

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6055051号
(P6055051)

(45) 発行日 平成28年12月27日 (2016. 12. 27)

(24) 登録日 平成28年12月9日 (2016. 12. 9)

(51) Int. Cl.	F I		
BO1J 19/12 (2006.01)	BO1J	19/12	C
GO8C 19/00 (2006.01)	GO8C	19/00	U
GO8C 15/06 (2006.01)	GO8C	15/06	H

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-170636 (P2015-170636)	(73) 特許権者	511009710
(22) 出願日	平成27年8月31日 (2015. 8. 31)		エヌシーシー ナノ, エルエルシー
(62) 分割の表示	特願2013-503973 (P2013-503973) の分割		アメリカ合衆国 テキサス 75251, ダラス, メリット ドライブ 122 21, スリー フォレスト プラザ, スイート 930
原出願日	平成23年4月8日 (2011. 4. 8)	(74) 代理人	100078282
(65) 公開番号	特開2016-5841 (P2016-5841A)		弁理士 山本 秀策
(43) 公開日	平成28年1月14日 (2016. 1. 14)	(74) 代理人	100113413
審査請求日	平成27年8月31日 (2015. 8. 31)		弁理士 森下 夏樹
(31) 優先権主張番号	61/321, 910	(72) 発明者	カート エー. シュローダー
(32) 優先日	平成22年4月8日 (2010. 4. 8)		アメリカ合衆国 テキサス 78615, コーブランド, プリュウガー パー クマン レーン 13501
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可動基板上に過渡熱プロファイル処理を提供するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上で薄膜を硬化させるための装置であって、
前記装置は、
前記基板上に搭載された前記薄膜を移動させるための運搬システムと、
ユーザが入力したタイミング情報にตอบสนองし、前記タイミング情報に従ってパルスのパルス幅を変調させる闪光灯コントローラであって、前記タイミング情報は、時間に対して前記薄膜を硬化させるための前記装置により印加されるパワーを表す波形に関連し、前記タイミング情報は、前記薄膜および基板の所望の処理レベルおよびスタック特性に従って策定され、前記薄膜を硬化させるための特定の熱プロファイルが達成されることを可能にし
、前記闪光灯コントローラは、
処理ユニットと、
任意の波形発生器と、
前記任意の波形発生器に制御信号を送信して前記運搬システム上に位置する前記薄膜を硬化させるための適切な時間に種々の形状およびタイミングの波形を発生させる前記処理ユニットにトリガ信号を提供するためのエンコーダと
を含む、闪光灯コントローラと、
闪光灯であって、前記薄膜が前記闪光灯に関連して移動されている間、パルス幅変調された電磁パルスを前記薄膜に提供するための闪光灯と
を備える、装置。

10

20

【請求項 2】

前記パルス幅変調された電磁パルスは、成形パルスを形成するために、少なくとも2つのマイクロパルスを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記基板は、450°C未満の分解温度を有する、請求項1に記載の装置。

【請求項 4】

前記基板は、プラスチックから成る、請求項1に記載の装置。

【請求項 5】

前記基板は、紙から成る、請求項1に記載の装置。

【請求項 6】

前記基板は、ポリマーから成る、請求項1に記載の装置。

10

【請求項 7】

硬化システムの瞬間パワーは、5 MW超である、請求項1に記載の装置。

【請求項 8】

前記パルス幅変調された電磁パルスのタイミングは、前記装置の電源を切ることなく、センサからの入力にตอบสนองして、変更される、請求項1に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(優先権主張)

20

本願は、2010年4月8日出願の仮出願第61/321,910に対する35 U.S.C. § 119(e)(1)に基づく優先権を主張するものであり、その内容は、参照により本明細書中に援用される。

【0002】

(技術分野)

本発明は、概して、基板上の薄膜を硬化させるための装置に関し、具体的には、可動基板上の薄膜のための過渡熱プロファイル処理を提供するための装置に関する。

【背景技術】

【0003】

(関連技術の説明)

30

薄膜の熱処理は、多くの場合、基板の特性によって、制限される。基板のコストは、最終生成物の総コストの有意な部分となり得るため、安価な基板が、概して、好ましい。ポリマーまたはセルローズ等の安価な基板は、ガラスまたはセラミック等のより高価な基板より低い最高使用温度を有する傾向にある。したがって、低温基板上で薄膜を熱的に処理する時、基板スタック全体が、典型的には、基板の最高使用温度まで加熱され、処理時間を最小限にする。

【0004】

いくつかの薄膜材料は、低温基板と適合性がない、より高いレベルの熱処理を必要とする。解決策は、処理時間の延長または温度上昇の形でもたらされ得る。前者の解決策は、処理量を低減させることによって、コストを増加させ、依然として、多くの種類の薄膜に対して不適切であり得る。後者の解決策は、概して、より高い処理温度に耐えることが可能なより高価な基板の使用を必要とする。したがって、両解決策とも、経済的観点から、望ましくない。

40

【発明の概要】

【0005】

(発明の概要)

ある特性が、特定の用途に対して要求され得るため、低温基板を使用することが実践的ではない時、依然として、材料を迅速に処理することが望ましい。例えば、熱応力によって、材料に損傷を及ぼすことを回避するために、高速処理の間、過渡熱プロファイルを制御することが必要である。その結果、損傷を及ぼすことなく、比較的的高速で、薄膜スタ

50

ックを熱的に処理するための装置を提供することが望ましいであろう。

【0006】

本発明の好ましい実施形態によると、熱処理装置は、コンピュータ制御システムと、運搬システムと、闪光灯コントローラと、闪光灯と、を含む。コンピュータ制御システムは、ユーザが、特定の薄膜スタックを硬化させるために、特定の熱プロファイルのカスタム設計することが可能である、シミュレーションプログラムを含む。電源と、闪光灯ドライバと、を含む、闪光灯コントローラは、パルスの幅を変調し、薄膜スタックの特定の熱プロファイルを達成する。闪光灯コントローラは、薄膜が、闪光灯に関連して、運搬システムによって移動されている間、パルス幅変調された光を送信し、薄膜を硬化させる。1つ以上のセンサからの入力、コンピュータ制御システムによって受信され、熱シミュレータによって処理され、所望の熱処理プロファイルを制御コンピュータシステムに送信する。

10

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

可動基板上で薄膜を硬化させるための装置であって、前記装置は、基板上に搭載された薄膜の層を移動させるための運搬システムと、ユーザが、前記薄膜を硬化させるために、特定の熱プロファイルを設計可能なデータ処理システムと、最適熱プロファイルに従って、パルスのパルス幅を変調させるための闪光灯コントローラと、前記薄膜が、闪光灯に関連して移動されている間、パルス幅変調された電磁パルスを前記薄膜に提供するための闪光灯とを備える、装置。

20

(項目2)

前記パルス幅変調された電磁パルスは、成形パルスを形成するために、少なくとも2つのマイクロパルスを含む、項目1に記載の装置。

(項目3)

前記基板は、450°C未満の分解温度を有する、項目1に記載の装置。

(項目4)

前記基板は、プラスチックから成る、項目1に記載の装置。

30

(項目5)

前記基板は、紙から成る、項目1に記載の装置。

(項目6)

前記基板は、ポリマーから成る、項目1に記載の装置。

(項目7)

硬化システムの瞬間パワーは、5 MW超である、項目1に記載の装置。

(項目8)

前記パルス幅変調された電磁パルスのタイミングは、前記装置の電源を切ることなく、センサからの入力に応答して、変更される、項目1に記載の装置。

40

【0007】

本発明のすべての特徴および利点は、以下に詳述される説明において、明白となるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

本発明自体、ならびにその好ましい使用形態、さらなる目的、および利点は、付随の図面と併せて熟読されることによって、例証的实施形態の以下の発明を実施するための形態を参照することによって、最も理解されるであろう。

【図1】図1は、本発明の好ましい実施形態による、熱処理装置の略図である。

【図2】図2は、図1の熱処理装置内の闪光灯コントローラのブロック図である。

50

【図3】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図4】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図5】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図6】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図7】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図8】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【図9】図3-9は、種々のシミュレートされた熱プロファイルの波形である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

(好適な実施形態の詳細な説明)

パルス光によって、低温基板上的薄膜を過渡的に処理する時、基板への熱プロファイルを制御することが望ましい。過渡的に加熱されると、低温基板が、急加熱され、急冷却される場合、損傷を伴うことなく低温基板上的薄膜を、低温基板の最高使用温度を遥かに超えて、加熱することが可能である。これによって、ほぼ常に、より高価である、高温基板より遥かに低い最高使用温度を伴う基板を選択可能となる。テレフタル酸ポリエチレン(PET)は、例えば、150°Cの最高使用温度を有する。薄膜は、加熱時間が、非常に短く、冷却速度が、非常に高速である場合、PETの表面上において、1,000°Cを超えて加熱することができる。加熱時間および冷却速度は両方とも、硬化光パルスの形状ならびに薄膜および基板の物理的特性と寸法によって、決定される。熱処理の最適化は、概して、熱プロファイルの制御を伴う。

【0010】

産業用熱処理分野では、「熱プロファイルの制御」は、概して、材料の温度を時間的に制御することを意味する。単純熱プロファイルは、温度が、特定の時間の間、ある速度で上昇される、漸増相から開始した後、「ソーク」または一定温度相が続き、温度が、特定の時間の間、ある速度で下降される、漸減相で終了する。熱プロファイルの漸増および漸減の目的は、処理される材料内の熱勾配を回避することである。

【0011】

材料は、バッチまたは連続的に処理することができる。バッチ処理では、材料は、オーブン内に載置され、そこで、材料の温度が、経時的に変更され、材料のための温度対時間プロファイルを達成する。連続処理では、種々のゾーンが、異なる温度に維持され、材料は、材料のための温度対時間プロファイルを達成するために、種々のゾーンを通過して運搬される。バッチおよび連続処理の両方において、取り扱われる材料は、概して、熱平衡状態にある。これらの一般的アプローチは、熱加熱、ならびにマイクロ波、無線周波数、誘導加熱、放射加熱等に適用される。

【0012】

本発明の場合、「熱プロファイルの制御」は、薄膜スタック(例えば、基板上的薄膜)の温度を時間および空間的に制御することを意味する。本明細書に説明される熱プロセスは、基本的には、バッチプロセスであるが、実際は、コンベヤ上の可動ウェブまたはシート等、運搬されている材料を連続的に処理しているため、連続的である。

【0013】

本発明の場合、熱処理または硬化は、乾燥(溶媒を消散させる)、粒子焼結、緻密化、化学反応開始、化学反応変調、相変態、粒成長、アニーリング、表面機能化、熱処置等を含む。紙、プラスチック、またはポリマー等の熱的に脆弱である基板上で材料を熱的に処理する時、基板を損傷することなく、材料内で達成することができる温度は、遥かに高いため、連続的平衡プロセスよりもむしろ、硬化が強烈かつ過渡にある時、より注意が払われ得る。従来の熱処理とは対照的に、本発明は、処理の間、熱平衡を意図的に回避する。

【0014】

次に、図面、特に、図1を参照すると、本発明の好ましい実施形態による、硬化装置の略図が描写されている。示されるように、硬化装置100は、運搬システム110と、閃光灯150を有する閃光灯ヘッド120と、閃光灯コントローラ130と、を含む。低い

10

20

30

40

50

ンダクタンスケーブル125は、閃光灯コントローラ130と閃光灯ヘッド120との間に接続される。運搬システム110は、閃光灯ヘッド120を越えて、薄膜スタック140を移動させる一方、閃光灯コントローラ130は、成形パルスが、運搬システム110上の薄膜の運搬速度に同期されるように、パルス幅変調(PWM)を使用して、閃光灯150に電流の成形パルスを提供する。薄膜スタック140は、ポリマーまたは紙等の低温基板上に蒸着される、薄膜を含む。好ましくは、閃光灯150は、キセノン、クリプトン、またはアルゴン等のガスで充填された、密閉閃光灯である。閃光灯150はまた、時として、指向性プラズマアーク(DPA)ランプと称される、水冷壁閃光灯であることができる。

【0015】

閃光灯コントローラ130は、制御コンピュータ160を含む。制御コンピュータ160は、好ましくは、当業者に周知のように、処理ユニットと、キーボード、マウス、タッチスクリーン等の入力デバイスと、モニタ等の出力デバイスと、を含む。本実施形態の場合、制御コンピュータ160は、3GHzで起動するデュアルコアマシンであって、2GBのシステムメモリを有する。

【0016】

所与の持続時間のパルス列をパルス幅変調するために、各個々のパルスは、パルス成形を提供するために、比較的短くある必要がある。さらに、その時間の一部の間、オンにされないため、パルスは、単一パルスを提供する源より強烈である必要がある。したがって、硬化装置100は、 100 kW/cm^2 超のピークパワーを伴う、10マイクロ秒程度の短いパルス長を提供可能である必要がある。加えて、パルスのためのPWM周波数は、50kHz程度であることができる。

【0017】

各パルス列は、成形パルスを形成する、少なくとも2つのマイクロパルスを含む。これは、薄膜スタック140内の温度プロファイルを最適硬化のためにカスタマイズ可能にする。その最も単純な形態では、均一マイクロパルスを含む、成形パルスは、6つの変数または制御パラメータを有する： i . 強度(電圧)、 $i i$. パルス長、 $i i i$. 薄膜スタック上の任意の所与の面積内の基板上に衝突した成形パルスの平均数、 $i v$. パルス繰り返し周波数、 v . マイクロパルスの数、および $v i$. マイクロパルスのデューティサイクル。マイクロパルスが、均一ではない時、各マイクロパルスの持続時間および遅延もまた、規定され、8つの制御パラメータをもたらす。閃光灯へのパワー供給システムの8つの変数は、継続的かつオンザフライで変更することができる。これは、硬化パラメータを、硬化前または後のセンサデータにตอบสนองして、薄膜または基板の変化にリアルタイムで適応可能にする。これらの2つの質は、最適かつ一貫した結果を伴う、硬化薄膜を生産し、システムが、任意のパルス特色を変更するために、数分間、電源を切る必要がある、先行技術を劇的に上回る収率を有する。さらに、パルス特色は、約0.1%以内の分解能に継続的に変更することができ、硬化の遥かに厳密な最適化制御をもたらす。先行技術は、離散変更を有していた。制御パラメータは、最初に、後述の熱シミュレーションに入力され、これらのパラメータは、続いて、閃光灯コントローラ130への入力として使用される。

【0018】

閃光灯150からの光パルスの形状ならびに薄膜および基板の物理的特性と寸法は、薄膜が、基板を損傷せずに、処理されることができる、熱勾配および後続温度に影響を及ぼし得る。したがって、硬化装置100はまた、硬化装置100の異なる部品から種々の情報を収集するために、複数のセンサ(図示せず)を含む。センサから収集された情報およびユーザ入力は、熱プロファイルを再計算することができる、コンピュータ制御システム160にフィードバックされる。再計算された熱プロファイルを使用して、閃光灯コントローラ130は、薄膜スタックが、閃光灯150に運搬されるのに伴って、閃光灯150によって、薄膜スタックに送達される光の波形を制御する。

【0019】

センサは、処理された生成物の性能の直接または間接指標のいずれかを測定するために

10

20

30

40

50

採用することができる。例えば、ホール効果センサは、硬化された金属トレースの伝導性を監視し、プロセスパラメータを調節し、制御幅内の伝導性を維持するために使用される。多くの他の種類の接触または非接触センサは、生成物の性能を継続的または断続的のいずれかで監視し、閃光灯 150 の出力波形をリアルタイムで調節可能にするために使用することができる。

【0020】

次に、図2を参照すると、閃光灯コントローラ130のブロック図が描写されている。示されるように、閃光灯コントローラ130は、エンコーダ210と、任意の波形発生器220と、熱シミュレータ225と、制御コンピュータ160と、を含む。ユーザは、最初に、薄膜スタック特性240および所望の処理レベル250を閃光灯コントローラ130 10
に入力する。運搬システム110(図1)および付加的システム限界270から、運搬速度等の入力を受信後、エンコーダ210は、運搬システム110上に位置する薄膜を硬化させるために、適切な時間に、任意の波形発生器220に信号を送信する、コンピュータに、トリガ信号を提供する。トリガ信号によって、任意の波形発生器220は、ユーザ入力240および250に基づいて、種々の形状およびタイミングの波形を発生させることが可能である。任意の波形発生器220は、閃光灯150(図1)を駆動させるための波形信号を増幅させる、閃光灯ドライバ230に、波形信号を送信する。

【0021】

薄膜スタック140内の熱プロファイルを調整可能であることに加え、閃光灯コントローラ130は、超低インダクタンスパワー供給システムによって有効にされるPWMを使用することによって、複数のセンサから受信した情報に基づいて、継続的かつオンザフライで硬化パラメータを変更することが可能である。複数のセンサ260ならびにシステム限界情報270からのフィードバック情報を受信後、制御コンピュータ160は、熱シミュレータ225からの情報によって、新しい硬化条件を再計算し、閃光灯150(図1)を駆動させるための波形信号を増幅される、閃光灯ドライバ230に、波形信号を送信する、任意の波形発生器220に、新しい硬化条件を送信する。 20

【0022】

フィードバック情報は、硬化装置100のパルスエネルギー、パルス持続時間、パルス波形等のパラメータの連続かつリアルタイム調節可能性を可能にする。前述のパラメータはすべて、0.1%の分解能を伴って、ミリ秒の時間フレームに基づいて、ソフトウェアおよび/またはハードウェア制御下、改変することができる。 30

【0023】

急速時間および細粒度制御は両方とも、熱処理用途において重要である。前者は、基板が、1,000フィート/分で移動している場合、0.2インチ(1ms応答と仮定する)以内でプロセスパラメータの調節を可能にする(1,000FPM=16.7FPS=0.167フィート/ミリ秒または2インチ/ミリ秒)。

【0024】

任意の硬化動作の前に、ユーザは、制御コンピュータ160内にインストールされた熱スタックシミュレーションプログラムに、層の数、ならびに各層の厚さ、熱伝導性、密度、熱容量、および光吸収深度等、薄膜スタック140の種々のパラメータを入力してもよい。薄膜スタック140の熱シミュレーションに入力されるパルス制御パラメータはまた、閃光灯コントローラ130への入力としても使用される。薄膜スタック140は、規定された厚さ、熱係数、および吸収係数の異なる材料の任意の数の層を有してもよい。いくつかの印刷電子機器素子は、それぞれ、その熱限界内で処理されなければならない、10もの層を有する。 40

【0025】

薄膜スタック140の運搬速度が入力された後、各成形パルス間の時間遅延は、制御コンピュータ160内のシミュレーションプログラムによって、計算することができる。次いで、制御コンピュータ160内の熱スタックシミュレーションプログラムは、薄膜スタック140の時間および空間において、シミュレートされた熱プロファイルを生成する。 50

【 0 0 2 6 】

シミュレーションの出力は、加熱事象の間およびその後の温度対時間および薄膜スタック 1 4 0 内の場所のグラフである。薄膜スタック 1 4 0 の各層の吸収係数が規定されるので、放射吸収は、薄膜スタック 1 4 0 内に複雑な熱分布を生じさせる、薄膜スタック 1 4 0 の中心を含む、層のうちの 1 つ以上によって共有されることができる。

【 0 0 2 7 】

シミュレーション結果からのパワー入力対時間パラメータは、閃光灯コントローラ 1 3 0 への入力として、使用することができる。次いで、閃光灯コントローラ 1 3 0 内の閃光灯ドライバ 2 3 0 の電源モジュールは、閃光灯ドライバ 2 3 0 内のコンデンサを特定の電圧に帯電させる。いくつかの用途では、これは、一貫した処理を保証するために、1 ミリ秒以内に生じさせなければならない。閃光灯ドライバ 2 3 0 は、各モジュール内のコンデンサバンクを切り替え、低インピーダンスケーブルを通して、閃光灯ヘッド 1 2 0 に電流を送信し、薄膜スタック 1 4 0 を照射する。パルス列は、運搬システム 1 1 0 上の薄膜スタック 1 4 0 の運搬速度に同期される。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、一定パワー（合計放射露光：1 . 4 9 J / c m ²）の 1 m s の長さのパルスが、P E T 1 5 0 ミクロン厚のシート上の 0 . 5 ミクロン厚の吸収体によって吸収される時の熱プロファイルを示す。吸収体の表面で（および、吸収体が、非常に薄いため、P E T の表面でも）到達したピーク温度は、約 1 , 0 0 0 ° C である。1 m s 後、表面における熱は、P E T のバルク中に拡散する。約 3 0 m s 後、スタックは、ほぼ熱平衡状態となる。

【 0 0 2 9 】

図 4 は、図 3 におけるものと同じ条件を伴うが、パルス持続時間に相当する時間スケールに基づく、熱プロファイルを示す。加熱の間、P E T の背面における温度は、事実上、不変であることが分かる。

【 0 0 3 0 】

図 5 は、図 4 に類似するエンベロープパルス長およびピーク温度を有するが、1 0 個の等しく離間されたマイクロパルスから構成される、熱プロファイルを示す。マイクロパルスは、図 4 の単一パルスより基板に損傷を与えにくい。

【 0 0 3 1 】

図 6 は、図 5 のものに類似するが、より低い強度を伴い、1 0 0 H z において、3 回、パルスが繰り返し発せられる、熱プロファイルを示す。これは、基板が移動していない時の温度プロファイルである。基板が可動しており、閃光灯パルス周波数が、運搬速度に同期されている時、周波数は、以下によって求められる。

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

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

式中、

f = 閃光灯成形パルス繰り返し数 [H z]

S = ウェブ速度 [m / 分]

O = 重複係数（すなわち、任意の所与の点において、基板によって受容される閃光灯パルスの平均数）

W = 運搬方向における硬化ヘッド幅 [c m]

例えば、運搬速度 1 0 0 m / 分、重複係数 4、および硬化ヘッド幅 7 c m では、光点の成形パルス繰り返し数は、9 5 . 4 H z である。

【 0 0 3 3 】

図6に示される熱プロファイルは、可動基板の熱プロファイルにほぼ等しいが、但し、硬化ヘッドの幅が、パルスの間、基板が移動する距離と比較して大きいことを前提とする。100m/分では、基板は、パルスの間、1.6mmだけ移動する。基板運搬方向における硬化ヘッド幅は、7cmまたはほぼ50倍大きいため、これは、妥当な近似である。

【実施例】

【0034】

(実施例1) 150ミクロン厚PET上の薄膜の急速乾燥

十分な強度を伴う、急速パルス加熱源は、連続源より遥かに高速に非破壊的に、低温基板上の薄膜を乾燥させることができる。図4の個々のパルスが、図5の複数のパルスに分割されると、薄膜は、急速加熱プロセスの間、呼吸することができ、それによって、薄膜の凝集破壊を防止する一方、依然として、薄膜を非常に急速に乾燥させる。本発明の背景において、「呼吸」とは、発生気体の非破壊的対流輸送のための適切な時間をもたらすことを意味する。成形パルスは、図6におけるような可動ウェブに同期することができる。

10

【0035】

これは、急速小規模パルスの連続列とは非常に異なる効果を有することに留意されたい。その場合、表面は、本発明において達成されるピーク温度に到達しない。その結果、処理速度が遅く、基板のバルクは、本発明より優先的に加熱される。

【0036】

(実施例2) ポリマー基板の表面における温度制御

図7は、図5におけるものと同じ熱スタックの熱プロファイルを示す。達成されるピーク温度およびエンベロープパルス長は、2つの場合において等しい。しかしながら、図7では、漸増速度は、遥かに高速であって、ピーク温度は、パルスの持続時間の間、維持される。これが行われるとき、12%超のエネルギーを、同一の1ms間隔以内に、薄膜に送達することができる。金属インクを焼結し、導体を形成すると、この小さな改良は、薄膜の伝導性を2倍にすることができる。これは、成形パルス内の各個々のマイクロパルスの持続時間および遅延を調節することによって、行われる。薄膜の表面は、依然として、ちょうど1,000°Cに到達するため、本硬化プロファイルは、脆弱基板を損傷せずに、薄膜のより優れた効果をもたらす。

20

【0037】

図8は、薄膜が、ポリイミド基板の表面上で加熱される、より複雑な波形の熱プロファイルを示す。波形は、1ms時間スケールに基づいて、複雑な熱プロファイルを形成する、離散漸増、ソーク、緩和、およびソース相を示す。通常、ポリイミドは、450°Cを超える温度に耐性があり、したがって、本発明の方法は、前述の温度を超える温度上での処理が可能である。

30

【0038】

(実施例3) ガス発生変調による、薄膜内の凝集破壊の防止

水性銅前駆体インクを、エチレングリコールおよびグリセロールを含有する基剤中、10.0重量%の酸化銅(II)、4.5重量%の酢酸銅(II)を含むように調合した。トレースを、Epson Stylus C88インクジェットプリンタを使用して、125ミクロン厚PETシート上に印刷した。閃光灯による硬化に応じて、酸化銅および酢酸銅は、エチレングリコールおよびグリセロールによって還元され、伝導性銅金属の膜を形成する。還元反応は、適度な量のガスを発生させる。

40

【0039】

印刷された薄膜を、以下の条件によって、本発明を使用して、硬化させた：電圧250V、パルスエンベロープ持続時間=1,050マイクロ秒、デューティサイクル0.6を伴う4マイクロパルス(すなわち、各マイクロパルスは、パルス間に117マイクロ秒の遅延を伴う、175マイクロ秒の長さであった)、重複係数=3、ウェブ速度=6.4メートル/分。サンプル収率は、平均シート抵抗3.7/平方を伴って、100%であった。

【0040】

50

同じトレースを、同一機器であるが、単一パルスのみで、硬化すると、ガス発生が、トレースの凝集破壊を生じさせ、わずか64%のサンプル収率をもたらした。平均シート抵抗は、5.2 / 平方であった。入力変数のいずれの変更も、低伝導性またはより低い収率のトレースをもたらした。

【0041】

(実施例4) ガラス基板内の温度プロファイル制御

薄膜が、ガラス上において、閃光灯によって、あまり強烈に加熱され過ぎると、ガラスは、界面近傍で亀裂し得る。これは、ガラス内の強烈な熱勾配によって、ガラスに拡張差を生じさせるためである。ガラス内の応力が、ガラスの降伏強度を超えると、破損する。熱パルスを成形することによって、ガラス内の臨界温度勾配を超えずに、薄膜の集中した硬化を達成することができる。本技法は、より脆弱(および、より安価)である形態のガラスをより強力(および、より高価)なものに代用可能にする。

10

【0042】

図9は、熱勾配が、亀裂を防止するように制御される、ホウケイ酸ガラス上の繰り返しパルスモードにおける図8の複雑な波形を示す。

【0043】

本発明の可用性は、リアルタイムフィードバックシステムの追加によって、大幅に拡大される。先行技術とは異なり、パルスエネルギー、パルス持続時間、およびパルス波形さえ、連続かつリアルタイムで調整可能であるため、本発明により、そのようなフィードバックがユニークに実現可能である。これらのパラメータの8つすべて、典型的には、0.1%の分解能を伴って、ミリ秒時間フレームに基づいて、ソフトウェアおよび/またはハードウェア制御下、改変することができる。本システムでは、1つ以上のセンサが、入射または処理生成物あるいは光点出力特色を監視し、フィードバックハードウェアおよびソフトウェアと組み合わせられ、処理パラメータを調節し、変化を補償し、生成物の特色を最適化し、あるいはさらに、生成物の特色を意図的に漸増減または変調するために使用される。

20

【0044】

急速時間および細粒度制御は両方とも、高速オープンリール式システム上でさえ、いかなる生成物も浪費することなく、制御幅内にプロセスを戻すことによって、商業用途において重要である。これはさらに、不良生成物を裁断し、廃棄する必要性を排除する。

30

【0045】

硬化プロセスは、多くの場合、非常に非線形であることが実証されており、2%の強度の変動は、生成物の性能、例えば抵抗率において、10%以上の変動をもたらし得るので、高分解能連続調節可能性は、重要である。このため、粗離散パラメータ制御を伴うシステムは、本質的に、優れた品質制御を要求する商業用の処理に対して使用不可能である。

【0046】

いくつかの用途では、急速パルス列の周波数および電圧を調節する一方、同一パルス列長を維持することによって、閃光灯150のパルスのスペクトル成分を調節することが有利である。これは、スペクトルのUV成分を調節する一方、依然として、成形パルスの平均パワーおよびパルス持続時間を維持する効果を有する。閃光灯システムによって放出されるスペクトルはさらに、調節可能液体フィルタ等の高性能吸収体を使用して、リアルタイムで調節される、または光学を調節する波長内の反射角度を制御することができる。

40

【0047】

任意の波形発生器220のフィードバック制御を達成するために採用することができる、センサの4つのカテゴリが存在する。

1. 生成物空間パターン、温度、印刷厚、または乾燥の程度等の未処理生成物内の意図的または非意図的のいずれかの変動を監視する、上流センサ
2. トレース伝導性または基板損傷等の処理された生成物の性能におけるドリフトを検出する、下流センサ
3. 閃光灯の光出力における長期変動および光出力における短期変動を検出し、生成物に

50

対する時間依存熱入力を正確にモデル化する、閃光放出センサ

4. 制御ソフトウェアに、閃光ドライバ能力の限度に適応し、最適駆動波形を生成可能にする、閃光ドライバ状態センサ（例えば、電源の充電率は、高速動作の間の利用可能なパルスエネルギーを制限する）

以下は、これらの種類のセンサが、実際に、どのように利用されるかの実施例を与える。基本的フィードバック用途は、自動的に、フォトダイオードセンサに応答して、システム出力強度を調節し、数百万ものパルスにわたって、閃光出力の不可避の漸次かつ連続的劣化を補償する。これは、生成物の質を改良し、有用な閃光の耐用年数を延長させる。本同一アプローチは、窓の曇りを含む、光点システムにおける何らかの正常変化を補償するためにも拡張され得る。

10

【0048】

より高度なフィードバックシステムは、生成物軟X線透過を使用して、塗布されたインクまたは薄膜の塗膜重量を監視し、パルスパラメータを調節し、処理される生成物内の変動を最適化する。本同一アプローチは、生成物の特色におけるほとんどの非制御変動を補償するために拡張することができる。

【0049】

センサは、処理された生成物の性能の直接または間接のいずれかの指標を測定するために採用することができる。例えば、ホール効果センサは、硬化された金属トレースの伝導性を監視し、駆動波形パラメータを調節し、伝導性を制御幅内に維持するために使用されてもよい。多くの他の接触または非接触センサは、生成物の性能を継続的または断続的のいずれかで監視し、光点出力波形のリアルタイム調節を可能にするために採用することができる。

20

【0050】

これらのフィードバックアプローチのいずれも、生成物の運動方向を横断する方向において、複数のセンサを使用することができる。これは、複数の閃光を伴う、あるいは生成物の特色が、処理前または後のいずれかにおいて、側方に変動する、システムにおいて有用である。また、フィードバックアプローチのいずれも、生成物の運動方向に沿って、複数のセンサを使用して、生成物の乾燥速度に関するデータまたは予測分析のためのデータを取得することができる。

【0051】

説明されたように、本発明は、可動基板上の過渡熱プロファイル処理を提供するための硬化装置を提供する。本発明の硬化装置は、センサから受信したフィードバックおよびユーザからの入力に基づいて、パルス光波形の形状のリアルタイムの継続的可変制御を可能にする。パルス光波形の形状は、任意の小さな変化に伴って、オンザフライで変更することができ、薄膜処理をリアルタイムで制御可能にする。

30

【0052】

本発明は、特に、好ましい実施形態を参照して、図示および説明されたが、当業者は、発明の精神および範囲から逸脱することなく、形態および詳細に、種々の変更を行ってもよいことを理解するであろう。

【図2】

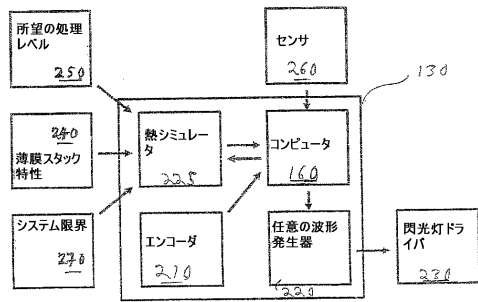


FIG. 2

【図4】

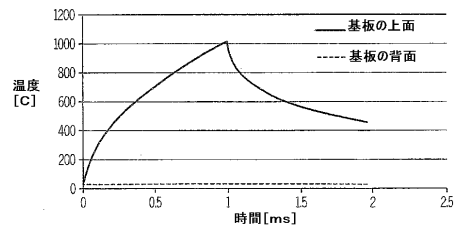


FIG. 4

【図3】

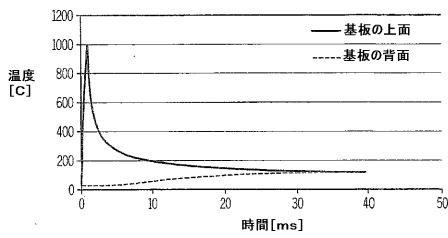


FIG. 3

【図5】

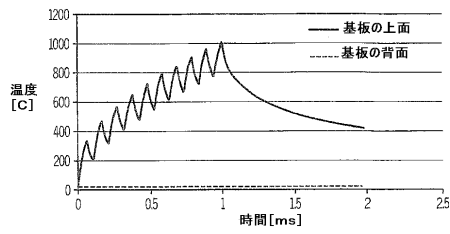


FIG. 5

【図6】

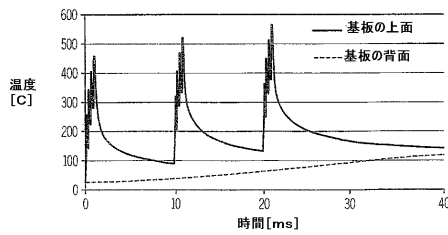


FIG. 6

【図8】

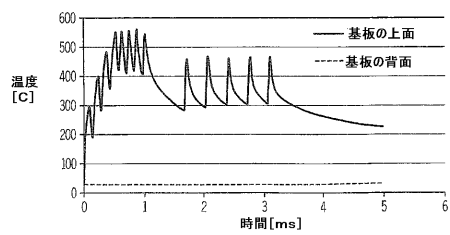


FIG. 8

【図7】

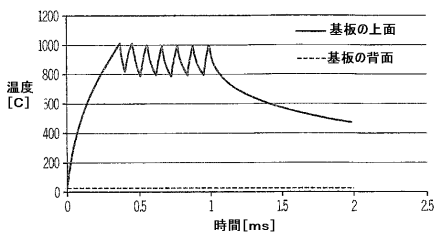


FIG. 7

【図9】

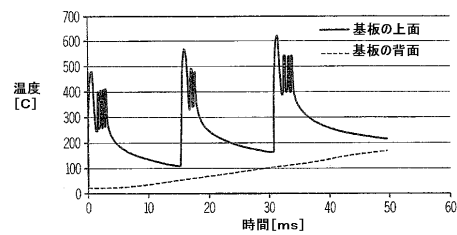


FIG. 9

【 図 1 】

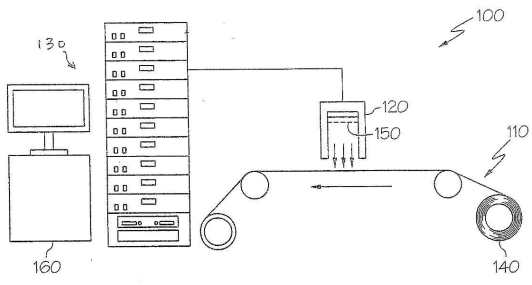


FIG. 1

フロントページの続き

- (72)発明者 スティーブン シー . マックール
アメリカ合衆国 テキサス 78728, オースティン, ドリア ドライブ 14971
- (72)発明者 ダグラス ケー . ジャクソン
アメリカ合衆国 テキサス 78665, オースティン, ヨギー ベラ ウェイ 3400

審査官 團野 克也

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0007285 (US, A1)
特開2005-231262 (JP, A)
特表2011-527831 (JP, A)
特開2005-218921 (JP, A)
特開2003-182062 (JP, A)
特開昭63-126579 (JP, A)
特表2008-522369 (JP, A)
国際公開第2006/071419 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC B01J19/00-19/32
G08C 15/06
G08C 19/00
DB等 Japio-GPG/FX
DWPI (Thomson Innovation)