



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97118020.2

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1129349C

[22] 申请日 1997. 8. 7 [21] 申请号 97118020. 2

[30] 优先权

[32] 1996. 8. 7 [33] US [31] 673721

[32] 1997. 7. 11 [33] US [31] 890386

[71] 专利权人 康塞普特系统设计公司

地址 美国加利福尼亚州

共同专利权人 爱德万斯德能源工业公司

[72] 发明人 罗伯特·D·梅尔霍

道格拉斯·S·沙茨

约瑟夫·H·麦克利什

马赫斯·K·桑甘尼里亚

恩里克·休雷斯·德尔索拉尔

审查员 孙克良

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

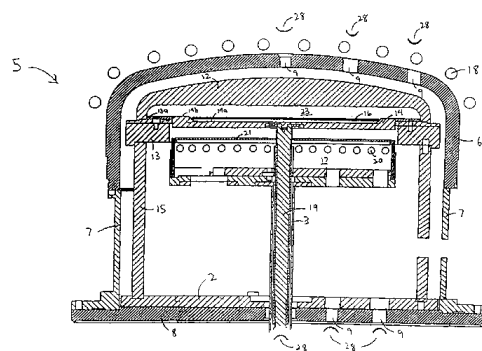
代理人 杨 梧

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 具有反馈控制的区域加热系统

[57] 摘要

一种精确控制晶片基片上的温度分布的结构和方法，其中，用有多个加热区的射频感应线圈把待处理晶片加热到恒定而均匀的温度。所述感应线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内。各加热区用调谐到特定频率的电容器旁路。调节供给感应线圈的有特定频率的电流供给时间，可单独控制每个区域的温度。由于基座中产生的热量响应其中流过的电流并迅速变化，因此，能迅速校正晶片温度相对处理温度的偏差和表面上的温度梯度，可使晶片加热和冷却时温度均匀，提高准确率和精度。



1. 一种加热基片的系统，包括：
第一加热部件，它包括具有若干区域的射频感应线圈，其中，所述若
5 干区域的每一个区域被单独加电，以加热所述基片的相关部分，所述感应
线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内。
2. 根据权利要求1所述的系统，还包括第二加热部件，其中，所述基
片设置在所述第一和第二加热部件之间。
3. 根据权利要求2所述的系统，其中，所述第二加热部件包括具有若
10 干单独供电区域的第二感应线圈。
4. 根据权利要求1所述的系统，还包括：
若干个贴近所述基片设置的温度传感器，每个所述传感器测量与一个
所述区域相对应的所述基片有关部分的温度；和
在所述区域与所述传感器之间连接的控制电路，所述控制电路根据所
15 述若干传感器中至少一个所述测量值改变向每个所述区域供电的时间量。
5. 一种加热基片的系统，包括
第一加热部件，它包括具有若干区域的射频感应线圈，所述感应线圈
螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内；和
与所述加热部件连接的功率产生器，所述功率产生器单独给所述若干
20 区域的每一个供电，以加热所述基片的有关部分。
6. 根据权利要求5所述的系统，其中，所述功率产生器包括射频电流
源。
7. 根据权利要求5所述的系统，还包括第二加热部件，其中，所述基
片位于所述第一和第二加热部件之间。
- 25 8. 根据权利要求7所述的系统，其中，所述第二加热部件是具有若干
区域的射频感应线圈。
9. 根据权利要求5所述的系统，还包括：
若干个贴近所述基片设置的温度传感器，所述每一个传感器测量所述
基片有关部分的、与所述区域之一相对应的温度；和
30 在所述功率产生器与所述传感器之间连接的控制电路，所述控制电路
根据所述若干传感器中的至少一个的所述测量值来改变向所述区域的每一

个区域供电的时间。

10. 根据权利要求5所述的系统,还包括:若干个旁路元件,其每一个元件与所述若干区域中的有关的一个区域中的感应线圈并联连接。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述旁路元件包括电容器。

5 12. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述的旁路元件调谐到特定频率,其中,当电源为所述特定频率时,把功率供给到与所述旁路部件有关的所述区域中的感应线圈。

13. 根据权利要求5所述的系统,其中,所述功率产生器扫描若干频率。

10 14. 根据权利要求5所述的系统,还包括若干开关,其中每一个开关与所述区域之一中的感应线圈连接。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中,所述开关是绝缘栅二极晶体管。

16. 根据权利要求14所述的系统,其中,所述开关是可控硅整流器。

15 17. 一种加热基片的系统,包括:

第一加热部件,它包括具有若干区域的射频感应线圈,所述感应线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内;和

若干功率产生器,其中,所述若干功率产生器中的每一个与所述若干区域中的每一个区域中的感应线圈连接,以独立地向所述若干区域的每一个
20 个供电,加热所述基片的有关部分。

18. 一种加热基片的方法,包括以下步骤:

把射频感应线圈分成若干区域;

在一个大致平行于所述基片的表面的平面内,形成螺旋形式的感应线圈;和

25 把电源从所述区域的一个切换到所述区域的另一个,以加热所述基片的有关部分。

19. 根据权利要求18所述的方法,还包括以下步骤:

测量对应于与所述各区域有关的所述基片的每个部分的温度;和

根据所述温度测量值的至少一个来改变向各所述区域供电的时间。

具有反馈控制的
区域加热系统

5

技术领域

本发明涉及用于半导体处理设备的加热系统，特别涉及用于在半导体晶片上形成材料层的化学气相淀积系统的加热系统。

10

背景技术

在半导体晶片上形成像外延硅或多晶硅层的设备是公知的。在半导体晶片上形成材料层的问题之一是：在淀积处理期间，即，在加热、处理、冷却期间，要确保半导体晶片上的温度均匀分布。由于晶片上的材料层的淀积速率取决于晶片的温度，因此，晶片中心与边缘之间的温度变化将会在晶片上产生不希望看到的淀积层厚度不均匀。此外，在加热、处理或冷却期间的不均匀温度会造成晶片应力，从而导致不希望看到的滑移。因此，在硅晶片上淀积材料层期间，减小晶片表面温度的变化是非常重要的。

15

为实现晶片上温度均匀分布而开发的某些早期系统提出了以均匀方式对整个晶片加热的方法。然而，由于通常是晶片的边缘热损失大于晶片的中心热损失，因此，这种早期的系统会导致晶片的中心与外侧部分之间明显的温度差，这样不可能使晶片表面温度梯度减至最小。

20

许多目前的加热方案使用了具有加热灯泡的灯泡组件，这些加热灯泡设置在若干个独立控制区域中以使施加到晶片的外侧和中心部分的热量不同。按该方式，晶片上的热损失变化可以通过把不同的热量施加到晶片的各个不同部分来补偿，以实现晶片表面上的较好的温度均匀。这种技术一般能够保持低于 10℃ 的温度差值。

25

在这种多区域加热组件中使用的加热灯泡会导致某些缺点。这些灯泡（一般是钨卤素灯）中每一个的使用寿命有限，这样就必须定期更换。这种灯泡的更换以及因他们的老化而使灯泡定期的调整不仅增加了制造成本，而且还降低了化学气相淀积(CVD)系统的处理量。

30

此外，这种辐射加热 CVD 系统中的加热灯泡的使用需要定期清理反应

室的石英壁以消除室壁的淀积材料，这是我们不希望的。考虑到，由于灯泡加热 CVD 反应室中的壁会变热，因此材料的层不仅在晶片上淀积而且还在室壁上淀积。在室壁上形成的合成膜则吸收一些加热灯泡辐射的辐射能，从而局部地增加室壁的温度。因此，以增加的速率在室壁上淀积材料层从而产生了“雪球”效应。

因此，在灯泡加热 CVD 室中使室壁保持完全清洁是关键。这需要经常酸洗室壁，甚至有时在每次操作后都要酸洗。淀积外延层之后清洗室壁通常要花费 2 至 4 分钟，而淀积多晶硅后清洗室壁则要花费更长的时间。由于 CVD 系统中加热壁的时间周期为 5 至 10 分钟，因此清洗室壁占用了时间周期的大部分，因而 CVD 系统的处理量急剧地减小。

所以，非常需要提供一种没有上述缺点的均匀和精确地加热半导体晶片的用于化学气相淀积的加热系统。

发明内容

15 本发明提供能够更精确地控制晶片基体温度的结构和方法。

本发明提供了一种加热基片的系统，包括：第一加热部件，它包括具有若干区域的射频感应线圈，其中，所述若干区域的每一个区域被单独加电，以加热所述基片的相关部分，所述感应线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内。

20 本发明还提供了一种加热基片的系统，包括第一加热部件，它包括具有若干区域的射频感应线圈，所述感应线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内；和与所述加热部件连接的功率产生器，所述功率产生器单独给所述若干区域的每一个供电，以加热所述基片的有关部分。

25 本发明还提供了一种加热基片的系统，包括：第一加热部件，它包括具有若干区域的射频感应线圈，所述感应线圈螺旋形成在一个大致平行于所述基片的表面的平面内；和若干功率产生器，其中，所述若干功率产生器中的每一个与所述若干区域中的每一个区域中的感应线圈连接，以独立地向所述若干区域的每一个供电，加热所述基片的有关部分。

30 本发明还提供了一种加热基片的方法，包括以下步骤：把射频感应线圈分成若干区域；在一个大致平行于所述基片的表面的平面内，形成螺旋形式的感应线圈；和把电源从所述区域的一个切换到所述区域的另一个，

以加热所述基片的有关部分。

根据本发明，要处理的晶片在反应室内由一个或多个射频(RF)感应线圈加热到均匀温度，每一个感应线圈具有若干个独立控制的加热区域。反应室的不同区域需要不同的加热能量以向晶片提供均匀温度。每个独立控制区域产生的热量由控制电路控制。该控制电路响应代表晶片或反应室温度各个部分的反馈信号来调整提供一个或多个感应线圈的每个独立控制区域的功率。按这种方式，晶片能够以均匀速率对晶片加热和冷却，并保持均匀的温度。

此外，由于没有使用传统的加热灯泡，用本发明的RF感应加热系统消除了传统装置带来的问题。例如，不再因灯泡出故障而替换灯泡。此外，本发明的实施例不需要为消除室壁上淀积的材料膜而定期地彻底清除室壁。感应线圈产生的磁场在反应室中相应的石墨基体内激发电子。该石墨基体再加热晶片。这样，热能不穿过石英壁。因而，由于传递到基片的热与反应室壁上形成的淀积层厚度无关，因此，本发明的室壁不像传统的灯泡加热CVD系统那样需要经常和彻底的清洗。

附图说明

图1是根据本发明实施例的包含加热系统部分的反应装置示意图；
图2A和2B是本发明实施例的下部RF感应线圈的剖视图；
图3A-3C是本发明实施例的上部RF感应线圈的剖视图；和
图4是图1的反应装置的控制系统的原理图。

具体实施方式

在不同的附图中使用的相同标号代表相同的或相似的元件。

本发明的方法和结构使用了在射频(RF)感应线圈内的独立控制加热区域以及反馈控制系统，以便基本上以均匀的速率加热和冷却半导体晶片并大体上使晶片保持恒定和均匀的温度。下面参照图1-4详细地说明本发明的一个具体实施例的内容。但应该明白，下面的说明只是为了说明而决不能被理解为对这里讨论的技术方案的限定。

在图1中示出了化学气相淀积(CVD)反应装置5，它包括钟罩6、侧壁7和基座8，钟罩最好是不传热的石英，基座8最好是不锈钢。反应室顶12、

带有垫片 13a 的垫圈 13、内部壳 15 和基座衬 2 位于由元件 6、7 和 8 构成的结构中。支架 3 支持线圈座 17, 该线圈座 17 包括一个设置在外壳内的下部线圈 20 与基座 14 之间的碳化硅板 21。基座 14 固定位于反应室顶 12 与基座 14 之间的晶片 16。室顶 12 和基座最好是涂石墨的碳化硅。支架 3 中
5 含有的转轴组件 19 旋转基座 14 和晶片 16。转轴组件 19 的详细说明见代理人存档号为 M-4812 的名为“基座夹持机构”(“Susceptor Hold-down Mechanism”)的美国专利。该专利文献在这里是作为参考文献引出。图 1 的剩余元件包括设置在钟罩 6 周围温度传感器 28 和上部线圈 18。

基座 14 的顶表面有凹槽部 14a, 这样就使晶片 16 的表面具有与基座 14
10 的最少接触, 从而减小基座 14 与晶片 16 之间的热传递。当在基座 14 上放置晶片时, 晶片 16 的底面距基座 14 内凹槽部分 14a 的上表面近似为 0.01 英寸。晶片 16 的顶面应该大体上与基座 14 没有凹槽的顶表面平齐, 以致室顶 12、垫片 13a、基座 14 和晶片 16 构成了平行板状的反应室 23。例如, 在某些实施例中, 晶片 16 的顶面可以处在基座 14 的顶面 14b 的 ± 80 密耳
15 (mils) 的范围内。因而认为它们大体平齐。室顶 12 的内表面距晶片 16 应该近似为 1/2 英寸至 3/8 英寸, 以使在晶片 16 上的淀积速度达到最大。室顶 12 和基座 14 经上、下线圈 18、20 分别加热其内包含的晶片 16。

电源分别加给向室顶 12 和基座 14 传递 RF 能量的感应线圈 18 和 20 以
20 加热室顶 12 和基座 14, 并经过在室顶 12 和基座 14 上作为热导体的碳化硅涂层加热晶片 16。

下线圈 20 是设置在紧挨着基座 14 下边的连续线圈。下线圈 20 最好是以八圈螺旋结构形成的 5/16 英寸铜管, 与图 2A 中给定的内外半径值近似, 线圈 20 的内半径近似 0.56 英寸和外半径近似 4.62 英寸。在本实施例中, 下线圈 20 为图 2A(顶视图)和图 2B(沿图 2A 线 2-2 的剖视图)所示的单
25 层线圈。如图 2A 所示, 下线圈 20 具有沿着下线圈 20 在各个点上连接的四个抽头 $T_1 - T_4$ 。抽头 T_1 和 T_2 确定了外段, 抽头 T_2 和 T_3 确定了中间段, 抽头 T_3 和 T_4 确定了内段。下线圈 20 的每个段是与基座 14 同心的外部区、中间区、内部区域相关。最好为 5/16 英寸铜管的抽头管与每个抽头连接, 用于向各个线圈段提供电源和水, 如图 2B 所示。

30 上线圈 18 是设置在紧靠室顶 12 上的连续线圈。上线圈 18 最好是以十一圈螺旋结构形成的 5/16 英寸铜管, 具有近似 0.55 英寸的内半径和近似 7.94

英寸的外半径，和图 3A 所示，其它圈半径为按英尺寸尺的各种数值。上线圈 8 为单层并与室顶 12 的形状一致，如图 3A(顶视图)和图 3B(沿线 3-3 的剖视图)所示。图 3B 示出了沿铜线圈 18 的线圈直径不同的近似高度。四个抽头 $T_5 - T_8$ 连接在沿铜线圈 18 的各个不同点上。这里，抽头 T_5 和 T_6 确定线圈的外段，抽头 T_6 和 T_7 确定了线圈的中间段，抽头 T_7 和 T_8 确定了线圈的内段，如图 3A 所示。图 3C 示出了与抽头 $T_5 - T_8$ 连接的抽头管 30(最好为 5/16 英寸铜管)，抽头管 30 与室顶 12 的同心的外部、中部和内部区域相关，并给每个段提供电源和水。

图 4 示出了加热系统 1 的原理图，它包括反应装置 5 的一部分。电感器 L_1 、 L_2 、 L_3 示意地代表下线圈 20 的由抽头 $T_1 - T_4$ 分隔成的外、中、内段电感。同样，电感器 L_4 、 L_5 和 L_6 示意地代表上线圈 18 的由抽头 $T_5 - T_8$ 分隔成的外、中、内段电感。晶片 16 的一半在示意性表示的上线圈与下线圈之间示出。六个电容器 $C_1 - C_6$ 和六个开关 $S_1 - S_6$ (以 NPN 晶体管示出)分别与有关的电感器 $L_1 - L_6$ 之一并联连接，从而形成谐振电路 22。开关 $S_1 - S_6$ 最好采用绝缘栅双极性晶体管(IGBTs)，而在其它实施例中可能使用可控硅整流器(SCR_s)。

系统 1 包括由具有抽头 T_{P1} 和 T_{P2} 的初级线圈 24P 和具有抽头 T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 的次级线圈 24S 组成的阻抗匹配变压器 24。选择变压器 24 与谐振电路 22 的阻抗匹配。下线圈 20 的抽头 T_1 在抽头 T_{S1} 上与次级线圈 24S 电连接，上线圈 18 的抽头 T_5 在抽头 T_{S2} 上与次级线圈 24S 电连接，抽头 T_4 和 T_8 在抽头 T_{S3} 上与次级线圈 24S 电连接。初级线圈 24P 的抽头 T_{P1} 和 T_{P2} 连接电源 26 的输出端。

控制电路 30 向电源 26 提供若干个控制信号 CSP_n ，还向开关 $S_1 - S_6$ 提供相应的控制信号 $CS_1 - CS_6$ 。形式电源 26 的结构最好能够接收标准的 60Hz、120V 的电源并在其输出端提供 50KHz 频率的从 0 到 400V 范围的 AC(交流)电源。电源 26 经初级线圈 24P 提供电流 I_p ，同时又经次级线圈 24S 感生电流 I_s 。

在确定上、下线圈 18、20 的每个段的电感后(它们分别由电感器 $L_4 - L_6$ 和 $L_1 - L_3$ 表示)，使用下面的公式计算电容器 $C_1 - C_6$ 的每一个的适当电容值。这些电容值能够使对应下线圈 20 和上线圈 18 的各个段的每对电容器 - 电感器产生 50KHz 频率 f_0 的谐振。该 50KHz 频率由电源 26 提供。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

从这个公式可以看出，对于给定频率，增加电感量，则减小电容量。从而减小了电容器的尺寸。与基座 14 和室顶 12 的六段相应的电感器 $L_1 - L_6$ 可以通过在下线圈 20 和上线圈 18 中分别形成更多圈来增加电感量。因此，单层线圈中各个段的电感量可以通过在各个段上边形成附加层来选择性

5 地增大，从而导致电容尺寸的减小和导致对基座 14、室顶 12 和反应装置 5 的其它部件耦合的增加。

开关 $S_1 - S_6$ 的导通状态由控制电路 30 的有关控制信号 $CS_1 - CS_6$ 的逻辑状态控制。控制电路 30 控制控制信号 $CS_1 - CS_6$ 以便在系统时钟的每个

10 周期从下线圈 20 的外段到内段、然后从上线圈 18 的外段到内段顺序地供应电源。时钟信号使用已知的方式产生，例如，采用具有内部锁相环(PLL)电路的传统振荡器。在本实施例中，时钟频率等于 60Hz，因此每 16 毫秒向线圈 18 或 20 的一个区域供应电源。

例如，在一个实施例中，在时钟周期的第一部分期间控制信号 CS_1 处于逻辑低状态从而导致开关 S_1 被打开，即不导通；控制信号 $CS_2 - CS_6$ 处于逻辑高状态，从而导致开关 $S_2 - S_6$ 被关闭，即导通。这样，次级线圈 24S 中感应的电流 I_s 流过由电容器 C_1 和电感器 L_1 构成的谐振电路和开关 S_2 、 S_3 ，并返回次级线圈 24S。由于电容器 $C_2 - C_6$ 被有效地短路，因此，电流 I_s 只流过由电容器 C_1 和电感器 L_1 形成的谐振电路。

15

在时钟周期的第二区段期间，控制信号 CS_1 转换为高状态，控制信号 CS_2 转换为低状态，控制信号 $CS_3 - CS_6$ 保持逻辑高状态。这样，开关 S_1 关闭，开关 S_2 打开，开关 $S_3 - S_6$ 保持关闭。电流 I_s 不再流过电容器 C_1 ，而是从抽头 T_s 经由电容器 C_2 和电感器 L_2 形成的谐振电路，并流过开关 S_1 和 S_3 到达抽头 T_{s3} 。同时，电容器 1 中存储的能量放入开关 S_1 中，电感器 L_1 中的任何电流由闭合的开关 S_1 旁路而不流过电容器 C_1 。电感器 L_1 中的电流按指数衰减，它由开关 S_1 闭合时在电感器 L_1 中流过的任何剩余电流的衰减和因电感器 L_1 和电感器 L_2 之间的相互耦合而产生感应振荡电流组成。感应电流将产生磁场，它将加热基座 14 的外部区域以及开关 S_1 本身。如果基座靠近线圈，这种影响就会极大地减小，因为电感器 L_2 的磁场中大部分能量将在基座中消耗，而不会耦合到电感器 L_1 中。所以，对这种类型的电源开关

20

25

30

来说,基座应该靠近线圈,以便减小线圈各部分间相互耦合。电容器 C_1 放电感生的流经下线圈 20 外段的电流,以产生磁力线贯穿基座 14 外侧区域的磁场。这些磁力线在基座 14 的外侧区域内感生涡流。基座 14 外侧区域往复的电子合成流产生了从外侧区域对应晶片 16 的外侧区段辐射的热能。

5 当沿直径朝下线圈 20 的中心移动时,由下线圈 20 的外段内的线圈中产生的磁场就极大地减小。这样,尽管由下线圈 20 的外段产生的磁力线贯穿位于中间区域内的基座 14 的各区段,但中间区域中产生的合成涡流比在外部区域内产生的涡流小一个以上数量级。因此,在时钟周期的第一区段期间,热能实质上在基座 14 的外侧区域产生。

10 重复进行上述过程,直到电流 I_s 按顺序提供给下线圈 20 和上线圈 18 的六段中的每一个,从而导致在基座 14 的外部到内部区域中、然后在室顶 12 的外部到内部区域内顺序产生热能。按这种方式,热能首先从晶片 16 下方向晶片 16 的外部传导。然后,热能从晶片 16 的下方向晶片 16 的中部传导,如此下去,直到热能从晶片 16 上方经室顶 12 的内侧区域向对应晶片
15 16 的内侧部分传导。某些区域可能达 2,000 伏特和 2,000 安培。由于电感加热电路是高电压、大电流电路,因此水历经上述的抽头管进入上、下线圈 18、20,以冷却它们和与其有关的抽头。此外,在装和卸晶片 16 时,通过使室顶 12 的温度保持在 1100°C 而不使基座降到 800°C 以下就可以使电源消耗和过渡时间减至最小。这样,只有温度从 800°C 到 1100°C 的基座 14 加热
20 期间才需要高功率。因而减小了把温度升高到晶片处理温度所需的时间和功率以及保持处理温度所需的功率。例如,使用 60-80KW 的功率约 30 秒钟可以将晶片从 800°C 加热到 1100°C ,但用约 20KW 的功率就可保持该温度。

按根据本发明的其它实施例,不是使用选择性向个区域提供功率的开关,
25 而是使用用于扫频的变频电源。每个电容器 $C_1 - C_6$ 可调到特定频率。所以能构成谐振电路 22,以便每个线圈段-电容器对 L_n/C_n 以不同频率谐振。根据控制电路 30 提供的控制信号 CSP_n ,电源 26 在 60Hz 周期(每 16 毫秒一次)上扫描输入波形的频率。按一种实施例,电源 26 改变电流波形的频率,使对应各电容器 $C_1 - C_6$ 的六个调谐频率 $f_1 - f_6$ 中每一个频率的持续
30 时间分别为 $t_1 - t_6$ 。

例如,如果电流波形的瞬态频率比调谐电容器 C_1 的频率 f_1 大得多,则

电容器 C_1 将在抽头 T_1 和 T_2 之间提供低阻抗电流通路，从而在时间 t_1 内短路下线圈 20 的外侧段。另一方面，如果电流波形的频率比 L_1/C_1 对调到的频率低很多，则电感器 L_1 将提供低阻抗通道并以高频率情况相似的方式短路外侧段的电流。只有当瞬态频率等于调谐频率 f_1 时， L_1/C_1 对谐振的电流
5 倍增效应才奏效，建立电流并在时间 t_1 中在基座 14 的外侧区域中生成极大的热量。换句话说，只有当电源 26 供应电流频率为 f_1 的波形时，才向基座 14 的外侧区域提供电流，以在其中产生热量。

在该方式中，可以控制在基座 14 各个区域和室顶 12 的每一个中产生的热量，以便通过控制电源 26 提供的电流频率和时间来实现整个晶片 16
10 的表面温度均匀。需要说明的是，在这种实施例 中，开关 $S_1 - S_6$ 保持打开状态，或在某些实施例中从谐振电路 22 中去掉开关。

使用这些或其它的向各个区域提供功率的适合方法时，具有以不同间隔设置的多个抽头的两个单线圈可以通过控制电源施加给上、下线圈每段的时间周期来加热晶体的不同区段。这样，可以通过调整对六个区域的每个
15 个供应电源的相对时间来补偿晶片的不均匀热损失。使用六个温度传感器 28 的反馈系统为控制电路 30 提供信息，调整供应给每个区域的功率。

参见图 1，若干个温度传感器 28 设置在反应装置 5 的周围。在本实施例中，三个传感器 28 设置在钟罩 6 的透明石英窗口的上方，两个传感器 28 位于基座 8 的透明石英窗口 9 的下方，一个传感器 28 位于管 3 的下方。每个
20 个传感器 28 测量与特定区域的线圈 18 或 20 的区段间的温度，以致需要使用六个传感器 28 测量室顶 12 的三个区域和基座 14 的三个区域温度。温度传感器 28 可以是任何一种适宜的“非接触型”温度检测器件，如传统的温度控制系统中使用的
光测高温计。

在图 4 中，每一个温度传感器 28 与控制电路 30 的输入端连接，以提供表示基座 14 和室顶 12 的有关部分温度的信息，然后控制电路 30 使用该
25 信息以确定整个基座 14 和室顶 12 的温度波动。接下来，控制电路 30 调整控制信号 CSP_n 和 $CS_1 - CS_6$ ，提供均匀加热和冷却速率以及保持整个基座 14 和室顶 12 的精确、均匀的温度。每个传感器 28 具有补偿温度变化的相关的独立控制电路。每个独立控制电路调整其有关区域内的温度变化，这种调整与其它区域的温度测量无关。例如，如果每个传感器 28 在其区域中
30 测量的温度为 100°C ，并希望每个区域在 10 秒钟内达到 200°C ，则每个控

制电路将提供以 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 的速率加热相关区域的所需控制信号。然后，每个传感器 28 监视相关区域的温度，并供应保持希望温度的所需控制信号。这些类型的反馈电路在本技术领域中公知的。

这样，根据这些温度读数控制电路 30 调整供给下部线圈 20 或上部线圈 18 的每个区域的电流和供给功率的时间。如果使用开关选择性地对各区域供电，则控制电路 30 调整处于上述逻辑低状态的控制信号 $\text{CS}_1 - \text{CS}_6$ 的每个时钟周期的相关部分，以便改变基座 14 和室顶 12 的每个区域中产生的热量。另一方面，如果用扫频选择预定区域，则控制电路 30 确定各个电流波形的时间 $t_1 - t_6$ 和频率 $f_1 - f_6$ 以及以恒定和均匀处理温度的方式保持基座 14 和室顶 12 温度所需的功率值。这样，通过控制每个输入波形的周期和终点，控制电路 30 就可以控制基座 14 和室顶 12 的每个区域内产生热量的电流。因此，系统 1 不仅具有以均匀方式增加和减小晶片 16 温度的能力，而且还能够保持晶片 16 恒定和均匀的温度。由于具有每 16 毫秒使功率值变化的能力，因而控制电路 30 能够使基座 14 或室顶 12 的温度保持高达 $\pm 1/2^{\circ}\text{C}$ 的精确度。可以使用传统的控制算法以确保调配向上、下线圈 18、20 的每一个区域提供的功率，以便以均匀方式升高和下降晶片 16 的温度、在处理期间使晶片温度保持恒定和均匀和以均匀方式冷却晶片 16。

由于晶片 16 的温度能够快速和均匀降低，因而本发明的系统 1 还能够减小与温度梯度有关的滑移缺陷。在处理之后，晶片 16、基座 14 和室顶 12 立刻达到几乎相同的温度，即为 1100°C 或更高的反应温度。当基座 14 从 1100°C 冷却到 800°C 以卸下晶片 16 时，基座 14 和晶片 16 的外部以大于内部的速率辐射热量。因此，上述的温度控制系统通过向外部施加更多的热量来补偿不均匀性，从而有助于晶片 16 的均匀冷却。当晶片 16 的温度接近 800°C 时，滑移缺陷极不明显。在冷却处理期间，热从晶片 16 传递到基座 14，又把热传递到下线圈 20。然后，热散到下线圈 20 内的循环水中。按这种方式，晶片可以在一分钟内从 1100°C 反应温度冷却到 800°C 晶片卸下温度。

这样，按本实施例，所有的开关系统能根据电流波形的变化几乎瞬时改变流过下线圈 20 和上线圈 18 的各线圈段的电流。由线圈在基座 14 和室顶 12 的每个段中产生的热根据流过其中的电流变化迅速改变。所产生的基座 14 和室顶 12 的优良热响应使加热系统 1 在基座晶片 16 内、中、外部中

的温度快速变化。加热系统 1 更快速校正晶片 16 中温度偏差的能力增加了精确度并使晶片 16 保持恒定均匀的处理温度。

尽管已经说明了本发明的具体实施例，但应该明白，在不脱离本发明范围的条件下本领域的技术人员能够对实施例作出改变和改进。因此，权利要求书覆盖了落入本发明真实精神和范围内的所有这种变化和改进。

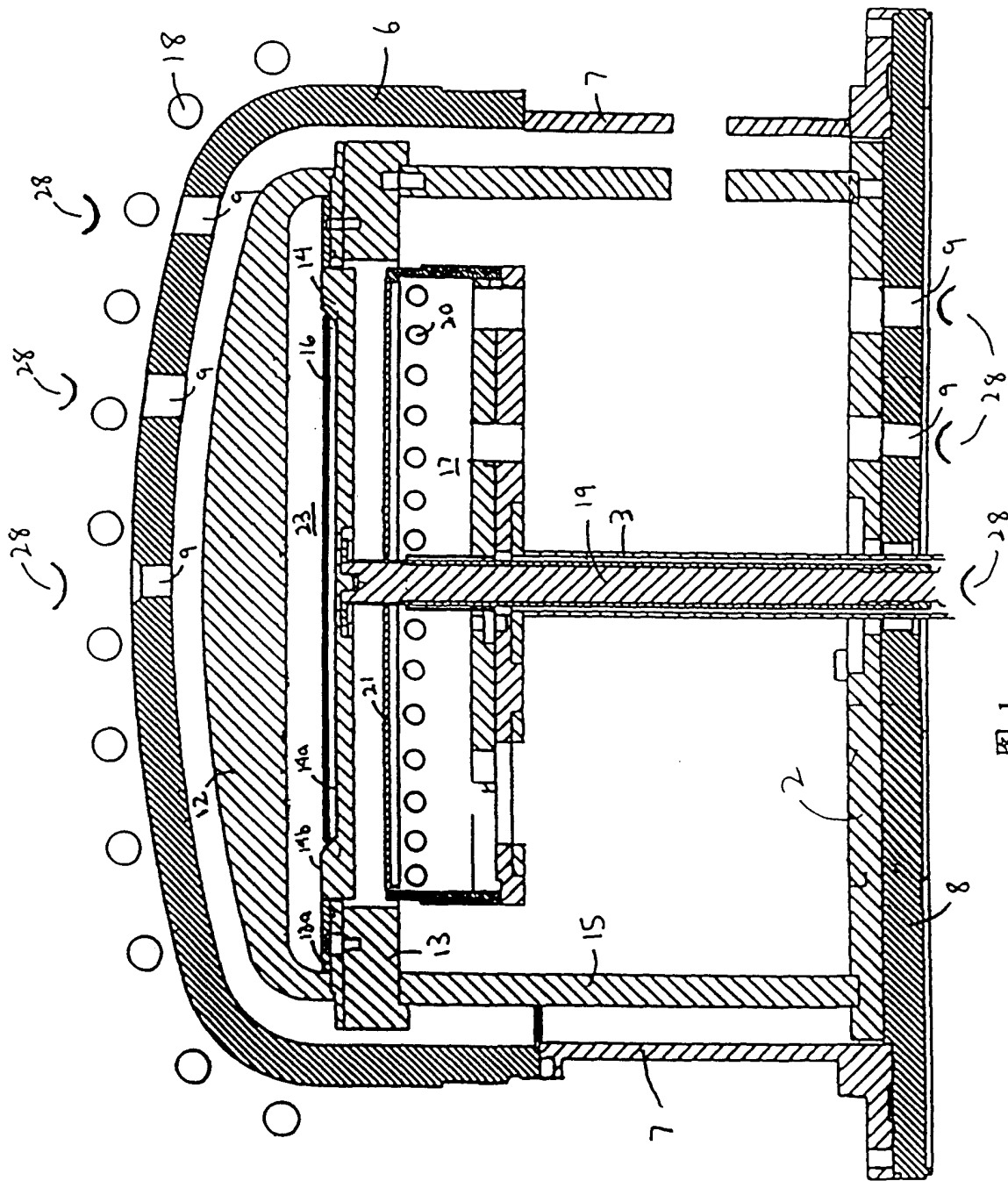


图1

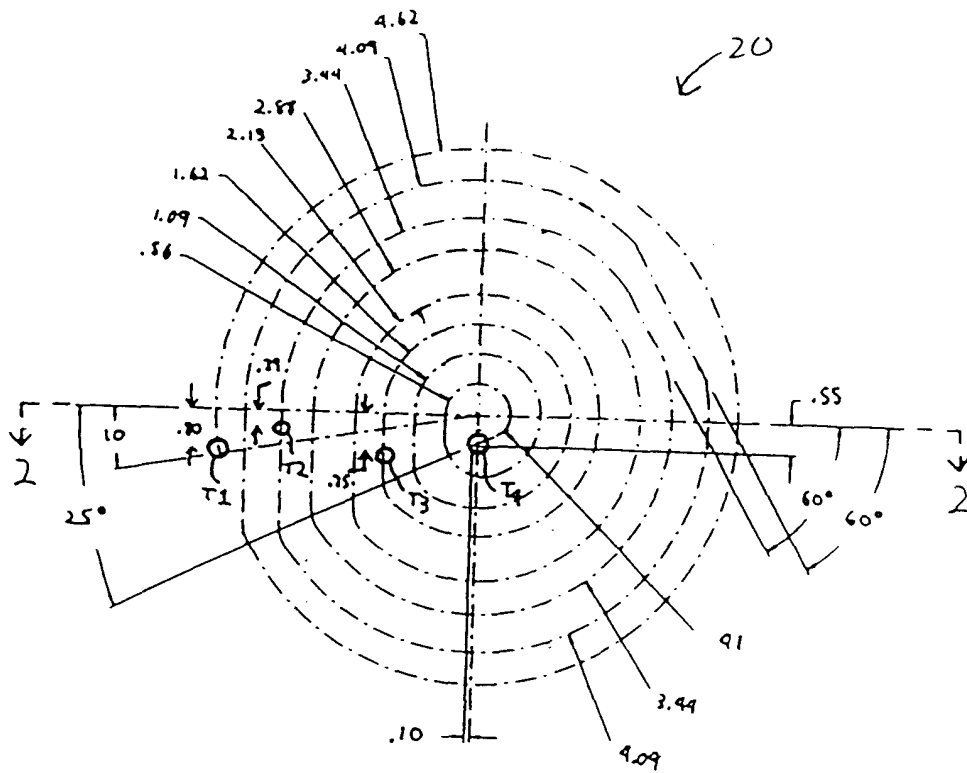


图 2A

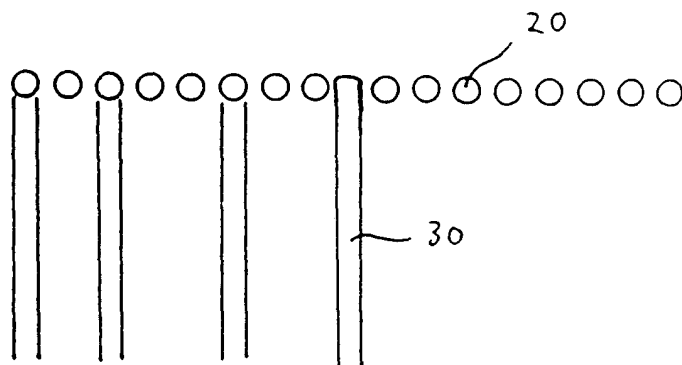


图 2B

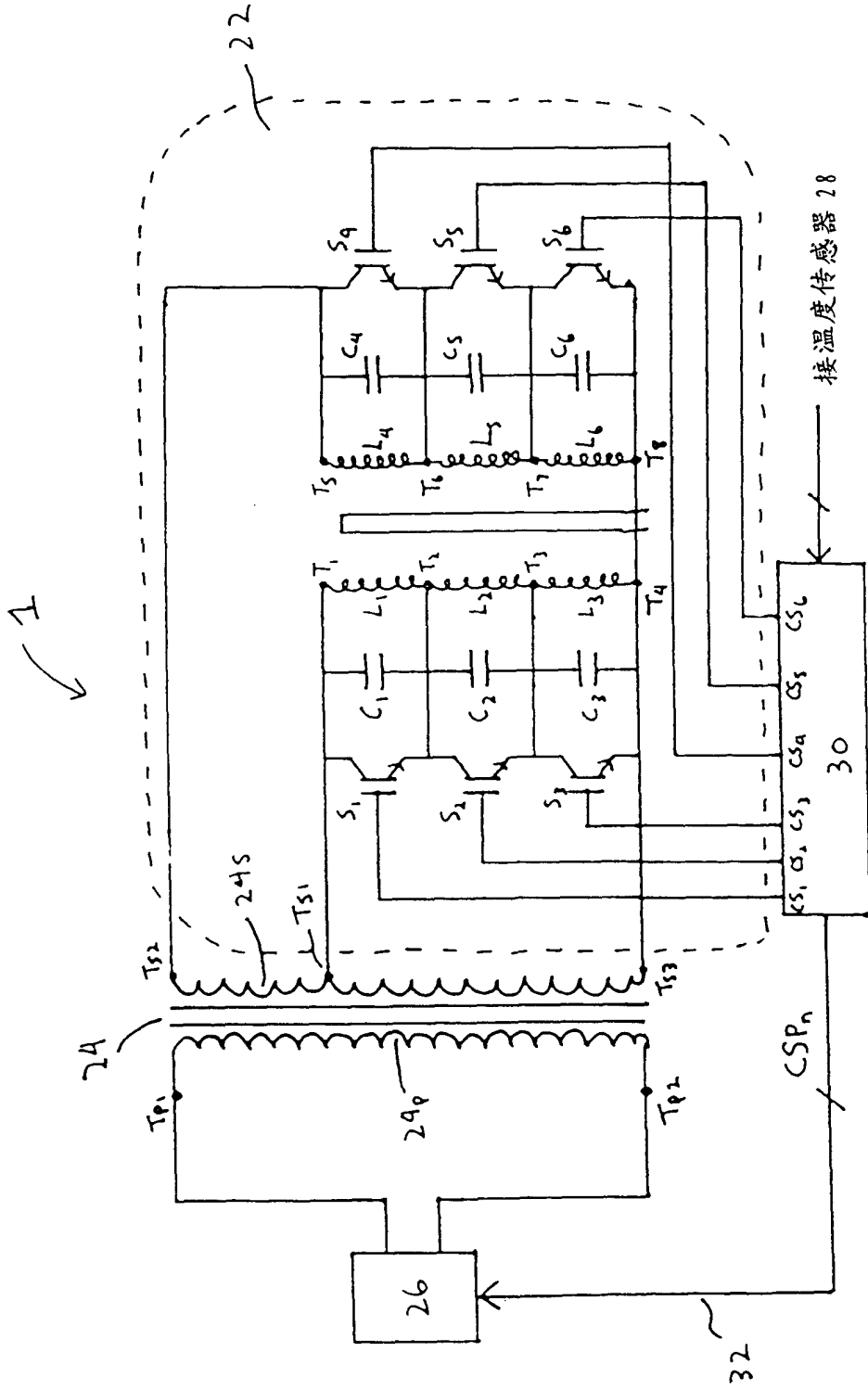


图 4