(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103943447 B
(45)授权公告日 2017.02.08

(21)申请号 201310017593.8

(22)申请日 2013.01.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103943447 A

(43)申请公布日 2014.07.23

(73)专利权人 中微半导体设备(上海)有限公司
地址 201201 上海市浦东新区金桥出口加工区(南区)泰华路188号

(72)发明人 杨平 黄智林 倪图强

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司 31002
代理人 王洁

(51)Int.Cl.
H01J 37/32(2006.01)
H01J 37/244(2006.01)

(56)对比文件
CN 1379458 A,2002.11.13,
CN 1379458 A,2002.11.13,
CN 101174082 A,2008.05.07,
CN 1377457 A,2002.10.30,
US 5964980 A,1999.10.12,
JP H1150273 A,1999.02.23,

审查员 叶颖惠

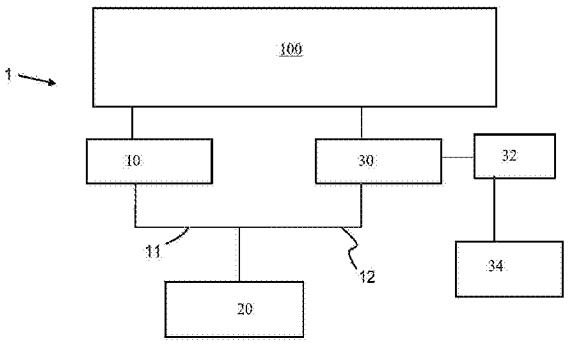
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种等离子处理装置及其处理方法

(57)摘要

一种等离子反应腔,包括:一个射频电源输出射频功率到所述等离子反应腔;一个等离子状态检测装置检测所述等离子反应腔内光学信号;一个脉冲信号发生器产生脉冲信号并输出到所述射频电源;其特征在于,所述等离子状态检测装置接收所述脉冲信号并处理所述检测到的反应腔内的光学信号。本发明能够在不同脉冲时间段内,根据不同脉冲阶段的功率特性对检测到的等离子光学信号作出及时的调整,最终获得稳定、可靠的光学信号及时反应等离子反应腔内的状态。



CN 103943447 B

1.一种等离子处理装置,其特征在于:包括:

等离子反应腔;

射频电源,与所述等离子反应腔相连接,用以输出射频功率到所述等离子反应腔并产生等离子体;

等离子状态检测装置,与所述等离子反应腔相连接,用以检测所述等离子反应腔内等离子体的光学信号,所述等离子状态检测装置还包括一信号采集快门;

脉冲信号发生器,与所述射频电源和所述信号采集快门相连接,所述脉冲信号发生器产生脉冲信号,并同步输出到所述射频电源和所述信号采集快门,以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测;所述脉冲信号使得所述射频电源对所述等离子反应腔的输出功率在高功率状态与低功率状态之间切换,在其中的一个功率状态,所述信号采集快门接收等离子体的光学信号,在另一个功率状态,所述信号采集快门屏蔽等离子体的光学信号。

2.如权利要求1所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子状态检测装置为一光学信号检测器,所述光学信号检测器包括一信号输出端连接到一计算机。

3.如权利要求2所述等离子处理装置,其特征在于,所述信号采集快门为一快门,使所述光学信号检测器在信号检测和信号屏蔽之间进行状态转换。

4.如权利要求1或2所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子状态检测装置为一刻蚀工艺过程终点检测装置。

5.如权利要求1或2所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子处理装置为一等离子体刻蚀装置。

6.一种等离子处理装置,其特征在于:包括:

等离子反应腔;

射频电源,与所述等离子反应腔相连接,用以输出射频功率到所述等离子反应腔并产生等离子体;

等离子状态检测装置,与所述等离子反应腔相连接,用以检测所述等离子反应腔内等离子体的光学信号;

脉冲信号发生器,与所述射频电源和所述等离子状态检测装置相连接,所述脉冲信号发生器产生脉冲信号,并同步输出到所述射频电源和所述等离子状态检测装置,以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测;所述脉冲信号使得所述射频电源对所述等离子反应腔的输出功率在高功率状态与低功率状态之间切换,在其中的一个功率状态,所述等离子状态检测装置接收等离子体的光学信号,在另一个功率状态,所述等离子状态检测装置屏蔽等离子体的光学信号。

7.如权利要求6所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子状态检测装置为一光学信号检测器,所述光学信号检测器包括一信号输出端连接到一计算机。

8.如权利要求6或7所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子状态检测装置为一刻蚀工艺过程终点检测装置。

9.如权利要求6所述等离子处理装置,其特征在于,所述等离子状态检测装置内包括一控制端,所述控制端与所述脉冲信号发生器相连接,以根据接受到的脉冲信号同步地选择对等离子状态进行检测或停止检测。

10.一种等离子处理装置的处理方法，所述等离子处理装置包括等离子反应腔以及与所述等离子反应腔相连接的射频电源和等离子状态检测装置，所述处理方法包括：

提供一脉冲信号发生器，与所述射频电源和所述等离子状态检测装置相连接，所述脉冲信号发生器产生脉冲信号，并同步输出到所述射频电源和所述等离子状态检测装置，以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测；

所述脉冲信号被供应到所述射频电源，使射频电源输出与所述脉冲信号同步的脉冲型射频信号，产生脉冲型等离子体，所述脉冲型射频信号具有高功率输出阶段和低功率输出阶段。

11.如权利要求10所述处理方法，其特征在于，所述脉冲信号的频率大于500hz小于500Khz。

12.如权利要求10所述处理方法，其特征在于，所述脉冲型射频信号包括高功率输出阶段和等离子体熄灭阶段，所述对等离子状态的检测为在所述脉冲型等离子体的高功率输出阶段检测所述等离子体的光学信号，在所述脉冲型等离子体的等离子体熄灭阶段屏蔽所述等离子体的光学信号。

13.如权利要求10所述处理方法，其特征在于，所述低功率输出阶段中输出功率大于零，且等离子仍处于点燃状态。

14.如权利要求13所述处理方法，其特征在于，所述对等离子状态检测为接收所述脉冲型等离子体在低功率输出阶段的光学信号转换为电信号，并放大所述电信号的幅度；或者接收所述脉冲型等离子体在高功率输出阶段的光学信号转换为电信号，并减小所述电信号的幅度。

15.如权利要求13所述处理方法，其特征在于，所述对等离子状态的检测为检测高功率输出阶段或低功率输出阶段之一的光学信号，屏蔽另一个阶段的光学信号。

16.如权利要求10所述处理方法，其特征在于，所述等离子处理装置为一等离子体刻蚀装置，所述等离子状态检测包括检测刻蚀工艺过程的终点。

一种等离子处理装置及其处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体刻蚀工艺的等离子处理装置及其处理方法，特别是用于脉冲型等离子反应腔的终点检测方法。

背景技术

[0002] 集成电路制造工艺是一种平面制作工艺，其结合光刻、刻蚀、沉积、离子注入等多种工艺，在同一衬底表面形成大量各种类型的复杂器件，并将其互相连接已具有完整的电子功能。随着集成电路的器件的特征尺寸不断地缩小，集成度不断地提高，对各步工艺的监控及其工艺结果的精确度提出了更高的要求。

[0003] 刻蚀工艺是集成电路制造工艺中最复杂的工序之一。精确监控刻蚀工艺的刻蚀终点显得尤为重要。在专利号为US4861419的美国专利中提供一种通过光学发射光谱法(OES)判断等离子体刻蚀工艺的刻蚀终点监控方法。采用OES判断等离子体刻蚀工艺的刻蚀终点监控方法包括：确定所检测的元素，所述元素为所要刻蚀的膜层的成分；采集所述元素的光强度，所述光强度与所述元素的浓度相关；随着刻蚀工艺的进行，在刻蚀终点，膜层物质被刻蚀完毕，所述元素在刻蚀腔的浓度减小，反应室内检测到的所述元素的光强度开始减小，此时，即为刻蚀终点。

[0004] 随着加工工艺的发展，部分刻蚀工艺需要采用脉冲型等离子来实现刻蚀目标，在刻蚀过程中施加到等离子反应腔的射频电源不是持续稳定的功率，而是会随着时间的变化发生功率变化，甚至突变。典型的脉冲型等离子可以使施加的射频功率在开通和关闭之间切换，调节开通时间占整个处理周期的比例也就是占空比来实现对刻蚀形貌和速度的调节。在射频电源开通时反应腔内刻蚀状态与传统刻蚀过程相同，关闭时等离子在极短时间内熄灭(几个微秒)，只有自由基仍然存在，可以继续进行刻蚀，但是刻蚀的效果与开通时间不同。脉冲型等离子的特性会造成等离子发光频谱和发光强度随着脉冲频率突变，传统的刻蚀终点检测装置会把在等离子熄灭状态时的光学信号误认为是等离子刻蚀终点的信号，目标材料层刻蚀还未完成，就停止了刻蚀，严重干扰正常的等离子刻蚀终点判断。

[0005] 所以，在实际应用脉冲等离子刻蚀工艺时，现有的判断等离子体刻蚀工艺的刻蚀终点的监控装置和方法不能准确地监控等离子体刻蚀工艺的刻蚀终点，需要改进现有刻蚀终点检测装置和方法。

发明内容

[0006] 本发明解决的问题是提供一种能准确地监控脉冲型等离子体刻蚀工艺的等离子反应腔及其刻蚀终点检测方法。

[0007] 本发明的一种等离子处理装置，包括：一种等离子处理装置，其特征在于：包括：等离子反应腔；射频电源，与所述等离子反应腔相连接，用以输出射频功率到所述等离子反应腔并产生等离子体；等离子状态检测装置，与所述等离子反应腔相连接，用以检测所述等离子反应腔内等离子体的光学信号，所述等离子状态检测装置还包括一信号采集快门；脉冲

信号发生器，与所述射频电源和所述信号采集快门相连接，所述脉冲信号发生器产生脉冲信号，并同步输出到所述射频电源和所述信号采集快门，以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测。所述等离子状态检测装置为一光学信号检测器，所述光学信号检测器包括一信号输出端连接到一计算机。

[0008] 本发明还提供一种等离子处理装置，包括：等离子反应腔；射频电源，与所述等离子反应腔相连接，用以输出射频功率到所述等离子反应腔并产生等离子体；等离子状态检测装置，与所述等离子反应腔相连接，用以检测所述等离子反应腔内等离子体的光学信号；脉冲信号发生器，与所述射频电源和所述等离子状态检测装置相连接，所述脉冲信号发生器产生脉冲信号，并同步输出到所述射频电源和所述等离子状态检测装置，以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测。

[0009] 本发明所述光学信号检测器包括一个快门使光学信号检测器在检测信号和屏蔽信号之间进行状态转换。等离子状态检测装置为一刻蚀工艺过程终点检测装置。所述等离子处理装置为一等离子体刻蚀装置。

[0010] 本发明还提供一种等离子处理装置的处理方法，所述等离子处理装置包括等离子反应腔以及与所述等离子反应腔相连接的射频电源和等离子状态检测装置，所述处理方法包括：提供一脉冲信号发生器，与所述射频电源和所述等离子状态检测装置相连接，所述脉冲信号发生器产生脉冲信号，并同步输出到所述射频电源和所述等离子状态检测装置，以同步控制所述等离子反应腔内等离子体的产生和等离子状态检测。所述提供一脉冲信号发生器的步骤中，所述脉冲信号被供应到所述射频电源的射频信号发生器，使射频信号发生器输出脉冲型射频信号，产生脉冲型等离子体，所述脉冲型射频信号具有高功率输出阶段和低功率输出阶段。

[0011] 所述脉冲频率大于500hz小于500Khz。脉冲型射频信号包括高功率射频输出和等离子熄灭阶段时，对等离子状态检测为在高功率射频输出阶段检测光学信号，屏蔽等离子熄灭阶段的光学信号。脉冲型射频信号中低功率射频输出阶段输出功率大于零，等离子仍然处于点燃状态时，所述对等离子状态检测为放大低功率射频输出阶段的光学信号或调低高功率射频输出阶段的光学信号，或者是屏蔽高功率输出阶段或低功率输出阶段之一的信号。所述等离子处理装置为一等离子体刻蚀装置，所述等离子状态检测包括检测刻蚀工艺过程的终点。

[0012] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：本发明能够在不同脉冲时间段内，根据不同脉冲阶段的功率特性对检测到的等离子光学信号作出及时的调整，最终获得稳定、可靠的光学信号及时反应等离子反应腔内的状态。

附图说明

[0013] 图1是现有技术在检测脉冲型等离子体时获得的光学信号；

[0014] 图2是本发明实施例的刻蚀终点检测装置示意图；

[0015] 图3是本发明在检测脉冲型等离子体时获得的光学信号示意图。

具体实施方式

[0016] 由背景技术可知，通过传统的终点检测装置不能在输入射频功率是脉冲状态下精

确的检测到刻蚀终点。本发明提出将输入射频功率源的脉冲信号同步的提供给终点检测装置。

[0017] 如图2所示为本发明终点检测装置示意图，图中本发明的等离子处理装置1包括一个等离子反应腔100，反应腔100内通入反应气体，射频电源10向反应腔内100的电极或线圈施加射频电场，使反应气体电离形成等离子体。一个脉冲信号发生器20产生脉冲信号用于控制射频电源10，使射频电源输入到反应腔100的射频信号输出功率以脉冲频率高低切换，比如ON/OFF切换，或者高功率/低功率切换。不同的功率输入使得反应腔内的等离子具有不同的状态，相应的等离子体发光也会如图1中所示的同步变化。一个光学信号检测器30安装在反应腔侧壁能够观测到等离子的位置处，并将光学信号转换为电信号传输到计算机32。光学信号检测器30可以是CCD感应器或者其它光学传感器，感应等离子反应腔内等离子体发出的频谱的光线，并测量反应腔内反应气体和反应产物对应等离子的发光强度。计算机32对电信号进行滤波、比较、存储、运算等动作后输出信号给监控整个等离子处理的处理软件34。本发明的脉冲信号发生器20产生的脉冲信号通过导线11输入到射频电源，同时还包括一个同步导线12输入到光学信号检测器。光学信号检测器30在收到脉冲信号后，在脉冲信号处于OFF状态或低功率状态时，光学信号检测器内的快门被切换到屏蔽状态。所述光学信号检测器内的快门可以是机械的快门，如相机内的多片可移动的挡片，也可以是电子式的，如现有专利US6914630所述的：通过一个电子快门电路控制CCD感应器处于接收光学信号状态或者光学信号屏蔽状态。或者也可以是CCD控制电路内的一段程序，根据接收到脉冲信号，作出接收光学信号或者屏蔽光学信号的处理。所以每个脉冲周期内只有射频输出功率处于高输出状态时，相应的光学信号才会被光学信号检测器30检测，并被作为刻蚀终点检测的判断依据。现有光学检测器的扫描速度以及后续计算机进行计算的较慢，每秒仅能取样几次或者几十次，相对于现在常见的脉冲信号发生器产生的脉冲信号频率范围是500HZ-500Khz，所以不能通过光学探测器30本身的取样直接判断脉冲输出是在高功率或是低功率状态。

[0018] 如图3所示为本发明在检测脉冲型等离子体时获得的光学信号示意图，图中只有射频输出功率处于高功率状态时对应的光学信号。由于屏蔽了会对检测结果造成干扰的信号所以本发明终点检测装置能够实现对刻蚀终点的精确检测。本发明的光学检测器通过脉冲信号来同步地选择需要进行检测的时间段，同时屏蔽不具有参考价值的时间段，能够获得更能反应等离子处理状态的信号。

[0019] 该脉冲信号可以通过一根传输同步信号的导线12来传输，也可以是通过无线的电磁场发射的方式，在光学检测器设置一个信号接收端接收脉冲信号器即可。其它能够实现同步信号传输的装置均属于本发明范围。

[0020] 脉冲同步信号传输到光学检测器内后也可以不是通过机械的快门，而是通过内部控制电路来使光学检测器不接收光学信号。作为另一种方案，脉冲同步信号也可以直接传输到计算机中，计算机根据接收到的脉冲同步信号将来自光学检测器的信号进行处理，留下高输出功率时间段内的信号，屏蔽低输出功率时间段内的信号。包括光学检测器、计算机、控制软件在内的等离子状态检测装置中任何一个部件都可以相应设置接收脉冲信号的端口，或者同时设置能够屏蔽低功率输出时间段内光学信号的硬件或软件。

[0021] 本发明脉冲等离子体除了ON/OFF这类的等离子点燃与熄灭的交替外，也可以是射

频功率大小的交替，此时等离子体一直处于点燃状态，只是发光亮度交替变化。在功率较低时，等离子状态检测装置检测到的光学信号仍然对等离子刻蚀终点检测具有意义，所以也可以作为参考信号。当脉冲信号中低功率时间比高功率时间还长时，检测低功率时间段内的光学信号更容易获得稳定的代表等离子状态的信号。比如占空比小于30%如只有10%时，高功率时间段很短，现有光学系统无法采样时间太短的信号，不能全面反应等离子反应状态。此时用低功率时间段内的光学信号作为刻蚀终点检测依据更能反应等离子反应状态。与之相反的，如果占空比大于70%，如90%时，则可以对高功率时间段内的射频信号进行采样而屏蔽低功率时间段的信号。所以本发明能够在不同脉冲时间段内，根据不同脉冲阶段的功率特性对检测到的等离子光学信号作出及时的调整，最终获得稳定、可靠的光学信号及时反应等离子反应腔内的状态。

[0022] 本发明所述的对光学检测信号的处理除了上述选择高功率输出阶段和低功率输出阶段之一作为反映等离子状态的信号，同时放弃其它阶段的信号这种处理方法外。其它处理方法，比如调整检测到的光学信号的强度，或者综合比较多个脉冲信号来选择所要取样的时间段以适应多种不同的脉冲等离子状态：第二个脉冲射频信号添加到等离子反应腔，最终的等离子发光亮度是两个脉冲射频功率输出的综合作用结果，此时等离子体会存在至少3个不同状态；一个脉冲射频电源但是其输出脉冲型功率的占空比是随着时间逐渐变化的，不同时间具有不同的等离子状态。这些具有复杂等离子状态的脉冲等离子处理方法需要，计算机或者控制软件内设置相应的程序选择最佳的、具有代表性的等离子体光学信号来采样，或者可以对采样到的光学信号转化为电信号，在电路中对电信号强度作部分放大或缩小或者在计算机中对数字化的信息作加工处理获得修正后的信号强度，以使其更能反应等离子反应腔内真实的状态。

[0023] 本发明终点检测装置除了可以用于等离子刻蚀反应腔，也可以用于其它反应腔，如等离子去光刻胶(strip)反应腔，在光刻胶被去除完成后，CO2、H2O等光刻胶与氧气反应生成的产物就会迅速减少，相应的能够在等离子体的光谱信号中观测到；其它等离子处理工艺，只要包括：通入反应气体初始时光学信号处于第一状态，在反应完成时等离子体光学信号处于第二状态的至少两个状态的工艺，均可以应用本发明方法来监控反应状态。

[0024] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上，但其并不是用来限定本发明，任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内，都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改，因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰，均属于本发明技术方案的保护范围。

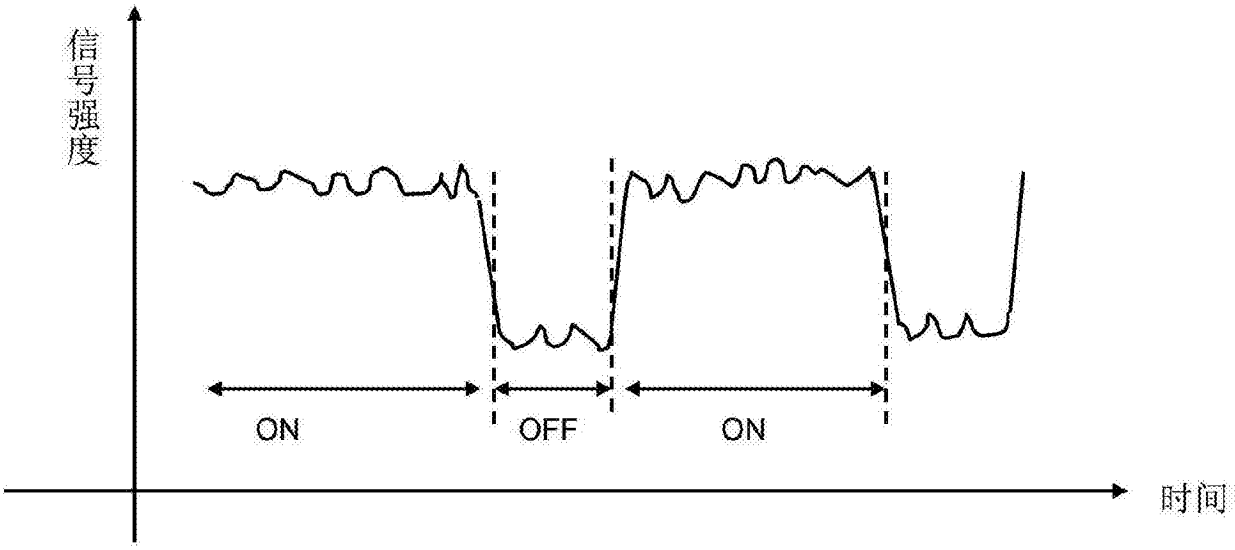


图1

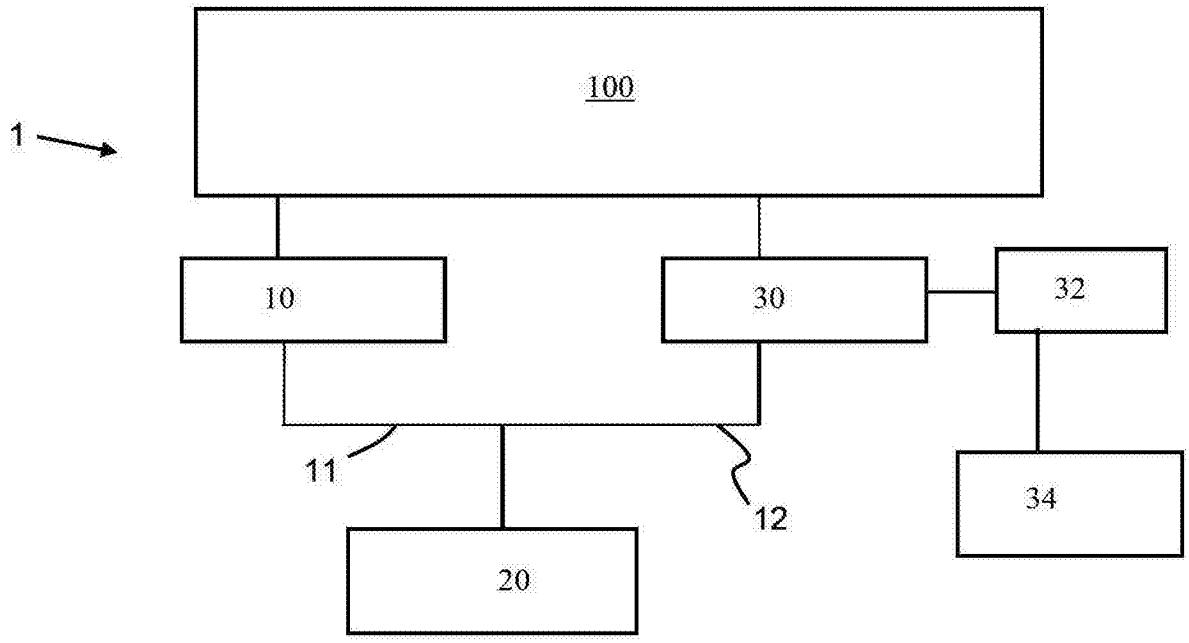


图2

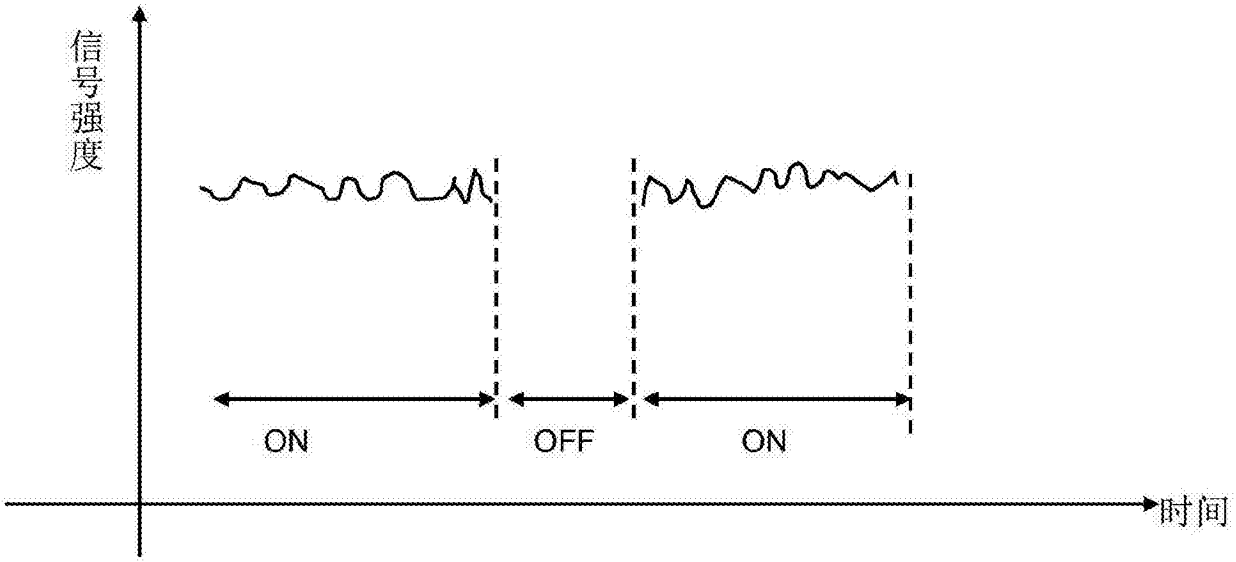


图3