



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101267707 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 10

(21) 申请号 200710163802. 4

US 2006239389 A1, 2006. 10. 26,

(22) 申请日 2007. 09. 30

US 2004065539 A1, 2004. 04. 08,

CN 1647237 A, 2005. 07. 27,

(30) 优先权数据

60/894, 738 2007. 03. 14 US

11/763, 298 2007. 06. 14 US

审查员 叶红学

(73) 专利权人 MKS 仪器有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 雷·切尔瑞 托德·海克尔曼

戴维·J·库莫

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限

公司 11018

代理人 陆弋 朱登河

(51) Int. Cl.

H05H 1/46 (2006. 01)

G01R 21/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006232471 A1, 2006. 10. 19,

CN 1196936 C, 2005. 04. 13,

US 2006239389 A1, 2006. 10. 26,

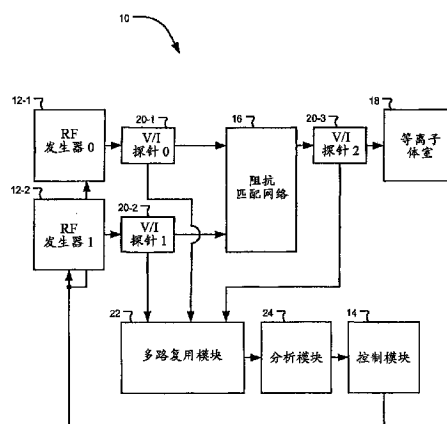
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 10 页

(54) 发明名称

多点电压和电流探针系统

(57) 摘要

一种多点电压和电流探针系统。计量系统监视在电路中多个位置处的射频 (RF) 功率。该系统包括: 多个 RF 传感器, 其基于所述 RF 功率的电气特性生成相应的模拟信号; 多路复用模块, 其基于所述模拟信号生成输出信号; 和分析模块, 其基于所述输出信号生成消息。所述消息包含与由所述多个 RF 传感器感测的电气特性相关的信息。



1. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的计量系统,包括:
多个 RF 传感器,基于所述 RF 功率的电气特性,生成相应的模拟信号;
多路复用模块,基于所述模拟信号生成输出信号;和
分析模块,基于所述输出信号生成消息,其中所述消息包含与由所述多个 RF 传感器感测的所述电气特性有关的信息。
2. 根据权利要求 1 所述的计量系统,其中所述多路复用模块利用时域多路复用来将所述模拟信号多路复用为所述输出信号。
3. 根据权利要求 1 所述的计量系统,其中所述多路复用模块利用频域多路复用来将所述模拟信号多路复用为所述输出信号。
4. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的计量系统,包括:
多个感测通道,各自基于在电路中一个位置处 RF 功率的电气特性,生成输出信号,每个感测通道均包括:
RF 传感器,基于所述 RF 功率的电气特性生成第一信号;
振荡器,生成周期性信号;和
混频器,将所述第一信号与所述周期性信号混频,以便为所述感测通道生成输出信号;
和
RF 合路器,基于来自所述感测通道的多个输出信号,生成第二输出信号。
5. 根据权利要求 4 所述的计量系统,进一步包括:
分析模块,基于来自所述 RF 合路器的所述第二输出信号生成消息,其中所述消息包含与由所述多个感测通道感测的所述电气特性相关的信息。
6. 根据权利要求 4 所述的计量系统,其中所述 RF 传感器为定向耦合器。
7. 根据权利要求 4 所述的计量系统,其中所述 RF 传感器为电压 / 电流 V/I 探针。
8. 根据权利要求 4 所述的计量系统,进一步包括:多个低通滤波器,各自对一个相应的来自所述 RF 传感器的第一信号进行滤波。
9. 根据权利要求 4 所述的计量系统,进一步包括:多个高通滤波器,各自对一个相应的来自所述感测通道的输出信号进行滤波。
10. 根据权利要求 4 所述的计量系统,进一步包括:滤波器,对来自所述 RF 合路器的所述第二输出信号进行滤波。
11. 根据权利要求 4 所述的计量系统,其中每个所述周期性信号都具有不同于其它周期性信号的频率。
12. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的计量系统,包括:
多个感测通道,各自基于在电路中一个位置处 RF 功率的电气特性,生成输出信号对,每个感测通道均包括:
RF 传感器,基于正向 RF 功率和反射 RF 功率生成模拟信号对;
振荡器,其生成异相的第一和第二周期性信号;
第一混频器,将所述第一周期性信号与所述模拟信号对中的一个混频,以生成所述感测通道的输出信号之一;和
第二混频器,将所述第二周期性信号与所述模拟信号对中的另一个混频,以生成所述感测通道的另一个输出信号;

第一 RF 合路器,基于来自这些第一混频器的多个输出信号,生成第一宽带信号;和
第二 RF 合路器,基于来自这些第二混频器的多个输出信号,生成第二宽带信号。

13. 根据权利要求 12 所述的计量系统,进一步包括:

分析模块,基于来自所述第一和第二 RF 合路器的宽带信号生成消息,其中所述消息包含与由所述多个感测通道感测的所述电气特性相关的信息。

14. 根据权利要求 12 所述的计量系统,其中所述 RF 传感器为定向耦合器。

15. 根据权利要求 12 所述的计量系统,进一步包括:多个低通滤波器,每个滤波器对相应一个来自所述 RF 传感器的模拟信号进行滤波。

16. 根据权利要求 12 所述的计量系统,进一步包括:多个高通滤波器,各自对相应一个来自所述感测通道的输出信号进行滤波。

17. 根据权利要求 12 所述的计量系统,进一步包括:第一和第二滤波器,各自对所述第一和第二宽带信号中的一个相应信号进行滤波。

18. 根据权利要求 12 所述的计量系统,其中每个所述周期性信号均具有不同于其它周期性信号的频率。

19. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的计量系统,包括:

多个 RF 传感器,各自基于在电路中一个位置处的 RF 功率的电气特性,生成模拟信号对;

第一多路复用器,从各模拟信号对中接收一个模拟信号,并依照控制信号,将所接收的信号中的一个送至所述第一多路复用器的输出端;

第二多路复用器,从各模拟信号对中接收另一个模拟信号,并依照所述控制信号,将所接收的信号中的一个送至所述第二多路复用器的输出端;和

分析模块,基于来自所述第一和第二多路复用器的信号,生成消息,其中所述消息包含与由所述多个感测通道感测的所述电气特性有关的信息。

20. 根据权利要求 19 所述的计量系统,其中所述 RF 传感器为定向耦合器。

21. 根据权利要求 19 所述的计量系统,其中所述 RF 传感器为电压 / 电流 V/I 探针。

22. 根据权利要求 19 所述的计量系统,该计量系统进一步包括:多个信号调节和分割模块,各信号调节和分割模块与一相应的来自所述 RF 传感器的模拟信号相连接,各信号调节和分割模块均包括:

多个滤波器,各自使相关联的一个模拟信号的相应频率分量通过;

多个缩放模块,各自对至少部分所述频率分量进行放大或衰减;和

合路器,组合所述频率分量,以生成传送到所述第一和第二多路复用器之一的信号。

23. 根据权利要求 22 所述的计量系统,其中所述分析模块进一步包括:滤波器,对来自所述第一和第二多路复用器的输出端的相应信号进行滤波。

24. 根据权利要求 23 所述的计量系统,所述计量系统进一步包括:模拟 / 数字转换器对,转换来自所述第一和第二多路复用器的相应信号。

25. 根据权利要求 24 所述的计量系统,其中所述分析模块进一步包括:多个转换模块,将来自所述多路复用器的信号转换为低于所述 RF 功率频率的基带频率。

26. 根据权利要求 25 所述的计量系统,其中各转换模块包括混频器模块,所述混频器模块对来自所述模拟 / 数字转换器对的转换后信号进行混频。

27. 根据权利要求 26 所述的计量系统,所述计量系统进一步包括抽取模块,所述抽取模块对来自相应混频器模块的输出信号进行抽取。

28. 根据权利要求 27 所述的计量系统,所述计量系统进一步包括低通滤波器模块,所述低通滤波器模块对来自相应抽取模块的输出信号进行滤波。

29. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的方法,包括:

基于在电路的多个位置的至少一个位置处的所述 RF 功率的电气特性生成输出信号,各生成步骤包括:

基于所述 RF 功率生成第一信号;

生成周期性信号;和

将所述第一信号与所述周期性信号混频,以生成所述输出信号;和

组合所述输出信号,以生成包括各输出信号的频率分量的宽带信号。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,进一步包括:基于所述宽带信号生成消息,其中所述消息包含关于所述电气特性的信息。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述电气特性包括正向功率和反射功率中的至少一种。

32. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述电气特性包括电压和电流中的至少一种。

33. 根据权利要求 29 所述的方法,进一步包括:对所述第一信号进行滤波。

34. 根据权利要求 29 所述的方法,进一步包括:对所述输出信号进行滤波。

35. 根据权利要求 29 所述的方法,进一步包括:对来自所组合的输出信号的宽带信号进行滤波。

36. 根据权利要求 29 所述的方法,其中每个所述周期性信号均具有不同于其它周期性信号的频率。

37. 一种用于在电路中多个位置处监视射频 RF 功率的方法,包括:

基于在电路一个位置处的所述 RF 功率的电气特性生成模拟信号对;

利用第一多路复用器将所述模拟信号对中的一个信号多路复用为第一输出信号;

利用第二多路复用器将所述模拟信号对中的另一个信号多路复用为第二输出信号;并且

基于来自所述多路复用步骤中所述第一和第二输出信号的信号生成消息,其中所述消息包含与由多个感测通道感测的所述电气特性有关的信息。

38. 根据权利要求 37 所述的方法,其中所述电气特性包括正向功率和反射功率。

39. 根据权利要求 37 所述的方法,其中所述电气特性包括电压和电流。

40. 根据权利要求 37 所述的方法,该方法进一步包括

将每个所述模拟信号对滤波成为多个相应的频率分量;

放大所述频率分量的至少一部分;并且

组合所述频率分量,以生成所述信号对中的相应信号,所述信号被传送到所述第一和第二多路复用器中的一个。

41. 根据权利要求 40 所述的方法,进一步包括:对来自所述第一和第二多路复用器的输出端的相应信号进行滤波。

42. 根据权利要求 41 所述的方法,进一步包括:数字化来自所述第一和第二多路复用

器的相应信号。

43. 根据权利要求 42 所述的方法,将来自所述多路复用器的信号转换为低于所述 RF 功率频率的基带频率。

44. 根据权利要求 43 所述的方法,进一步包括利用混频器模块将所述数字化信号与数字信号混频。

45. 根据权利要求 44 所述的方法,进一步包括抽取来自所述混频器模块的输出信号。

46. 根据权利要求 45 所述的方法,进一步包括对所抽取的信号进行滤波。

多点电压和电流探针系统

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2007 年 5 月 14 日提交的美国临时申请 No. 60/894,738 的权益。以上申请所公开的内容以其整体通过引用并入于此。

技术领域

[0003] 本公开内容涉及在等离子体处理系统中,用于感测射频功率的计量方法。

背景技术

[0004] 本节的陈述仅提供与本公开内容有关的背景信息,并且可能不构成现有技术。

[0005] 电子工业采用射频 (RF) 等离子体来制造诸如集成电路、压缩盘 (CD)、数字多用光盘 (DVD) 等的多种元件。通常,RF 等离子体处理由闭环控制系统监视和控制。

[0006] RF 等离子体控制系统测量一个以上应用于等离子体室的 RF 功率参数。等离子体控制器基于测量结果和控制算法,反复地调整参数。在多点应用中,在 RF 功率通路的至少两个位置进行测量,对来自不同位置的测量结果进行同步或时间关联是很有挑战性的。

[0007] 通信工业也采用 RF 能量来允许装置和人类进行无线通信和在不同的位置之间传递信息。无线电通信站点可能包括无线电发射机、接收机、天线等。它们可能还包括测试和 / 或监视设备来保证无线电通信站点正常运行,并符合政府规章制度和 / 或工业标准。

[0008] 所述测试和 / 或监视设备可以在特定站的 RF 通路中的至少两个位置测量 RF 系统参数。虽然所述参数可以用来保证系统正常运行,但是使对多个位置的参数测量结果进行同步或时间关联是很有挑战性的。

发明内容

[0009] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的计量系统。所述系统包括:多个 RF 传感器,其基于所述 RF 功率的电气特性生成相应的模拟信号;多路复用模块,其基于所述模拟信号生成输出信号;和分析模块,其基于所述输出信号生成消息。所述消息包含与由所述多个 RF 传感器感测的所述电气特性相关的信息。

[0010] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的计量系统。所述系统包括多个感测通道,各自基于在电路中一个位置处的所述 RF 功率的电气特性,生成输出信号。每个感测通道包括:RF 传感器,其基于所述 RF 功率的电气特性,生成第一信号;振荡器,其生成周期性信号;和混频器,其将所述第一信号与所述周期性信号混频,以生成用于所述感测通道的所述输出信号。RF 合路器基于来自所述感测通道的多个输出信号,生成第二输出信号。

[0011] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的计量系统。所述系统包括多个感测通道,各自基于在电路中一个位置处的所述 RF 功率的电气特性,生成输出信号对。每个感测通道包括:RF 传感器,其基于所述 RF 功率生成模拟信号对;振荡器,其生成异相的第一和第二周期性信号;第一混频器,其将所述第一周期性信号与所述模拟信号对中

的一个混频,以生成所述感测通道的一个输出信号;和第二混频器,其将所述第二周期性信号与所述模拟信号对中的另一个混频,以生成所述感测通道的第二个输出信号。第一 RF 合路器基于来自多个所述第一混频器的多个输出信号,生成第一宽带信号,而第二 RF 合路器基于来自多个所述第二混频器的多个输出信号,生成第二宽带信号。

[0012] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的计量系统。所述系统包括:多个 RF 传感器,各自基于在所述电路中一个位置处的 RF 功率的电气特性,生成模拟信号对;第一多路复用器,其从各模拟信号对中接收一个模拟信号,并依照控制信号,将一个所接收的信号发送至所述第一多路复用器的输出端;第二多路复用器,其从各模拟信号对中接收另一个模拟信号,并依照所述控制信号,将一个所接收的信号发送至所述第二多路复用器的输出端;和分析模块,其基于来自所述第一和第二多路复用器的输出端的信号生成消息。所述消息包含与由所述多个感测信道感测的所述电气特性相关的信息。

[0013] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的方法。所述方法包括基于在电路的一个相关联位置处的所述 RF 功率的电气特性,生成输出信号,各生成步骤包括:基于所述 RF 功率,生成第一信号;生成周期性信号;和将所述第一信号与所述周期性信号混频,以生成所述输出信号。所述方法包括组合所述输出信号,以生成包括各输出信号的频率分量的宽带信号。

[0014] 公开了一种用于在电路的多个位置监视射频 (RF) 功率的方法。所述方法包括:基于在电路的一个相关联位置处的所述 RF 功率的电气特性,生成模拟信号对;将所述模拟信号对中的一个信号多路复用为第一输出信号;将所述模拟信号对中的另一个信号多路复用为第二输出信号;并基于来自所述多路复用步骤的所述第一和第二输出信号的信号,生成消息。所述消息包含与由所述多个感测信道感测的所述电气特性有关的信息。

[0015] 根据在此提供的描述,进一步的适用领域将变得明显。应当理解,所述描述和特定实例只在于示例的目的,而不意图限制本公开内容的保护范围。

附图说明

[0016] 在此描述的附图只用于示例的目的,而不意图以任何方式限制本公开内容的保护范围。

[0017] 图 1 为包括多点 RF 传感器的 RF 等离子体发生器的功能框图;

[0018] 图 2 为包括多个 RF 源和多点 RF 传感器的等离子体发生器的功能框图;

[0019] 图 3 为包括多点 RF 传感器的无线 RF 发射机的功能框图;

[0020] 图 4 为用于多点 RF 传感器的频率多路复用模块的功能框图;

[0021] 图 5 为通过对多个位置的测量结果进行线性组合得出的 RF 信号的频率分量的频谱图;

[0022] 图 6 为低频混频之后,图 5 的频率分量的频谱图;

[0023] 图 7 为高频混频之后,图 5 的频率分量的频谱图;

[0024] 图 8 为经时间多路复用的多点探针的功能框图;

[0025] 图 9 为信号调节和分割模块的功能框图;

[0026] 图 10A-10D 为在图 9 的分割模块中,不同信号的频谱图;

[0027] 图 11 为分析模块的功能框图;和

[0028] 图 12 为转换模块的功能框图,该转换模块可以用于图 8 中经时间多路复用的多点探针。

具体实施方式

[0029] 以下描述在本质上仅仅是示例性的,意图绝不在于限制本公开内容及其应用或用途。为了清楚起见,在附图中,将使用相同的附图标记来标识相同的元件。此处所使用的短语“A、B 和 C 中的至少一个”应当被解释为表示逻辑上的(A 或 B 或 C),使用非排除性的逻辑“或”。应当理解可以以不同的顺序执行方法中的步骤而不改变本公开内容的原理。

[0030] 此处所使用的术语“模块”指的是特定用途集成电路(ASIC)、电子电路、执行一个以上软件或固件程序的处理器(共享的、专用的或组)和存储器、组合逻辑电路、和/或提供所描述功能的其它合适部件。

[0031] 现在参照图 1,示出了 RF 等离子体发生器 10 的几个实施例中的一个。RF 等离子体发生器 10 包括多路复用模块 22,其便于在 RF 等离子体发生器 10 内部的多个位置测量 RF 功率。在下文中更加详细地描述多路复用模块 22。

[0032] RF 等离子体发生器 10 包括统称为 RF 发生器 12 的 RF 发生器 12-1 和 12-2。控制模块 14 生成用于 RF 发生器 12 的控制信号。控制信号确定在 RF 发生器 12 输出端处的 RF 功率的电气参数,诸如电压、电流、功率等。RF 发生器 12 的输出端与阻抗匹配网络 16 的相应输入端相连接。阻抗匹配网络 16 将等离子体室 18 输入阻抗与典型值为 50 欧姆的 RF 发生器 12 输出阻抗相匹配。

[0033] RF 等离子体发生器 10 包括在不同位置感测一个以上 RF 功率参数的多个传感器或探针 20。第一探针 20-1 和第二探针 20-2 在相应的 RF 发生器 12 的输出端感测 RF 功率。第三探针 20-3 感测阻抗匹配网络 16 的输出端和等离子体室 18 的输入端之间的 RF 功率。各探针 20 生成表示电气参数或所关心参数的一个以上信号。例如,当所关心参数为正向和/或反射功率时,探针 20 可以为定向耦合器。当所关心参数为电压和/或电流时,探针 20 可以为电压/电流(V/I)探针。

[0034] 来自探针 20 的信号与多路复用模块 22 的输入端相连接。多路复用模块 22 移动信号的频率,和/或对信号采样,并将频移和/或采样的结果传送到分析模块 24。分析模块 24 基于所述结果生成数据。所述数据对由相应的探针 20 所感测的所关心参数进行量化。分析模块 24 生成一个以上向控制模块 14 传送数据和/或信息的数字和/或模拟信号。然后控制模块 14 基于所述数据和控制算法调整所述控制信号。

[0035] 现在参照图 2,示出了具有多喷头等离子体室(multiple shower head plasma chamber)18' 的 RF 等离子体发生器 10。阻抗匹配网络 16 输出端处的 RF 功率与分路器(splitter)26 的输入端相连接。分路器 26 将所述 RF 功率划分或拆分到等离子体室 18' 的多个输入端。探针 20-3、20-4 和 20-5 感测施加于等离子体室 18' 的相应输入端的所述 RF 功率。多路复用模块 22 接收并处理来自附加探针 20-4 和 20-5 的信号,并将其信息包括在传送到分析模块的信号中。

[0036] 现在参照图 3,示出了无线 RF 发射机 50 的几个实施例中的一个。无线 RF 发射机 50 使用多路复用模块 22 和在无线 RF 发射机 50 内的不同位置感测 RF 功率的多个探针 20。

[0037] 无线 RF 发射机 50 包括生成 RF 信号的多个 RF 发生器或发射机 52-1、52-2 和 52-3。

RF 信号与 RF 滤波器 / 合路器 54 的相应输入端相连接。RF 滤波器 / 合路器 54 传递 RF 信号的基频 (fundamental frequency), 并将其组合以形成复合输出 RF 信号。所述复合输出 RF 信号与天线 56 的输入端相连接。

[0038] 探针 20-1, ..., 20-4 感测相应位置的 RF 功率。多路复用模块 22 接收并处理来自探针 20-1, ..., 20-4 的信号。多路复用模块 22 组合信号和 / 或对信号采样, 并将组合和 / 或采样的结果传送到分析模块 24。分析模块 24 基于所述结果生成数据。所述数据对由相应探针所感测的所关心参数进行量化。分析模块 24 将所述数据传送到控制模块 14。然后控制模块 14 基于所述数据和控制算法调整控制信号。所述控制信号反馈至 RF 发射机 52, 并改变一个以上相应的 RF 功率输出端的参数。

[0039] 现在参照图 4, 示出了多路复用模块 22 的频分版本的几个实施例中的一个。图 4 示出的探针 20 为 V/I 探针, 其生成的信号表示相应探针处 RF 功率的电压和电流。应当意识到在一些实施例中, 探针 20 可以用定向耦合器来实施, 其生成的信号表示相应探针处 RF 功率的正向功率和反射功率。探针 20 也可以为其它任何类型的探针, 其基于所选择的所关心电气特性生成信号。

[0040] 在一些实施例中, 探针 20 可以对所感测信号进行下变频。在美国专利 5, 770, 922 中示出了这样的探针 20 的实例, 所述美国专利 5, 770, 922 以其整体通过引用并入于此。

[0041] 多路复用模块 22 包括多个混频模块 60-2, ..., 60-N, 所述多个混频模块 60-2, ..., 60-N 从相应的探针 20 接收信号。各混频模块 60 包括相应的本地振荡器 62 和混频器对 64。每对混频器 64 从各自相关联的本地振荡器 62 接收相应的同相 (in-phase) 或异相 (out-of-phase) 信号, 如正弦和余弦信号。各本地振荡器 62 可以具有不同于其它本地振荡器的频率。本地振荡器 62 的频率可以小于或大于来自探针 20 的信号的第一信号频率。在一些实施例中, 诸如当来自探针 20 的信号频率不同时, 本地振荡器 62 可以使用公共频率。来自第一探针 20-1 的信号可以保持在其基频, 并且不需要通过混频模块 60。来自探针 20 的信号可以通过相应的低通滤波器 66。来自混频器 64-2 的信号可以通过相应的高通滤波器 68。

[0042] 第一 RF 合路器 70 从各混频模块 60 中的第一混频器 64 接收信号。第二 RF 合路器 72 从各混频模块 60 中的第二混频器 64 接收信号。RF 合路器 70 和 72 的输出端与控制模块 14 的输入端相连接。在一些实施例中, RF 合路器 70 和 72 的输出端在与控制模块 14 的输入端相连接之前, 可以通过相应的低通滤波器 74 和 76。

[0043] 应当意识到滤波器 66、68、74 和 76 中的至少一个可以包括相关联的缩放 (scaling) 模块。缩放模块的增益可以调整为使得所关心信号的幅度与输入至分析模块 24 的动态范围相匹配。

[0044] 混频模块 60 在信号施加于分析模块 24 之前, 在频域中移动来自相应的探针 20 的信号。混频模块 60 从而允许分析模块 24 同时从所有的探针 20 接收信息。分析模块 24 所具有的输入带宽应当容纳混频器 64 和探针 20-1 输出端处的信号的所需要频谱部分, 该信号可以是经滤波的也可以是未经滤波的。这样的分析模块 24 目前由 MKS 仪器制造, 零件号为 VIP2001、VIP2007 和 VIP2009。美国专利 6, 522, 121 和 6, 707, 255 以其整体通过引用并入于此, 并且还提供了与多路复用模块 22 的频分版本兼容的分析模块 24 的实例。

[0045] 现在参照图 5, 频谱图 100 以非限制实例的方式示出了在施加于相应的混频模块

60 之前,来自四个探针 20 的模拟信号的频率分量。频谱图 100 显示来自探针 20 的信号的频率分量互相层叠。如果这些信号被直接施加于分析模块 24(如,不通过混频模块 60),那么分析模块 24 将不能辨别哪个信号与哪个探针 20 相关联。

[0046] 现在参照图 6,频谱图 120 示出了在四个混频模块 60 的输出端处的信号的频率分量。频谱图 120 假设本地振荡器 62 的频率小于来自探针 20 的信号的基频。具有特定幅度的每组信号与一个探针 20 关联。频谱图 120 显示混频模块 60 移动来自探针 20 的信号的基频从而应对各信号的频率分量的重叠。混频模块 60 从而使分析模块 24 能够辨别哪个频率分量与哪个探针 20 关联。来自各探针 20 的信号的频移量依照相关联的本地振荡器 62 的频率而改变,并且在一些实施例中,等于 $\pm$ 相关联的本地振荡器 62 的频率。本领域技术人员应当意识到当使用滤波器 66、68、74 和 / 或 76 时,它们从由探针 20 生成的信号中消除一些频率分量。

[0047] 现在参照图 7,频谱图 130 示出了在四个混频模块 60 的输出端处的信号的频率分量。频谱图 130 假设本地振荡器 62 的频率大于来自探针 20 的信号的基频。具有特定幅度的每组信号与一个探针 20 关联。频谱图 130 显示混频模块 60 移动来自探针 20 的信号的基频从而应对各信号的频率分量的重叠。各探针 20 的频率分量在对应的频带内集合在一起。被集合的频率使分析模块 24 能够辨别哪个频率分量与哪个指针 20 相关联。来自各探针 20 的信号的频移量依照关联的本地振荡器 62 的频率而改变,并且在一些实施例中,等于 $\pm$ 相关联的本地振荡器 62 的频率。本领域技术人员应当意识到当使用滤波器 66、68、74 和 / 或 76 时,它们从由探针 20 生成的信号中消除一些频率分量。

[0048] 现在参照图 8,示出了多路复用模块 22 的时分版本的几个实施例中的一个。时分多路复用模块 22 允许来自一个探针 20 的整个频谱在任何选定的时间到达分析模块 24。第一多路复用器 150 包括多个输入端,所述输入端从各探针 20 接收一个模拟信号。第二多路复用器 152 包括多个输入端,所述输入端从各探针 20 接收第二模拟信号。多路复用器 150 和 152 均包括接收探针选择信号 154 的输入端。探针选择信号 154 判断在所选定的时刻哪个探针 20 使其信号发送至多路复用器 150 和 152 的输出端。

[0049] 现在参照图 9,示出了信号调节和分割模块。当图 8 的多路复用模块 22 用于多个如图 1-3 所示的 RF 发生器 12 时,使用一个以上信号调节和分割模块 160。RF 发生器 12 使用不同的基频。可以在阻抗匹配网络 16 和 RF 滤波器 / 合路器 54 的至少一个中组合所述基频。信号调节和分割模块 160 将来自相应探针 20 的 RF 信号的带宽和增益与分析模块 23 的动态范围相匹配。

[0050] 各信号调节和分割模块 160 从相应探针 20 的输出端接收信号。缩放模块 162 在信号到达 1-M 分路器 164 的输入端之前,放大或衰减所述信号,其中 M 为频带个数。1-M 分路器 164 的各输出端提供施加于其输入端的信号的副本。M 个输出端的每一个与 M 个缩放模块 166 中的相应一个相连接。各缩放模块 166 的增益可以小于、等于或大于单位量 (unity)。缩放模块 166 的输出端与相应的滤波器 168 的输入端相连接。可以基于用户所关心的频率来选择滤波器 168 的通带。合路器 170 组合来自滤波器 168 的输出信号。合路器 170 的输出端提供滤波后的传感器信号,所述滤波后的传感器信号与多路复用器 150 或多路复用器 152 的相应的输入端相连接。可以基于 M 个不同频带来选择缩放模块 162 和 166 的增益和滤波器 168 的截止频率和带宽,从而最优化由分析模块 24 对 RF 信号进行的量化。各滤波

器 168 可以实施为全通、低通、高通或带通滤波器。

[0051] 现在参照图 10A-10D, 无刻度的频谱图示出了在信号调节和分割模块 160 的不同点处的频率分量的实例。应当意识到所述频谱图假设 RF 发生器 12 提供两个基频, 也就是 $M = 2$, 这两个基频分别以 f_0 和 f_1 为中心。图 10A 示出了在缩放模块 162 的输入端的频谱图。可以看出 f_0 和 f_1 的幅度可以不相等, 不需要与分析模块 24 的输入特性或输入限定相匹配。

[0052] 图 10B 示出了在滤波器 168-1 的输出端的频谱图。图 10B 假设滤波器 168-1 被实施为截止频率大于 f_0 而小于 f_1 的低通滤波器。在 172 处示出了滤波器 168-1 的通带。

[0053] 图 10C 示出了在滤波器 168-M 的输出端的频谱图。图 10C 假设滤波器 168-M 被实施为中心频率为 f_1 并且下截止频率大于 f_0 的带通滤波器。在 174 处示出了滤波器 168-M 的通带。图 10C 还假设缩放模块 166-M 的增益小于单位量, 从而在进入合路器 170 之前, 降低 f_1 的幅度。图 10D 示出了在合路器 170 的输出端处的频谱图。

[0054] 现在参照图 11, 示出了分析模块 24 的多种结构中的一种的功能框图, 所述分析模块 24 可以用于多路复用模块 22 的时分版本 (图 8)。输入端 V 和 I 分别从相应的信号调节和分割模块 160 接收信号。各输入信号被施加于相应的低通滤波器 180 和相应的高通滤波器 182。在一些实施例中, 可以省略滤波器 180 和 182, 由滤波器 168 来满足滤波功能。

[0055] 第一模/数 (A/D) 转换器对 184 转换来自滤波器 180 的相应 V 和 I 信号的低频分量。第二 A/D 转换器对 186 转换来自滤波器 182 的相应 V 和 I 信号的高频分量。A/D 转换器对 184 向现场可编程门阵列 (FPGA) 188 传送转换后的信号。A/D 转换器对 186 向现场可编程门阵列 (FPGA) 190 传送转换后的信号。FPGA188 和 190 分别将其相应的数字化电压数据和数字化电流数据转换为同相 (I) 和正交 (Q) 信号。数字信号处理器 (DSP) 192 基于来自 FPGA188 和 190 的 I 信号和 Q 信号, 量化所关心的参数。

[0056] 现在参照图 12, 方框图 200 示出了由 FPGA188 和 DSP192 提供的功能。本领域技术人员应当意识到方框图 200 中示出的功能也可以通过由用户决定的其它手段来提供。

[0057] 方框图 200 包括 N 个转换模块 202-1, ..., 202-N, 它们统称作转换模块 202。各转换模块 202 与一个探针 20 关联, 并且从 A/D 转换器对 184, 186 接收转换后的数据。探针选择信号 154 (也在图 8 中示出) 激活与所选择的一个探针 20 相关联的转换模块 202。

[0058] 各转换模块 202 包括混频模块对 204。混频模块 204 接收从相关联的 A/D 转换器对 184 和 186 获得的数字信号。每个混频模块 204 还从数字频率综合器 206 接收两个输入。通常, 数字频率综合器 206 生成数字混频信号。特别地, 数字频率综合器 206 产生正弦和余弦波形, 所述波形与来自相关联的信号调节和分割模块 160 的一个以上所关心频率相当。频率设置点信号 214 建立数字频率综合器 206 的工作频率。对于各转换模块 202, 可以在多个设置点之间切换频率设置点信号, 来处理针对特定探针 20 的多个所关心频率。在一个实施例中, 所述频率设置点为从驱动 RF 发生器 12 或发射机 52 的频率源接收的频率偏移量。

[0059] 各数字混频模块 204 将从数字频率综合器 206 接收的数字混频信号与从相关联的 A/D 转换器对接收的转换数据进行组合。为了这样做, 各数字混频模块 204 包括两个数字乘法器。另外, 数字混频模块 204 以相关联的 A/D 转换器对的采样速率工作。各数字混频模块 204 的结果为包含在数字化数据中的频率和包含在由数字频率综合器提供的信号中的频率

的和与差构成的频谱。

[0060] 混频器模块 204 的输出端与相应的抽取模块 208 的输入端相连接。抽取模块 208 将采样速率转变为更低的数据速率或基带数据速率。在美国专利 6,707,255 中,以非限制性实例的方式描述了抽取过程,并以其整体通过引用并入于此。

[0061] 在一些实施例中,利用 FPGA188 和 190 实施混频模块 204 和抽取模块 208。

[0062] 抽取模块 208 的输出端与相应的低通滤波器模块 210 的输入端相连接。低通滤波器模块 210 对抽取模块 208 的频谱输出进行整形。低通滤波器模块 210 的输出端与相应的笛卡尔坐标 / 极坐标 (Cartesian to polar) 转换模块 212 相连接。转换模块 212 将来自低通滤波器模块 210 的已滤波数据转换到极坐标系统。

[0063] 在一些实施例中,利用 DAP192 来实施低通滤波器模块 210 和笛卡尔坐标 / 极坐标转换模块 212。

[0064] 本领域技术人员应当从以上描述中意识到可以以多种方式实施本公开内容的广泛启示。因此,虽然本公开内容包括特定的实例,但是由于对于本领域技术人员来说,通过研究附图、说明书和以下的权利要求,其它的修改将变得明显,因此本公开内容的真实保护范围不应当局限于此。

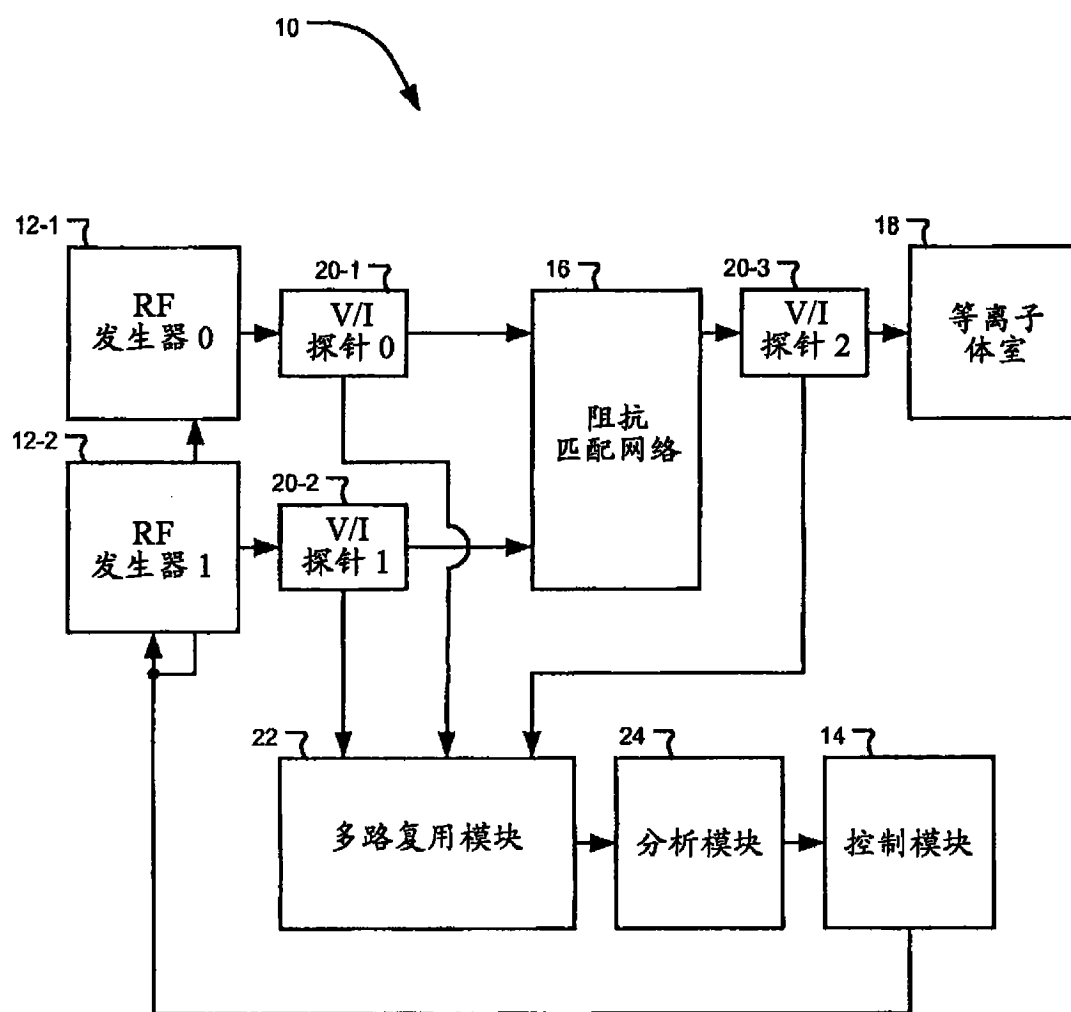


图 1

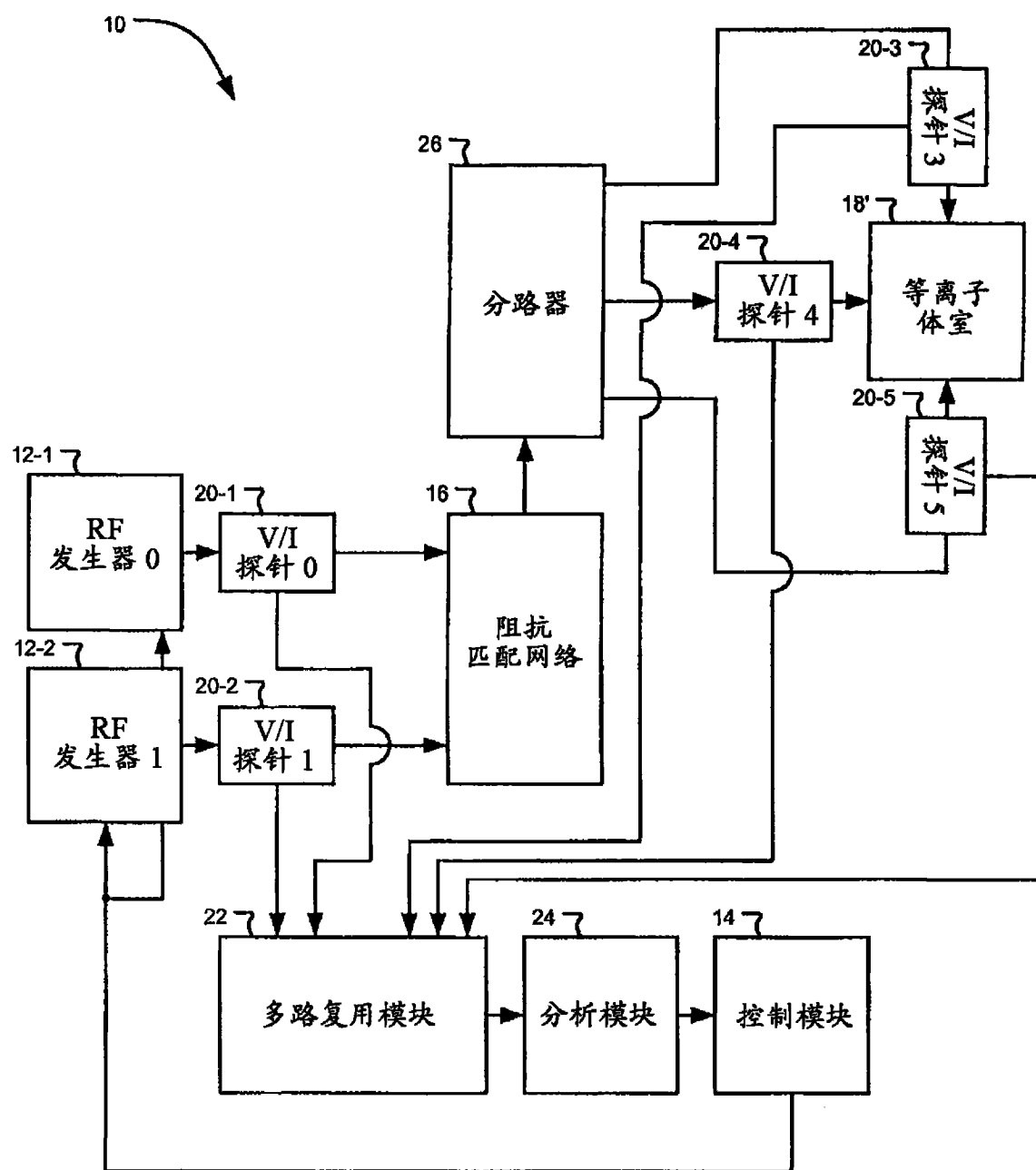


图 2

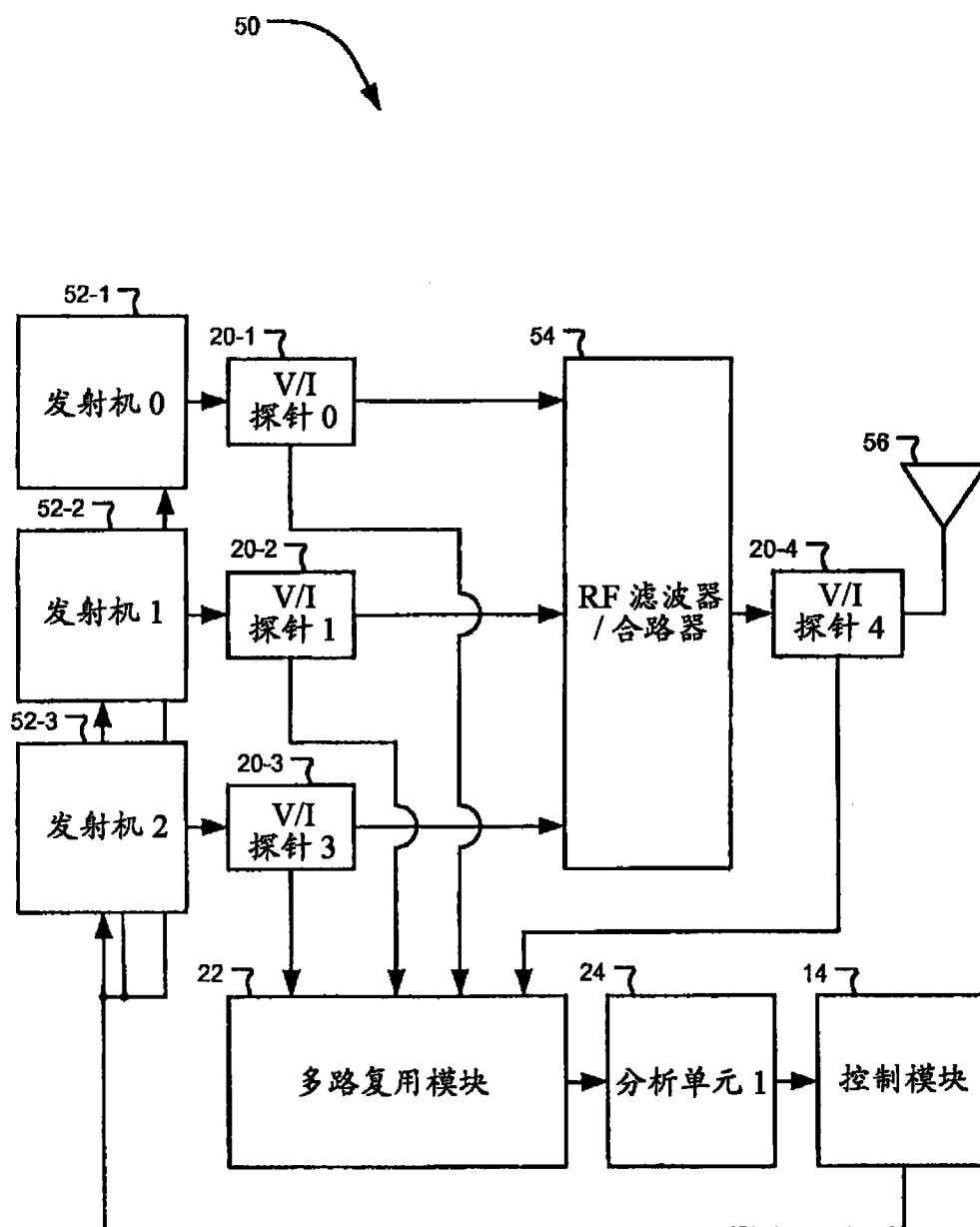


图 3

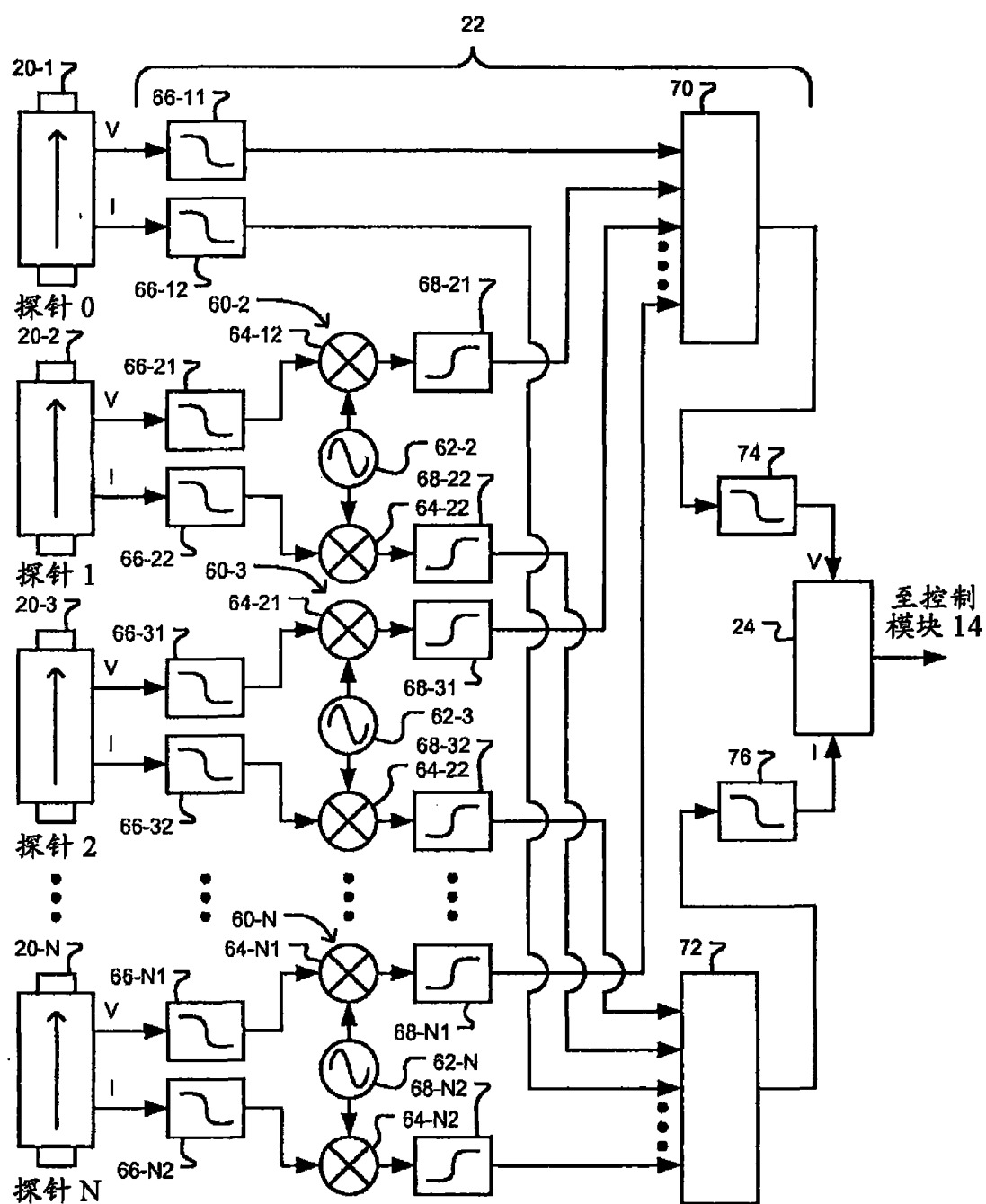


图 4

100

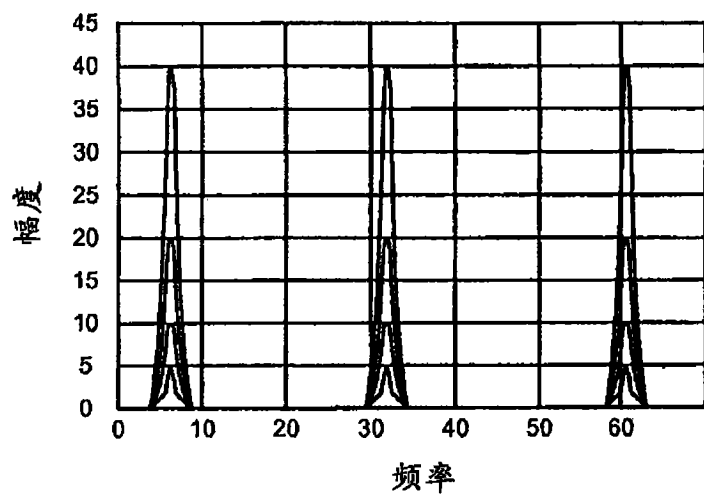


图 5

120

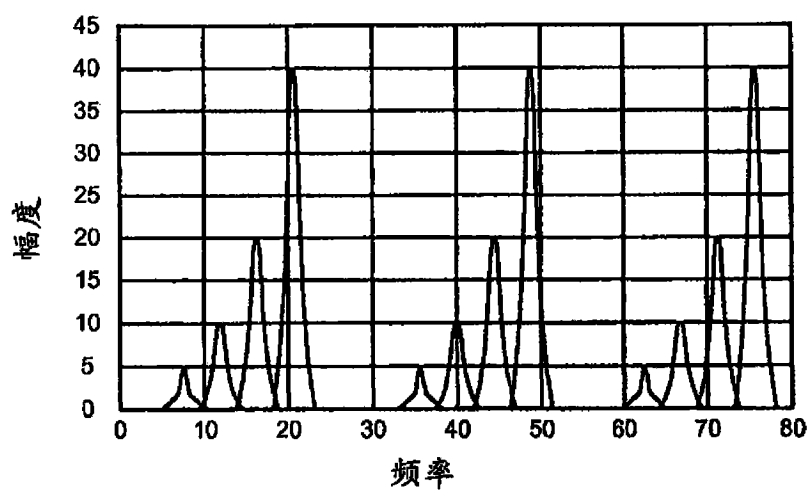


图 6

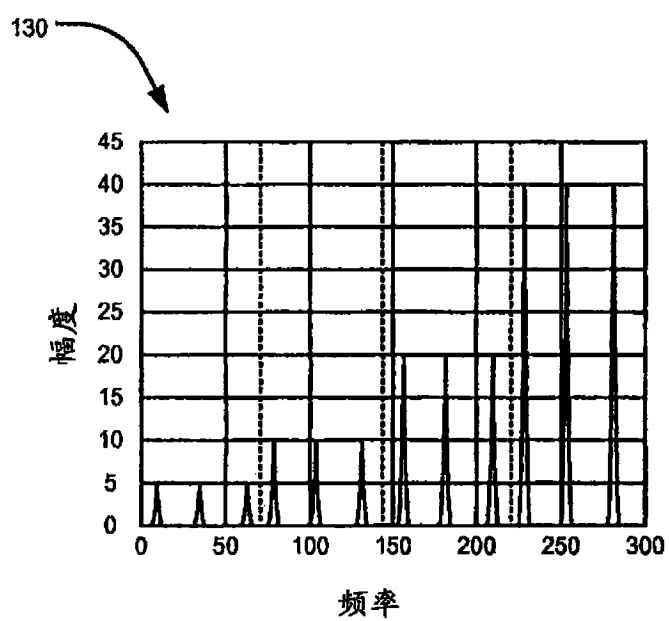


图 7

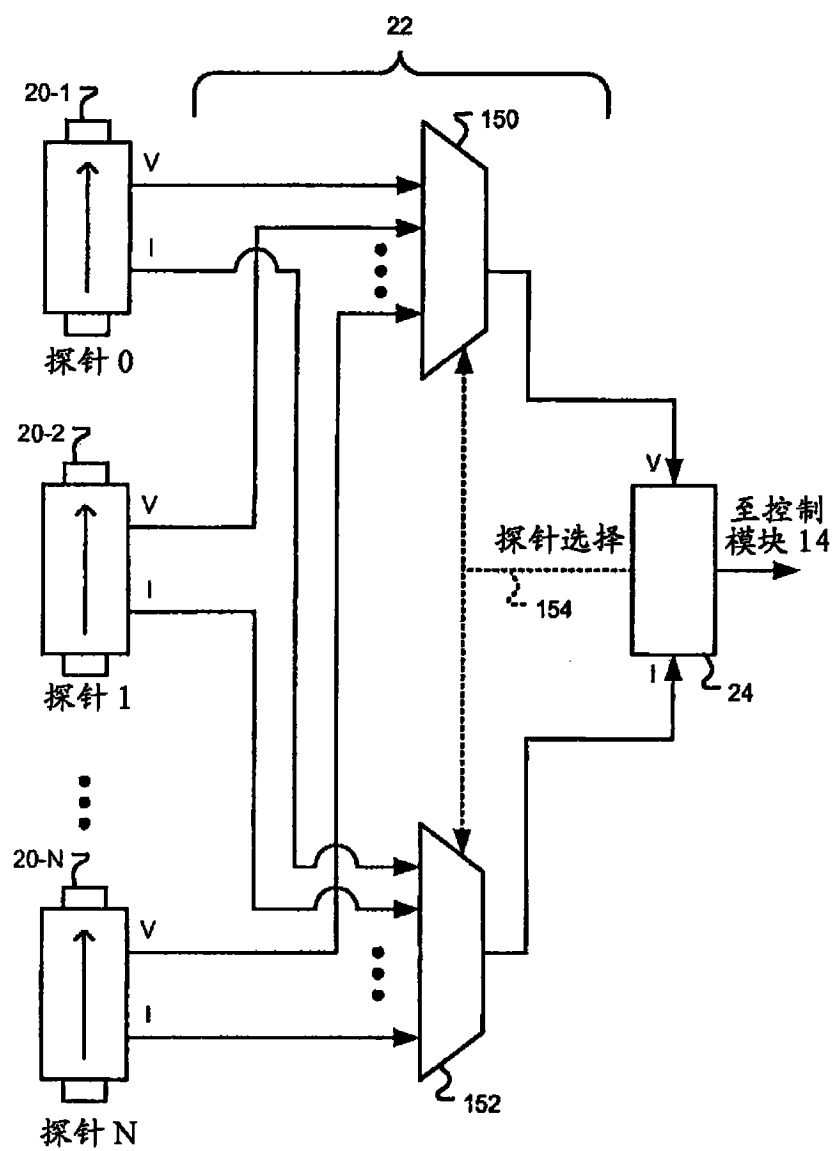


图 8

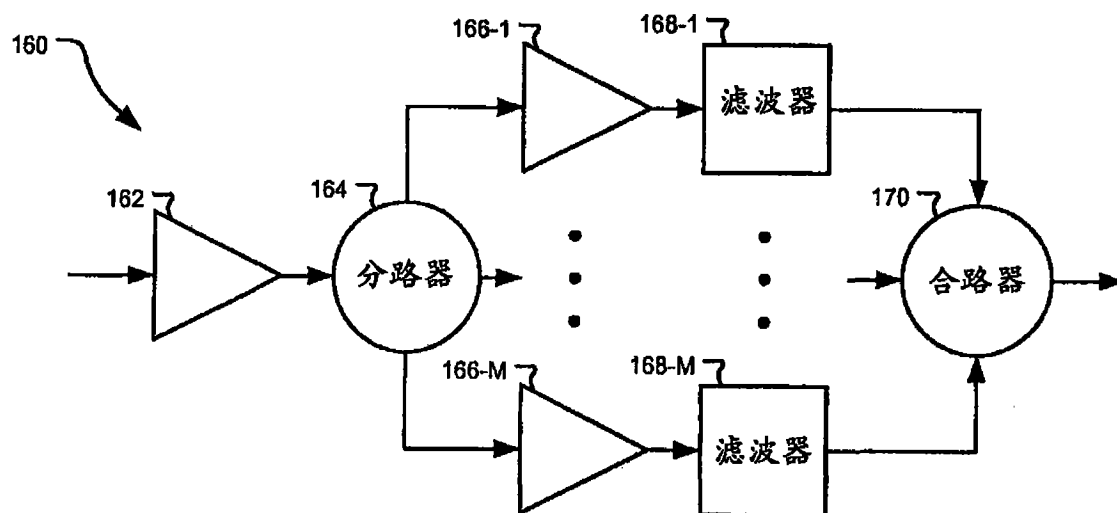


图 9

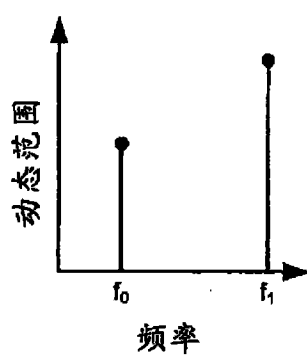


图 10A

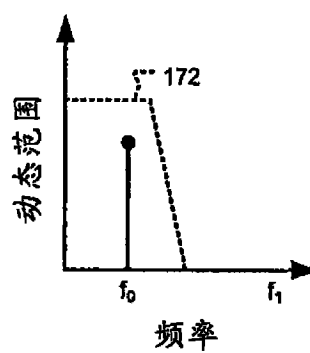


图 10B

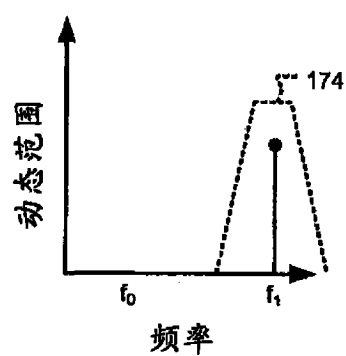


图 10C

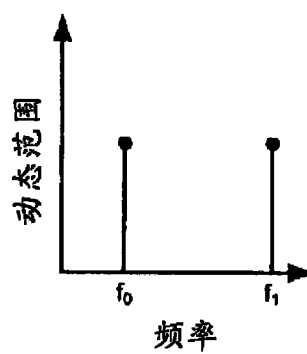


图 10D

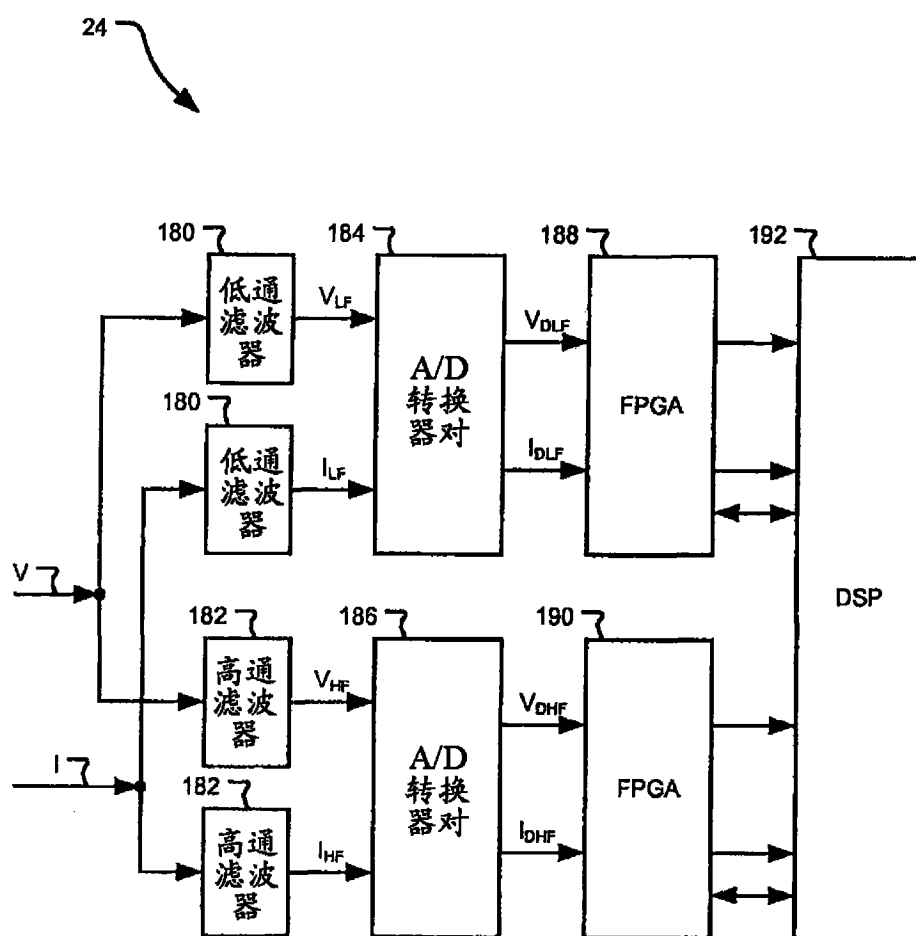


图 11

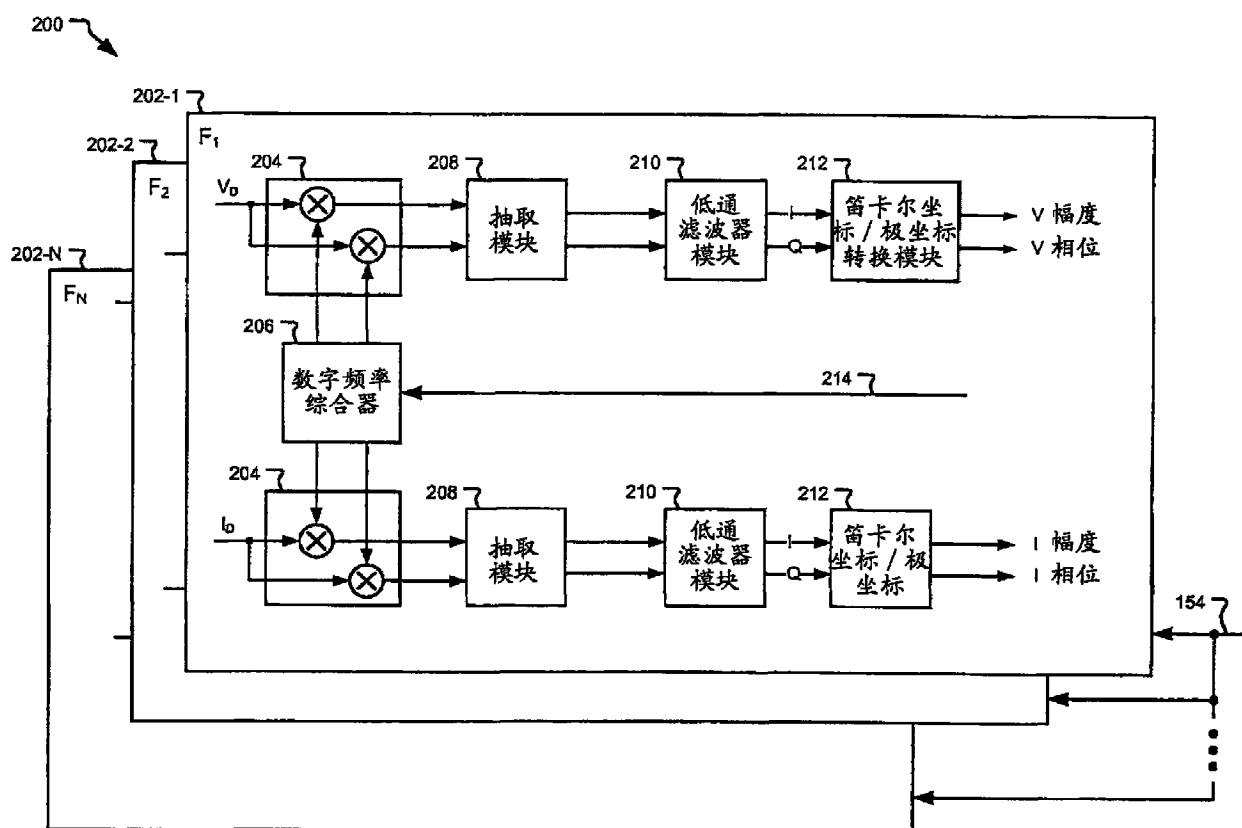


图 12