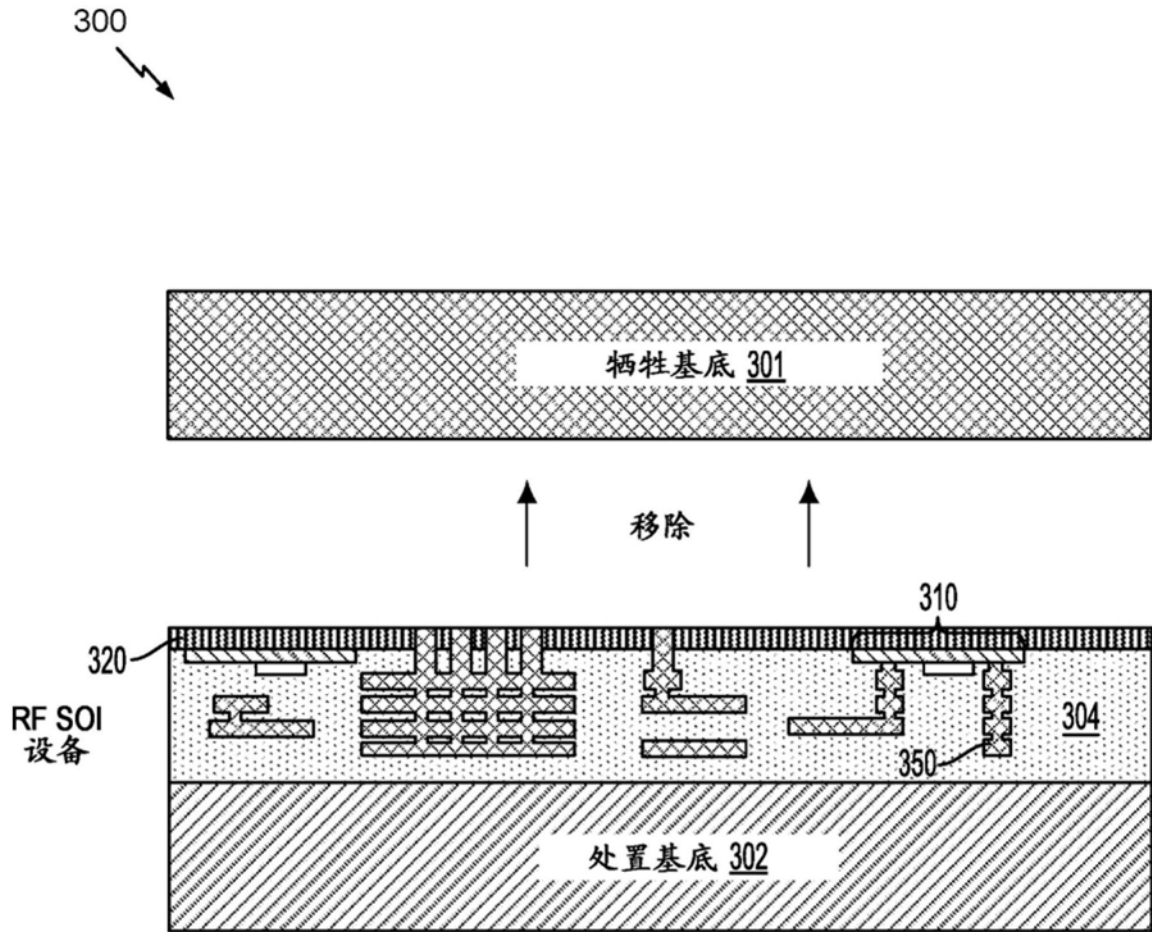


图3

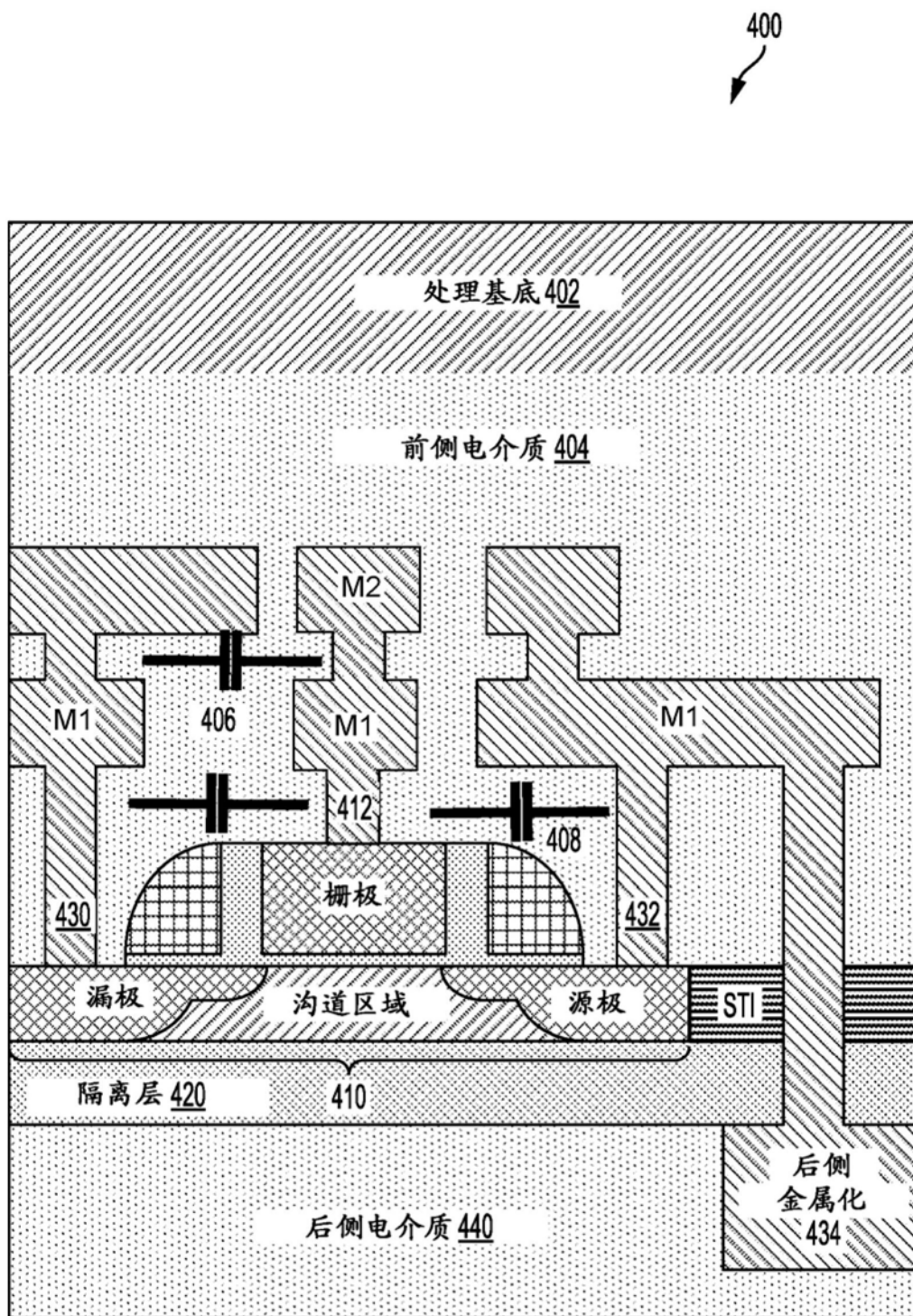


图4

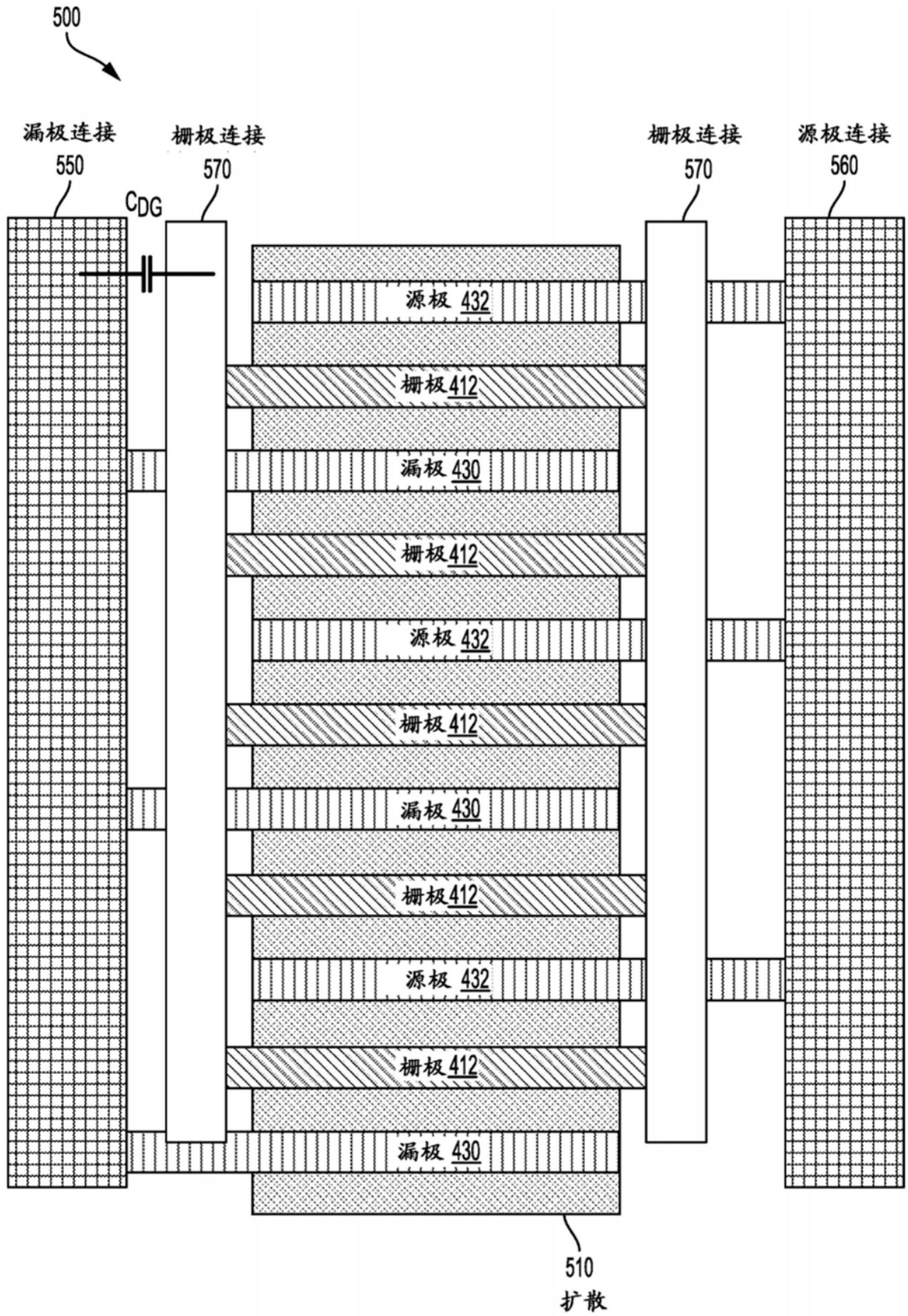


图5

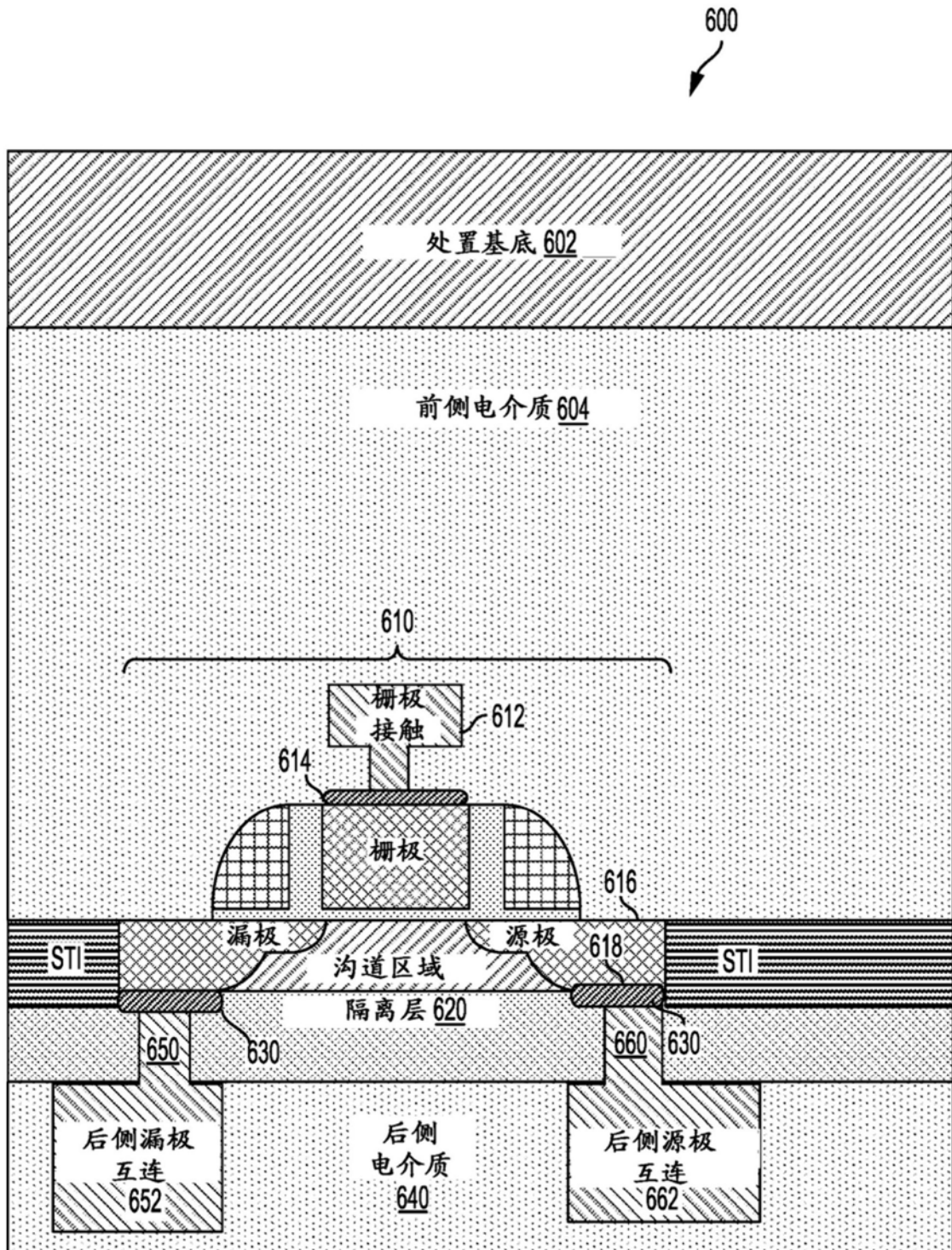


图6A

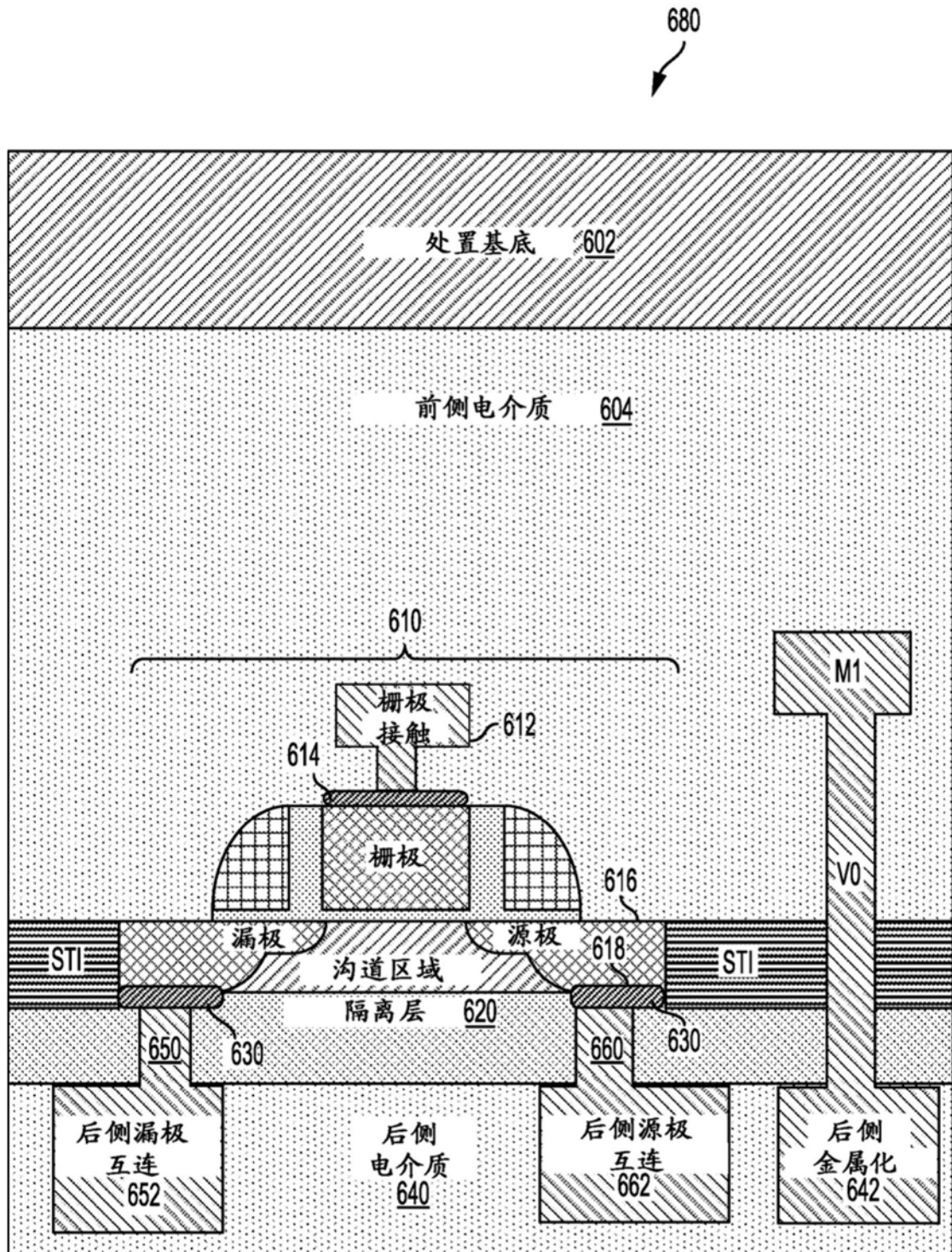


图6B

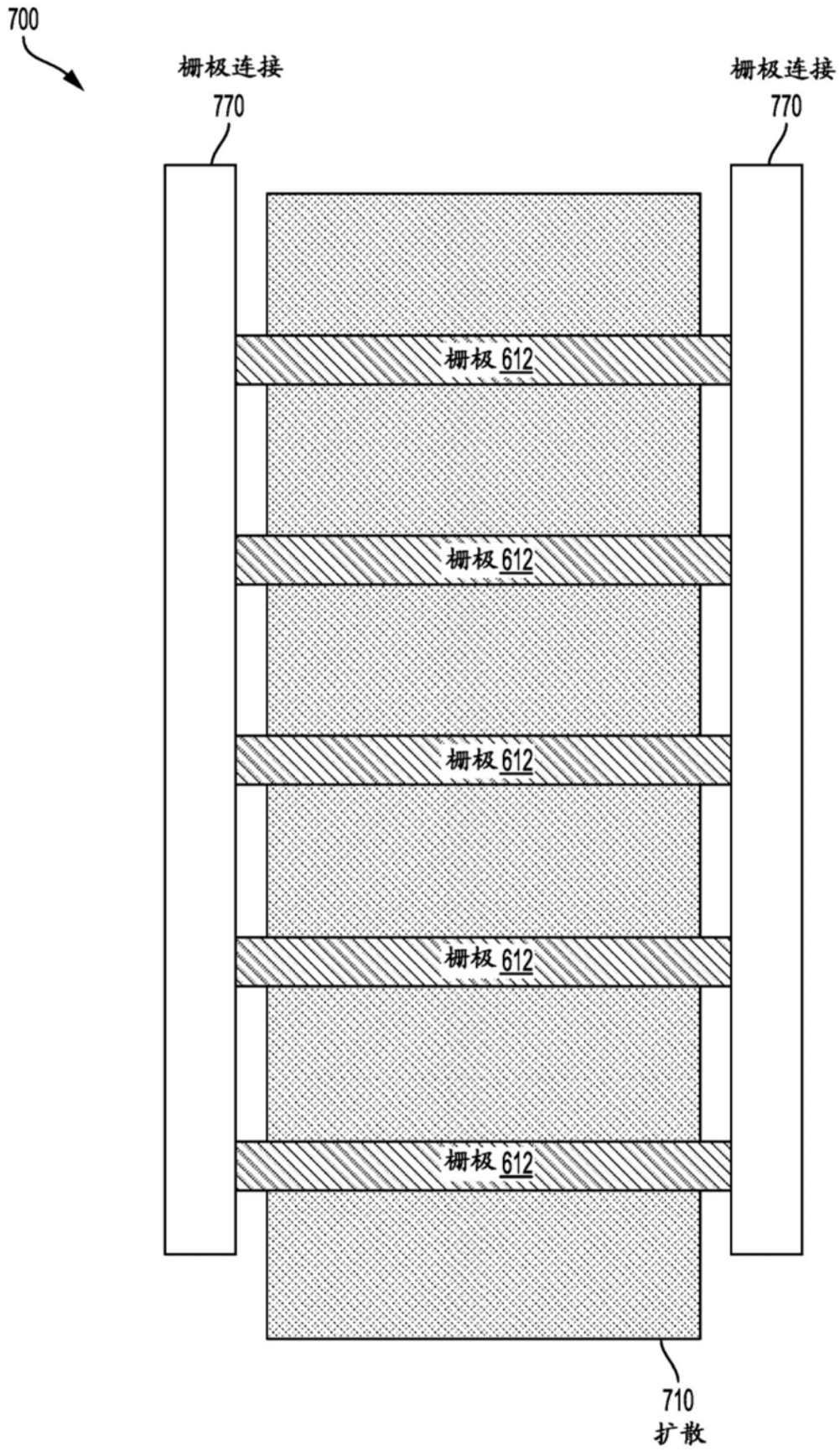


图7A

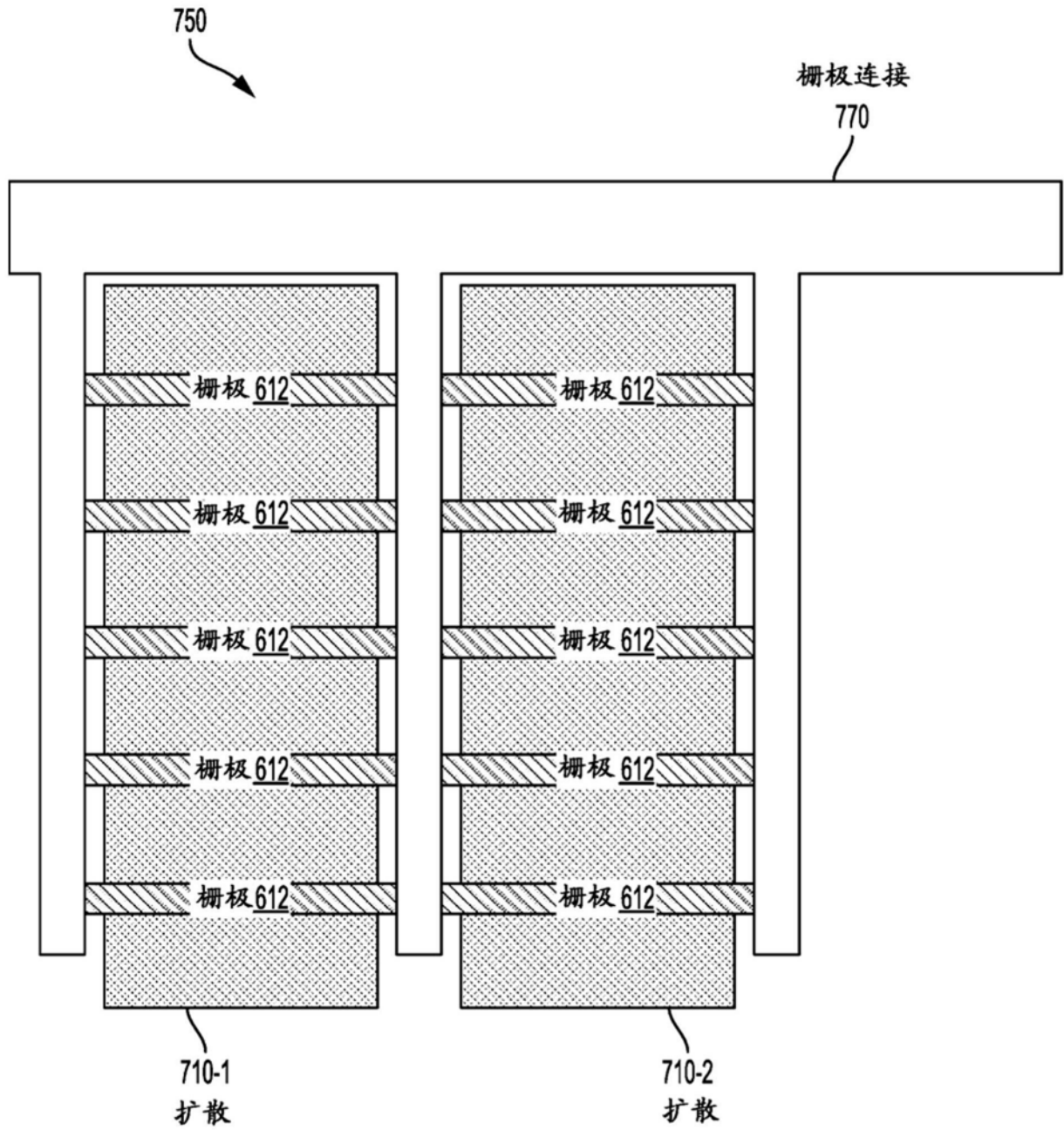


图7B

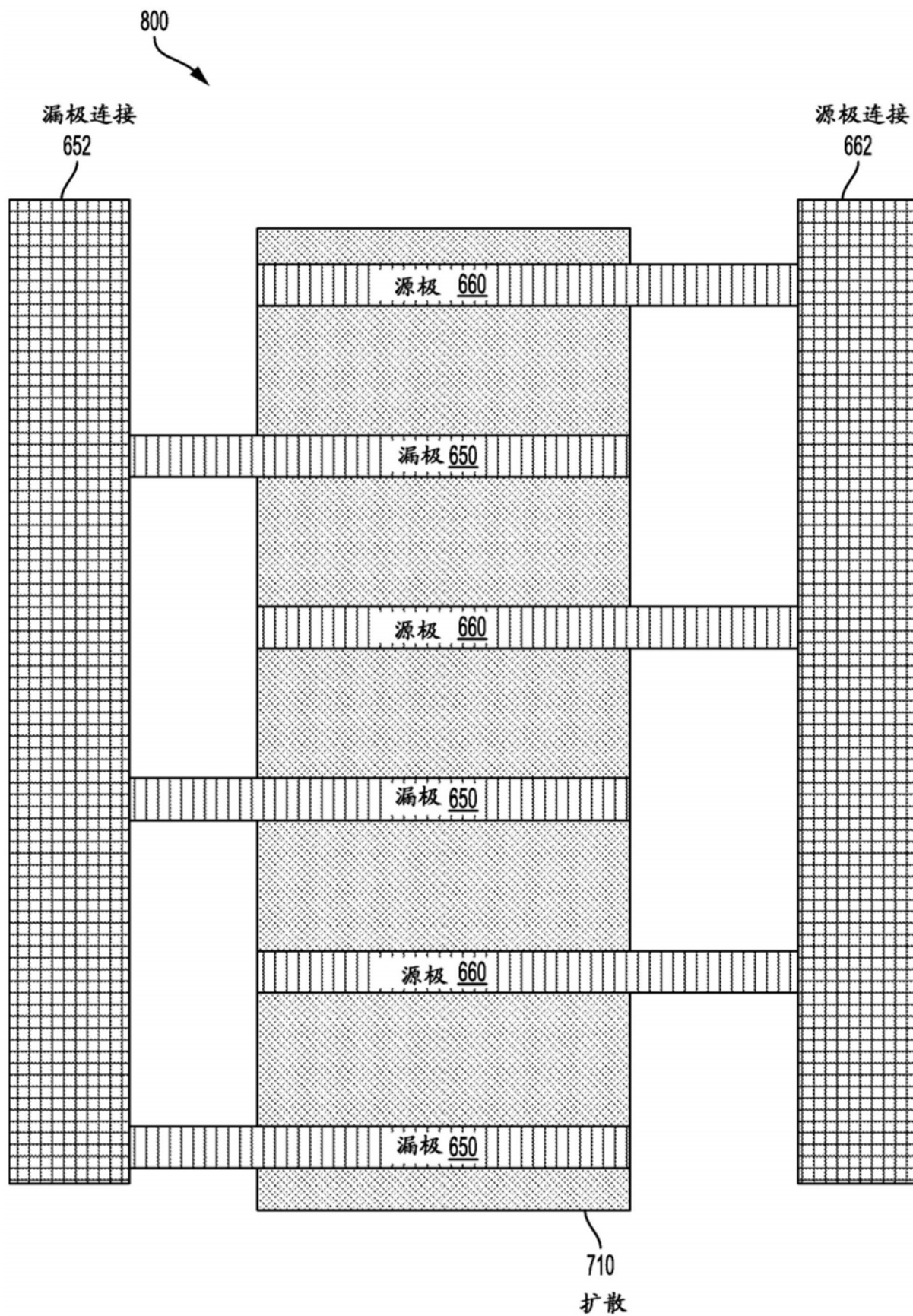


图8A

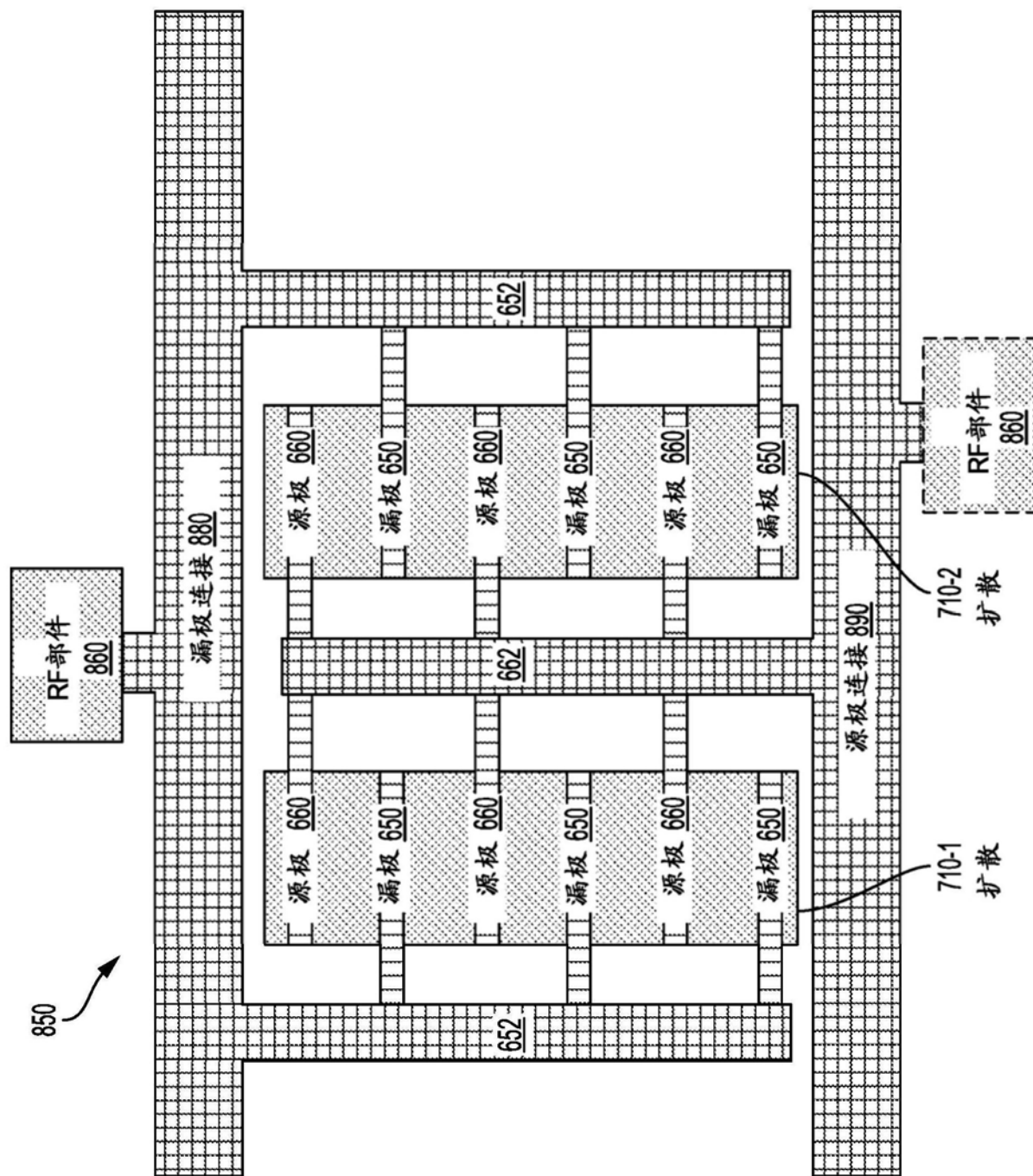


图8B

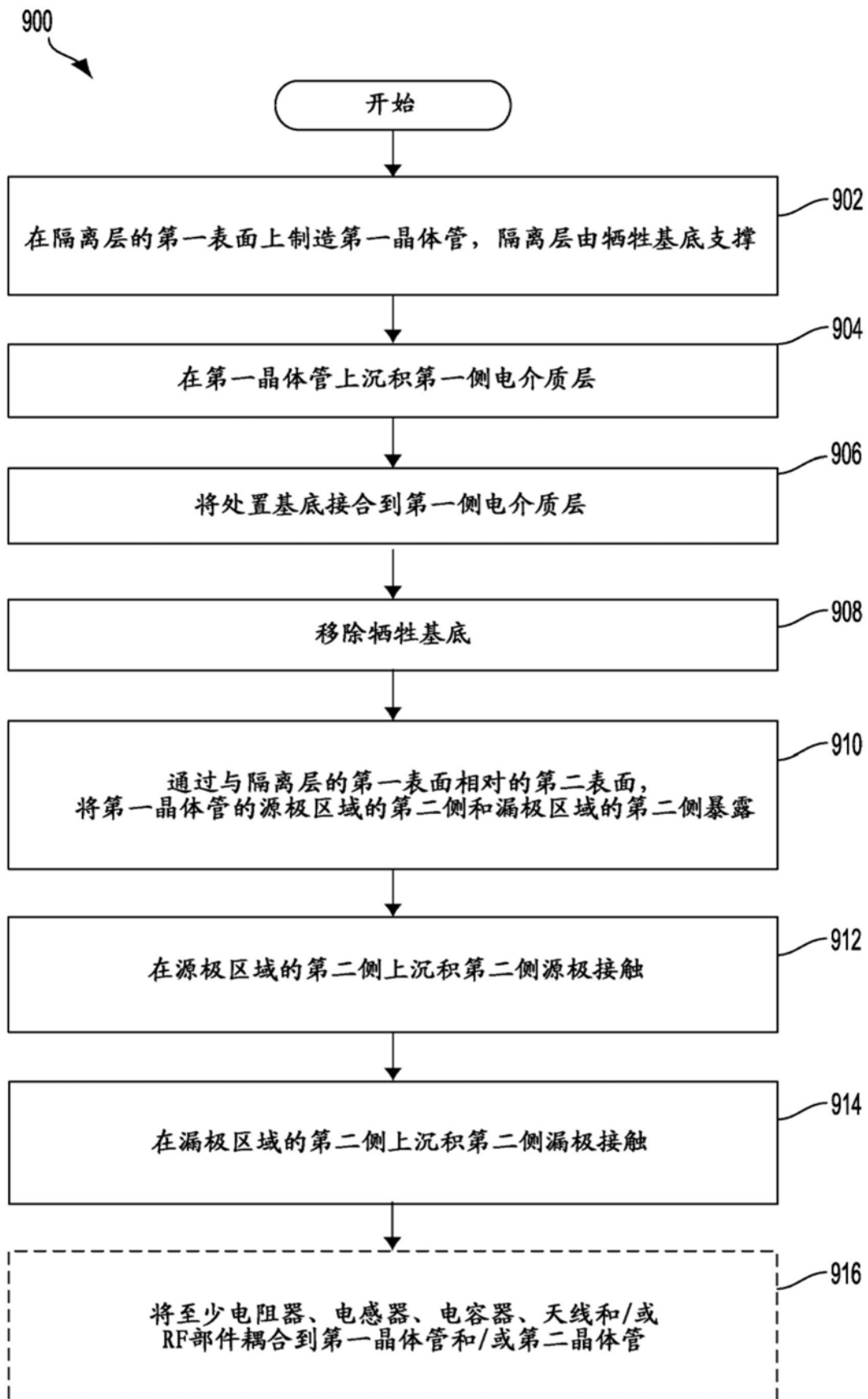


图9

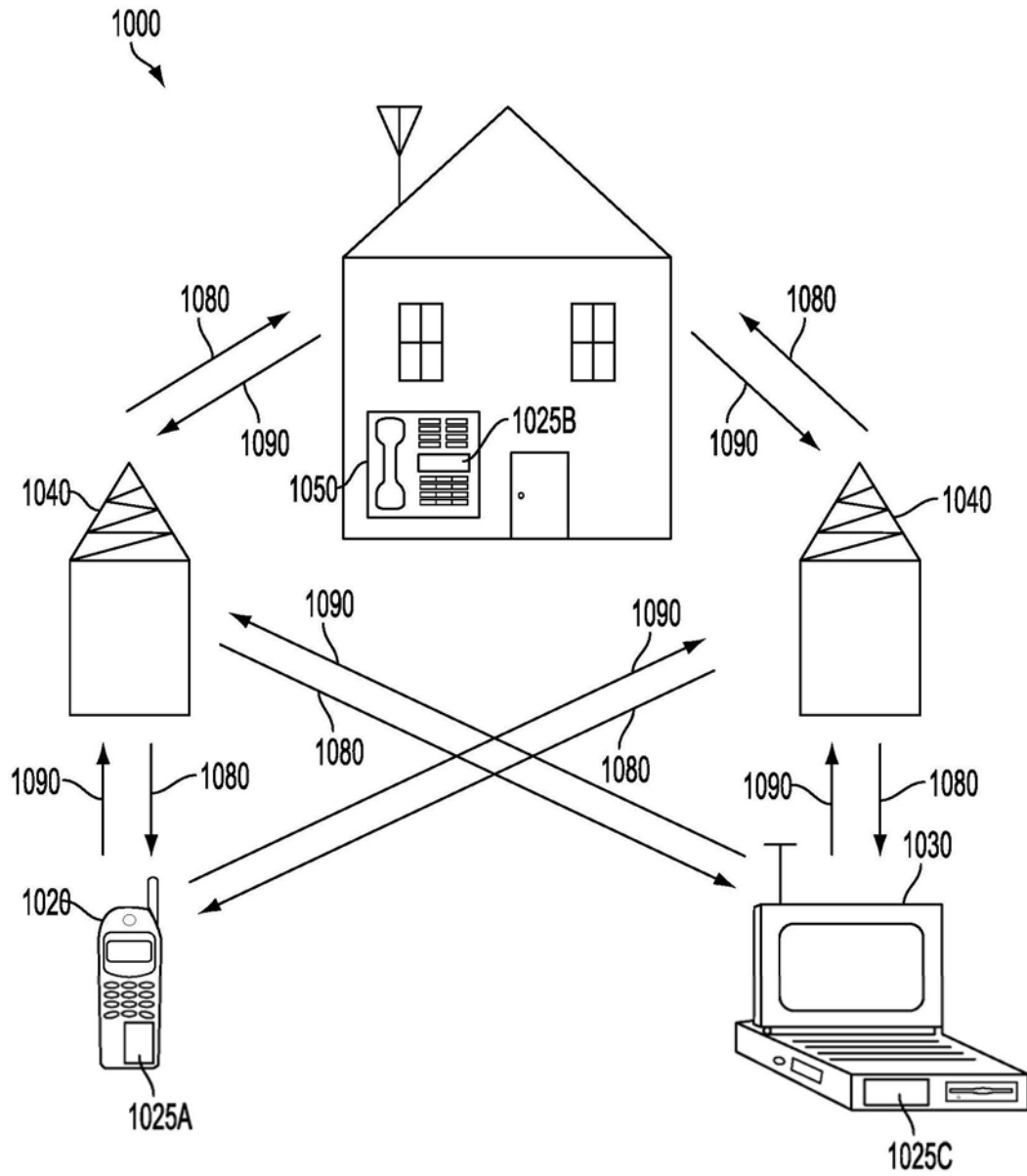


图10

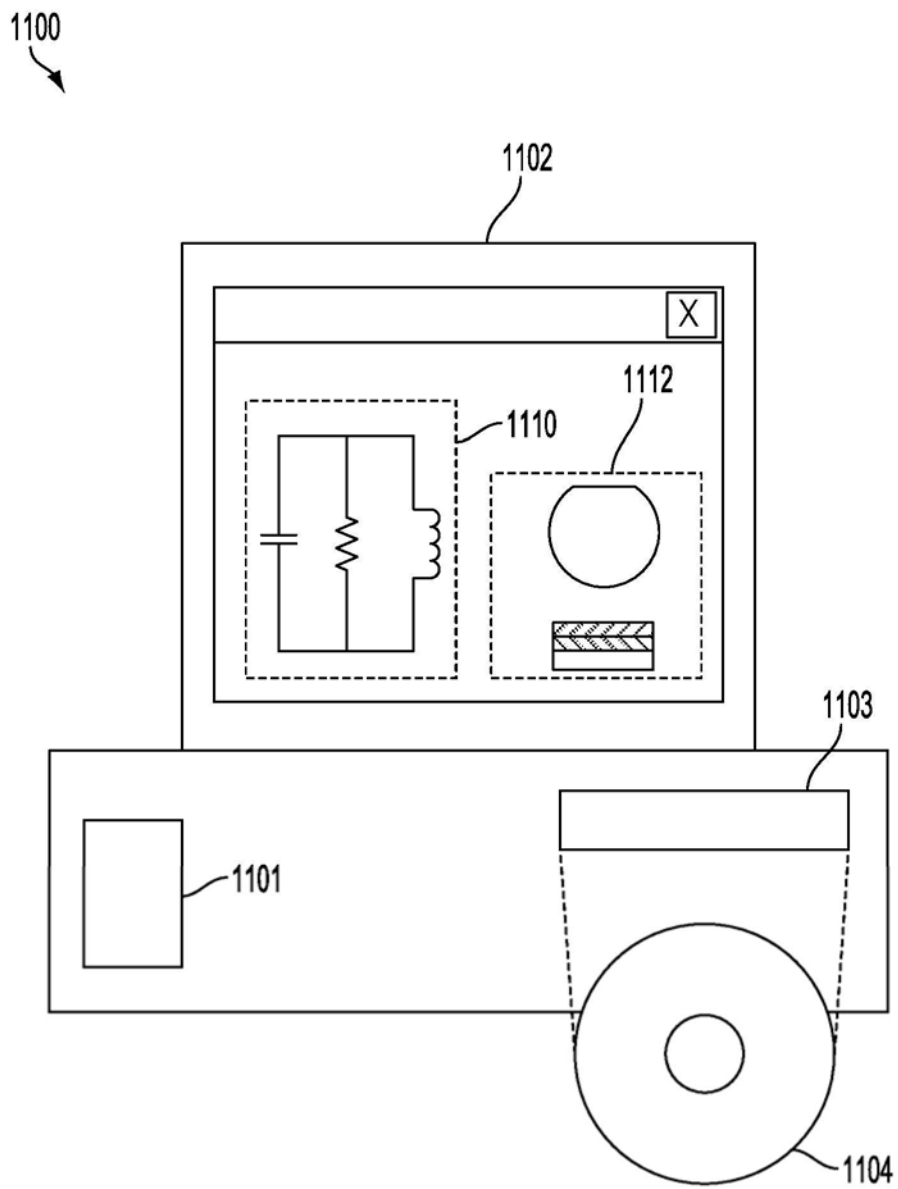


图11