



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102947013 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201180015046. 5

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

(22) 申请日 2011. 04. 08

11247

代理人 杨晓光 于静

(30) 优先权数据

61/321, 910 2010. 04. 08 US

(51) Int. Cl.

B05D 3/06 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 09. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/031663 2011. 04. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02011/127335 EN 2011. 10. 13

(71) 申请人 NCC 纳诺责任有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 K·A·施罗德 S·C·麦克库

D·K·杰克逊

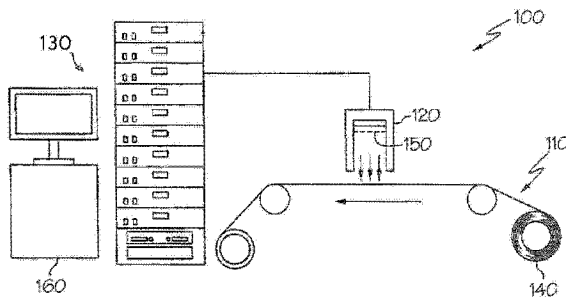
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 5 页

## (54) 发明名称

用于在移动基板上提供瞬态热分布处理的装置

## (57) 摘要

公开了一种用于使用来自闪光灯的脉冲光热处理低温基板上的材料的方法和装置。将材料传送通过闪光灯。由脉宽调制来形成光脉冲,以设计脉冲的形状从而在基板上生成热梯度,使材料能够被加热到超出基板的最大加工温度而不会损坏。其整形的脉冲速率与传送系统的传送速度同步。通过使用来自反馈传感器的信息,重新计算热梯度以实时地改变脉冲形状,用于实时地优化随后的固化而不对固化装置断电。组合的脉冲整形和同步允许设计在传送方向上均匀固化的样品的温度分布。



1. 一种用于固化移动基板上的薄膜的装置,所述装置包括:  
传送系统,用于移动在所述基板上设置的薄膜的层;  
数据处理系统,用于允许用户设计用于固化所述薄膜的特定热分布;  
闪光灯控制器,用于根据所述优化热分布调制脉冲的脉冲宽度;以及  
闪光灯,用于在相对于所述闪光灯移动所述薄膜时将脉宽调制的电磁脉冲提供给所述薄膜。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述脉宽调制的电磁脉冲包括至少两个用于形成整形脉冲的微脉冲。
3. 根据权利要求1所述的装置,其中所述基板具有小于450℃的分解温度。
4. 根据权利要求1所述的装置,其中所述基板由塑料构成。
5. 根据权利要求1所述的装置,其中所述基板由纸构成。
6. 根据权利要求1所述的装置,其中所述基板由聚合物构成。
7. 根据权利要求1所述的装置,其中所述固化系统的瞬时功率大于5MW。
8. 根据权利要求1所述的装置,其中响应于来自传感器的输入改变所述脉宽调制的电磁脉冲的时序而不对所述装置进行断电。

## 用于在移动基板上提供瞬态热分布处理的装置

[0001] 优先权利

[0002] 本申请根据 35U. S. C 第 119 (e) (1) 要求在 2010 年 4 月 8 日提交的序号为 61/321, 910 的临时申请的优先权, 此处通过引用将其内容并入。

### 技术领域

[0003] 本发明一般涉及用于固化基板上的薄膜的装置, 并且更具体地, 涉及用于提供在移动基板上的薄膜的瞬态热分布处理的装置。

### 背景技术

[0004] 通常基板的特性限制薄膜的热处理。由于基板的成本可能是最终产品的整个成本的重要部分, 通常优选廉价基板。廉价基板, 例如聚合物或纤维素, 趋于比更昂贵的基板(例如, 玻璃或陶瓷)具有更低的最大加工温度。因此, 当在低温度基板上热处理薄膜时, 典型地将整个基板叠层加热到基板的最大加工温度, 以使处理时间最小化。

[0005] 一些薄膜材料要求与低温度基板不兼容的更高等级的热处理。解决方案可以是增加处理时间或增加温度的形式。前一解决方案通过降低吞吐量而增加了成本并且对于许多类型的薄膜仍然可能是不足的。后一解决方案通常要求使用能够经受更高处理温度的更为昂贵的基板。因此, 从经济的角度来看, 两种解决方案都不是所期望的。

### 发明内容

[0006] 当由于特殊应用可能要求特定特性而导致在实践上不能使用低温基板时, 仍然希望快速地处理材料。例如, 在高速处理期间需要控制瞬态热分布, 以避免因热应力而损坏材料。因此, 希望提供以相对高速度来热处理薄膜叠层而不损坏它们的装置。

[0007] 根据本发明的优选实施方式, 热处理装置包括: 计算机控制系统、传送系统、闪光灯控制器和闪光灯。计算机控制系统包括模拟程序, 以允许用户定制设计用于固化特殊薄膜叠层的特定热分布。包括电源和闪光灯驱动器的闪光灯控制器, 调制脉冲宽度以实现薄膜叠层的特定热分布。闪光灯控制器发送脉宽调制的光以固化薄膜, 同时传送系统相对于闪光灯移动所述薄膜。来自一个或多个传感器的输入由计算机控制系统接收, 并且由热模拟器处理以将所期望的热处理分布发送到控制计算机系统。

[0008] 在下面详细书写的说明书中, 将会更加了解本发明的所有特征和优点。

### 附图说明

[0009] 当结合附图进行阅读时, 通过参考下面对示例性实施方式的详细说明可以更好地理解本发明自身, 以及优选的使用模式、其他目的和本发明的优点, 其中:

[0010] 图 1 是根据本发明优选实施方式的热处理装置的示意图;

[0011] 图 2 是来自图 1 的热处理装置中的闪光灯控制器的框图;

[0012] 图 3 至 9 是各种模拟热分布的波形。

## 具体实施方式

[0013] 当在低温基板上利用脉冲光瞬时处理薄膜时,希望控制到基板的热分布。当瞬时加热时,如果对低温基板进行快速加热和快速冷却,可能将低温基板上的薄膜加热到远超过低温基板的最大加工温度且不损坏。这样允许选择与较高温度基板相比具有更低最大加工温度的基板,其中较高温度基板通常总是更为昂贵。例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯具有150°C的最大加工温度。如果加热时间非常短并且冷却速度非常快,则在PET表面上可将薄膜可以加热到超过1000°C。通过固化光脉冲的形状以及薄膜和基板的物理特性和尺寸来确定加热时间和冷却速度。热处理的优化通常涉及对热分布的控制。

[0014] 在工业热处理领域,“控制热分布”通常意味着在时间上控制材料的温度。简单的热分布以坡升(ramp-up)阶段为开始,其中在坡升阶段中在特定时间量内以特定速率增加温度,随后是“均热”或恒定温度阶段,并且以坡降阶段为结束,其中在坡降阶段中在特定时间量内以特定速率降低温度。坡升和坡降热分布的目的是避免被处理的材料中的热梯度。

[0015] 可以按批量或连续方式来处理材料。在批量处理中,将材料放置在炉中,在炉中随时间改变材料的温度以实现用于材料的温度对时间分布。在连续处理中,将各种区域保持在不同的温度并且传送材料通过各种区域,从而实现用于材料的温度对时间分布。在批量和连续处理中,要被处理的材料通常处于热平衡。这些通常的方法应用到热加热以及微波、射频、感应加热、辐射加热等。

[0016] 对于本发明,“控制热分布”意味着在时间和空间上控制薄膜叠层(例如基板上的薄膜)的温度。此处介绍的热处理基本上是批量处理,但是实际中,由于其连续地处理被传送的材料,所以它是连续的,例如传送器上的移动网或片。

[0017] 对于本发明,热处理或固化包括:干燥(驱离溶剂)、颗粒烧结、致密化、化学反应初始化、化学反应调制、相转换、晶粒增长、退火、表面官能化、热处理等。当在热脆性基板上热处理材料时,热脆性基板例如是纸、塑料、或聚合物,当固化是强烈的和瞬态的而不是连续平衡处理时,由于材料中可能达到的且不损坏基板的温度更高,可以达到更好的固化。相比于传统热处理,本发明有意地避免处理过程中的热平衡。

[0018] 现在,参照附图并且特别地参照图1,图1描述了根据本发明优选实施方式的固化装置的示意图。如图所示,固化装置100包括传送系统110、具有闪光灯150的闪光灯头120和闪光灯控制器130。低电感电缆125连接在闪光灯控制器130和闪光灯头120之间。传送系统110移动薄膜叠层140通过闪光灯头120,且闪光灯控制器130将使用脉宽调制(PWM)的电流的整形脉冲提供给闪光灯头150,使得整形的脉冲与传送系统110上薄膜的传送速度同步。薄膜叠层140包括放置在诸如聚合物或纸的低温基板上的薄膜。优选地,闪光灯150是利用诸如氙、氪、氩的气体填充的密封闪光灯。闪光灯150还可以是水冷壁闪光灯,有时被称为定向等离子体电弧(DPA)灯。

[0019] 闪光灯控制器130包括控制计算机160。控制计算机160优选地包括处理单元、输入设备(例如键盘、鼠标、触摸屏等)、以及输出设备(例如,监视器),上述设备是所属领域的技术人员所熟知的。对于本实施方式,控制计算机160为运行在3GHz且具有2GB系统内存的双核机器。

[0020] 为了脉宽调制给定持续时间的脉冲序列,需要每个单独脉冲相对较短,以提供脉

冲整形(shaping)。此外,由于对于部分时间没有开启脉冲,脉冲需要比提供单个脉冲的源具有更高的强度。因此,固化装置 100 需要能够以超过  $100\text{kW}/\text{cm}^2$  的峰值功率提供短至 10 微秒的脉冲长度。此外,用于脉冲的 PWM 频率可以如快至 50kHz。

[0021] 每个脉冲包括形成整形脉冲的至少两个微脉冲。这允许为最佳固化定制薄膜叠层 140 的温度分布。在其最简单的形式中,包括均匀微脉冲的整形脉冲具有六个变量或控制参数:i. 强度(电压),ii. 脉冲长度,iii. 在薄膜叠层上任意指定区域中入射在基板上的脉冲的平均数量,iv. 脉冲重复频率,v. 微脉冲的数量以及vi 微脉冲的占空比。当微脉冲不均匀时,还指定每个微脉冲的持续时间和延迟,结果是 8 个控制参数。可以连续地并且即时(on the fly)改变到闪光灯的功率递送系统的 8 个变量。这允许响应于在固化之前或之后的传感器数据,使固化参数实时适应膜或基板的改变。这两个量产生具有优化且一致结果的固化膜,并且具有比现有技术显著更高的产量,其中现有技术要求系统断电(power down)几分钟以改变任意脉冲特性。此外,可以在大约 0.1% 分辨率内连续改变脉冲特性,其导致对固化的更为紧凑(tighter)的优化控制。现有技术具有离散的改变。控制参数初始地输入如下所述的热模拟,并且随后将这些参数用作到闪光灯控制器 130 的输入。

[0022] 来自闪光灯 150 的光脉冲的形状以及薄膜和基板的物理特性和尺寸,可以影响热梯度和对薄膜进行处理而不损坏基板的随后的温度。因此,固化装置 100 还包括用于收集来自固化装置 100 的不同部分的各种信息的多个传感器(未示出)。将来自传感器的收集信息和用户输入馈送回计算机控制系统 160,在计算机控制系统中可对热分布进行重新计算。使用重新计算的热分布,当在闪光灯 150 下传送薄膜叠层时,闪光灯控制器 130 控制闪光灯 150 递送给薄膜叠层的光的波形。

[0023] 可以使用传感器来测量处理的产品性能的直接或间接指示。例如,霍尔效应传感器可以用于监测固化的金属迹线(trace)的导电性,并且调整处理参数以保持控制带内的导电性。可以使用许多其他类型的接触或非接触传感器,连续地或间断地监测产品性能以允许闪光灯 150 的输出波形的实时调整。

[0024] 现在参照图 2,图 2 描述了闪光灯控制器 130 的框图。如图所示,闪光灯控制器 130 包括编码器 210、任意波形生成器 220、热模拟器 225 以及控制计算机 160。初始地,用户将薄膜叠层特性 240 和所期望的处理等级 250 输入到闪光灯控制器 130。在从传送系统 100 (从图 1) 接收到输入(例如传送速度)和附加的系统限制 270 之后,编码器 210 提供触发信号给计算机,计算机在适当的时间将信号发送给任意波形生成器 220,用于对位于传送系统 110 上的薄膜进行固化。利用触发信号,任意波形生成器 220 能够基于用户输入 240 和 250 生成各种形状和时序的波形。任意波形生成器 220 将波形信号发送给闪光灯驱动器 230,其中所述闪光灯驱动器 230 将波形信号放大以用于驱动闪光灯 150 (从图 1)。

[0025] 除了能够设计薄膜叠层 140 中的热分布之外,闪光灯控制器 130 能够通过使用极低电感功率递送系统实现的 PWM 基于从多个传感器接收的信息,连续地且即时地改变固化参数。在从多个传感器 260 接收到反馈信息以及系统限制信息 270 之后,控制计算机 160 利用来自热模拟器 225 的信息重新计算新的固化条件,并且将新的固化条件发送到任意波形生成器 220,其将波形信号发送到对用于驱动闪光灯 150 (从图 1) 的波形信号进行放大的闪光灯驱动器 230。

[0026] 反馈信息允许参数的连续和实时调整,参数例如是固化装置 100 的脉冲能量、脉

冲持续时间、脉冲波形等。在软件和 / 或硬件控制下,在具有 0.1% 分辨率的毫秒时间帧上改变上面提及的所有参数。

[0027] 快速时间和细粒控制是热处理应用中都是重要的。如果基板以 1000 英尺每分钟的速度移动,前者允许在 0.2 英寸(假设 1ms 响应)内的处理参数的调整(1000FPM=16.7FPS=0.167 英尺每毫秒或 2 英寸每毫秒)。

[0028] 在任意固化操作之前,用户可以将薄膜叠层 140 的各种参数输入到安装在控制计算机 160 中的热叠层模拟程序中,所述参数例如层的数量、以及厚度、热传导性、密度、热容量、以及每个层的光学吸收深度。输入到薄膜叠层 140 的热模拟中的脉冲控制参数还可以用作对闪光灯控制器 130 的输入。薄膜叠层 140 可以具有特定厚度、热系数以及吸收系数的任意数量的不同材料的层。一些印刷电子设备具有多至 10 个层,必须在它们的热限制中处理每个层。

[0029] 在已经输入了薄膜叠层 140 的传送速度之后,可通过控制计算机 160 中的模拟程序来计算每个整形脉冲之间的时间延迟。控制计算机 160 中热叠层模拟程序于是生成薄膜叠层 140 的时间和空间上的模拟的热分布。

[0030] 模拟输出是加热事件期间和之后在薄膜叠层 140 中温度对时间和位置的图形。由于薄膜叠层 140 的每个层的吸收系数是特定的,包括薄膜叠层 140 的中心的一个或多个层可以共享辐射吸收,导致薄膜叠层 140 内复杂的热分布。

[0031] 来自模拟结果的功率输入对时间参数可以用作到闪光灯控制器 130 的输入。闪光灯控制器 130 内的闪光灯驱动器 230 的电源模块于是可以将闪光灯驱动器 230 中的电容器充电到特定电压。在一些应用中,这必须在一微秒内发生,以确保一致的处理。闪光灯驱动器 230 切换在每个模块中电容器组,以通过低阻抗电缆将电流发送到闪光灯头 120,以照射薄膜叠层 140。将脉冲序列与传送系统 110 上的薄膜叠层 140 的传送速度相同步。

[0032] 图 3 示出了当 PET 150 微米厚的板上 0.5 微米厚的吸收器吸收 1ms 长的恒定功率脉冲(总辐射暴露:1.49J/cm<sup>2</sup>)时的热分布。在吸收器的表面处(由于吸收器太薄,因而也是在 PET 的表面处)到达的峰值温度大约是 1000°C。在 1ms 之后,在表面处的热扩散到 PET 的体中。在大约 30ms 之后,叠层接近热平衡。

[0033] 图 4 示出了具有与图 3 中的条件相同的条件的热分布,但是时间标度可与脉冲持续时间相比。在加热期间,观察到在 PET 背面的温度实际未改变。

[0034] 图 5 示出了具有与图 4 的相似的包络脉冲长度和峰值温度的热分布,但是包括 10 个相同间隔的微脉冲。微脉冲导致与图 4 的单个脉冲相比对基板更小的损害。

[0035] 图 6 示出了与图 5 的热分布类似的热分布,但是具有更低密度和以 100Hz 重复脉冲三次。这是在基板不移动时的温度分布。当基板移动,并且闪光灯脉冲频率与传送速度同步时,通过下式来给出频率:

$$1.67 \times S \times O$$

[0036]  $f = \frac{1.67 \times S \times O}{W}$

**W**

[0037] 其中:

[0038]  $f =$  闪光灯整形脉冲速率 [Hz]

[0039] S= 网速度 [ 米 / 分钟 ]

[0040] O= 重叠因子(即,在任意指定点处,由基板接收的闪光灯脉冲的平均数量)

[0041] W= 在传送方向上的固化头宽度 [ 厘米 ]

[0042] 例如,通过 100m/ 分钟的传送速度,以及 4 的重叠因子,以及 7 厘米的固化头宽度,频闪的脉冲速率是 95.4Hz。

[0043] 假设固化头的宽度比基板在脉冲期间移动的距离要长,图 6 中示出的热分布近似等于移动基板的热分布。在 100 米 / 分钟下,在脉冲期间,基板仅移动 1.6mm。由于基板传送方向上的固化头宽度是 7 厘米或接近 50 倍更大,这是合理的近似值。

[0044] 实例 1 :在 150 微米厚 PET 上的薄膜的快速干燥

[0045] 具有足够强度的快速脉冲加热源可以按比连续源更快的非破坏方式干燥低温基板上的薄膜。当将图 4 的各个脉冲分成图 5 的多个脉冲时,允许薄膜在快速加热处理期间进行呼吸,由此防止膜的粘合的失败,而仍非常快速地干燥膜。在本发明的上下文中,“呼吸”意味着允许用于演进玻璃(evolved glass)的非破坏传递运输。整形脉冲可以同步到移动网,如图 6 中所示。

[0046] 注意的是,这具有与快速小脉冲的连续序列非常不同的效果。在那种情况下,表面没有达到本发明中实现的峰值温度。因此,其具有更低的处理速率,并且与本发明相比倾向于加热基板的体。

[0047] 实例 2 :聚合物基板的表面处的温度控制

[0048] 图 7 示出了与图 5 相同的热叠层的热分布。实现的峰值温度和包括脉冲宽度在两种情况下是相同的。然而,在图 7 中,坡升速率更快,以及峰值温度保持脉冲的持续时间。当这被实现时,可以在相同的 1ms 间隔内,向薄膜传递多个 12% 的能量。当烧结金属墨以形成导体时,该小的改善可以导致薄膜的两倍的导电性。这是通过调整整形脉冲的每个单独微脉冲的持续时间和延迟来完成的。由于薄膜的表面仍仅达到 1000°C,这种固化分布导致在不损坏易碎基板的情况下对薄膜的更好的固化。

[0049] 图 8 出了更为复杂波形的热分布,其中在聚酰亚胺基板的表面上加热薄膜。波形示出了在 1ms 时标上形成不同的坡升、均热、松弛、以及均热阶段的复杂热分布。通常,聚酰亚胺容忍超过 450°C 的温度,所以本发明的方法能够在超出上述温度的情况下在表面上进行处理。

[0050] 实施例 3 :通过气体生成的调制来防止薄膜中的粘合失败。

[0051] 制备水铜前体墨,包括在包含乙二醇和甘油的基料中的 10.0 重量 % 的氧化铜(II)、4.5 重量 % 的醋酸铜(II)。使用 Epson Stylus C88 喷墨打印机在 125 微米厚 PET 片上印刷迹线。在利用闪光灯进行固化时,通过乙二醇和甘油来还原氧化铜和醋酸铜,以形成导电铜金属的膜。这种还原反应生成适量的气体。

[0052] 使用本发明利用下面的条件来固化印刷膜 :电压 250V、包络脉冲持续时间 =1050 微秒、具有 0.6 的占空比的 4 个微脉冲(即,每个微脉冲是 175 微秒长,脉冲之间具有 117 微秒的延迟),重叠因子 =3,网速度 =6.4 米 / 分钟。样本成品率在 3.7 欧姆 / 方块的平均薄层电阻下为 100%。

[0053] 当利用相同的设备固化相同的迹线但是仅具有单个脉冲时,气体散出造成迹线的粘合失败导致仅 64% 的样本成品率的。平均薄层电阻是 5.2 欧姆 / 方块。改变任意输入变

量导致更少的导电性或较差成品率的迹线。

[0054] 实施例 4 :玻璃基板内的温度分布控制

[0055] 当闪光灯在玻璃上加热薄膜过于强烈,玻璃可能在界面附近开裂。这是由于造成玻璃膨胀差异的玻璃中的强热梯度。当玻璃中的应力超过玻璃的屈服强度时,其故障。通过对加热脉冲进行整形,可以获得薄膜的强固化,而不超出玻璃内的临界温度梯度。这种技术允许用更弱(以及更便宜)形式的玻璃替换更强(以及更为昂贵)形式的玻璃。

[0056] 图 9 示出了在重复地脉冲模式的在硼硅酸盐玻璃上的图 8 的复杂波形,其中控制热梯度以防止开裂。

[0057] 通过增加实时反馈系统,很大程度上扩展了本发明的实用性。由于与现有技术不同,本发明允许脉冲能量、脉冲持续时间以及甚至是脉冲波形的连续和实时的可调整性,本发明的这种反馈是独特地切实可行的。在软件和 / 或硬件控制下,在典型地具有 0.1% 分辨率的毫秒时间帧上可以改变所有 8 个参数。在这种系统中,使用一个或多个传感器来监测引入的或处理的产品或频闪输出特性,以及与反馈硬件和软件进行结合以调整处理参数,从而补偿改变、优化产品特性、或甚至有意地变化或调制产品特性。

[0058] 即使在高速卷到卷系统上,通过将处理带回到控制带中且不浪费任何产品,快速的时间和细粒控制是重要的。这样进一步消除对切出或丢弃不好的产品的需要。

[0059] 由于在许多强度 2% 的变化可能导致 10% 或产品性能(例如,电阻率)中的更大变化的情况中,固化处理已经被证明是高度非线性的,所以高分辨率连续可调整性是重要的。这样使得具有粗离散参数控制的系统基本上不适用于要求较好质量控制的商业处理。

[0060] 在一些应用中,有利的是通过调整快速脉冲序列的频率和电压,且保持相同的脉冲序列长度,调整闪光灯 150 的脉冲的谱含量。这具有调整谱的 uv 含量且仍保持整形脉冲的平均功率和脉冲持续时间的效果。使用诸如可调整的液体过滤器的高功率吸收器或波长调节光学部件中的受控反射角度,由闪光灯系统发射的谱可进一步被实时地调整。

[0061] 存在可以用于实现任意波形生成器 220 的反馈控制的四种类型的传感器:

[0062] 1. 上游传感器,其检测未处理产品中故意的或非故意的变化,例如产品空间模式(spatial pattern)、温度、印刷厚度、干燥程度。

[0063] 2. 下游传感器,其检测处理后的产品性能的漂移,例如迹线导电性或基板损伤。

[0064] 3. 闪光灯发射传感器,其检测灯的光输出的长期变化以及光输出的短期变化,以正确地建模输入到产品的依赖于时间的热。

[0065] 4. 灯驱动器状态传感器,其使控制软件能够适于限制灯驱动器能力,以产生最佳的驱动波形 - 例如,电源的充电速率将会限制高速率操作期间可用的脉冲能量。

[0066] 下面给出实践中如何使用三种类型的传感器的实例。响应于光二极管传感器,基本反馈应用自动地调整系统输出强度以补偿闪光灯输出在百万脉冲上的不可避免的逐渐和连续退化。这样改善了产品质量并且扩展了有用的闪光灯寿命。这种相同的方法可扩展为补偿包括窗口雾的闪光系统中的任意常规改变。

[0067] 更为复杂的反馈系统使用产品软 X 射线发射来检测施加的墨或膜的涂敷重量,并且调整脉冲参数以优化要处理的产品的变化。这种相同的方法可以被扩展为补偿产品特性中的大部分不受控变化。

[0068] 可以使用传感器来测量处理的产品性能的直接或间接指示。例如,霍尔效应传感



器可以用于监测固化金属迹线的导电性并且调整驱动波形参数以保持控制带中的导电性。许多其他接触或非接触传感器可以用于连续地或间断地监测产品性能,以允许频闪输出波形的实时调整。

[0069] 这些反馈方法中的任何一个可以在相对于产品移动方向的横向方向上使用多个传感器。这在具有多个闪光灯或在处理前或处理后产品特性横向变化的系统中是有用的。反馈方法中的任何一个还可以使用沿产品移动方向的多个传感器,以获得与产品干燥速率相关的数据或用于预测分析的数据。

[0070] 如所介绍的,本发明提供固化装置,所述装置用于提供在移动基板上的瞬态热分布处理。本发明的固化装置基于从传感器接收的反馈和来自用户的输入,实现脉冲光波形的形状的实时连续可变控制。可以利用任意较小的改变来即时改变脉冲光波形的形状,其允许实时地控制薄膜处理。

[0071] 虽然通过参考优选的实施方式来特别地示出和介绍了本发明,所属领域的普通技术人员容易了解,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以做出形式和细节上的各种改变。

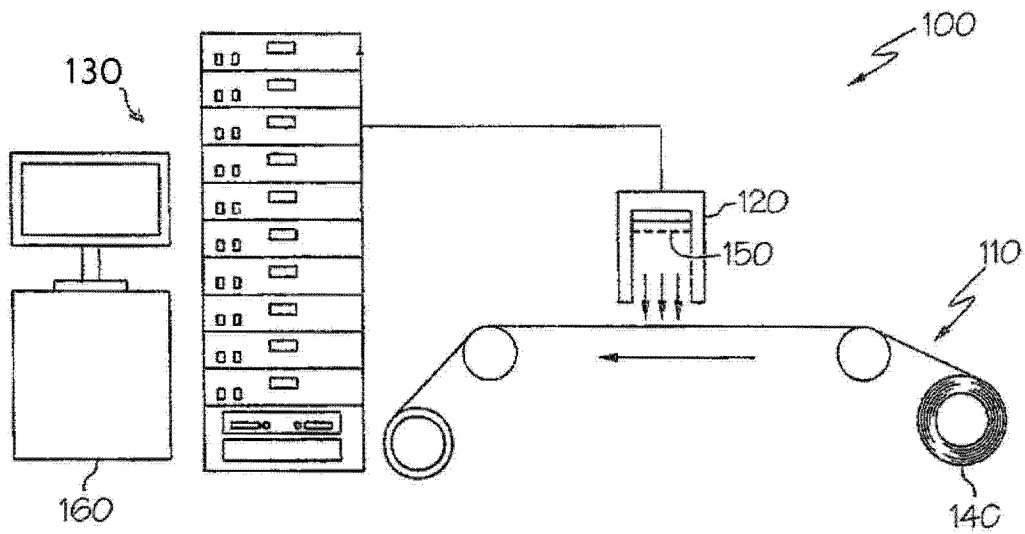


图 1

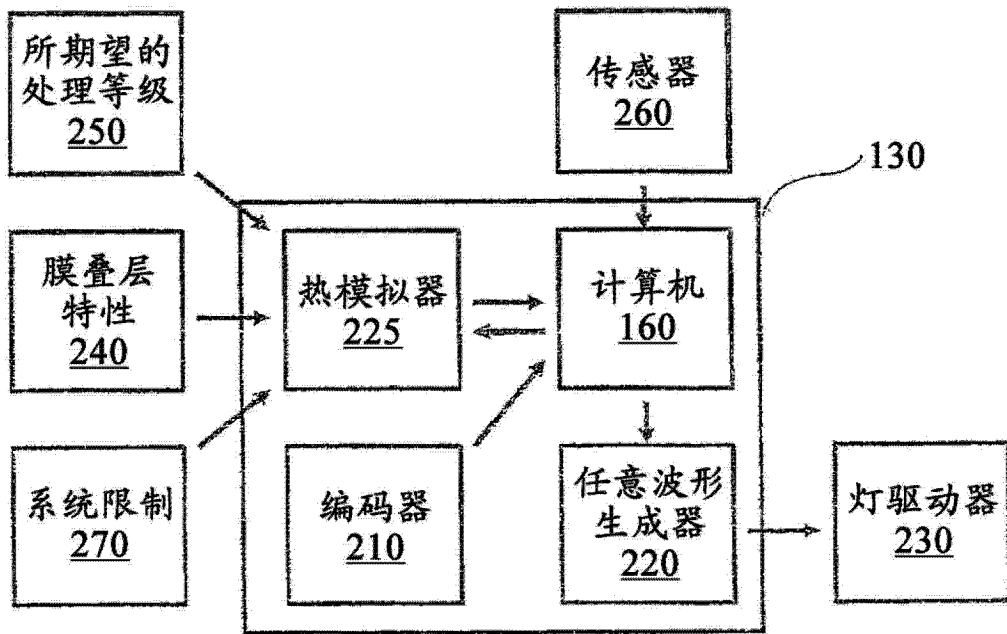


图 2

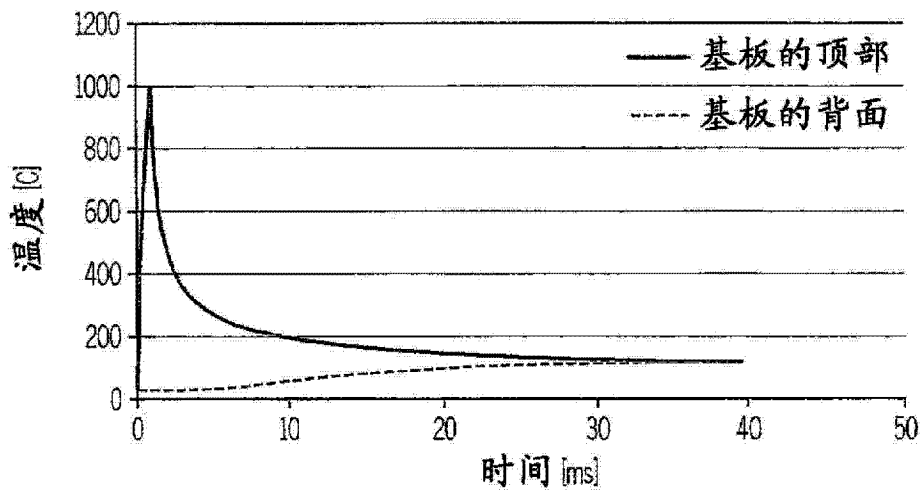


图 3

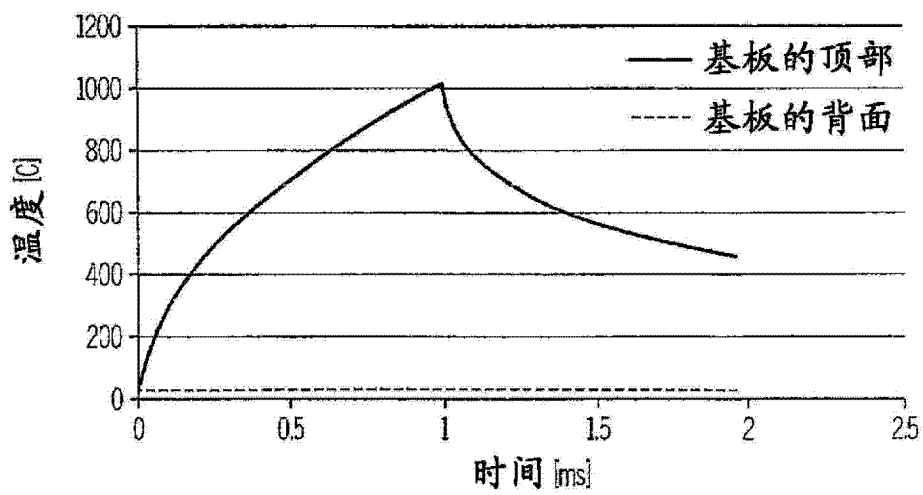


图 4

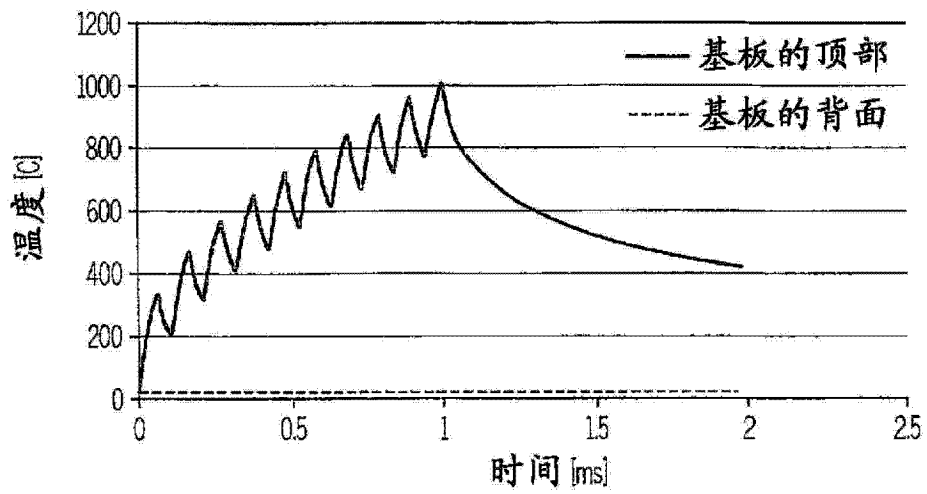


图 5

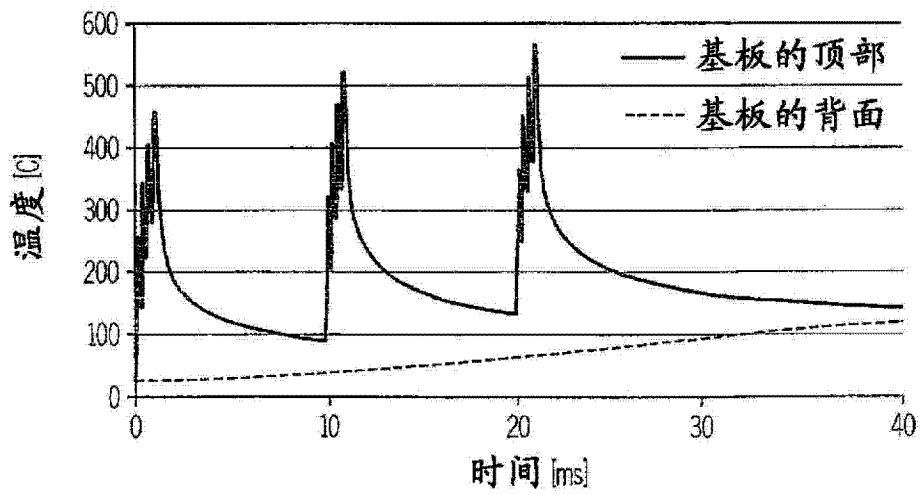


图 6

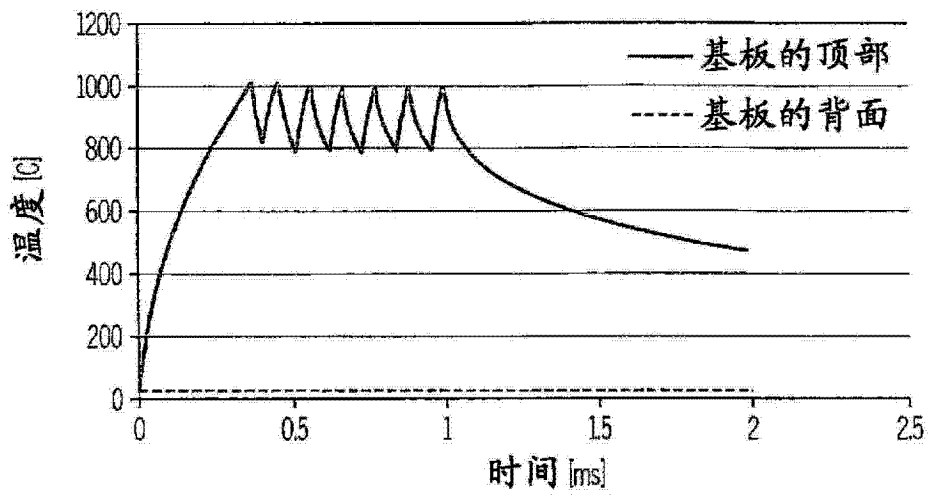


图 7

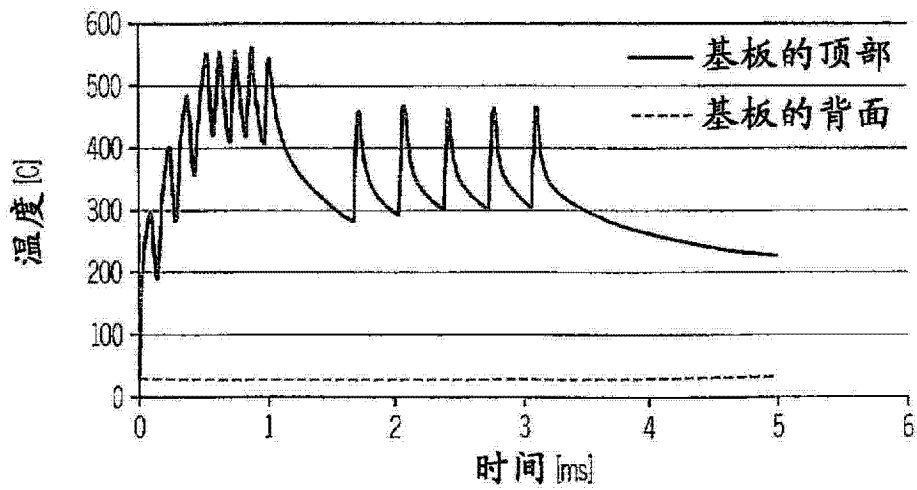


图 8

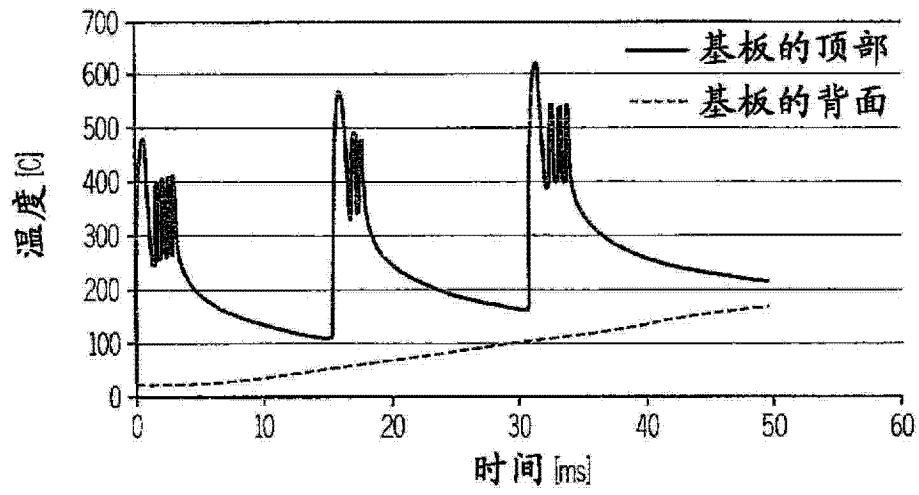


图 9