

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503101  
(P2004-503101A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 21/26</b>	H01L 21/26	5H323
<b>G05D 23/19</b>	G05D 23/19	
<b>G05D 23/27</b>	G05D 23/27	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 49 頁)

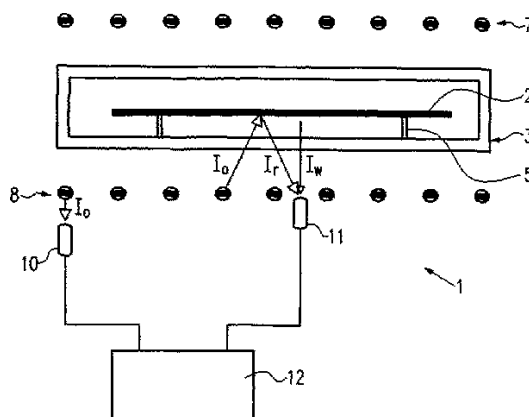
(21) 出願番号	特願2002-508161 (P2002-508161)	(71) 出願人	502416947 マツソン サーマル プロダクツ ゲゼル ルシャフト ミット ベシユレンクテル ハフツング ドイツ連邦共和国 ドルンシュタット ダ イムラーシュトラッセ 10
(86) (22) 出願日	平成13年6月29日 (2001.6.29)	(74) 代理人	100061815 弁理士 矢野 敏雄
(85) 翻訳文提出日	平成14年12月26日 (2002.12.26)	(74) 代理人	100094798 弁理士 山崎 利臣
(86) 国際出願番号	PCT/EP2001/007435	(74) 代理人	100099483 弁理士 久野 琢也
(87) 国際公開番号	W02002/003160	(74) 代理人	100114890 弁理士 アインゼル・フェリックス=ライ ンハルト
(87) 国際公開日	平成14年1月10日 (2002.1.10)		
(31) 優先権主張番号	100 32 465.7		
(32) 優先日	平成12年7月4日 (2000.7.4)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		
(81) 指定国	EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), JP, KR, SG, US		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対象物を熱処理するための方法および装置

(57) 【要約】

処理したい対象物の熱処理時の温度プロファイルのより良好な制御を可能にするために、本発明は、対象物を加熱装置内で熱処理するための装置および方法、特に半導体ウェーハ(2)を急速加熱装置(1)内で熱処理するための装置および方法を提案している。本発明による方法では、対象物が、設定された温度経過で熱処理され、対象物の温度が、PID制御装置と、加熱装置および対象物から成るシミュレーションモデルに基づくフィードフォワード制御装置とによって制御される。この場合、モデルが、加熱装置のかつ/または対象物の成分の個別モデルから成っており、少なくとも1つの個別モデルのパラメータが、熱処理時に監視され、モデルが、監視されたパラメータに適合される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

対象物を、設定された温度経過で熱処理し、対象物の温度を、温度制御装置と、加熱装置および対象物から成るシミュレーションモデルに基づくフィードフォワード制御装置とによって制御して、対象物を加熱装置内で熱処理するための方法、特に半導体ウェーハを急速加熱装置内で熱処理するための方法において、シミュレーションモデルが、少なくとも1つの個別モデルを有しており、該個別モデルが、加熱装置のかつ/または対象物の成分を有しており、少なくとも1つの個別モデルの少なくとも1つのパラメータを熱処理の間に監視し、シミュレーションモデルを、少なくとも監視されたパラメータに適合させることを特徴とする、対象物を加熱装置内で熱処理するための方法。

10

## 【請求項 2】

対象物に少なくとも1つの加熱ランプを照射する、請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 3】

少なくとも1つの加熱ランプに対して個別モデルが設けられており、加熱ランプの運転パラメータ、特に放射された加熱出力を監視する、請求項 2 記載の方法。

## 【請求項 4】

処理したい対象物のパラメータ、特に対象物の光学的な特性を監視する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 5】

加熱放射への対象物の結合を検出する、請求項 4 記載の方法。

20

## 【請求項 6】

対象物の、互いに反対の側に位置する面おけるパラメータを互いに別個に検出する、請求項 4 または 5 記載の方法。

## 【請求項 7】

データ伝送時間および/または演算時間を検出する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 8】

400 未満の対象物の温度を追補的に算出する、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 9】

対象物(2)、特に半導体ウェーハを熱処理するための装置であって、加熱装置(1)、特に急速加熱装置と、制御ユニットとが設けられており、該制御ユニットが、PIDコントローラ(47)とフィードフォワードコントローラ(50)とを備えており、該フィードフォワードコントローラ(50)が、加熱装置(1)と対象物(2)とから成るシミュレーションモデルを使用している形式のものにおいて、加熱装置(1)のかつ/または対象物(2)の成分の、シミュレーションモデルに対して重要なパラメータを走査し、測定されたパラメータをシミュレーションモデルのパラメータと比較しかつシミュレーションモデルのパラメータを、測定されたパラメータに適合させるための少なくとも1つの監視ユニットが設けられていることを特徴とする、対象物を熱処理するための装置。

30

## 【請求項 10】

少なくとも1つの加熱ランプが設けられている、請求項 9 記載の装置。

40

## 【請求項 11】

監視ユニットが、少なくとも1つの加熱ランプの運転パラメータ、特に放射された加熱出力を測定するための少なくとも1つのセンサ(10)を有している、請求項 10 記載の装置。

## 【請求項 12】

監視ユニットが、処理したい対象物(2)のパラメータ、特に対象物(2)の光学的な特性を測定するための少なくとも1つのセンサ(11)を有している、請求項 9 から 11 までのいずれか 1 項記載の装置。

## 【請求項 13】

50

対象物の、互いに反対の側に位置する面におけるパラメータを検出するために、2つのセンサが設けられている、請求項12記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、対象物を、設定された温度経過で熱処理し、対象物の温度を、適宜な温度制御装置、たとえばPID制御装置と、加熱装置および対象物から成るシミュレーションモデルに基づくフィードフォワード制御装置とによって制御して、対象物を加熱装置内で熱処理するための方法および装置、特に半導体ウェーハを急速加熱装置内で熱処理するための方法および装置に関する。

【0002】

このような方法および装置は技術的に知られている。たとえば電子的な構成素子を製作するための半導体産業では、通常、板状の半導体基板が加熱ランプによって1秒あたり100よりも高い加熱率で熱処理される。この場合、この熱処理は一般的に、設定された時間的な温度プロファイルに追従する。この温度プロファイルを達成するためには、ランプから放出された加熱出力の開ループ制御が必要となる。加熱ランプが、設定された出力プロファイルで制御されることによって、ウェーハ温度が、規定された温度経過に追従する。しかし、この場合、ランプから放出された放射出力とウェーハの温度との間に線形の比率が存在しないことに注意しなければならない。このことは、種々異なる効果、特にシュテファン・ボルツマンの法則（たとえばアメリカ合衆国特許第4761538号明細書参照）だけでなく、たとえばプロセスチャンバの形、プロセスチャンバの内部の種々異なるエレメントの配置形式、加熱ランプに対するウェーハの位置等にも起因している。したがって、ランプの、設定された制御を介した温度プロファイルの単純な開ループ制御が不可能となる。

10

20

【0003】

この理由に基づき、目下のウェーハ温度の常時の監視と同時に目標温度値からの逸脱時のウェーハ温度の後制御とが行われる。この場合、互いに異なる2つの制御プロセス、つまり、閉じられた温度制御回路、たとえばPID制御と、いわゆる「フィードフォワード制御」とが使用される。

【0004】

以下に、システムの少なくとも1つの量を所定の値（またはこの値を中心とした範囲内）にもたらしたい場合の開ループ制御について説明することにする。この場合、前記量は制御装置にフィードバックされるので、この制御装置は、システムの、考慮される量に関連して所望の値を可能な限り最適に生ぜしめる。この場合、量はシステムで直接、たとえば測定によって検出することができるものの、たとえばモデルからも検出することができる。このモデルはシステムを、可能な限り良好に再現して生ぜしめる。ここで、モデルに基づく閉ループ制御について説明することにする。複数の量に対して制御されるシステムにも同じく、量の、モデルに基づくフィードバックと、前述したフィードバックとから成る組合せを付与することができる。一般的には、このような量のフィードバックは帰還と呼ばれる。

30

【0005】

閉ループ制御とは異なり、開ループ制御時には、システムの、制御したい量が制御装置にフィードバックされない。制御したい量は制御装置において、たとえばモデルによって規定されかつ/または制御したい量とは異なる量を介して制御される。

40

【0006】

閉じられた温度制御回路では、ウェーハ温度の目下の実際値が、設定された目標値と比較される。両値の間に偏差がある場合には、制御装置が介入し、たとえば加熱ランプがより激しくまたはより少なく制御されることによって両値が適合される。制御差が大きければ大きいほど、後制御がますます激しくなる。この閉ループ制御の欠点は、a) 制御装置が目標値の未来の変化に関して報知されていないこと、b) 制御過程の間に変化し得るウェーハ特性が考慮されないことにある。したがって、このような閉ループ制御は予測して反

50

応することができない。

【0007】

これらの欠点はフィードフォワード制御によって補償される。このフィードフォワード制御は、これまでの展開、目標値および目下の実値のほかに目標値の未来の展開も制御プロセス内に一緒に組み込んでいる。これによって、目標値への実値の適合がより正確となる。なぜならば、制御装置が目標値の未来の変化を閉ループ制御内に一緒に組み込んでいるからである。

【0008】

一層正確な閉ループ制御のためには、実値の未来の特性が、加熱装置と、処理したい対象物もしくはウェーハとから成るシミュレーションモデルにつき予め算出される。この事例では、予測制御されるプロセスについて説明することにする。個々のチャンバ構成要素の熱容量と、どのランプ出力がチャンバ内に入射されるのかということとは知られているので、ウェーハ温度と、このウェーハ温度の未来の展開とは、加熱出力のプロフィルの経過に関連してシミュレーションモデルの予測によって予め見積ることができる。

10

【0009】

しかし、従来、剛性的なシミュレーションモデルで行われたこの見積りは極めて困難である。なぜならば、プロセスチャンバ内の種々異なる構成要素と、加熱装置と、処理したい対象物とが非線形のシステムを成しているからである。この困難性にもかかわらず、この方法では、目標プロフィルへのウェーハ温度の経過の適合を改善することができる。

【0010】

すでに上述したように、このようなシミュレーションモデルはチャンバを、このチャンバの全ての個別構成要素およびウェーハと一緒に1つのシステムとして処理する。個々のシステム構成要素の間では区別されない。さらに、従来既知のシミュレーションモデルは1回形成され、次いで、特に1回のプロセスの間、すなわち、対象物が温度・時間処理を被る間もはや変化させられない。たとえば種々異なる光学的な特性を備えた種々異なるウェーハ（対象物）の処理時のシステムの内部の変化は考慮され得ない。特にプロセス経過および/または老化に基づく変化、たとえば加熱ランプから放出された放射またはチャンバの内部のその他の変化は考慮され得ない。プロセス経過に基づく変化は、たとえば石英ガラスから成るプロセスチャンバの加熱と、これによって付加的に生ぜしめられる、ランプ放射とは一般的に異なる波長スペクトルでの熱放射とである。

20

30

【0011】

したがって、公知先行技術から出発して、本発明の課題は、対象物を加熱装置内で熱処理するための方法を改善すると同時に装置を改良して、処理したい対象物の温度プロフィルのより良好な閉ループ制御が可能となるようにすることである。

【0012】

本発明によれば、この課題は、シミュレーションモデルが、少なくとも1つの個別モデルを有しており、該個別モデルが、加熱装置のかつ/または対象物の成分を有しており、少なくとも1つの個別モデルの少なくとも1つのパラメータが、熱処理の間に監視され、シミュレーションモデルが、少なくとも監視されたパラメータに適合させられることによって解決される。これによって、シミュレーションモデルを、変化する運転条件、たとえばランプの加熱出力の、老化に基づく変化、種々異なる光学的な特性を備えた対象物等に動的に適合させることができるという利点が得られる。シミュレーションモデルの適合によって、有利には、プロセス経過に基づく変化、たとえば温度制御時のプロセスチャンバ（特にプロセスチャンバ内に設けられた石英部分）の上述した加熱も考慮することができるので、処理したい対象物の温度経過のより正確な閉ループ制御も特に可能となる。このことは、たとえば有利には、いわゆる「ファースト・ウェーハ（first-wafer）」効果を減少させるために使用することができる。この「ファースト・ウェーハ」効果とは、たとえばプロセスチャンバが最初のウェーハのプロセス実行時にまだその平均的な「運転温度」に達していない場合の、ウェーハのプロセス実行時のプロセス結果へのプロセスチャンバ温度の影響である。この効果は常に、たとえば大量生産の開始時に生ぜしめら

40

50

れるかまたは個々のウェーハのプロセス実行の間に、プロセスチャンバが、たとえば大量生産の開始時の温度に冷却され得る程度の時間が存在している場合に生ぜしめられる。これによって、装置に基づき、プロセス結果がウェーハのスループットに関連し得る。当然ながら、このことは望ましくない。本発明の有利な実施態様によれば、対象物に加熱装置の少なくとも1つの加熱ランプが照射される。加熱装置の少なくとも1つの加熱ランプに対して、監視される少なくとも1つのパラメータを備えた個別モデルが設けられており、加熱ランプの運転温度、特に放射された加熱出力が、変化を確認しかつ場合によってはシミュレーションモデルを適合させるために、制御出力に関連して監視されると有利である。

**【0013】**

本発明の別の有利な実施態様では、処理したい対象物に対して個別モデルが設けられており、処理したい対象物のパラメータ、特に対象物の光学的な特性が、場合によってシミュレーションモデルの適合を行うために監視される。処理したい対象物の吸収特性（もしくは一般的に光学的な特性、たとえば透過、吸収または反射）もしくは種々異なる温度での加熱放射への結合が特に重要である。種々異なる温度は閉ループ制御、特にフィードフォワード制御に著しい影響を与え得る。なぜならば、前記特性が、たとえばSi（シリコン）ウェーハに対して著しく温度に関連しているからである。対象物の、互いに反対の側に位置する面おけるパラメータが互いに別個に検出されると有利である。

10

**【0014】**

全てのモデルのさらなる最適化のためには、データ伝送時間および/または演算時間が検出され、このために設けられた個別モデルが、検出された値に適合される。幾つかの測定装置、たとえば高温計では、400未満の対象物の温度検出が不可能であるかまたは極めて困難にしか可能とならない。したがって、400未満の対象物の温度が、シミュレーションモデルにつき追補的に算出され、この算出されたデータが制御装置内に収容されると有利である。

20

**【0015】**

本発明に基づく課題は、対象物、特に半導体ウェーハを熱処理するための装置であって、加熱装置、特に急速加熱装置と、制御ユニットとが設けられており、該制御ユニットが、温度コントローラとフィードフォワード制御装置とを備えており、該フィードフォワード制御装置が、加熱装置と対象物とから成るシミュレーションモデルを使用している形式のものにおいて、加熱装置のかつ/または対象物の成分の、シミュレーションモデルに対して重要なパラメータを走査し、測定されたパラメータをシミュレーションモデルのパラメータと比較しかつシミュレーションモデルのパラメータを、測定されたパラメータに適合させるために、少なくとも1つの監視ユニットが設けられていることによっても解決される。この装置では、すでに方法につき上述した利点を得られる。

30

**【0016】**

以下に、本発明の実施例を図面につき詳しく説明する。

**【0017】**

図1には、半導体ウェーハ2を熱処理するための加熱装置1の構造が概略的に示してある。この装置1は、半導体ウェーハ2を受け止めるための保持エレメント5を備えた、一般的に石英ガラスから成る内側のプロセスチャンバ3を有している。

40

**【0018】**

このプロセスチャンバ3の上方および下方にはランプ列7, 8が設けられている。両ランプ列7, 8は棒状の多数のランプ、たとえばタングステン・ハロゲンランプまたはアークランプによって形成される。しかし、たとえば対象物の片面の加熱のために、ただ1つのランプ列しか設けられていなくてもよい。当然ながら、別のランプを使用することもできる。ウェーハ2を熱処理するためには、ランプが、規定された電磁放射を放出するように制御される。この電磁放射は、その空間的な成分および/またはスペクトル成分だけでなく、その強度に関する制御可能である。

**【0019】**

50

熱処理の間、ウェーハの温度が測定される。このためには、2つの高温計（パイロメータ）、つまり、ランプ用高温計10とウェーハ用高温計11とが設けられている。ランプ用高温計10は、少なくとも1つのランプから放出された電磁放射強度 $I_0$ を測定するのに対して、ウェーハ用高温計11は、ウェーハ2から放射された放射強度 $I_w$ ならびにウェーハで反射された放射強度 $I_r$ 、および場合によってはウェーハを透過した放射も測定する。ランプから放射された放射強度 $I_0$ は、規定された変調を有している。この変調は、能動的に、すなわち、放射の、規定されたかつ/または制御可能な適切な変調によって達成されるかまたは受動的に、すなわち、システムに基づく放射変化の利用によって達成される。この放射変化は、たとえば電圧供給の周波数によって発生し得る。前記変調は、ウェーハ2で反射された放射強度 $I_r$ でも認知することができ、したがって、実際にウェーハ2から放射された、ウェーハ用高温計11で測定された熱放射の成分を信号評価回路12で検出することができる。この信号評価回路12には、ランプ用高温計10の信号だけでなくウェーハ用高温計11の信号も供給される。この測定法の詳細は、たとえば同一出願人によるドイツ連邦共和国特許出願公開第19855683号明細書に記載されている。繰り返しを避けるために、この測定法はドイツ連邦共和国特許出願公開第19855683号明細書に関連している。このような形式で測定されたウェーハ温度は、たとえばPID制御の枠内で目標ウェーハ温度と比較され、ランプ列7, 8に対する制御量が検出され、これに相応して、ランプ列7, 8が制御される。

10

#### 【0020】

図2には、従来の熱処理時の1つのウェーハの目標温度経過Aと実際温度経過Bとが示してある。破線で示した曲線Aは、ウェーハに対する獲得したい温度経過もしくは目標温度経過を示しており、実線で示した曲線Bは、ウェーハの実際温度経過を示している。破線で示した曲線はまずコンスタントな温度 $T_0$ を示している。この温度 $T_0$ は $t_0 \sim t_1$ の期間において1秒あたり、たとえば100のコンスタントな率で温度 $T_1$ に向かって上昇し、次いで、この温度にコンスタントにとどまる。公知先行技術による上述した閉ループ制御時、たとえば純然たるPID制御時には、ウェーハの実際温度経過がこの線形の経過に追従していない。それどころか、ウェーハの昇温が、目標曲線よりも遅い時点で初めて開始される。この場合、実際曲線での昇温率は目標曲線での昇温率よりも大きくなっており、実際曲線は、ウェーハの、獲得したい最終温度を上回っていて、次いで、時点 $t_1$ 後しばらくして初めて所望の最終温度 $T_1$ に安定している。

20

30

#### 【0021】

前述したように、目標曲線と実際曲線との間の差はフィードフォワード制御の付加的な組込みによって改善することができる。このフィードフォワード制御は目標値の未来の展開を制御装置に入力しならびに実際値の未来の特性をシミュレーションモデルにつき予め算出する。この場合に従来使用されたシミュレーションモデルは、上述したように、剛性的(starr)なシミュレーションモデルである。

#### 【0022】

本発明によれば、閉ループ制御に基づくシミュレーションモデルは、変化するパラメータへのシミュレーションモデルの適合、特にプロセス経過の間の適合が可能となることによって改善される。このことは、シミュレーションモデルが成分に分解され、モデルの少なくとも1つの成分または各成分に対して適切な個別モデルが形成され、この個別モデルの少なくとも1つのパラメータの測定ならびにプロセスの間の個別モデルにおけるパラメータの後続の適合が行われることによって達成される。

40

#### 【0023】

この全モデルに基づき、個々の成分に対する制御パラメータを規定することができる。さらに、個々の成分は全装置の制御装置にメモリされる。こうして、個別モデルもしくは個別モデルの制御パラメータを介して適切にウェーハの温度経過を開ループ制御しかつ閉ループ制御することができる。全モデルは、変化する条件、たとえば測定されたパラメータの変化に適合可能である。

#### 【0024】

50

本発明を理解しやすくするために、以下に、図3～図8について説明する。図3には、ランプによって発生させられる放射を、モデルと、測定と、適合されたモデルとから成る組合せと共にカスケード放射制御回路内でのモデルの積分によって検出するための図表が示してある。まず、ランプモデルがランプの特性量に基づき形成される。モデルパラメータとして考慮されるランプの特性量は、ランプに流れる電流、印加される電圧、この電圧の抵抗、消費される出力および放出される放射出力である。静的な事例では、ランプによって消費される電力が、放出される出力と同じである。さらに、ランプの、放出される放射出力はフィラメント温度を介してその抵抗に直接関連している。この関係に基づき、特に「7th International Conference on Advanced Thermal Processing of Semiconductors - RTP '99」での記事「Thermal Model of Rapid Thermal Processing Systems」(J. Urban et al. 著)にも記載されているように、図3に示したランプモデルを形成することができる。この記事は、この限りにおいて、繰り返しを避けるために、本発明の対象にされる。このモデルでは、個々のランプが3つのパラメータ、つまり、ランプの温度 $T$ の関数としての抵抗特性線 $R = f(T)$ と、(場合によっては同じく温度 $T$ の関数としての)ランプの熱容量 $c$ と、放射出力を規定する定数 $A$ とによって特徴付けられる。この場合、 $c$ は放出度に相当しており、 $A$ はシュテファン・ボルツマン定数に相当しており、 $A$ はランプフィラメントの面もしくは有効面に相当している。

10

#### 【0025】

ランプモデルでは、調整量 $g$ として、ランプに印加される電圧 $u$ が入力される。この電圧と、ランプがその特性線に相応して所定の温度 $T$ において有する抵抗 $R$ とから、ランプに流れる電流 $i$ の量が検出される。これに基づき、 $P_{e1} = u \cdot i$ により、ランプで変換された電力 $P_{e1}$ が規定される。シュテファン・ボルツマンの放射法則に基づき、ランプから放出された放射出力 $P_{str}$ をランプ温度と放射定数(放出定数)とに基づき検出することができる。放射出力が、変換された電力から差し引かれる。これによって、ランプ内で熱に変換された出力の割合が得られる。この出力はフィラメントとランプを加熱する。ランプの、主としてフィラメント線材の質量によって設定された熱容量 $c$ によって、ランプの新たな温度 $T$ が算出される。このことは、図3に $1/c$ と積分項とによって示してある。新たな温度につき、ランプの新たなフィラメント抵抗 $R$ と、これに基づき、変換されたランプ出力 $P_{e1}$ とが新たに検出され、他方では、放出されたランプ放射 $P_{str}$ が新たに検出される。こうして、ランプから放出された放射出力 $P_{str}$ に対する調整量 $g$ の影響を規定することができ、特にランプの動特性が説明される。

20

30

#### 【0026】

次のステップでは、ランプモデルに収容されたパラメータが、設定されたランプに対して測定される。これによって、モデルを最適化することができ、規定されたランプに調整することができる。特に抵抗とフィラメント温度との関係、フィラメントの熱容量 $c$ ならびに定数 $A$ が検出される。この場合、 $c$ 、 $R$ 、 $A$ は温度の関数として規定することもできる。選択的には、 $R$ 、 $A$ が温度に適合されてもよい。検出されたパラメータはランプモデルに挿入される。これによって、ランプに対する固有のモデルが得られる。

40

#### 【0027】

制御回路20内での、図3に示したランプモデルの使用が図4に示してある。制御回路20内では、ランプモデルに基づき算出された(ここではランプモデルの、監視されたパラメータとしての)放射出力 $P_{str}$ が1回、高温計26によって測定された実際のランプ放射 $h$ と比較される。算出されたランプ放射と測定されたランプ放射との間の差は、モデル最適化ユニット28を介してランプモデル25のさらなる最適化のために働く。モデル最適化ユニット28は、たとえば $R$ 、 $c$ 、 $A$ または $c$ の適合のために働く。さらに、算出された放射出力 $P_{ist}(P_{str})$ が目標放射値 $e$ と比較され、ランプ放射は、検出された差につき放射コントローラ30を介して制御される。この放射コントローラ30から出力された、有効電圧に相当する調整量 $g$ はランプの制御のほかにはランプモデルのための

50

入力量としても働く。上述した説明から分かるように、ウェーハの温度の閉ループ制御時に使用されるランプモデルは、実際にランプから放出された放射出力が、モデルの内部で算出された放射出力と比較されることによって、変化する条件に動的に適合することができる。付加的または択一的には、プロセスの間、別のランプパラメータ $m$ 、たとえば電流または電圧を測定することができ、ランプモデルを、測定されたパラメータにつき最適化することができる。しかし、ランプモデルを、測定されたパラメータ値によって開始時に初期化しかつ前記量の、プロセスに付随する最適化を省略することも可能である。

**【0028】**

上述した方法では、ランプ制御のために働く調整量 $g$ が、従来慣用のように、目標放射値 $e$ と、測定された実際のランプ放射値との間の比較に基づきもはや規定されず、目標放射値 $e$ と、ランプモデルによって算出されたランプ放射 $P_{s, t, r}$ とから得られることが特に重要である。これによって、制御速度が高められ、さらに、制御プロセスの内部で外乱が少なくなる。

10

**【0029】**

上述した閉ループ制御の効果および利点は、図5a、図5b、図6aおよび図6bのオシログラフ作成器に示してある。図5aおよび図5bでは、ランプが従来の形式で調整量として電圧を介してかつ放射コントローラ(ランプモデル、ランプモデル最適化ユニット)なしに制御されている。この場合、図5aには、増加した放射出力が示してあり、図5bには、減少した放射出力が示してある。この場合、電圧は階段状に変化している。オシログラフ作成器から知ることができるように、ランプから放射された出力は、電圧の階段状の経過を、著しく異化されてしか反映していない。ランプ放射強度の段状の変化の代わりに、波状の経過を知ることができる。

20

**【0030】**

図6aおよび図6bにも同じく、ランプ出力の増加時(図6a参照)のかつ減少時(図6b参照)のランプの、放出された放射の時間的な経過が示してある。この事例では、ランプが、図4に示した制御回路を介して制御されている。図6aおよび図6bに示した放射強度の経過は階段状の経過を示している。放射コントローラが使用されており、モデルによって算出された放射強度が調整量として使用されている。図5a、図5bおよび図6a、図6bによるオシログラフ作成器の比較時には、Y軸が互いに異なる高さの値を示していることに注意しなければならない。このことは、電圧ジャンプ時には実際に調整量としての電圧しか変化させられないが、しかし、出力ジャンプ時には放射出力に対する目標値が設定されることに基づき生ぜしめられる。全体的には、図4に示した制御回路を介して制御される(図6aおよび図6b参照)ランプが、動特性を備えた調整部材を成している。この調整部材によってウェーハの温度経過を、設定された温度プロファイルにより正確に適合させることもできる。

30

**【0031】**

こうして、ウェーハの熱処理時に加熱装置のランプの個々の各ランプを個別に制御することができる。

**【0032】**

図7には、ウェーハのモデルを有する前制御コントローラを備えた、ウェーハの特性に適合された前制御装置が示してある。図示の閉ループ制御では、ランプ放射へのウェーハの結合が測定され、測定された結合につき、ウェーハに適合された前制御が生ぜしめられる。前制御装置は閉ループ制御によって個々のランプもしくはランプ列に対する調整量を発生させる。この調整量は、温度、温度変化、ウェーハサイズおよび場合によっては別のウェーハ特性に関連している。

40

**【0033】**

ウェーハから放出されかつ反射された放射 $i$ が測定ユニット40で測定され、ウェーハ温度 $j$ の算出のために使用される。さらに、ウェーハから放出された放射 $i$ は結合・測定ユニット43において、測定されたランプ放射 $h$ と比較される。これによって、ランプ放射へのウェーハの結合 $k$ を検出することができる。ランプ放射へのウェーハの結合 $k$ を規定

50

するためには、ランプとウェーハとから放出された放射の、能動的に変調された広域の測定が使用される。この測定は、繰り返しを避けるために、本発明の対象にされる、同一出願人によるドイツ連邦共和国特許出願第19855683.7号明細書に基づき公知であるように、2つの高温計によって行われる。ウェーハとランプ放射との間の結合 $k$ の量は種々異なるパラメータに関連している。たとえばウェーハは種々異なる材料によって複数回すら被覆することができかつ/または構造化することができる。このことは、種々異なる吸収特性および非均質な温度分布のほかに、ウェーハ表面にわたって、これらの層への加熱放射の干渉効果も生ぜしめる。ウェーハとランプ放射との間の結合 $k$ という概念は、ウェーハと放射フィールドとの間の交番作用の程度、すなわち、生ぜしめられる全ての波長にわたる吸収度および放出度を意味している。

10

**【0034】**

算出されたウェーハ温度 $j$ は点45で温度目標値 $a$ と比較される。目標値と実際値とに基づく差 $b$ は温度コントローラ、たとえばPID温度コントローラ47に転送される。この温度コントローラは差 $b$ に基づき公知の形式でランプ制御値 $c$ を検出する。目標値 $a$ と、ウェーハとランプ放射との間の算出された結合 $k$ とは前制御コントローラ50に伝送される。この前制御コントローラ50は前制御値 $d$ をウェーハ特性 $k$ に関連して供給する。前制御値 $d$ と温度コントローラの出力量 $c$ とは点54で調整量 $e$ に加算されるので、目下の調整量 $e$ が、前記測定をベースとして検出された演算に基づき生ぜしめられる。この場合、使用されるモデルは、チャンバ、保持装置またはランプの別のパラメータ、たとえば石英温度、環境温度等を有していてもよい。調整量 $e$ は上側のもしくは下側のランプ列に対するコントローラ55a, 55bに転送される。

20

**【0035】**

ウェーハの上方に位置する全てのランプは上側のランプ列7にまとめられており、ウェーハの下方に位置するランプは下側のランプ列8にまとめられている。上側のかつ下側のランプ列の $n$ 個の各ランプは、図4につき説明したように、個々の制御回路(LCL)を有している。均質なランプフィールドでの加熱時には、板状のウェーハの縁部領域がウェーハ中央よりも激しく加熱される。したがって、ウェーハにわたって均質な温度分布を達成するためには、ランプ列の個々のランプを種々異なる強さで放射しなければならない。この目的のためには、個々のランプに対するコントロールテーブル(LCT)が設けられている。このコントロールテーブルにつき、熱処理の間の個々の各ランプの放射強度が調整される。このために必要となる調整装置はランプ制御回路に前置されている。このランプ制御回路は調整量 $e$ を介して制御され、所望のランプ放射 $h$ のために働く。各ランプは種々異なる状況で種々異なる動特性を示しているので、各ランプがその個々の特性線につき、図4に示した個々の制御回路によって制御されると特に有利である。これによって、特に縁部領域でのウェーハのより均質な加熱が達成される。ランプ放射へのウェーハの結合に関して報知する測定されたパラメータ $h, i$ に基づき、あとで適合させることができるランプモデルのモデルパラメータに関する情報が得られる。特にランプがアークランプである場合には、この方法が極めて有利であると分かった。念のために付言すると、コントロールテーブル(LCT)自体も同じく個別モデルによって説明することができる。この個別モデルも同じく少なくとも1つのパラメータ(たとえば半径方向のウェーハ温度)に

30

40

**【0036】**

ウェーハ放射 $i$ が、制御したい量である、つまり、ウェーハ放射 $i$ がウェーハ温度に関する報知を許容しており、結合・測定ユニット43が放射 $i$ をランプ放射 $h$ と比較するので、帰還を伴った制御である。ランプ放射 $h$ 自体は、ここで理解される意味では、閉ループ制御されない。これによって、制御したい量 $i$ は所望の値にしかもたらされない。この目的のためには、ランプ放射 $h$ が原理的に各経過を取ることができる。この経過によって、制御したい量 $i$ の、設定された値が得られる；この量 $i$ はただ1つの補助量である。これに対して、測定ユニット40には、制御したいウェーハ放射 $i$ が供給される。ここでは、閉ループ制御によって、上で規定された目的を実施しなければならない。

50

## 【0037】

長い耐用年数に基づくランプの老化効果は、このランプのモデルと新たなパラメータ値との単純な適合によって迅速にかつ比較的大きな手間をかけることなく補償することができる。測定されたパラメータに基づくランプモデルでのランプパラメータの動的な適合は万が一のランプ交換時にも極めて有利である。従来、このような事例では、適宜なテーブルを備えた新たなモデルが製造されなければならなかった。しかし、動的な適合時には、ランプを自動的に正確に測定することができ、モデルを自動的に適合させることができる。このようなモデル適合によって、有利には、ランプをより長く使用し続けることもできる。さらに、監視されたパラメータ、たとえば図4に基づく $P_{s, t, r}$ または $P_{s, t, r}$ に関連した個別モデルパラメータもしくは急速加熱装置を監視するためのモデルパラメータを使用することができるので、たとえば個別モデルパラメータが、予め規定された範囲または適合された範囲以外に位置している場合にはランプの交換が表示され得る。

10

## 【0038】

図7に示した前制御時には、ランプ放射へのウェーハ下面の結合しか考慮されなかった。

## 【0039】

図8には、ウェーハ下面の結合のほかに、ランプ放射へのウェーハ上面の結合も考慮されるシステムが示してある。図8には、同じエレメントまたは類似のエレメントに該当する限り図7と同一の符号が使用してある。

## 【0040】

結合の別個の考慮は特にウェーハでは有利である。このウェーハでは、上面および下面が互いに異なる材料層を有しており、したがって、ウェーハの光学的な特性が両側で互いに異なっている。特に半導体技術では、多数の事例において、ウェーハ表面が、種々異なる材料の1つまたはそれ以上の層を備えているのに対して、ウェーハの裏面は処理されていない。さらに、一方の表面は極微な構造を有しているのに対して、他方の表面は平らである。この差が前制御に対する別個の2つのモデルで考慮されると、ウェーハ温度の制御をさらに一層改善することができる。ランプ放射へのウェーハの結合は表面および裏面の平均値から得られるので、前制御値は、互いに無関係の2つの結合測定の平均値から検出することができる。

20

## 【0041】

図8に示したように、上側のかつ下側のランプ列から放出された放射 $h$ は別個に検出され、ランプ放射とウェーハとの間の結合の検出のために使用される。この値から、前制御コントローラ50a; 50b内での上側のかつ下側のランプ列に対するフィードフォワード制御の種々異なる適合が得られる。さらに、分配ユニット56を介した上側のかつ下側のランプ列の種々異なる制御が得られる。

30

## 【0042】

上側のかつ下側のランプ列に対するランプ放射の調整量のための種々異なる設定によって、ウェーハ2の表面および裏面の均一な加熱が保証される。このことは、特に極めて小さな構造で有利となる。

## 【0043】

本発明は、有利な実施例につき前述したものの、この実施例に限定される必要はない。たとえば別の構成では、個々のシステム成分のデータ伝送率ならびに演算時間が考慮されてもよく、パラメータとして前制御に対するモデル内に組み込まれてもよい。有利には、装置パラメータが測定されてもよい。この装置パラメータは調整量に直接関係していない。したがって、石英チャンバの、プロセスの途中で発生しかつランプ放射の透過に影響を与える不純物がモデル内で適切なパラメータによって設けられてよい。その後、このパラメータは測定技術的に、たとえば反射・透過測定によって検出され、制御回路と一緒に作用する。ウェーハの理想的な温度制御のためには、システムの、可能な限り多くの個別成分が考慮されることが望ましい。この場合、ここでは、制御手間と結果との間の妥協が見つけれなければならない。さらに、ランプモデルにつき上述したように、(個別)モデルにわたってシステム監視機能、たとえば保守間隔が組み込まれてよい。さらに、上述した

40

50

構成の個々の特徴が互いに組み合わせられてよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

対象物を熱処理するための加熱装置の構造の概略図である。

【図 2】

P I D 制御による半導体ウェーハの熱処理時の実際温度プロファイルと目標温度プロファイルとの図表である。

【図 3】

ランプによって発生させられた放射を検出するための図表である。

【図 4】

制御回路内のランプモデルの図表である。

【図 5 a】

加熱段階の間の放射コントローラなしの電圧ジャンプ時のランプ放射を示す曲線である。

【図 5 b】

冷却段階の間の放射コントローラなしの電圧ジャンプ時のランプ放射を示す曲線である。

【図 6 a】

放射コントローラを備えた出力ジャンプを示す、図 5 a に類似の曲線である。

【図 6 b】

放射コントローラを備えた出力ジャンプを示す、図 5 b に類似の曲線である。

【図 7】

前制御ユニットの図表である。

【図 8】

拡張された前制御ユニットの図表である。

【符号の説明】

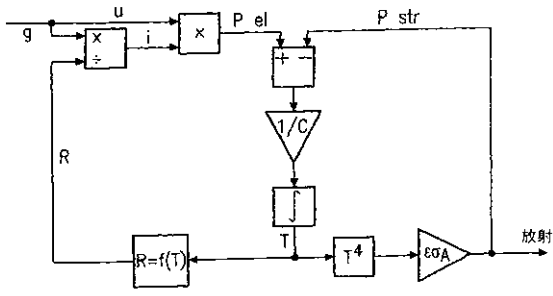
1 加熱装置、 2 半導体ウェーハ、 3 プロセスチャンバ、 5 保持エレメント、 7 ランプ列、 8 ランプ列、 10 ランプ用高温計、 11 ウェーハ用高温計、 12 信号評価回路、 20 制御回路、 25 ランプモデル、 26 高温計、 28 モデル最適化ユニット、 30 放射コントローラ、 40 測定ユニット、 43 結合・測定ユニット、 45 点、 47 P I D 温度コントローラ、 50 , 50 a , 50 b 前制御コントローラ、 54 点、 55 a , 55 b コントローラ、 56 分配ユニット

10

20

30

【 図 3 】



【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Januar 2002 (10.01.2002)

PCT

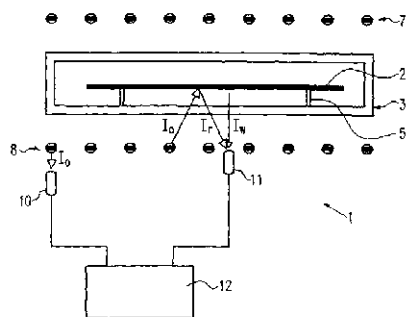
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/03160 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: G05D 23/19 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder *insgesamt für* US: BLERSCH, Werner  
[DE/DE]; Bühlerstrasse 8, 88177 Bismarckshausen (DE);  
(21) Internationales Aktenzeichen: PC 1/0390/07435 (URBAN, Jochen [DE/DE]; Nürschellhof 3, 80233 Nuss-Ulm  
(DE); PAUL, Silke [DE/DE]; Kewez-Luuppen 5, 80775 Ulm  
(DE); RUBE, Erve [DE/DE]; Staufenstrasse 26, 89160  
(22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juni 2001 (29.06.2001) Danstadt (DE); HAUF, Markus [DE/DE]; Silber Strasse  
11, 89335 Ichenhausen (DL).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, SG, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).  
(30) Angaben zur Priorität: 100 32 465.7 4. Juli 2000 (04.07.2000) DE (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): MATTSON THERMAL PRODUCTS GMBH  
[DE/DE]; Daimlerstrasse 10, 89160 Danstadt (DE).  
Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenhorizont

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THERMALLY TREATING OBJECTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM THERMISCHEN BEHANDLEN VON OBJEKTEN



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for thermally treating objects. The aim of the invention is to facilitate a better control of the temperature profile of an object to be thermally treated. To this end, the invention provides a method and a device for thermally treating an object in a heating system, especially for treating semiconductor wafers (2) in a rapid heating system (1). The objects are thermally treated as a predetermined temperature progression and the temperature of the object is controlled via a PID control and a leadforward control that are based on a simulation model of the heating system and the object. Said model consists of individual models of components of the heating system and/or the object. The parameters of at least one of the individual models are monitored during the thermal treatment and the model is adapted to the monitored parameters.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/03160 A1

WO 02/03160 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Um eine bessere Regelung eines Temperaturprofils eines zu behandelnden Objekts bei einer thermischen Behandlung zu ermöglichen, sieht die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum thermischen Behandeln eines Objekts in einer Heizanlage, insbesondere von Halbleiterwafern (2) in einer Schnellheizanlage (1), vor, bei dem die Objekte mit einem vorgegebenen Temperaturverlauf thermisch behandelt werden und die Temperatur des Objekts mit einer PID-Regelung und einer Vorwärtsregelung geregelt wird, die auf einem Simulationsmodell aus Heizvorrichtung und Objekt basiert, wobei das Modell aus Einzelmodellen von Komponenten der Heizvorrichtung und/oder des Objekts besteht und die Parameter wenigstens eines der Einzelmodelle während der thermischen Behandlung überwacht und das Modell an die überwachten Parameter angepaßt wird.

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

**Verfahren und Vorrichtung zum thermischen Behandeln  
von Objekten**

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum thermischen Behandeln von Objekten in einer Heizanlage, insbesondere von Halbleiterwafern in einer Schnellheizanlage, bei dem die Objekte mit einem vorgegebenen Temperaturverlauf thermisch behandelt werden und die Temperatur des Objekts mit einer entsprechenden Temperaturregelung, z.B. einer PID-Regelung und einer Vorwärtssteuerung geregelt wird, die auf einem Simulationsmodell aus Heizvorrichtung und Objekt basiert.

Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind in der Technik bekannt. Beispielsweise ist es in der Halbleiterindustrie zur Herstellung elektronischer Bauteile üblich, scheibenförmige Halbleitersubstrate mittels Heizlampen mit hohen Heizraten von mehr als 100 °C pro Sekunde thermisch zu behandeln. Dabei folgt die thermische Behandlung in der Regel einem vorgegebenen zeitlichen Temperaturprofil. Um dieses Temperaturprofil zu erreichen, ist eine Regelung der von den Lampen emittierten Heizleistung notwendig. Indem die Heizlampen mit einem vorgegebenen Leistungsprofil angesteuert werden, folgt die Wafertemperatur einem bestimmten Temperaturverlauf. Dabei ist jedoch zu beachten, daß zwischen der von den Lampen abgegebenen Strahlungsleistung und der Temperatur des Wafers kein lineares Verhältnis besteht, was auf unterschiedliche Effekte zurückzuführen ist, insbesondere dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz (wie dies z.B. in US 4,761,538 beschrieben ist), aber auch beispielsweise der Form einer Prozeßkammer, der Anordnung verschiedener Elemente innerhalb der Prozeßkammer, der Position des Wafers bezüglich der Heizlampen, etc. Daher ist eine einfache Steuerung des Temperaturprofils über eine vorgegebene Ansteuerung der Lampen nicht möglich.

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

2

Aus diesem Grund erfolgt eine ständige Überwachung der momentanen Wafertemperatur mit gleichzeitiger Nachregelung derselben bei einer Abweichung von einem Soll-Temperaturwert. Dabei werden zwei unterschiedliche Regelprozesse eingesetzt, nämlich ein geschlossener Temperaturregelkreis, z.B. eine PID-Regelung einerseits und eine sogenannte Vorwärtssteuerung andererseits.

Im Folgenden soll von Regelung gesprochen werden, wenn wenigstens eine Größe eines Systems auf einen Wert (oder innerhalb eines Intervalles um diesen Wert) gebracht werden soll, wobei diese Größe auf eine Regelvorrichtung zurückgeführt wird, so daß die Regelvorrichtung abhängig von der betrachteten Größe des Systems den gewünschten Wert möglichst optimal einstellt. Dabei kann die Größe unmittelbar im System z.B. durch Messung erfaßt werden, sie kann aber auch z.B. aus einem Modell, welches das System möglichst gut wiedergibt resultieren. Hierbei spricht man von modellbasierter Regelung. Ebenso kann bei Systemen, die hinsichtlich mehrerer Größen geregelt werden, eine Kombination aus modellbasierter und erstgenannter Rückführung der Größen vorliegen. Im allgemeinen bezeichnet man die Rückführung derartiger Größen als Rückkopplung.

Im Gegensatz zur Regelung wird bei der Steuerung nicht die zu steuernde Größe des Systems auf eine Steuervorrichtung zurückgeführt. Die zu steuernde Größe wird bei der Steuervorrichtung z.B. durch ein Modell bestimmt und/oder über eine andere Größe als der zu steuernden Größe gesteuert.

Bei einem geschlossenen Temperaturregelkreis wird der momentane Ist-Wert der Wafertemperatur mit einem vorgegebenen Soll-Wert verglichen. Bei Abweichungen zwischen den beiden Werten greift eine Regelvorrichtung ein und sorgt für ein Angleichen der beiden Werte, indem beispielsweise die Heizlampen stärker oder geringer angesteuert werden. Je größer die Regeldifferenz ist, um so stärker ist die Nachregelung. Nachteile dieser Regelung sind a), daß die Regelvorrichtung nicht über zukünftige Änderungen des Soll-Wertes informiert ist und b), daß die Wafereigenschaften nicht in Betracht gezogen

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

3

werden, die sich während des Regelvorganges ändern können, weshalb eine solche Regelung nicht vorausschauend reagieren kann.

5 Diese Nachteile werden durch eine Vorwärtssteuerung ausgeglichen, die neben einer bisherigen Entwicklung, dem Soll-Wert und dem momentanen Ist-Wert auch die zukünftige Entwicklung des Soll-Wertes in den Regelungsprozeß mit einbezieht. Dadurch wird die Anpassung des Ist-Wertes an den Soll-Wert genauer, da die Regelvorrichtung zukünftige Änderungen des Soll-Wertes in die Regelung mit einbezieht.

10

Für eine noch genauere Regelung wird ein zukünftiges Verhalten des Ist-Wertes im voraus berechnet, und zwar anhand eines Simulationsmodells bestehend aus Heizvorrichtung und zu behandelndem Objekt bzw. Wafer. In diesem Fall spricht man von vorhersage-geregelten Prozessen. Da die Wärmekapazitäten einzelner Kammerkomponenten bekannt sind und bekannt ist, welche Lampenleistung in die Kammer eingestrahlt wird, läßt sich die Wafer-temperatur sowie ihre künftige Entwicklung in Abhängigkeit vom Verlauf des Profils der Heizleistung im voraus durch die Vorhersage des Simulationsmodells abschätzen.

20

Diese Abschätzung, die bisher auf einem starren Simulationsmodell erfolgte, ist jedoch sehr schwierig, da die verschiedenen Komponenten in der Prozeßkammer einschließlich der Heizvorrichtung und des zu behandelnden Objekts ein nichtlineares System darstellen. Trotz dieser Schwierigkeiten läßt sich bei diesem Verfahren die Anpassung des Verlaufs der Wafertemperatur an das Soll-Profil verbessern.

25

Wie schon erwähnt, behandeln solche Simulationsmodelle die Kammer mit allen ihren Einzelkomponenten und dem Wafer zusammen als ein System. Zwischen einzelnen Systemkomponenten wird nicht unterschieden. Darüber hinaus werden die bisher bekannten Simulationsmodelle einmal aufgestellt und anschließend nicht mehr geändert, insbesondere nicht während eines Prozesses, d.h. während das Objekt eine Temperatur-Zeit-Behandlung er-

30

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

4

führt. Veränderungen innerhalb des Systems, beispielsweise bei der Behandlung unterschiedlicher Wafer (Objekte) mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften können nicht berücksichtigt werden. Insbesondere können prozessverlaufs- und/oder alterungsbedingte Veränderungen wie z.B. die von einer Heizlampe abgegebene Strahlung oder andere Änderungen innerhalb der Kammer nicht berücksichtigt werden. Prozeßverlaufsbedingte Änderungen sind beispielsweise Erwärmungen der Prozeßkammer, bestehend z.B. aus Quarzglas, und die damit zusätzliche entstehende Wärmeabstrahlung in einem von der Lampenstrahlung im allgemeinen unterschiedlichen Wellenlängenspektrum.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum thermischen Behandeln von Objekten in einer Heizanlage vorzusehen, die eine bessere Regelung eines Temperaturprofils eines zu behandelnden Objekts erlaubt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das Simulationsmodell wenigstens ein Einzelmodell umfaßt, welches Komponenten der Heizvorrichtung und/oder des Objekts umfaßt, und daß wenigstens ein Parameter wenigstens eines der Einzelmodelle während der thermischen Behandlung überwacht und daß das Simulationsmodell wenigstens an einen der überwachten Parameter angepaßt wird. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß das Simulationsmodell dynamisch an sich verändernde Betriebsbedingungen, wie beispielsweise altersbedingte Veränderungen der Heizleistung der Lampen, Objekte mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften, etc. angepaßt werden kann. Durch die Anpassung des Simulationsmodells ist eine genauere Regelung des Temperaturverlaufs des zu behandelnden Objekts insbesondere auch deshalb möglich, da auch vorteilhaft prozeßverlaufsbedingte Änderungen wie z.B. die oben genannte Erwärmung von z.B. Prozeßkammer (insbesondere auch die darin enthaltenen Quarzteile), bei der Temperaturregelung berücksichtigt werden können. Dies kann z.B. vorteilhaft zur Reduktion des sogenannten „first wafer“-Effekts eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

5

um den Einfluß der Prozeßkammertemperatur auf das Prozeßergebnis bei der Prozessierung von Wafern, wenn z.B. die Prozeßkammer beim Prozessieren der ersten Wafer noch nicht ihre mittlere „Betriebstemperatur“ erreicht hat. Dieser Effekt tritt immer zu Beginn von z.B. einer Massenproduktion auf oder wenn zwischen dem Prozessieren einzelner Wafer soviel Zeit ist, daß die Prozeßkammer auf Temperaturen abkühlen kann, die unter denen bei z.B. Massenproduktion liegt. Dadurch können anlagenbedingt die Prozeßergebnisse vom Durchsatz der Wafer abhängig werden, was natürlich unerwünscht ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Objekt mit wenigstens einer Heizlampe einer Heizvorrichtung bestrahlt. Vorzugsweise ist für wenigstens eine Heizlampe der Heizvorrichtung ein Einzelmodell mit wenigstens einem überwachten Parameter vorgesehen, und es werden Betriebsparameter der Heizlampe, insbesondere die abgestrahlte Heizleistung in Relation zur Ansteuerleistung, überwacht, um Veränderungen festzustellen und gegebenenfalls das Simulationsmodell anzupassen.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist für das zu behandelnde Objekt ein Einzelmodell vorgesehen und Parameter des zu behandelnden Objekts, insbesondere dessen optische Eigenschaften, werden überwacht, um gegebenenfalls eine Anpassung des Simulationsmodells vorzunehmen. Von besonderer Bedeutung sind die Absorptionseigenschaften (bzw. im allgemeinen die optischen Eigenschaften wie Transmission, Absorption oder Reflexion) des zu behandelnden Objekts bzw. die Kopplung an die Heizstrahlung bei unterschiedlichen Temperaturen, welche die Regelung, insbesondere eine Vorwärtssteuerung stark beeinflussen können, da diese Eigenschaften für z.B. Si-Wafer stark temperaturabhängig sind. Vorzugsweise werden die Parameter auf gegenüberliegenden Seiten des Objekts getrennt voneinander ermittelt.

Für eine weitere Optimierung des gesamten Modells werden die Datenübertragungszeiten und/oder die Rechenzeiten ermittelt und hierfür vorgesehene Einzelmodelle werden an die ermittelten Werte angepaßt. Bei einigen Meßvorrichtungen, wie beispielsweise Pyrometern, ist eine Temperaturermittlung des

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

6

Objekts unter 400°C nicht oder nur sehr schwer möglich. Daher werden die Temperaturen des Objekts unter 400°C vorzugsweise nachträglich anhand des Simulationsmodells berechnet, und diese errechneten Daten werden in der Regelung aufgenommen.

5

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch bei einer Vorrichtung zum thermischen Behandeln von Objekten, insbesondere von Halbleiterwafern, mit einer Heizvorrichtung, insbesondere einer Schnellheizvorrichtung, einer Regeleinheit mit einem Temperatur-Regler und einer Vorwärtssteuerung, der ein Simulationsmodell aus Heizvorrichtung und Objekt verwendet, dadurch gelöst, daß eine Überwachungseinheit vorgesehen ist zum Abtasten von für das Simulationsmodell relevanten Parametern von Komponenten der Heizvorrichtung und/oder des Objekts, zum Vergleichen der gemessenen Parameter mit den Parametern des Simulationsmodells und zum Anpassen der Parameter des Simulationsmodells an die gemessenen Parameter. Bei dieser Vorrichtung ergeben sich die schon oben unter Bezugnahme auf das Verfahren genannten Vorteile.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; in der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 schematisch den Aufbau einer Heizvorrichtung zum thermischen Behandeln von Objekten;
- Fig. 2 eine graphische Darstellung eines Ist- und eines Soll-Temperaturprofils bei einer thermischen Behandlung eines Halbleiterwafers mit PID-Regelung;
- Fig. 3 eine graphische Darstellung für die Ermittlung der von einer Lampe erzeugten Strahlung;
- Fig. 4 eine graphische Darstellung eines Lampenmodells in einem Regelkreis;
- Fig. 5a und b Kurven, welche die Lampenstrahlung bei Spannungssprüngen ohne Strahlungsregler während einer Aufheizphase bzw. während einer Abkühlphase zeigen;

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

7

Fig. 6a und b Kurven ähnlich wie die der Fig. 5a und b, welche die Leistungssprünge mit Strahlungsregler zeigen;

Fig. 7 eine graphische Darstellung einer Vorsteuereinheit;

Fig. 8 eine graphische Darstellung einer erweiterten Vorsteuereinheit.

5

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Heizvorrichtung 1 zum thermischen Behandeln von Halbleiterwafern 2. Die Vorrichtung 1 weist eine innere, in der Regel aus Quarzglas bestehende Prozesskammer 3 mit Heizelementen 5 zur Aufnahme des Halbleiterwafers 2 auf.

10

Oberhalb und unterhalb der Prozesskammer 3 sind Lampenbänke 7 und 8 vorgesehen, die durch eine Vielzahl von stabförmigen Lampen wie beispielsweise Wolfram-Halogenlampen oder Bogenlampen gebildet werden. Es kann aber auch nur eine Lampenbank z.B. zum einseitigen Beheizen eines Objekts vorhanden sein. Natürlich können auch andere Lampen verwendet werden. Zum thermischen Behandeln des Wafers 2 werden die Lampen derart angesteuert, dass sie eine bestimmte elektromagnetische Strahlung abgeben, die sowohl in ihrer räumlichen und/oder spektralen Zusammensetzung als auch in ihrer Intensität steuerbar ist.

20

Während der thermischen Behandlung wird die Temperatur des Wafers gemessen. Hierzu sind zwei Pyrometer, ein Lampenpyrometer 10 einerseits und ein Waferpyrometer 11 andererseits vorgesehen. Das Lampenpyrometer 10 misst die von wenigstens einer Lampe abgegebene elektromagnetische Strahlungsintensität  $I_0$ , während das Waferpyrometer 11 die von dem Wafer 2 ausgehende Strahlungsintensität  $I_w$ , sowie am Wafer 2 reflektierte Strahlungsintensität  $I_r$  und gegebenenfalls auch eine durch den Wafer transmittierte Strahlung misst. Die von den Lampen ausgehende Strahlungsintensität  $I_0$  besitzt eine bestimmte Modulation, die entweder aktiv, d.h. durch gezielte, definierte und/oder steuerbare Modulation der Strahlung, oder passiv, d.h. durch Ausnutzung systembedingter Strahlungsänderungen, die z.B. durch die Frequenz der Spannungsversorgung entstehen können, erreicht wird. Diese Mo-

30

11 11 11

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

8

dulation lässt sich auch in der am Wafer 2 reflektierten Strahlungsintensität  $I_r$  erkennen, und daher lässt sich der tatsächlich von dem Wafer 2 ausgehende Teil, der am Waferpyrometer 11 gemessenen Wärmestrahlung in einer Signalauswerteschaltung 12, der sowohl die Signale des Lampenpyrometers 10 als auch des Waferpyrometers 11 zugeführt werden, ermitteln. Einzelheiten dieses Messverfahrens sind beispielsweise in der auf dieselbe Anmelderin zurückgehenden DE-A-198 55 683 beschrieben, auf die insofern Bezug genommen wird, um Wiederholungen zu vermeiden. Die derart gemessene Wafertemperatur wird mit einer Soll-Wafertemperatur im Rahmen z.B. einer PID-Regelung verglichen, es wird eine Regelgröße für die Lampenbänke 7, 8 ermittelt, und sie werden dementsprechend angesteuert.

Fig. 2 zeigt den Soll-Temperaturverlauf A und den Ist-Temperaturverlauf B eines Wafers bei einer herkömmlichen thermischen Behandlung. Die gestrichelte Kurve A zeigt den erstrebten bzw. Soll-Temperaturverlauf für den Wafer und die durchgezogene Kurve B zeigt den Ist-Temperaturverlauf des Wafers. Die gestrichelte Kurve zeigt zunächst eine konstante Temperatur  $T_0$ , die in einem Zeitintervall zwischen  $t_0$  und  $t_1$  mit einer konstanten Rate, von beispielsweise  $100^\circ \text{C}$  pro Sekunde auf eine Temperatur  $T_1$  ansteigt und anschließend konstant auf dieser Temperatur verweilt. Bei der oben beschriebenen Regelung nach dem Stand der Technik, z.B. einer reinen PID-Regelung, folgt der Ist-Temperaturverlauf des Wafers nicht diesem linearen Verlauf. Vielmehr beginnt das Aufheizen des Wafers erst zu einem späteren Zeitpunkt als bei der Soll-Kurve. Die Aufheizrate bei der Ist-Kurve ist dann größer als bei der Soll-Kurve und die Ist-Kurve geht über die angestrebte Endtemperatur  $T_1$  des Wafers hinaus und pendelt sich dann erst einige Zeit nach dem Zeitpunkt  $t_1$  auf die gewünschte Endtemperatur  $T_1$  ein.

Wie zuvor erwähnt, können die Differenzen zwischen Soll- und Ist-Kurve durch zusätzliches Einbinden einer Vorwärtssteuerung, die eine zukünftige Entwicklung des Soll-Wertes in die Regelung einbezieht sowie ein zukünftiges Verhalten des Ist-Wertes anhand eines Simulationsmodells im Voraus be-

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

9

rechnet, verbessert werden. Das dabei bisher verwendete Simulationsmodell ist wie erwähnt ein starres Simulationsmodell.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das der Regelung zugrunde liegende  
5 Simulationsmodell dadurch verbessert, dass eine Anpassung des Simulationsmodells, insbesondere eine Anpassung während des Prozeßablaufs, an sich verändernde Parameter ermöglicht wird. Dies wird dadurch erreicht, dass das Simulationsmodell in Komponenten zerlegt wird und für wenigstens eine oder auch jede Komponente des Modells ein geeignetes Einzelmodell erstellt  
10 wird, und daß eine Messung von wenigstens einem Parameter dieses Einzelmodells oder der Einzelmodelle sowie eine anschließende Anpassung von Parametern im Einzelmodell während des Prozesses erfolgt.

Aufgrund dieses Gesamtmodells können Regelparameter für die einzelnen  
15 Komponenten festgelegt werden, die schließlich in einer Regelvorrichtung der Gesamtanlage gespeichert werden. Auf diese Weise lässt sich über die Einzelmodelle bzw. deren Regelparameter gezielt der Temperaturverlauf eines Wafers steuern und regeln. Das Gesamtmodell ist an sich verändernde Bedingungen, wie zum Beispiel Veränderungen der gemessenen Parameter anpassbar.  
20

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird nachfolgend auf die Figuren 3 bis 8 eingegangen. Fig. 3 zeigt eine grafische Darstellung für die Ermittlung der von einer Lampe erzeugten Strahlung durch eine Kombination aus Modell,  
25 Messung und angepasstem Modell mit dessen Integration in einem unterlagerten Strahlungs-Regelkreis. Zunächst wird ein Lampenmodell aufgrund der spezifischen Größen der Lampe erstellt. Charakteristische Größen einer Lampe, die als Modellparameter in Frage kommen, sind der sie durchfließende Strom, die anliegende Spannung, ihr Widerstand, die aufgenommene Leistung und die ermittelte Strahlungsleistung. Im statischen Fall ist die von der Lampe  
30 aufgenommene elektrische Leistung gleich der emittierten Leistung. Außerdem korreliert die emittierte Strahlungsleistung der Lampe über die Filamenttemperatur direkt mit ihrem Widerstand. Basierend auf diesen Zusammenhän-

gen kann man das in Fig. 3 gezeigte Lampenmodell erstellen, wie es unter anderem auch in J. Urban et al. in dem Artikel "Thermal Model of Rapid Thermal Processing Systems" in der 7<sup>th</sup> International Conference on Advanced Thermal Processing of Semiconductors - RTP '99 beschrieben ist, der insofern zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht wird, um Wiederholungen zu vermeiden. Bei diesem Modell wird eine einzelne Lampe durch drei Parameter spezifiziert, nämlich ihre Widerstandskennlinie  $R = f(T)$  als Funktion ihrer Temperatur  $T$ , ihre Wärmekapazität  $C$  (eventuell ebenfalls als Funktion der Temperatur  $T$ ) und eine die Abstrahlungsleistung bestimmende Konstante  $\epsilon\sigma A$ . Dabei entspricht  $\epsilon$  dem Emissionsgrad,  $\sigma$  der Stefan-Boltzmann-Konstante und  $A$  der Fläche, bzw. der effektiven Fläche, des Lampenfilaments.

In das Lampenmodell wird als Stellgröße  $g$  die an der Lampe anliegende Spannung  $u$  eingegeben. Aus der Spannung und dem Widerstand  $R$ , den die Lampe entsprechend ihrer Kennlinie bei einer Temperatur  $T$  hat, wird die Größe des durch die Lampe fließenden Stroms  $i$  ermittelt. Nach  $P_{el} = u \cdot i$  bestimmt sich daraus die in der Lampe umgewandelte elektrische Leistung  $P_{el}$ . Anhand des Abstrahlungsgesetzes von Stefan-Boltzmann lässt sich die von der Lampe emittierte Strahlungsleistung  $P_{str}$  anhand der Lampentemperatur und den Abstrahlungskonstanten (Emissionskonstanten) ermitteln. Die Strahlungsleistung wird von der umgewandelten elektrischen Leistung abgezogen, wodurch man den Anteil der Leistung, der in der Lampe in Wärme umgewandelt wurde, erhält, die das Filament und die Lampe erwärmt. Mittels der Wärmekapazität  $c$  der Lampe, die im wesentlichen durch die Masse des Filamentdrahtes vorgegeben ist, wird eine neue Temperatur  $T$  der Lampe berechnet. Dies ist in Fig. 3 durch das  $1/c$  und durch das Integralglied dargestellt. Anhand der neuen Temperatur wird ein neuer Filamentwiderstand  $R$  der Lampe und daraus die umgesetzte Lampenleistung  $P_{el}$  neu ermittelt und zum anderen wird die emittierte Lampenstrahlung  $P_{str}$  neu ermittelt. Auf diese Weise lässt sich der Einfluss der Stellgröße  $g$  auf die von der Lampe emittierte Strahlungsleistung  $P_{str}$  bestimmen, insbesondere wird das dynamische Verhalten der Lampe beschrieben.

In einem nächsten Schritt werden die in dem Lampen-Modell aufgenommenen Parameter für eine vorgegebene Lampe vermessen. Hierdurch lässt sich das Modell optimieren und auf eine bestimmte Lampe einstellen. Insbesondere werden die Abhängigkeit des Widerstands von der Filamenttemperatur, die Wärmekapazität  $C$  des Filaments sowie die Konstanten  $\epsilon$  und  $A$  ermittelt, wobei  $\epsilon$ ,  $\epsilon$  und  $A$  auch als Funktion der Temperatur bestimmt werden können. Optional können auch  $\epsilon$  und  $A$  an die Temperatur angepasst werden. Die ermittelten Parameter werden in das Lampenmodell eingesetzt, wodurch sich ein spezifisches Modell für die Lampe ergibt.

Der Einsatz des Lampenmodells aus Fig. 3 in einem Regelkreis 20 ist in Fig. 4 dargestellt. In dem Regelkreis 20 wird die aufgrund des Lampenmodells 25 berechnete Strahlungsleistung  $P_{str}$  (hier als überwachter Parameter des Lampenmodells 25) einmal mit der tatsächlichen, mittels eines Pyrometers 26 gemessenen Lampenstrahlung  $h$  verglichen. Die Differenz zwischen berechneter und gemessener Lampenstrahlung dient zur weiteren Optimierung des Lampenmodells 25 über eine Modell-Optimierungseinheit 28, die für eine Anpassung von z.B.  $R$ ,  $\epsilon$ ,  $A$  oder  $c$  sorgt. Außerdem wird die berechnete Strahlungsleistung  $P_{bst}$  ( $=P_{str}$ ) mit einem Soll-Strahlungswert  $e$  verglichen und die Lampenstrahlung wird anhand der ermittelten Differenz über einen Strahlungsregler 30 geregelt. Die von dem Strahlungsregler 30 ausgegebene Stellgröße  $g$ , die einer Effektivspannung entspricht, dient neben der Ansteuerung der Lampen auch als Eingangsgröße für das Lampenmodell. Wie sich aus der obigen Beschreibung ergibt, kann das Lampenmodell, welches bei der Regelung der Temperatur eines Wafers verwendet wird, dynamisch an sich verändernde Bedingungen angepasst werden, indem die tatsächlich von der Lampe abgegebene Strahlungsleistung mit der innerhalb des Modells berechneten Strahlungsleistung verglichen wird. Zusätzlich oder alternativ kann man während des Prozesses andere Lampenparameter  $m$ , wie zum Beispiel Strom oder Spannung messen und das Lampenmodell anhand der gemessenen Parameter optimieren. Es ist aber auch möglich, das Lampenmodell zu Beginn

mit den gemessenen Parameterwerten zu initialisieren und auf eine prozessbegleitende Optimierung dieser Größen zu verzichten.

Bei dem oben beschriebenen Verfahren ist von besonderer Bedeutung, dass die Stellgröße  $g$ , die der Lampenansteuerung dient, nicht mehr wie bisher üblich auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen dem Soll-Strahlungswert  $e$  und einem gemessenen realen Lampenstrahlungswert bestimmt wird, sondern sich aus dem Soll-Strahlungswert  $e$  und der vom Lampenmodell berechneten Lampenstrahlung  $P_{str}$  ergibt. Dies führt zu einer Erhöhung der Regelgeschwindigkeit und darüber hinaus ergeben sich innerhalb des Regelprozesses weniger Störungen.

Der Effekt und Vorteil der oben beschriebenen Regelung ist in den Oszillographenbildern 5 a, b und 6 a, b dargestellt. In den Figuren 5a und 5b wurde die Lampe auf konventionelle Art über die Spannung als Stellgröße und ohne Strahlungsregler (Lampenmodell, Lampenmodell-Optimierungseinheit) angesteuert. Dabei zeigt Fig. 5a eine sich erhöhende Strahlungsleistung und Fig. 5b eine sich verringernde Strahlungsleistung. Die Spannung wurde dabei treppenförmig verändert. Wie man den Oszillographenbildern entnehmen kann, spiegelt die von der Lampe abgestrahlte Leistung diesen treppenförmigen Verlauf der Spannung nur stark verfremdet wider. Statt einer stufenförmigen Veränderung der Lampenstrahlungsintensität ist ein wellenförmiger Verlauf zu erkennen.

Die Figuren 6a und 6b zeigen wiederum den zeitlichen Verlauf der emittierten Strahlung einer Lampe einmal bei Erhöhung (Fig. 6a) und einmal bei Verringerung (Fig. 6b) der Lampenleistung. In diesem Fall wurden die Lampen über den in Fig. 4 dargestellten Regelkreis angesteuert. Der in den Figuren 6a und 6b gezeigte Verlauf der Strahlungsintensität zeigt einen treppenförmigen Verlauf. Es wurde ein Strahlungsregler verwendet und die vom Modell berechnete Strahlungsintensität als Stellgröße zugrunde gelegt. Beim Vergleich der Oszillographenbilder gemäß Fig. 5a, b und 6a, b ist zu beachten, dass die Y-Achsen unterschiedlich hohe Werte aufzeigen. Dies resultiert daraus, dass

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

13

bei den Spannungssprüngen tatsächlich nur die Spannung als Stellgröße verändert wird, bei den Leistungssprüngen aber ein Soll-Wert für die Strahlungsleistung vorgegeben wird. Insgesamt stellen Lampen, die über den in Fig. 4 dargestellten Regelkreis angesteuert werden (Fig. 6 a, b), Steilglieder mit dynamischerem Verhalten dar. Mit ihnen läßt sich auch der Temperaturverlauf des Wafers exakter an ein vorgegebenes Temperaturprofil anpassen.

Bei der Wärmebehandlung eines Wafers kann jede einzelne Lampe der Lampen einer Heizvorrichtung auf diese Weise individuell geregelt werden.

10

Fig. 7 zeigt eine an die Eigenschaften des Wafers angepasste Vorsteuerung mit einem Vorsteuerregler, der ein Modell des Wafers beinhaltet. Bei der dargestellten Regelung wird die Kopplung des Wafers an die Lampenstrahlung gemessen und anhand der gemessenen Kopplung wird eine an den Wafer angepasste Vorsteuerung erzeugt. Die Vorsteuerregelung erzeugt eine Stellgröße für die einzelnen Lampen bzw. Lampenbänke, die von der Temperatur, der Temperaturänderung, der Wafergröße und eventuell anderen Wafereigenschaften abhängt.

15

Eine vom Wafer emittierte und reflektierte Strahlung  $i$  wird in der Messeinheit 40 gemessen und zur Berechnung der Wafertemperatur  $t$  herangezogen. Die vom Wafer emittierte Strahlung  $i$  wird ferner in einer Kopplungs-Messeinheit 43 mit einer gemessenen Lampenstrahlung  $h$  verglichen, wodurch sich eine Kopplung  $k$  des Wafers an die Lampenstrahlung ermitteln läßt. Zur Bestimmung der Kopplung  $k$  des Wafers an die Lampenstrahlung wird eine breitbandige aktiv modulierte Messung der von den Lampen und vom Wafer emittierten Strahlung verwendet. Die Messung erfolgt mit zwei Pyrometern, wie es aus der auf dieselbe Anmelderin zurückgehenden DE-A-198 55 683.7 bekannt ist, die insofern zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht wird, um Wiederholungen zu vermeiden. Die Größe der Kopplung  $k$  zwischen Wafer und Lampenstrahlung ist von unterschiedlichen Parametern abhängig. Beispielsweise können die Wafer mit verschiedenen Materialien sogar mehrfach beschichtet und/oder strukturiert sein, was neben dem Problem unterschiedli-

20

25

30

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

14

cher Absorptionseigenschaften und nicht homogener Temperaturverteilungen über die Waferoberfläche hinweg auch zu Interferenzeffekten der Heizstrahlung an diesen Schichten führt. Unter dem Begriff der Kopplung  $k$  zwischen Wafer und Lampenstrahlung ist der Grad der Wechselwirkung zwischen dem

5 Wafer und dem Strahlungsfeld zu verstehen, also sein Absorptions- und Emissionsgrad über alle vorkommenden Wellenlängen.

Die berechnete Wafertemperatur  $j$  wird am Punkt 45 mit einem Temperatur-Sollwert  $a$  verglichen. Eine Differenz  $b$  aus Soll- und Ist-Wert wird an einen

10 Temperaturregler, z.B. einen PID-Temperaturregler 47 weitergegeben, der aufgrund der Differenz  $b$  in bekannter Weise einen Lampen-Ansteuerwert  $c$  ermittelt. Der Sollwert  $a$  und die berechnete Kopplung  $k$  zwischen dem Wafer und der Lampenstrahlung werden an einen Vorsteuerregler 50 geleitet, der einen Vorsteuerwert  $d$  in Abhängigkeit von der Wafereigenschaft  $k$  liefert. Der

15 Vorsteuerwert  $d$  und die Ausgangsgröße  $c$  des Temperaturreglers werden am Punkt 54 zu einer Stellgröße  $e$  addiert, sodass die aktuelle Stellgröße  $e$  aus Berechnungen resultiert, die auf der Basis der letzten Messung ermittelt wurden. Dabei kann das zugrunde liegende Modell auch andere Parameter der Kammer, der Haltevorrichtung oder der Lampen wie z.B. die Quarztemperatur,

20 Umgebungstemperatur usw. beinhalten. Die Stellgröße  $e$  wird am Regler 55a, 55b für die obere bzw. untere Lampenbank weitergeleitet.

Alle oberhalb des Wafers befindlichen Lampen sind zur oberen Lampenbank 7 zusammengefasst und die unterhalb des Wafers liegenden Lampen sind zur

25 unteren Lampenbank 8 zusammengefasst. Jede der  $n$  Lampen der oberen und unteren Lampenbank besitzt einen individuellen Regelkreis (LCL) wie er unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben wurde. Beim Aufheizen in einem homogenen Lampenfeld heizen sich die Randbereiche eines scheibenförmigen Wafers stärker auf als die Wafermitte. Zum Erreichen einer homogenen

30 Temperaturverteilung über den Wafer hinweg müssen daher einzelne Lampen der Lampenbänke unterschiedlich stark strahlen. Zu diesem Zweck sind Kontrolltabellen (LCT) für die einzelnen Lampen vorgesehen. Anhand der Kontrolltabellen wird die Strahlungsstärke jeder einzelnen Lampe während einer

thermischen Behandlung eingestellt. Die hierfür erforderlichen Einstellrichtungen sind den Lampenregelkreisen vorgeschaltet. Sie werden über die Stellgröße  $e$  angesteuert und sorgen für eine gewünschte Lampenstrahlung  $h$ . Da die jeweiligen Lampen in unterschiedlichen Situationen unterschiedliches dynamisches Verhalten zeigen, ist es von besonderem Vorteil, dass jede Lampe anhand ihrer individuellen Kennlinie mit einem individuellen Regelkreis gemäß Fig. 4 angesteuert wird. Hierdurch wird ein homogeneres Aufheizen des Wafers insbesondere in den Randbereichen erreicht. Aufgrund der gemessenen Parameter  $h$  und  $i$ , die eine Aussage über die Kopplung des Wafers an die Lampenstrahlung machen, erhält man Aufschluß über die Modellparameter des Lampenmodells, die daraufhin angepaßt werden können. Insbesondere dann, wenn es sich bei den Lampen um Bogenlampen handelt, erweist sich diese Methode als sehr vorteilhaft. Bemerkenswert sei, daß die Kontrolltabellen (LCT) selbst wiederum durch ein Einzelmodell beschrieben werden können, welches wiederum mittels wenigstens eines Parameters (z.B. der radialen Wafertemperatur) überwacht und angepaßt werden kann.

Da es sich bei der Waferstrahlung  $i$  um die zu regelnde Größe handelt, sie erlaubt nämlich eine Aussage über die Wafertemperatur, und die Kopplungsmesseinheit 43 diese Strahlung  $i$  mit der Lampenstrahlung  $h$  vergleicht, handelt es sich um eine Steuerung mit Rückkopplung. Die Lampenstrahlung  $h$  selber wird nicht im hier verstandenen Sinne geregelt, mit ihrer Hilfe wird die zu regelnde Größe  $i$  lediglich auf einen gewünschten Wert gebracht. Zu diesem Zweck kann die Lampenstrahlung  $h$  prinzipiell jeden Verlauf nehmen, der zum vorgegebenen Wert von der zu regelnden Größe  $i$  führt; sie ist nur eine Hilfsgröße. Dagegen wird der Messeinheit 40 die zu regelnde Waferstrahlung  $i$  zugeführt. Hier hat man es mit einer Regelung oben definierten Sinn zu tun.

Alterungseffekte von Lampen infolge langer Lebensdauer lassen sich durch eine einfache Anpassung ihres Modells mit neuen Parameterwerten schnell und ohne größeren Aufwand ausgleichen. Eine dynamische Anpassung der Lampenparameter in einem Lampenmodell anhand gemessener Parameter ist auch bei einem eventuellen Lampenwechsel sehr vorteilhaft. Bisher musste in

5 einem solchen Fall ein neues Modell mit entsprechenden Tabellen angefertigt werden. Bei der dynamischen Anpassung kann die Lampe jedoch automatisch ausgemessen werden und das Modell kann sich automatisch anpassen. Durch eine solche Modellanpassung können die Lampen auch vorteilhaft länger im Einsatz bleiben. Ferner können überwachte Parameter wie z.B. die  $P_{sr}$  aus Fig. 4 oder davon abhängige Einzelmodellparameter bzw. Modellparameter zur Überwachung der Schnellheizanlage dienen, so daß z.B. ein Wechseln von Lampen angezeigt werden kann, wenn Einzelmodellparameter außerhalb vordefinierter oder angepaßter Grenzbereiche liegen.

10 Bei der in Fig. 7 dargestellten Vorsteuerung wurde nur die Kopplung der Waferunterseite an die Lampenstrahlung berücksichtigt.

15 Fig. 8 zeigt ein System, bei dem neben der Kopplung der Waferunterseite auch die Kopplung der Waferoberseite an die Lampenstrahlung berücksichtigt wird. In Fig. 8 werden die selben Bezugszeichen wie in Fig. 7 verwendet, sofern gleiche oder ähnliche Elemente betroffen sind.

20 Eine getrennte Betrachtung der Kopplung ist besonders bei Wafern von Vorteil, bei denen die Oberseite und Unterseite unterschiedliche Materialschichten aufweisen und daher die optischen Eigenschaften des Wafers auf beiden Seiten unterschiedlich sind. Insbesondere in der Halbleitertechnik sind in vielen Fällen die Wafervorderseiten mit einer oder mehrerer Schichten unterschiedlicher Materialien versehen, während die Rückseite des Wafers unbehandelt ist. Außerdem kann eine der Oberflächen mikroskopische Strukturen aufweisen, während die andere Oberfläche flach ist. Berücksichtigt man diese Unterschiede in zwei getrennten Modellen für die Vorsteuerung, lässt sich die Regelung der Wafertemperatur noch weiter verbessern. Da sich die Ankopplung des Wafers an die Lampenstrahlung aus einem Durchschnittswert der Vorder- und der Rückseite ergibt, kann der Vorsteuerwert aus dem Durchschnittswert der zwei voneinander unabhängigen Kopplungsmessungen ermittelt werden.

25  
30

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

17

Wie in Fig. 8 dargestellt ist, wird die von den oberen und unteren Lampenbänken emittierte Strahlung  $h$  getrennt ermittelt und für eine Ermittlung der Kopplung zwischen Lampenstrahlung und Wafer herangezogen. Aus diesen Werten ergeben sich unterschiedliche Anpassungen der Vorwärtsregelung für die obere und die untere Lampenbank in den Vorsteuerregeln 50a bzw. 50b. Darüber hinaus ergibt sich eine unterschiedliche Ansteuerung der oberen und unteren Lampenbänke über eine Verteilereinheit 56.

Durch die unterschiedlichen Vorgaben für die Stellgröße der Lampenstrahlung für die obere und untere Lampenbank wird eine gleichmäßigere Erwärmung der Vorder- und Rückseite des Wafers 2 sichergestellt. Dies ist besonders bei sehr kleinen Strukturen vorteilhaft.

Die Erfindung wurde zuvor anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben, ohne jedoch auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt zu sein. Beispielsweise könnten bei einer weiteren Ausführungsform Datenübertragungsraten sowie Rechenzeiten einzelner Systemkomponenten berücksichtigt werden und als Parameter in das Modell für die Vorsteuerung einfließen. Vorteilhaft könnte auch die Messung von Anlagenparametern sein, die keinen direkten Bezug auf die Stellgröße haben. So können Verunreinigungen der Quarzkammer, die im Laufe des Prozesses auftreten und die Transmission der Lampenstrahlung beeinflussen, im Modell durch geeignete Parameter vorgesehen werden, die dann messtechnisch z.B. durch Reflektions- oder Transmissionsmessungen erfasst werden und auf den Regelkreis mitwirken. Für eine ideale Temperatursteuerung des Wafers sollten möglichst viele Einzelkomponenten des Systems berücksichtigt werden, wobei hier ein Kompromiss zwischen Regelaufwand und Erfolg gefunden werden muss. Ferner können wie oben anhand des Lampenmodells über die (Einzel-) Modelle Systemüberwachungsfunktionen wie z.B. Wartungsintervalle integriert werden. Schließlich können die einzelnen Merkmale der oben beschriebenen Ausführungsformen untereinander kombiniert werden.

**Patentansprüche**

- 5 1. Verfahren zum thermischen Behandeln von Objekten in einer Heizanlage, insbesondere von Halbleiterwafern in einer Schnellheizanlage, bei dem die Objekte mit einem vorgegebenen Temperaturverlauf thermisch behandelt werden und die Temperatur des Objekts mit einer Temperaturregelung und einer Vorwärtssteuerung geregelt wird, die auf einem Simulations-Modell aus Heizvorrichtung und Objekt basiert, dadurch gekennzeichnet, daß das Simulations-Modell wenigstens ein Einzelmodell umfaßt, welches Komponenten der Heizvorrichtung und/oder des Objekts umfaßt, und daß wenigstens ein Parameter wenigstens eines der Einzelmodelle während der thermischen Behandlung überwacht wird und daß das Simulations-Modell wenigstens an einen überwachten Parameter angepaßt wird.
- 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt mit wenigstens einer Heizlampe bestrahlt wird.
- 20
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für wenigstens eine Heizlampe ein Einzelmodell vorgesehen ist und daß Betriebsparameter, insbesondere die abgestrahlte Heizleistung, der Heizlampe überwacht werden.
- 25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Parameter des zu behandelnden Objekts, insbesondere dessen optische Eigenschaften überwacht werden.
- 30
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopplung des Objekts an die Heizstrahlung ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter auf gegenüberliegenden Seiten des Objekts getrennt voneinander ermittelt werden.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Datenübertragungszeiten und/oder Rechenzeiten ermittelt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Temperaturen des Objekts unter 400°C nachträglich berechnet werden.  
10
9. Vorrichtung zum thermischen Behandeln von Objekten (2), insbesondere von Halbleiterwafern, mit einer Heizvorrichtung (1), insbesondere einer Schnellheizvorrichtung, einer Regeleinheit mit einem PID-Regler (47) und einem Vorwärts-Regler (50), der ein Simulationsmodell aus Heizvorrichtung (1) und Objekt (2) verwendet, gekennzeichnet durch wenigstens eine Überwachungseinheit, zum Abtasten von für das Simulationsmodell relevanten Parametern von Komponenten der Heizvorrichtung (1) und/oder des Objekts (2), zum Vergleichen der gemessenen Parameter mit den Parametern des Simulationsmodells und zum Anpassen der Parameter des Simulationsmodells an die gemessenen Parameter.  
15  
20
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch wenigstens eine Heizlampe.  
25
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachungseinheit wenigstens einen Sensor (10) zum Messen von Betriebsparametern, insbesondere der abgestrahlten Heizleistung, wenigstens einer Heizlampe aufweist.  
30
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachungseinheit wenigstens einen Sensor (11) zum

WO 02/03160

PCT/EP01/07435

20

Messen von Parameter des zu behandelnden Objekts (2), insbesondere dessen optischen Eigenschaften, aufweist.

- 5 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sensoren vorgesehen sind, um die Parameter auf gegenüberliegenden Seiten des Objekts (2) zu ermitteln.

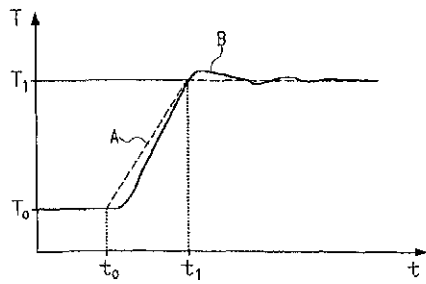
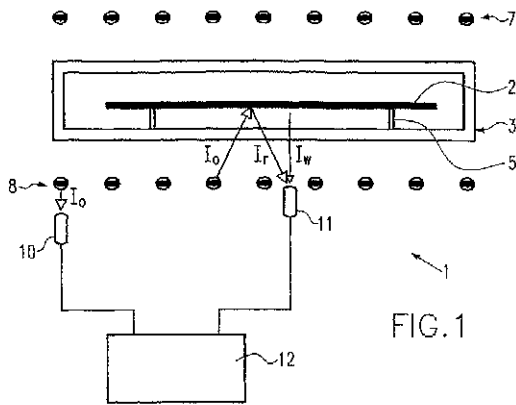


FIG.2



3/6

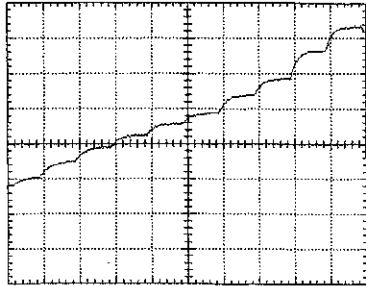


FIG.5a

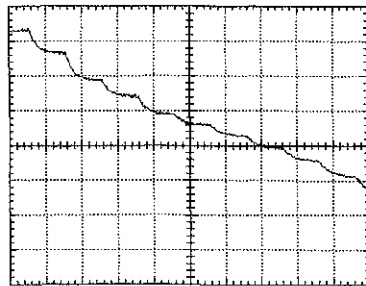


FIG.5b

4/6

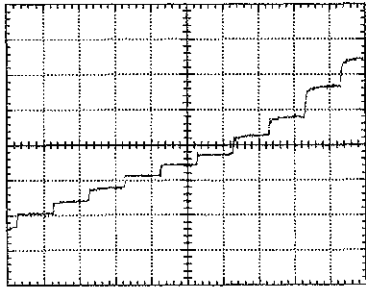


FIG.6a

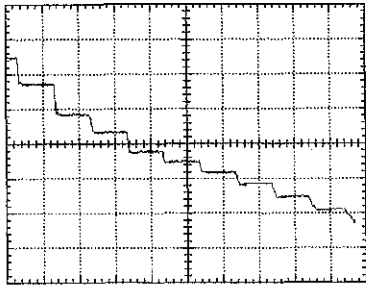


FIG.6b

5/6

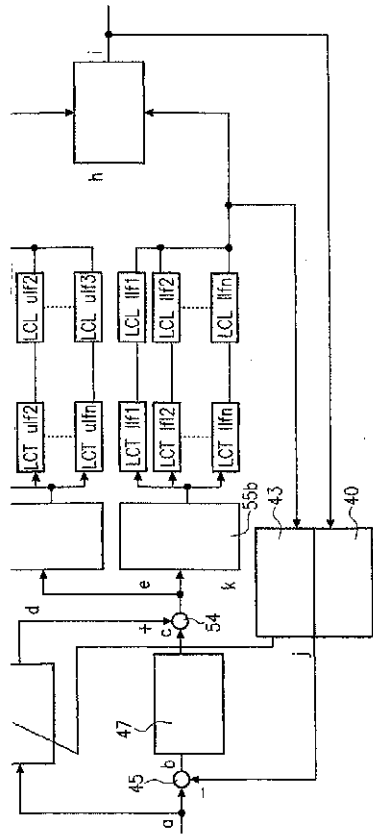


FIG. 7

6/6

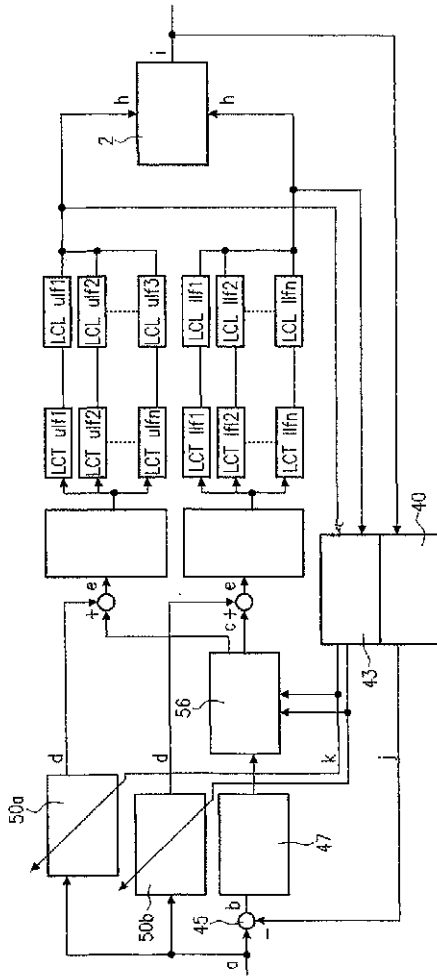


FIG. 8

【国際公開パンフレット(コレクトバージョン)】

(12) NACI DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG.

BERICHTIGTE FASSUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Januar 2002 (10.01.2002)

PCT

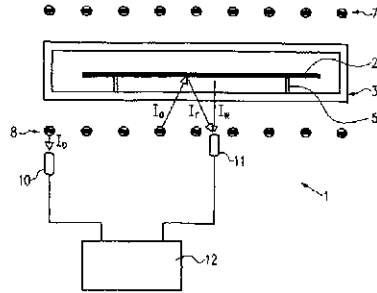
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/03160 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: G05D 23/19 (72) Erfinder und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLERSCH, Werner (DE/DE); Bühlerstrasse 8, 8847 Bussnang-Obersesslen (DE); URBAN, Jochen (DE/DE); Strobelhof 3, 89233 Neu-Ulm (DE); PAUL, Silke (DE/DE); Kurze Lappgen 5, 89075 Ulm (DE); RUBY, Ilse (DE/DE); Stafesstrasse 2b, 89160 Darmstadt (DE); HAUF, Markus (DE/DE); Sölicher Strasse 11, 89335 Ichenhausen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP0107435
- (22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juni 2001 (29.06.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 32 465.7 4. Juli 2000 (04.07.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von ES): MATTSOHN THERMAL PRODUCTS GMBH (DE/DE); Daimlerstrasse 10, 89160 Darmstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, SG, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SF, UK).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THERMALLY TREATING OBJECTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM THERMISCHEN BEHANDLEN VON OBJEKTEN



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for thermally treating objects. The aim of the invention is to facilitate a better control of the temperature profile of an object to be thermally treated. To this end, the invention provides a method and a device for thermally treating an object in a heating system, especially for treating semiconductor wafers (2) in a rapid heating system (1). The objects are thermally treated at a predetermined temperature progression and the temperature of the object is controlled via a PD control and a feedforward control that are based on a simulation model of the heating system and the object. Said model consists of individual models of components of the heating system and/or the object. The parameters of at least one of the individual models are monitored during the thermal treatment and the model is adapted to the monitored parameters.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/03160 A1

WO 02/03160 A1



Veröffentlicht:  
mit internationalen Recherchebereich

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(48) Datum der Veröffentlichung dieser berichtigten  
Fassung: 4. April 2002

(15) Informationen zur Berichtigung:  
siehe PCT Gazette Nr. 14/2002 vom 4. April 2002, Section  
U

(57) Zusammenfassung: Um eine bessere Regelung eines Temperaturprofils eines zu behandelnden Objekts bei einer thermischen Behandlung zu ermöglichen, sieht die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum thermischen Behandeln eines Objekts in einer Heizanlage, insbesondere von Halbleiterwafern (2) in einer Schnellheizanlage (1), vor, bei dem die Objekte mit einem vorgegebenen Temperaturverlauf thermisch behandelt werden und die Temperatur des Objekts mit einer PID-Regelung und einer Vorwärtregelung geregelt wird, die auf einem Simulationsmodell aus Heizvorrichtung und Objekt basiert, wobei das Modell aus Einzelmodellen von Komponenten der Heizvorrichtung und/oder des Objekts besteht und die Parameter wenigstens eines der Einzelmodelle während der thermischen Behandlung überwacht und das Modell an die überwachten Parameter angepaßt wird.

## 【手続補正書】

【提出日】平成14年9月27日(2002.9.27)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

半導体ウェーハを、設定された温度経過で熱処理し、半導体ウェーハの温度を、温度制御装置と、加熱装置および対象物から成るシミュレーションモデルに基づくフィードフォワード制御装置とによって制御して、半導体ウェーハを急速加熱装置内で熱処理するための方法において、シミュレーションモデルが、少なくとも1つの個別モデルを有しており、該個別モデルが、加熱装置のかつ/または半導体ウェーハの成分を有しており、少なくとも1つの個別モデルの少なくとも1つのパラメータを熱処理の間に監視し、シミュレーションモデルを、少なくとも監視されたパラメータに適合させることを特徴とする、半導体ウェーハを急速加熱装置内で熱処理するための方法。

## 【請求項2】

半導体ウェーハに少なくとも1つの加熱ランプを照射する、請求項1記載の方法。

## 【請求項3】

少なくとも1つの加熱ランプに対して個別モデルが設けられており、加熱ランプの運転パラメータ、特に放射された加熱出力を監視する、請求項2記載の方法。

## 【請求項4】

処理したい半導体ウェーハのパラメータ、特に半導体ウェーハの光学的な特性を監視する、請求項1から3までのいずれか1項記載の方法。

## 【請求項5】

加熱放射への半導体ウェーハの結合を検出する、請求項4記載の方法。

## 【請求項6】

半導体ウェーハの、互いに反対の側に位置する面おけるパラメータを互いに別個に検出する、請求項4または5記載の方法。

## 【請求項7】

データ伝送時間および/または演算時間を検出する、請求項1から6までのいずれか1項記載の方法。

## 【請求項8】

400未満の半導体ウェーハの温度を追補的に算出する、請求項1から7までのいずれか1項記載の方法。

## 【請求項9】

半導体ウェーハ(2)を熱処理するための装置であって、加熱装置(1)、特に急速加熱装置と、制御ユニットとが設けられており、該制御ユニットが、PIDコントローラ(47)とフィードフォワードコントローラ(50)とを備えており、該フィードフォワードコントローラ(50)が、加熱装置(1)と半導体ウェーハ(2)とから成るシミュレーションモデルを使用している形式のものにおいて、加熱装置(1)のかつ/または半導体ウェーハ(2)の成分の、シミュレーションモデルに対して重要なパラメータを走査し、測定されたパラメータをシミュレーションモデルのパラメータと比較しかつシミュレーションモデルのパラメータを、測定されたパラメータに適合させるための少なくとも1つの監視ユニットが設けられていることを特徴とする、半導体ウェーハを熱処理するための装置。

## 【請求項10】

少なくとも1つの加熱ランプが設けられている、請求項9記載の装置。

## 【請求項11】

監視ユニットが、少なくとも1つの加熱ランプの運転パラメータ、特に放射された加熱出力を測定するための少なくとも1つのセンサ(10)を有している、請求項10記載の装置。

【請求項12】

監視ユニットが、処理したい半導体ウェーハ(2)のパラメータ、特に半導体ウェーハ(2)の光学的な特性を測定するための少なくとも1つのセンサ(11)を有している、請求項9から11までのいずれか1項記載の装置。

【請求項13】

半導体ウェーハの、互いに反対の側に位置する面おけるパラメータを検出するために、2つのセンサが設けられている、請求項12記載の装置。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/EP 01/07435
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 005023/19		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 0050		
Documentation searched other than minimum documentation to 99 extent that such documents are indicated in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, MPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Character of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 993 608 A (SUZUKI FUJIO) 14 January 1997 (1997-01-14) the whole document -----	1-3,7, 9-11 4-6,8, 12,13
X A	US 5 634 530 A (GORSKI WILLIAM H ET AL) 3 June 1997 (1997-06-03) the whole document -----	1,9 2-8, 10-13
A	US 4 761 538 A (CHIBA TAKATOSHI ET AL) 2 August 1988 (1988-08-02) the whole document -----	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "C" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claims or which is used to establish the publication date of another claim or other special reason (see 42C27.4) "O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
** Other categories of cited documents: "1" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "2" document of particular relevance but deemed irrelevant because the invention is not considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "3" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more of the other cited documents, each combination being due to 2.3. person skilled in the art. "4" document, member of the same patent family		
Date of the closest completion of the international search		Date of mailing of the international search report
15 November 2001		23/11/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 1 Munich 1, D-85389 Munich, Germany Tel. (+49-89) 840-2340, Telex 5111000-1 Fax: (+49-89) 840-2346		Authorized officer Philippot, B

Form PCT/ISA 210 (Recommendation) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				In: International Application No. PCT/EP 01/07435	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family members(s)	Publication date		
US 5593608	A	14-01-1997	JP 7096168 A	11-04-1995	
			JP 7096169 A	11-04-1995	
			JP 7096170 A	11-04-1995	
US 5634590	A	03-06-1997	AU 676728 B2	20-03-1997	
			AU 6464294 A	22-12-1994	
			CA 2125014 A1	17-12-1994	
			JP 7146715 A	06-06-1995	
US 4761538	A	02-08-1988	JP 1904319 C	08-02-1995	
			JP 6030027 B	20-04-1994	
			JP 62160512 A	16-07-1987	
			JP 1794897 C	28-10-1993	
			JP 5001483 B	08-01-1993	
			JP 62120518 A	01-06-1987	
			KR 9102596 B1	27-04-1991	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		In: <b>Donato Alencar</b> <b>FCT/EP 01/07435</b>
<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 605D23/19		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchiertes Gebiet (Identifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 605D		
Recherchierte aber nicht zum Maschinendruck gedruckte Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche akkreditierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbezüge) EPO-Internet, PAJ, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE LITERATUR</b>		
Kategorie*	Beschreibung der Vorrichtung, sowie erfindungstypischer Angabe der erfindungswesentlichen Teile	Bez. Anspr. Nr.
X A	US 5 593 603 A (SUZUKI FUJIO) 14. Januar 1997 (1997-01-14) das ganze Dokument	1-3, 7, 9-11 4-8, 8, 12, 13
X A	US 5 634 590 A (GORSKI WILLIAM H ET AL) 3. Juni 1997 (1997-06-03) das ganze Dokument	1, 9 2-8, 10-13
A	US 4 761 538 A (CHIBA TAKAOSHI ET AL) 2. August 1988 (1988-08-02) das ganze Dokument	1-13
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C. zu entnehmen. <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Vorrichtungen haben: *A* Veröffentlichung, die den neuesten Stand der Technik darstellt, aber nicht als besondere Priorität beansprucht ist. *E* Einmalige Erfindung, die jedoch erst am oder nach dem internationalen Patentantrag veröffentlicht werden ist. *I* Veröffentlichung, die gestützt auf einen Prioritätsanspruch zwar nicht erschienen ist, sondern durch die Veröffentlichungsbildung über andere in demselben Bereich getrennten Veröffentlichung biligt werden ist oder das es einen anderen besonderen Grund angegeben ist (siehe Anhang). *O* Veröffentlichung, die sich auf eine öffentliche Präsentation, eine Ausstellung, eine Auslobung oder andere Maßnahmen bezieht. *P* Veröffentlichung, die von dem internationalen Anmeldedatum oder nach dem internationalen Patentantrag veröffentlicht worden ist.		
Datum des Abschusses der internationalen Recherche		Abmeldedatum des internationalen Rechercheantrags
15. November 2001		23/11/2001
Name und Postanschrift der internationalen Recherchebehörde: Europäisches Patentamt, P. B. 296, Rosenau 2 NL - 3990 HV Bilthoven Tel. +31-75 2410001, Fax +31-75 2410001, Fax telex: 750 249-2475		Bewilligter Beauftragter:  Philipot, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT				In: Internationales Abkommenszeichen PCT/EP 01/07435	
In: Recherchebericht angeführtes Patentdokument	Class. der Veröffentlichung	Mitbesten der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung		
US 5593508	A	14-01-1997	JP	7096168 A	11-04-1995
			JP	7096169 A	11-04-1995
			JP	7096170 A	11-04-1995
US 5634590	A	03-06-1997	AU	676728 B2	20-03-1997
			AU	6464294 A	22-12-1994
			CA	2125014 A1	17-12-1994
			JP	7146715 A	06-06-1995
US 4761538	A	02-08-1988	JP	1904319 C	08-02-1995
			JP	6030027 B	20-04-1994
			JP	62160512 A	16-07-1987
			JP	1794897 C	28-10-1993
			JP	5001483 B	08-01-1993
			JP	62120518 A	01-06-1987
			KR	9102596 B1	27-04-1991

Formblatt PCT/ISA/210 (frühere Patentfamilie), Juli 1992

## フロントページの続き

(74)代理人 230100044

弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 ヴェルナー プレルシュ

ドイツ連邦共和国 ブスマンスハウゼン ビューラーシュトラッセ 8

(72)発明者 ヨッヘン ウルバン

ドイツ連邦共和国 ノイ-ウルム シュトリーベルホーフ 3

(72)発明者 ジルケ パウル

ドイツ連邦共和国 ウルム クルツェ ラウベン 5

(72)発明者 ウーヴェ ルビイ

ドイツ連邦共和国 ドルンシュタット シュタウフェンシュトラッセ 2 6

(72)発明者 マルクス ハウフ

ドイツ連邦共和国 イッヒェンハウゼン ズィルヒャー シュトラッセ 1 1

Fターム(参考) 5H323 AA40 BB04 CA10 CB04 DA03 EE05 FF03 GG15 KK10 LL01

LL02