(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 6 月 30 日(30.06.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/077702 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/324 (2006.01)　*H01L 21/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/007397

(22) 国際出願日: 2010 年 12 月 21 日(21.12.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-295665 2009 年 12 月 25 日(25.12.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): キヤノンアネルバ株式会社 (CANON ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２丁目５番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴垣　真果 (SHIBAGAKI, Masami) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２丁目５番１号　キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 真下　かおり (MASHIMO, Kaori) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２丁目５番１号　キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 渡辺　敬介, 外 (WATANABE, Keisuke et al.); 〒1100016 東京都台東区台東四丁目１１番４号三井住友銀行御徒町ビル６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則 4.17 に規定する申立て:

— 出願し及び特許を与えられる出願人の資格に関する申立て (規則 4.17(ii))

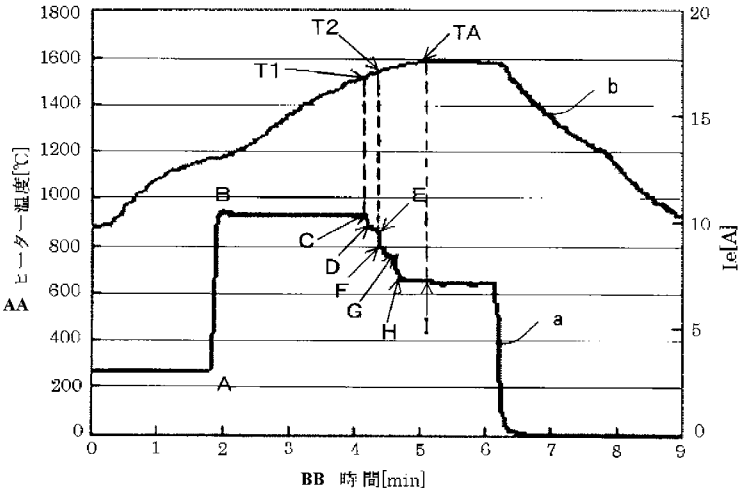
— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

[続葉有]

(54) **Title**: TEMPERATURE CONTROL METHOD FOR SUBSTRATE HEAT TREATMENT APPARATUS, METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR DEVICE, TEMPERATURE CONTROL PROGRAM AND RECORDING MEDIUM FOR SUBSTRATE HEAT TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称 : 基板加熱処理装置の温度制御方法、半導体デバイスの製造方法、基板加熱処理装置の温度制御プログラム及び記録媒体

[図4]



AA Heater temperature [°C]
BB Time [minutes]

(57) **Abstract**: Provided is a temperature control method for a substrate heat treatment apparatus with which stability of rapid heating is ensured and high throughput can be realized when a silicon carbide (SiC) substrate having a large aperture for impurity ion injection is subjected to activation annealing treatment. The temperature control method for a substrate heat treatment apparatus (1) provided with a heating body comprises: means for increasing a treatment temperature; means for continuing the temperature increase while the electric power applied in order to heat the heating body is incrementally decreased, after the treatment temperature has reached a set temperature (T1) prior to reaching an annealing temperature; and means for maintaining a constant treatment temperature until annealing treatment is completed after the treatment temperature has reached the annealing temperature (TA).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/077702 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

不純物をイオン注入した大口径の炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板を活性化アニール処理する場合に、急速加熱の安定性を確保して高いスループットを実現できる基板加熱処理装置の温度制御方法を提供する。加熱体を備える基板加熱処理装置１の温度制御方法が、処理温度を上昇させる手順と、処理温度がアニール温度に到達前の設定温度Ｔ１に到達した後、加熱体を加熱するために印加する電力値を段階的に低下させて昇温を継続する手順と、処理温度がアニール温度ＴＡに到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、を有する。

明　細　書

発明の名称 ：

基板加熱処理装置の温度制御方法、半導体デバイスの製造方法、基板加熱処理装置の温度制御プログラム及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、半導体デバイスの熱処理工程に用いる基板加熱処理装置の温度制御方法、これを利用した半導体デバイスの製造方法、基板加熱処理装置の温度制御プログラム及びこれを記録した記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板は、不純物の熱拡散係数が非常に小さく、実用上不純物の熱拡散工程を用いることができない。そのため、ＳｉＣ基板の電気伝導性を制御するには、不純物のイオン注入後に１５００℃から２０００℃程度の温度でアニール処理を施して不純物を活性化する必要がある。そこで、上記温度範囲で活性化アニール処理を行う基板加熱処理装置の加熱方式として電子衝撃加熱方式を用いることで、ＳｉＣ基板の急速加熱を実現し、良好なアニール特性が得られることが開示されている（例えば、特許文献１参照）。

[0003] 一方、電子衝撃加熱方式での急速加熱を実現する温度制御方法として、設定温度まではエミッション電流値が一定となるように昇温し、設定温度に到達した後はＰＩＤ制御による温度制御に切り替える方法が提案されている（例えば、特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２００９／３１４５０号

特許文献2：特開２００５－５６５８２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、ＳｉＣ基板は大電力デバイスに利用されるため、チップサイズを大きくせざるを得ず、基板サイズの大口径化が図られている。したがって、工業的には、大口径のＳｉＣ基板に対応した活性化アニール工程を実施可能な電子衝撃加熱方式の基板加熱処理装置の供給が求められている。例えば、直径φ１００ｍｍ以上のＳｉＣ基板に対応させるには、ヒータの放熱面の直径がφ１５０ｍｍ以上必要となり、ヒータの熱容量を大きくせざるを得ない。

[0006] しかし、ヒータの熱容量を大きく設定すると、入力パワーに対する温度応答性が悪くなる。したがって、特許文献２のようにＰＩＤ制御（比例・積分・微分制御）で温度制御を行う場合、急速加熱するとハンチングを起こして処理温度の安定性が得られない。安定して温度制御を行うには、非常にゆっくりと昇温しなければならず、スループットが低下するという問題があった。

[0007] 本発明は、不純物をイオン注入した大口径の炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板を活性化アニール処理する場合に、急速加熱の安定性を確保して高いスループットを実現できる基板加熱処理装置の温度制御方法を提供することを目的とする。

[0008] さらに本発明は、上記目的を達成しうる半導体デバイスの製造方法、基板加熱処理装置の温度制御プログラム及び記録媒体を提供する。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成すべく成された本発明の構成は以下の通りである。

即ち、本発明に係る基板加熱処理装置の温度制御方法は、真空排気可能な処理室の内部に、加熱体を備え、前記加熱体により基板の熱処理を行う基板加熱処理装置の温度制御方法であって、

処理温度を上昇させる手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達前の設定温度に到達した後、前記加熱体を加熱するために印加する電力値を段階的に低下させて昇温を継続する手

順と、

前記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、

を有することを特徴とする基板加熱処理装置の温度制御方法である。

[0010] また、本発明に係る基板加熱処理装置の温度制御方法は、真空排気可能な処理室の内部に、フィラメントを組み込んだ導電体の加熱容器を備え、

前記フィラメントと前記加熱容器との間に、加速電源により印加された加速電圧で、前記フィラメントから発生する熱電子を加速し、該加速した熱電子を前記加熱容器に衝突させて該加熱容器を加熱し、該加熱容器の熱により基板の熱処理を行う基板加熱処理装置の温度制御方法であって、

処理温度を上昇させる手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達前の設定温度に到達した後、前記加速電源のエミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続する手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、

を有することを特徴とする基板加熱処理装置の温度制御方法である。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、昇温し、アニール温度に到達前の設定温度に到達した後、エミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続するので、ＰＩＤ制御に比べて温度の制御応答性が良い。したがって、活性化アニール処理の急速加熱の安定性を確保して、高いスループットを実現できるという優れた効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の温度制御方法を適用する電子衝撃加熱装置の全体構成を模式的に示す概略図である。

[図2]図１の電子衝撃加熱装置の基板ステージが降下している状態の模式図である。

[図3]電子衝撃加熱装置の制御系の構成を示す概略図である。

[図4]本発明に係る温度制御方法における基板ステージ温度とエミッション電流値の関係を示す説明図である。

[図5]実施例１におけるフィラメント加熱時のシーケンスを示す説明図である。

[図6]実施例１における加速電圧上昇時のシーケンスを示す説明図である。

[図7]実施例１におけるエミッション電流制御時のシーケンスを示す説明図である。

[図8]実施例１における冷却時のシーケンスを示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

[0014] まず、図１を参照して、本発明を適用する電子衝撃加熱方式を利用した基板加熱処理装置（以下、「電子衝撃加熱装置」という。）の一態様について説明する。図１は、電子衝撃加熱装置の全体構成を模式的に示す概略図である。

[0015] 本発明に用いる電子衝撃加熱装置１は、フィラメント１４から発生する熱電子に加速電源４２から加速電圧を印加し、加速した熱電子を加熱容器１１に衝突させて加熱容器１１を加熱し、その放熱面１１ａに対向配置した処理基板２１の熱処理を行う装置である。この電子衝撃加熱装置１は、処理基板２１を熱処理する処理室２ａと待機室２ｂとを上下に連通させて区画形成する真空排気可能な真空容器３を備えている。上部の処理室２ａの内部には、フィラメント１４が組み込まれた加熱装置（以下、「ヒータ」という。）１０を備えている。

[0016] ヒータ１０は、一端が閉塞された円筒体状の加熱容器１１、その内部に収納されたフィラメントベース１２、支柱１３及びフィラメント１４から構成されている。

[0017] フィラメント１４は、例えば、炭素繊維強化複合材料（以下、「ＣＣコンポジット」という。）製のフィラメントベース１２上に起立された直径φ２

ｍｍのタンタル製支柱１３によって、加熱容器１１の閉塞端面（ヒータ１０の放熱面）１１ａに略平行に張設されている。

[0018] フィラメント１４としては、例えば、タングステン・レニウム線または、カリウムやランタン等の希土類が添加されたタングステン線が採用され、直径φ０．８ｍｍ、長さ９００ｍｍのものが使用される。

[0019] 加熱容器１１は、導電体により形成されている。具体的には、加熱容器１１の外面は、放出ガスが少なくなるように、例えば、熱分解カーボンがコーティングされている。この加熱容器１１は、不図示の真空排気手段に接続され、内部が上記真空容器３と独立に真空排気可能となっている。

[0020] また、加熱容器１１の閉塞端面（ヒータ１０の放熱面）１１ａに対向するようにＣＣコンポジット製の基板ステージ２０が配置されている。この基板ステージ２０上には、上記ヒータ１０に臨ませて処理基板（ウェハ）２１が載置される。本実施形態では、処理基板２１として、例えば、炭化珪素（ＳｉＣ）基板が採用されるが、これに限定されない。

[0021] 基板ステージ２０は円筒体状の支柱４により支持されており、この支柱４の貫通孔５の先端には、石英製のビューイングポート６を介して２色式放射温度計７が接続されている。ビューイングポート６は、真空空間を閉塞して真空状態と大気状態とを画している。このビューイングポート６を通じて、基板ステージ２０または、処理基板２１からの放射光が２色式放射温度計７に到達する。

[0022] ２色式放射温度計７は、例えば、集光部８と検出器９とからなり、ＣＣコンポジット製の基板ステージ２０を介して、間接的にヒータ１０の温度を測定するようになっている。なお、温度測定は、基板ステージ２０の温度測定に限らず、ヒータ１０の放熱面１１ａまたは、ヒータ１０の側面の温度を測定してもよい。

[0023] 支柱４の下端には支持板３１が固定され、この支持板３１と真空容器３との間にはベローズ３２が介設されている。さらに、支持板３１には不図示のネジ孔の形成された昇降アーム３３が固定され、この昇降アーム３３のネジ

孔には回転駆動装置３５に接続されたボールネジ３４が挿通されている。即ち、回転駆動装置３５でボールネジ３４を回転させることにより、昇降アーム３３はボールネジ３４に沿って昇降移動し、この昇降アーム３３に支柱４等を介して接続された基板ステージ２０が昇降移動可能となっている。

[0024] 真空容器３の内部は、排気口２５に接続された不図示の排気装置により真空排気される。また、真空容器３の待機室２ｂの一側壁にはスリットバルブ２２が設けられており、このスリットバルブ２２を開放することにより、不図示の搬送ロボットで処理基板２１を真空容器３内へ搬入、あるいは真空容器３内から搬出するようになっている。さらに、真空容器３の待機室２ｂ内には、回動装置２３に接続された水冷シャッタ２４が水平方向へ回動可能に設けられている。この水冷シャッタ２４は、基板ステージ２０が待機室２ｂ内へ後退したときに、この基板ステージ２０とヒータ１０の放熱面１１ａとの間に侵入して、処理基板２１を放熱面１１ａから遮断するようになっている。

[0025] 次に、図３を参照して、図１の電子衝撃加熱装置に備えられた制御系の構成の一態様について説明する。図３は、電子衝撃加熱装置の制御系の構成を示す概略図である。

[0026] 図３に示すように、本実施形態の制御系４０は、加速電源、フィラメント電源、加速電圧計、フィラメント電流計、エミッション電流計、サイリスタを含む加熱電源、多機能式温調計、シーケンサ、パイロメータ集光部及びパイロメータ本体を備えている。

[0027] フィラメント電源４１は、フィラメント１４の加熱用に電力供給する交流電源であって、例えば、最大５０Ａ（アンペア）まで可変的に印加可能である。フィラメント１４の接続回路にはフィラメント電流計４５が接続され、フィラメント１４の電流値が計測される。

[0028] 加速電源（ＨＶ電源）４２は、接地された加熱容器１１とフィラメント１４との間に加速電圧を印加する直流電源であって、例えば、フィラメント１４に対し０Ｖ（ボルト）から－３．０ＫＶまで可変的に加速電圧を印加可能

となっている。加速電源４２の接続回路には、加速電圧を計測する加速電圧計（ＨＶ電圧計）４６と、エミッション電流値を計測するエミッション電流計４７が接続されている。

[0029] 多機能式温調計４３は、例えば、山武社製のＳＤＣ－４６Ａが採用される。この多機能式温調計４３は、フィラメント電流計４５からの入力信号、エミッション電流計４７からの入力信号及び加速電圧計４６からの入力信号を受信すると共に、シーケンサ４９からの設定値を受信する。シーケンサ４９の設定値はサイリスタ４８にも入力される。さらに、多機能式温調計４３は、サイリスタ４８を介してフィラメント電源４１への出力信号を送信するようになっている。

[0030] 次に、図２及び図４を参照して、上記電子衝撃加熱装置１に適用する本実施形態の温度制御方法について説明する。図２は、図１の電子衝撃加熱装置の基板ステージが降下している状態の模式図である。図４は、本発明に係る温度制御方法における基板ステージの温度とエミッション電流値の関係を示す説明図である。

[0031] 本発明に係る温度制御方法のアルゴリズムは、制御装置（ＰＣ）の記憶部に温度制御プログラムとして記憶されており、加熱処理の開始の際にＣＰＵにより読み出されて実行される。

[0032] ここで、温度制御プログラムは、基板ステージ２０の裏面温度の検出信号等に基づいて、上記制御装置にヒータ１０の温度制御を実行させるプログラムである。即ち、本実施形態の温度制御プログラムは、上記加速電源４２のエミッション電流値を一定に維持して処理温度を上昇させる手順を有する。さらに、上記処理温度がアニール温度の到達前の設定温度に到達した後、エミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続する手順を有する。そして、上記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、アニール温度に到達時点のエミッション電流値で一定に維持する手順を有する。アニール時間が長時間に及ぶ場合には、アニール温度に到達時点からエミッション電流値をさらに段階的に低下させてもよい。

[0033] 上記温度制御プログラムは、コンピュータ（ＰＣ）等の制御装置により読み取り可能な記録媒体に記録されて、ＰＣの記憶部にインストールされる。

[0034] 記録媒体としては、フロッピー（登録商標）ディスク、ＺＩＰ（登録商標）等の磁気記録媒体、ＭＯ等の光磁気記録媒体、ＣＤ－Ｒ、ＤＶＤ－Ｒ、ＤＶＤ＋Ｒ，ＣＤ－Ｒ，ＤＶＤ－ＲＡＭ、ＤＶＤ＋ＲＷ（登録商標）、ＰＤ等の光ディスク等が挙げられる。また、コンパクトフラッシュ（登録商標）、スマートメディア（登録商標）、メモリースティック（登録商標）、ＳＤカード等のフラッシュメモリ系、マイクロドライブ（登録商標）、Ｊａｚ（登録商標）等のリムーバブルディスクが挙げられる。

[0035] 本実施形態の温度制御方法は、まず、電子衝撃加熱装置１のスリットバルブ２２（図１参照）を開放し、不図示の搬送ロボットによりＳｉＣ基板２１を真空容器３の待機室２ｂ内へ搬入する。このとき、基板ステージ２０は待機室２ｂ内へ後退しており、水冷シャッタ２４が基板ステージ２０とヒータ１０の放熱面１１ａとの間に侵入している（図２参照）。

[0036] そして、スリットバルブ２２を閉成し、排気口２５に接続された不図示の排気装置により真空容器３内を真空排気する。真空排気した後、回動装置２３で水冷シャッタ２４を回動させて後退させ、回転駆動装置３５でボールネジ３４を回転させて基板ステージ２０を上昇させる。

[0037] 次いで、電子衝撃加熱装置１のヒータ１０をオンにし、その放熱面１１ａからの輻射熱でＳｉＣ基板２１を加熱処理する。具体的には、図４に示す基板ステージの温度とエミッション電流値の関係を用いて説明する。図４において、曲線ａは、エミッション電流印加時からの経過時間とエミッション電流値との関係を示している。また曲線ｂは、エミッション電流印加時からの経過時間と基板ステージ温度との関係を示している。

[0038] まず、予備加熱としてエミッション電流値を一定値に維持した後、Ａ時点でエミッション電流値をＢまで急上昇させる。その後、エミッション電流値を一定に維持して処理温度を上昇させる。ここで、エミッション電流値の制御は、まず、多機能式温調計４３にてエミッション電流計４７からの入力信

号とシーケンサ４９からの設定値を比較する。そして、多機能式温調計４３は比較後の信号値をサイリスタ４８に入力し、サイリスタ４８からフィラメント電源４１への入力信号により、フィラメント電流値を制御することにより行う。

[0039] エミッション電流値を一定に維持する間、基板ステージ２０の温度は上昇し続ける。その後、基板ステージ２０の温度が設定温度Ｔ１に達した時点Ｃで、エミッション電流値をＤまで下げる。この設定温度Ｔ１は、アニール温度ＴＡから所定温度低い温度に設定する。例えば、アニール温度ＴＡが１５００℃～２０００℃の場合、この設定温度Ｔ１はアニール温度ＴＡよりも４０℃～１００℃低い温度を設定することが好ましい。さらに基板ステージ２０の温度が上昇して次の設定温度Ｔ２に達した時点Ｅで、エミッション電流値をさらにＦまで下げる。この設定温度Ｔ２は、設定温度Ｔ１よりも２０℃～３０℃高い温度に設定することが好ましい。

[0040] 基板ステージ２０の温度が上昇したら、さらにエミッション電流値をＨまで下げる。アニール温度ＴＡになった時点Ｉから所定時間（例えば、１分間）の活性化アニール処理を行う。所定時間のアニール処理が終わったら、エミッション電流値をほぼ０に低下させる。

[0041] なお、Ｆ時点でＳｉＣ基板２１の温度上昇が低減し、アニール温度ＴＡに到達したら、Ｆ時点からアニール処理を開始してもよい。

[0042] ここで、エミッション電流値を下げる回数は、オーバーシュートをしないように、且つ、高速に温度を上げるためのＢ－Ｃ間の一定に維持するエミッション電流値で定まる。Ｂ－Ｃ間のエミッション電流値が低い場合は、エミッション電流値を２段階に下げることでも可能と考えられる。一方、逆の場合は、数多く段階的にエミッション電流値を下げることで、オーバーシュートなく高速に昇温させることができる。

[0043] 活性化アニール処理などの一連の加熱処理が終了したら、ヒータ１０の電源をオフにする。その後、回転駆動装置３５でボールネジ３４を逆回転させて基板ステージ２０を降下させ、回動装置２３で水冷シャッタ２４を回動さ

せて基板ステージ２０とヒータ１０の放熱面１１ａとの間に侵入させる（図２参照）。そして、電子衝撃加熱装置１のスリットバルブ２２を開放し、搬送ロボットでＳｉＣ基板２１を真空容器３の外へ搬出する。

[0044] 以上説明したように、本実施形態の温度制御方法によれば、加速電源４２のエミッション電流値を一定に維持して昇温する（Ｂ－Ｃ間）。そして、アニール温度ＴＡに到達前の設定温度Ｔ１に到達した後、エミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続するので、ＰＩＤ制御に比べて温度の制御応答性が良い。これは、ＰＩＤ制御は一種のフィードバック制御であるので、変化量を検知してから制御するため応答性が劣っている。これに対し、本発明に係る温度制御方法は、エミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続するので、一種の予測制御となり応答性に優れている。

[0045] したがって、大口径の炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板の活性化アニール処理の急速加熱の安定性を確保して、高いスループットを実現できる。これにより、大口径の炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板を用いた半導体デバイスの生産性を大幅に向上させることができる。

[0046] さらに、ＳｉＣ基板２１に不純物のイオン注入した後、アニール処理して不純物を活性化させるアニール処理の工程を有する半導体デバイスの製造方法において、上記温度制御方法によるアニール処理を採用することができる。これにより、大口径のＳｉＣ基板２１を用いた半導体デバイスの生産性を大幅に向上させることができる。

また、ヒータ温度を直接測定してフィードバックをかけなくても、基板ステージの裏面温度を測定することで、温度制御が可能となる。

一方、加熱源の出力を一段階のみ低下させた後の保温時にＰＩＤ制御を用いる場合には、高速、安定性良く温度を制御することが出来ない。これは、以下の理由によるものと思われる。すなわち、基板サイズの大口径化に伴い、ヒータや基板ステージの拡大による熱容量が増大している。また、ＳｉＣ基板の活性化アニール処理には、１５００℃以上の超高温領域を用いるためにフィラメントから熱電子を発生させている。そのため、この温度領域では

、フィラメント電流を可変させても、フィラメント温度の変化が遅くなる。

[0047] 以上、本発明の好ましい実施形態を、電子衝撃加熱装置を例として説明したが、本発明は誘電加熱装置、抵抗加熱装置を用いた温度制御方法にも用いることができる。また、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の記載から把握される技術的範囲において種々の変更が可能である。誘電加熱装置においては、加熱体（誘電コイル）に印加する電力値を段階的に低下させ、抵抗加熱装置においては、加熱体（発熱抵抗体）に印加する電力値を段階的に低下させる。

実施例

[0048] 以下、実施例を挙げて、本発明に係る基板加熱処理装置の温度制御方法をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0049] 〔実施例１〕

実施例１は、図１及び図２の電子衝撃加熱装置１を用いて、本発明の温度制御方法を用いて半導体デバイスを製造する場合について説明する。

[0050] 実施例１では、不純物を注入した直径φ１００ｍｍのＳｉＣ基板２１の活性化アニール処理を行った。本実施例におけるアニール温度保持時の基板ステージ２０の裏面温度（以下、「アニール温度」と称す）は１５７５℃であり、１分間加熱した。

[0051] 実施例１の半導体デバイスの製造方法は、まず、電子衝撃加熱装置１のスリットバルブ２２を開放し、搬送ロボットでＳｉＣ基板２１を待機室２ｂ内の基板ステージ２０上に搬送する。ＳｉＣ基板２１を基板ステージ２０上に掬い取り、ヒータ１０の放熱面とＳｉＣ基板２１との間隔が５ｍｍになるように、回転駆動装置３５でボールネジ３４を回転させて基板ステージ２０を上昇させる。

[0052] 次に、図５から図８のシーケンス回路を用いて、実施例１で採用する温度制御方法を説明する。図５から図８は、本発明に係る温度制御方法を適用するシーケンスを示す説明図である。図５はフィラメント加熱時のシーケンス

、図６は加速電圧上昇時のシーケンス、図７はエミッション電流制御時のシーケンス、図８は冷却時のシーケンスを示している。

[0053] （１）第１にフィラメント１４の加熱を行い、フィラメント１４への吸着ガスを放出させて該フィラメント１４の劣化を防ぐ。図５に示すように、シーケンサ４９よりフィラメント電流値が３０Ａになるように、１秒間にフィラメント電流値を１Ａずつ上昇させる信号を多機能式温調計４３に入力する。そして、多機能式温調計４３は、フィラメント電流計４５からのリターン信号と比較し、サイリスタ４８へ信号を出力する。フィラメント電源４１では、サイリスタ４８からの入力に従い、フィラメント電流値の出力を徐々に増加させ、フィラメント電流値が３０Ａになるまでフィラメント１４を加熱する。

[0054] （２）第２に加速電源４２からフィラメント１４に加速電圧（ＨＶ）を印加して、徐々に電圧を上昇させることで、急激なエミッション電流値の上昇を防ぎ、異常放電を防止する。図６に示すように、フィラメント電流値は３０Ａで固定のまま、シーケンサ４９より加速電圧（ＨＶ）－５００Ｖを印加するようにサイリスタ４８へ信号を出力する。加速電源４２では、サイリスタ４８からの入力に従い、例えば、加速電圧（ＨＶ）－５００Ｖをフィラメント１４に印加する。さらに、シーケンサ４９は、加速電圧（ＨＶ）が－１８００Ｖになるように、１秒間に加速電圧（ＨＶ）を－１００Ｖずつ上昇させる信号をサイリスタ４８に出力する。加速電源４２では、サイリスタ４８の入力に従い、加速電圧（ＨＶ）の出力を徐々に増加させ、加速電圧（ＨＶ）が－１８００Ｖになるようにし、エミッション電流を発生させる。

[0055] （３）第３にＳｉＣ基板２１が真空容器３内に持ち込んだ水分等の吸着ガスを予備加熱して除去する。図７に示すように、シーケンサ４９からエミッション電流値が３Ａとなる信号を多機能式温調計４３に入力する。ここで、加速電圧（ＨＶ）は－１８００Ｖで一定のまま、エミッション電流計からの出力信号と比較し、エミッション電流値が３Ａになるように、多機能式温調計４３からフィラメント電流値を制御するための信号をサイリスタ４８に入

力する。サイリスタ４８からの入力信号により、フィラメント電源４１ではエミッション電流値が３Ａになるように制御する。そして、エミッション電流値３Ａにて９０秒間の予備加熱による出ガス処理を行う。予備加熱終了時の基板ステージ２０の裏面温度は１２００℃である。この予備加熱工程は、サンプルによっては省略することもできる。

[0056] （４）第４にエミッション電流値を１０．２Ａにて短時間で昇温させる。図７に示すように、シーケンサ４９は、エミッション電流値が１０．２Ａになるように信号を多機能式温調計４３に入力する。ここで、加速電圧（ＨＶ）は－１８００Ｖで一定のまま、エミッション電流計からの出力信号と比較し、エミッション電流値が１０．２Ａになるように、多機能式温調計４３からフィラメント電流値を制御するための信号をサイリスタ４８に入力する。サイリスタ４８からの入力信号により、フィラメント電源４１ではエミッション電流値が１０．２Ａになるようにフィラメント電流値を制御することで、急速にヒータを昇温させ、ＳｉＣ基板２１を加熱する（初期昇温）。

[0057] （５）第５に基板ステージ２０の裏面温度が１５１５℃になったら、シーケンサ４９、多機能式温調計４３及びサイリスタ４８を通した入力信号により、フィラメント電源４１はエミッション電流計の値と比較する。さらにフィラメント電源４１は、エミッション電流値が９．５Ａになるようにフィラメント電流値を制御して１５３５℃まで昇温する（温度範囲Ｉ）。このときの加速電圧（ＨＶ）は－１８００Ｖで一定のまま維持させる。そして、設定アニール温度１５７５℃の手前６０℃でエミッション電流値を１０．２Ａから９．５Ａに絞ることで、温度上昇を緩やかに制御し、温度のオーバーシュートやアンダーシュートを防ぐことができる。

[0058] （６）第６に基板ステージ２０の裏面温度が１５３５℃になったら、シーケンサ４９、多機能式温調計４３及びサイリスタ４８を通した入力信号により、フィラメント電源４１はエミッション電流計の値と比較する。さらにフィラメント電源４１は、エミッション電流値が８．４Ａになるようにフィラメント電流値を制御して１５５５℃まで昇温する（温度範囲ＩＩ）。このと

きの加速電圧（ＨＶ）はー１８００Ｖで一定のまま維持させる。

[0059] （７）第７に基板ステージ２０の裏面温度が１５５５℃になったら、シーケンサ４９、多機能式温調計４３、サイリスタ４８を通した入力信号により、フィラメント電源４１はエミッション電流計の値と比較する。さらにフィラメント電源４１は、エミッション電流値が７．３Ａになるようにフィラメント電流値を制御して１５７５℃まで昇温する（温度範囲ＩＩＩ）。このときの加速電圧（ＨＶ）はー１８００Ｖで一定のまま維持する。

[0060] （８）第８に基板ステージ２０の裏面温度が１５７５℃になったら、シーケンサ４９、多機能式温調計４３及びサイリスタ４８を通した入力信号により、フィラメント電源４１はエミッション電流計の値と比較する。さらにフィラメント電源４１は、エミッション電流値が７．１Ａになるようにフィラメント電流値を制御して、１分間のアニール処理をする。このときの加速電圧（ＨＶ）はー１８００Ｖで一定のまま維持させる。これまでのエミッション電流値制御により、１分間のアニール温度保持時間におけるオーバーシュート温度は１５７７℃となり、＋２℃に抑えられた。

[0061] （９）第９に１分間のアニール処理が終了したら、図８に示すように、フィラメント電流値を２０Ａにし、加速電圧（ＨＶ）をー１５００Ｖに維持させ、エミッション電流値をほぼ０Ａに抑え、ＳｉＣ基板２１を冷却する。このとき、ヒータ１０の放熱面とＳｉＣ基板２１とのギャップを５ｍｍから７２ｍｍに広げ、急速に冷却する。

[0062] （１０）第１０に基板ステージ２０の裏面温度が１２００℃になったら、ヒータ１０の放熱面とＳｉＣ基板２１とのギャップを７２ｍｍから１９８ｍｍ（搬送レベル）にし、水冷シャッタ２４を閉じて、搬送ロボットでＳｉＣ基板２１を搬出する。このとき、ＳｉＣ基板２１が真空容器３内に搬入され、次いで活性化アニール処理され、真空容器３から搬出されるまでの時間は９分２４秒であり、１時間に５枚以上の処理能力が達成できることが判った。

[0063] 最後に、電子衝撃加熱装置１のスリットバルブ２２を開放し、搬送ロボッ

トでＳｉＣ基板２１を真空容器３の外へ搬出する。

[0064] 本実施例の処理により、基板１枚あたりの処理時間は９分２４秒で、温度安定性は＋１℃、－５℃であった。さらに、ＳｉＣ基板２１をカセットに１０枚セットして、真空排気、搬送、加熱処理、搬送及びベントの一連の処理を行ったところ、処理時間は１時間４７分であり、スループットとして５枚／時以上を達成することができた。

[0065] 尚、本実施例では、アニール時間が１分間と短い場合を示したが、低温でアニール処理する場合や、サンプルの種類によっては、アニール時間が５分～１０分間と長い場合もある。この場合、設定されたアニール温度になってから、時間によりエミッション電流値を増減させる。例えば、基板ステージ温度１５７５℃にて１０分間アニールする場合、７．１Ａで３分間アニールした後、３分～６分間は７．０Ａで３分間アニールし、更に６分～１０分間は６．９Ａで４分間アニールすることも出来る。

[0066] 〔実施例２〕

実施例２では、実施例１と同じ基板を用いて、１５００℃で１分間の活性化アニール処理を施す場合について説明する。

[0067] 実施例１において、脱ガスのため３Ａで９０秒間昇温し、基板ステージ２０の裏面温度が１２００℃になった後、工程（４）～（８）の、初期昇温、温度範囲Ｉ、ＩＩ、ＩＩＩ及びアニール処理における設定温度とエミッション電流値を表１に示した値に代えた。これ以外は、実施例１と同様にして基板を処理した。

[0068] [表1]

	基板ステージの裏面温度	エミッション電流
初期温度	（１２００℃）～１４４０℃	９.５Ａ
温度範囲Ⅰ	１４４０℃～１４６０℃	８.０Ａ
温度範囲Ⅱ	１４６０℃～１４８０℃	７.０Ａ
温度範囲Ⅲ	１４８０℃～１５００℃	６.０Ａ
アニール（６０秒）	１５００℃	５.８Ａ

[0069] 〔実施例３〕

実施例３では、実施例１と同じ基板を用いて、１５５０℃で１分間の活性化アニール処理を施す場合について説明する。

[0070] 実施例１において、脱ガスのため３Ａで９０秒間昇温し、基板ステージ２０の裏面温度が１２００℃になった後、工程（４）～（８）の、初期昇温、温度範囲Ｉ、ＩＩ、ＩＩＩ及びアニール処理における設定温度とエミッション電流値を表２に示した値に代えた。これ以外は、実施例１と同様にして基板を処理した。

[0071] [表2]

	基板ステージの裏面温度	エミッション電流
初期温度	（１２００℃）～１４９０℃	１０.１Ａ
温度範囲Ⅰ	１４９０℃～１５１０℃	９.２Ａ
温度範囲Ⅱ	１５１０℃～１５３０℃	８.０Ａ
温度範囲Ⅲ	１５３０℃～１５５０℃	７.０Ａ
アニール（６０秒）	１５５０℃	６.８Ａ

[0072] 〔実施例４〕

実施例４では、実施例１と同じ基板を用いて、１６００℃で１分間の活性化アニール処理を施す場合について説明する。

[0073] 実施例１において、脱ガスのため３Ａで９０秒間昇温し、基板ステージ２０の裏面温度が１２００℃になった後、工程（４）～（８）の、初期昇温、温度範囲Ｉ、ＩＩ、ＩＩＩ及びアニール処理における設定温度とエミッション電流値を表３に示した値に代えた。これ以外は、実施例１と同様にして基板を処理した。

[0074] [表3]

	基板ステージの裏面温度	エミッション電流
初期温度	（１２００℃）～１５４０℃	１０.４Ａ
温度範囲Ⅰ	１５４０℃～１５６０℃	９.８Ａ
温度範囲Ⅱ	１５６０℃～１５８０℃	８.８Ａ
温度範囲Ⅲ	１５８０℃～１６００℃	７.７Ａ
アニール（６０秒）	１６００℃	７.４Ａ

[0075] 実施例２から実施例４によれば、実施例１と同様に良好な結果が得られた。即ち、本発明によれば、アニール温度のハンチングを抑え、超高温を急速

に加熱することで、再現性良く、高いスループットでＳｉＣ基板２１に注入された不純物を活性化できる。したがって、炭化ケイ素（ＳｉＣ）半導体デバイスの製造方法における製造コストを大幅に改善できることが判った。

符号の説明

[0076] １　基板加熱処理装置（電子衝撃加熱装置）

２ａ　処理室

３　真空容器

１０　加熱装置

１１　加熱容器

１４　フィラメント

２１　処理基板

４２　加速電源

４６　加速電圧計

４７　エミッション電流計

請求の範囲

[請求項1] 真空排気可能な処理室の内部に、加熱体を備え、前記加熱体により基板の熱処理を行う基板加熱処理装置の温度制御方法であって、

処理温度を上昇させる手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達前の設定温度に到達した後、前記加熱体を加熱するために印加する電力値を段階的に低下させて昇温を継続する手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、

を有することを特徴とする基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項2] 真空排気可能な処理室の内部に、フィラメントを組み込んだ導電体の加熱容器を備え、

前記フィラメントと前記加熱容器との間に、加速電源により印加された加速電圧で、前記フィラメントから発生する熱電子を加速し、該加速した熱電子を前記加熱容器に衝突させて該加熱容器を加熱し、該加熱容器の熱により基板の熱処理を行う基板加熱処理装置の温度制御方法であって、

処理温度を上昇させる手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達前の設定温度に到達した後、前記加速電源のエミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続する手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、

を有することを特徴とする基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項3] 前記処理室内に、基板を載置する基板ステージを具備することを特徴とする請求項２に記載の温度制御方法。

[請求項4] 前記処理温度を上昇させる手順が、前記加速電源のエミッション電流値を一定に維持して処理温度を上昇させる手順であることを特徴と

する請求項２または３に記載の基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項5] 前記処理温度を一定に維持する手順が、アニール温度に到達時点の前記加速電源のエミッション電流値で前記処理温度を一定に維持する手順であることを特徴とする請求項２から４のいずれか１項に記載の基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項6] 前記アニール温度が１５００℃～２０００℃の場合に、前記設定温度をアニール温度よりも４０℃～１００℃低い温度に設定することを特徴とする請求項２から５のいずれか１項に記載の基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項7] 前記処理温度は、前記基板ステージの裏面温度として検出することを特徴とする請求項３から６のいずれか１項に記載の基板加熱処理装置の温度制御方法。

[請求項8] 炭化珪素基板に不純物をイオン注入した後、アニール処理して不純物を活性化させるアニール処理の工程を有する半導体デバイスの製造方法において、

請求項１から７のいずれか１項に記載の方法により温度制御して前記アニール処理を行うことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[請求項9] 真空排気可能な処理室の内部に、フィラメントを組み込んだ導電体の加熱容器を備え、

前記フィラメントと前記加熱容器との間に、加速電源により印加された加速電圧で、前記フィラメントから発生する熱電子を加速し、該加速した熱電子を前記加熱容器に衝突させて該加熱容器を加熱し、該加熱容器の熱により基板の熱処理を行う基板加熱処理装置の温度制御プログラムであって、

処理温度を上昇させる手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達前の設定温度に到達した後、前記加速電源のエミッション電流値を段階的に低下させて昇温を継続する手順と、

前記処理温度がアニール温度に到達した後アニール処理が完了するまで、処理温度を一定に維持する手順と、
を前記基板加熱処理装置の制御装置に実行させることを特徴とする基板加熱処理装置の温度制御プログラム。

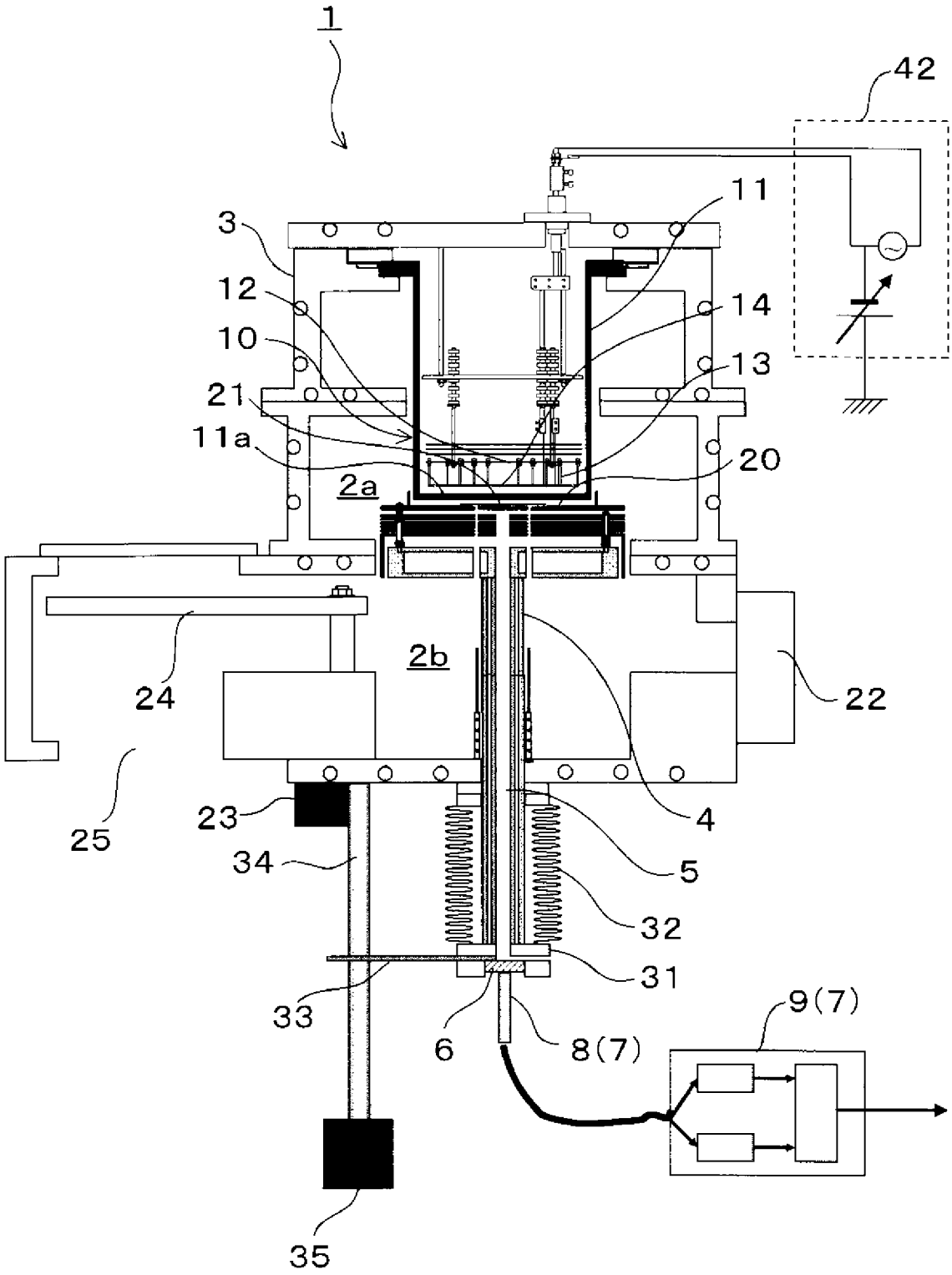
[請求項10] 前記処理温度を上昇させる手順が、前記加速電源のエミッション電流値を一定に維持して処理温度を上昇させる手順であることを特徴とする請求項９に記載の基板加熱処理装置の温度制御プログラム。

[請求項11] 前記処理温度を一定に維持する手順が、アニール温度に到達時点の前記加速電源のエミッション電流値で前記処理温度を一定に維持する手順であることを特徴とする請求項９または１０に記載の基板加熱処理装置の温度制御プログラム。

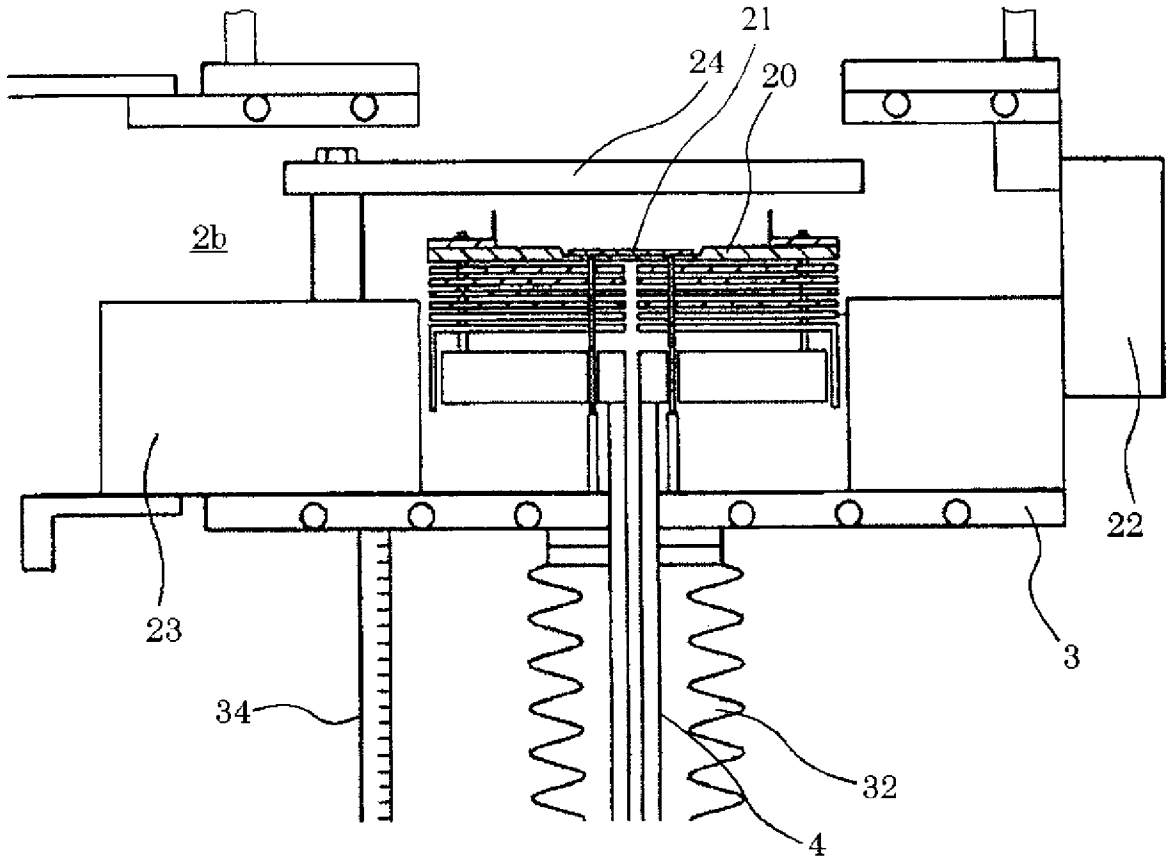
[請求項12] 前記アニール温度が１５００℃～２０００℃の場合に、前記設定温度をアニール温度よりも４０℃～１００℃低い温度に設定することを特徴とする請求項９から１１のいずれか１項に記載の基板加熱処理装置の温度制御プログラム。

[請求項13] 請求項９から１２のいずれか１項に記載の温度制御プログラムを記録したコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

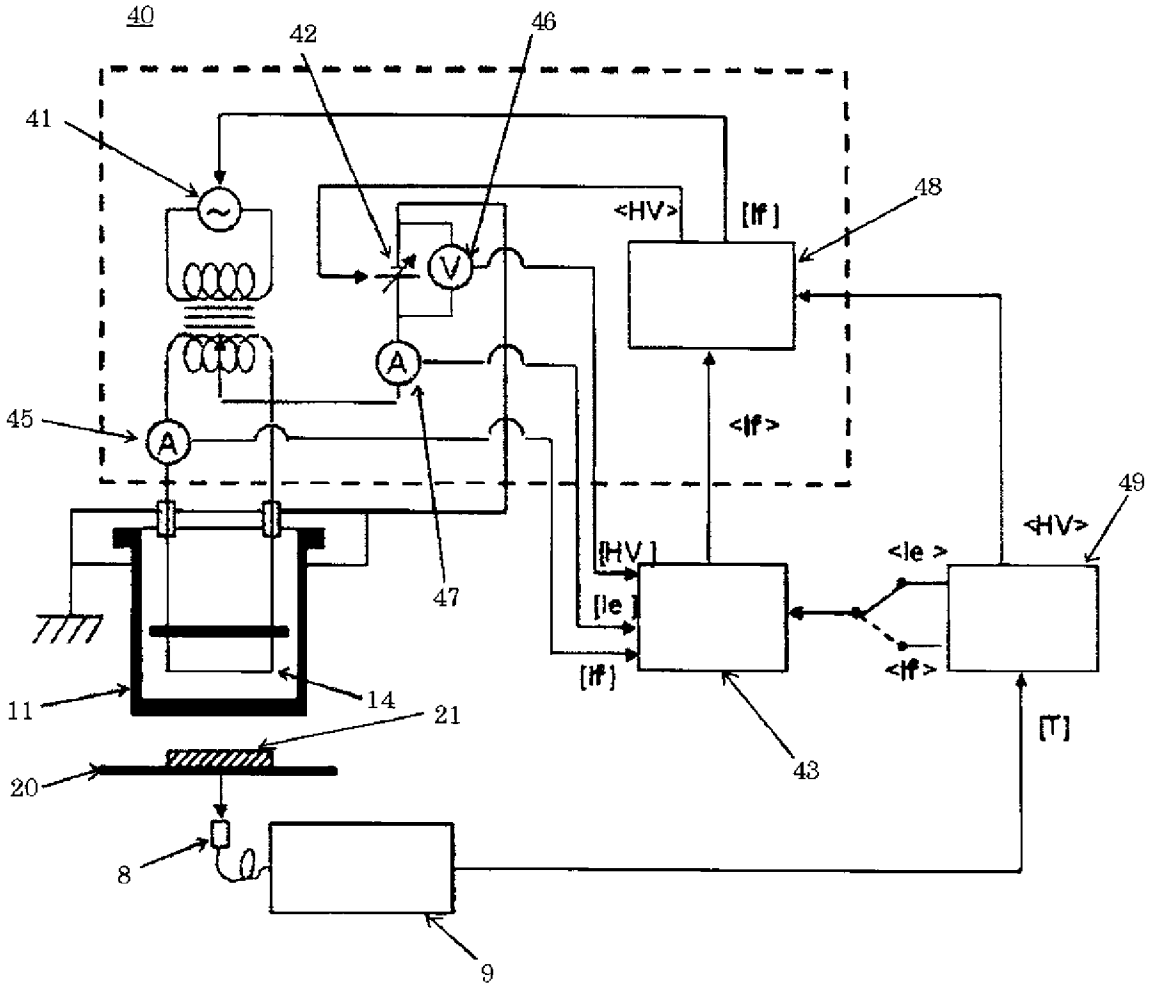
[図1]


1
42
11
3
12
14
10
13
21
11a
20
2a
2b
24
22
25
4
23
5
34
32
31
33
6
8(7)
9(7)
35

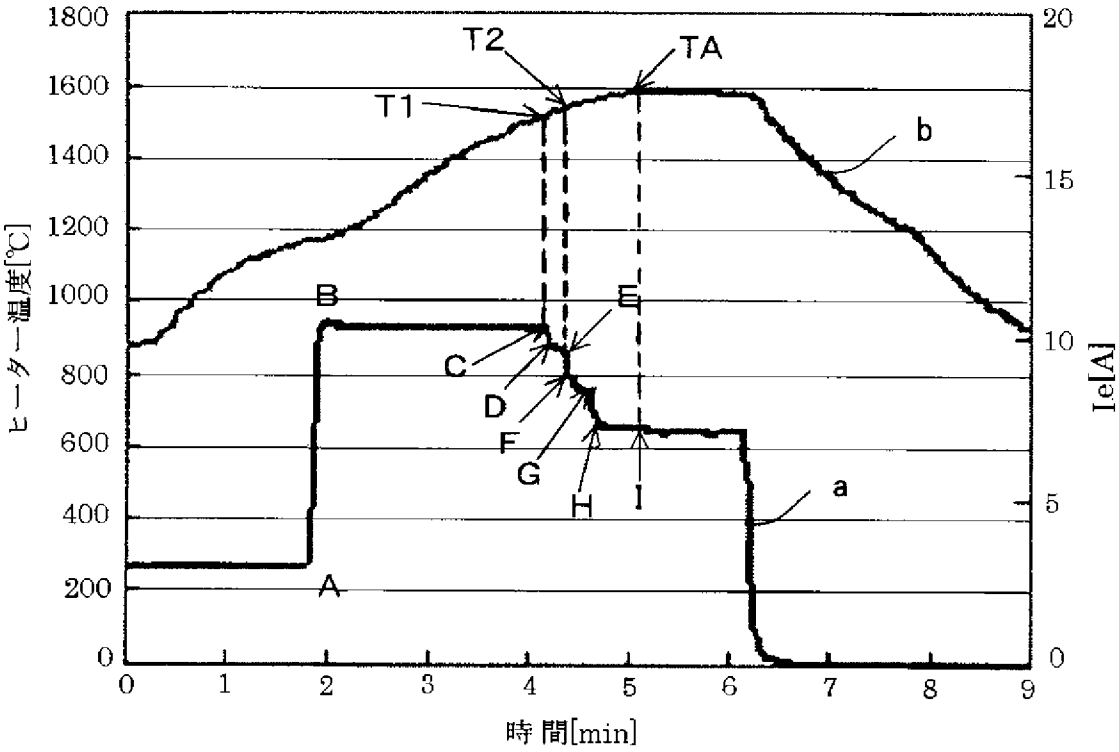
[図2]



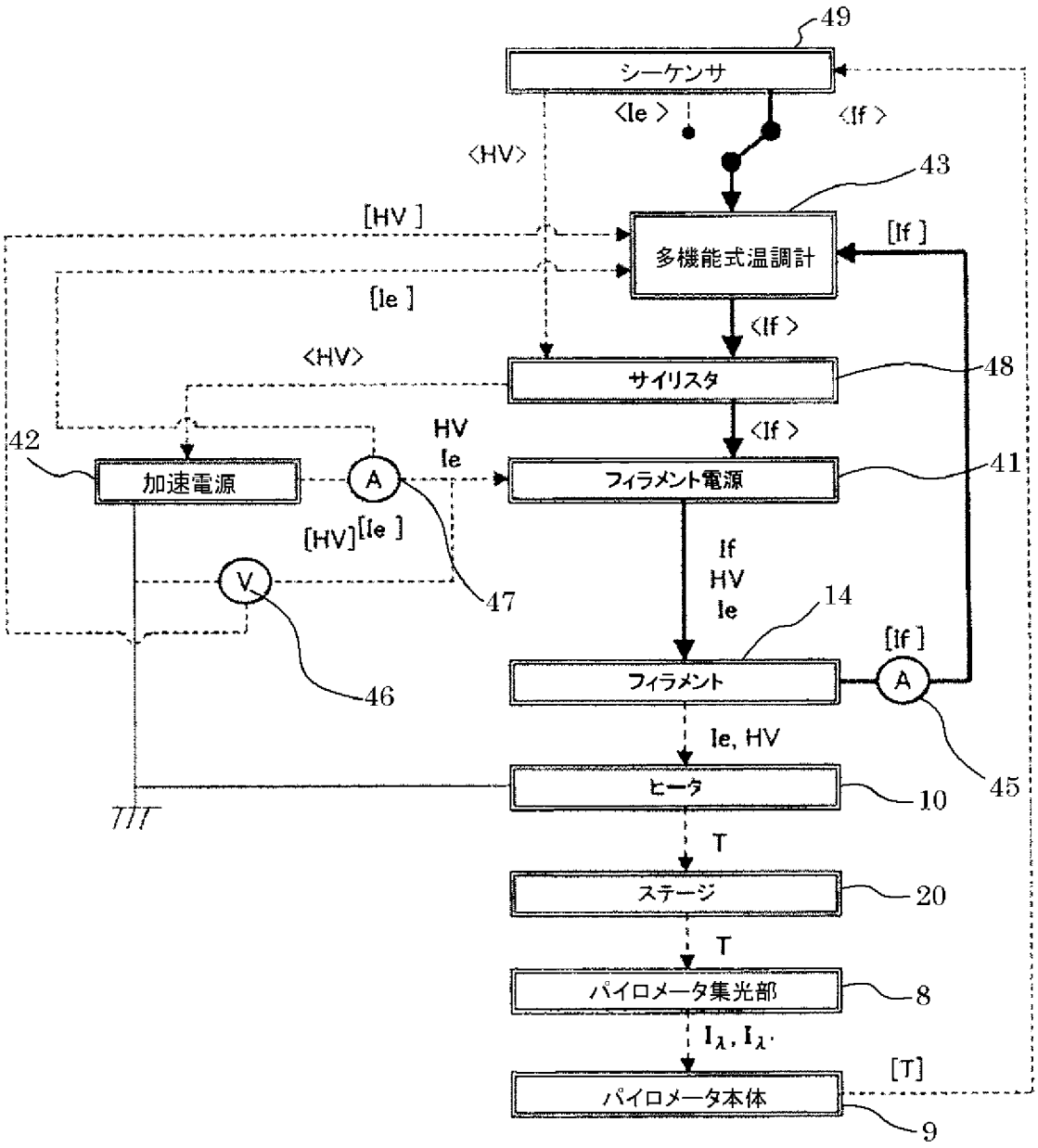
[図3]


40
42
46
41
48
<HV>
[If]
45
47
<If>
49
<HV>
[HV]
<Ie>
[Ie]
[If]
<If>
11
14
21
43
[T]
20
8
9

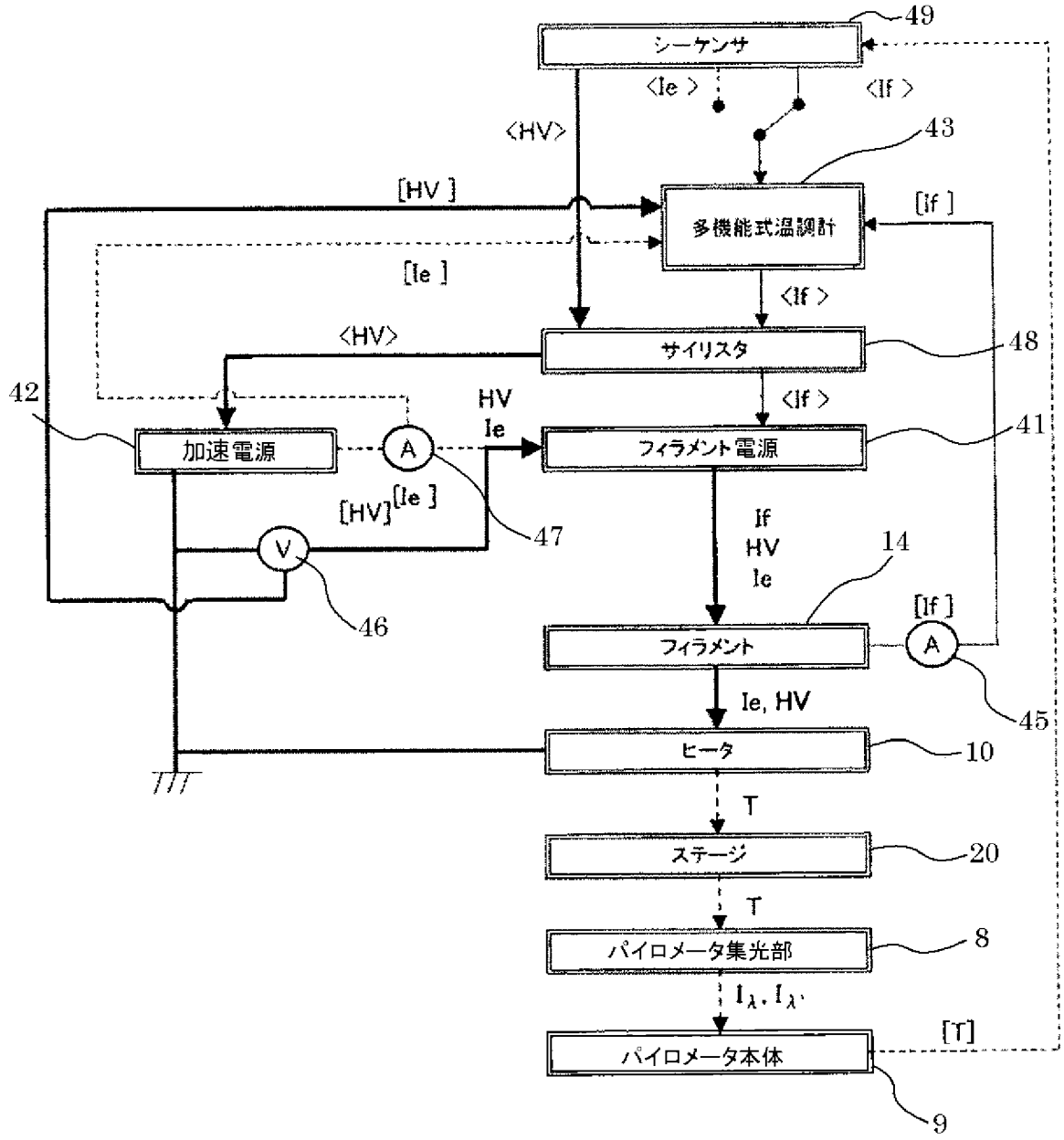
[図4]


T2
TA
T1
b
B
E
C
D
F
G
H
I
a
A
ヒーター温度[℃]
Ie[A]
時間[min]
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
20
15
10
5
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

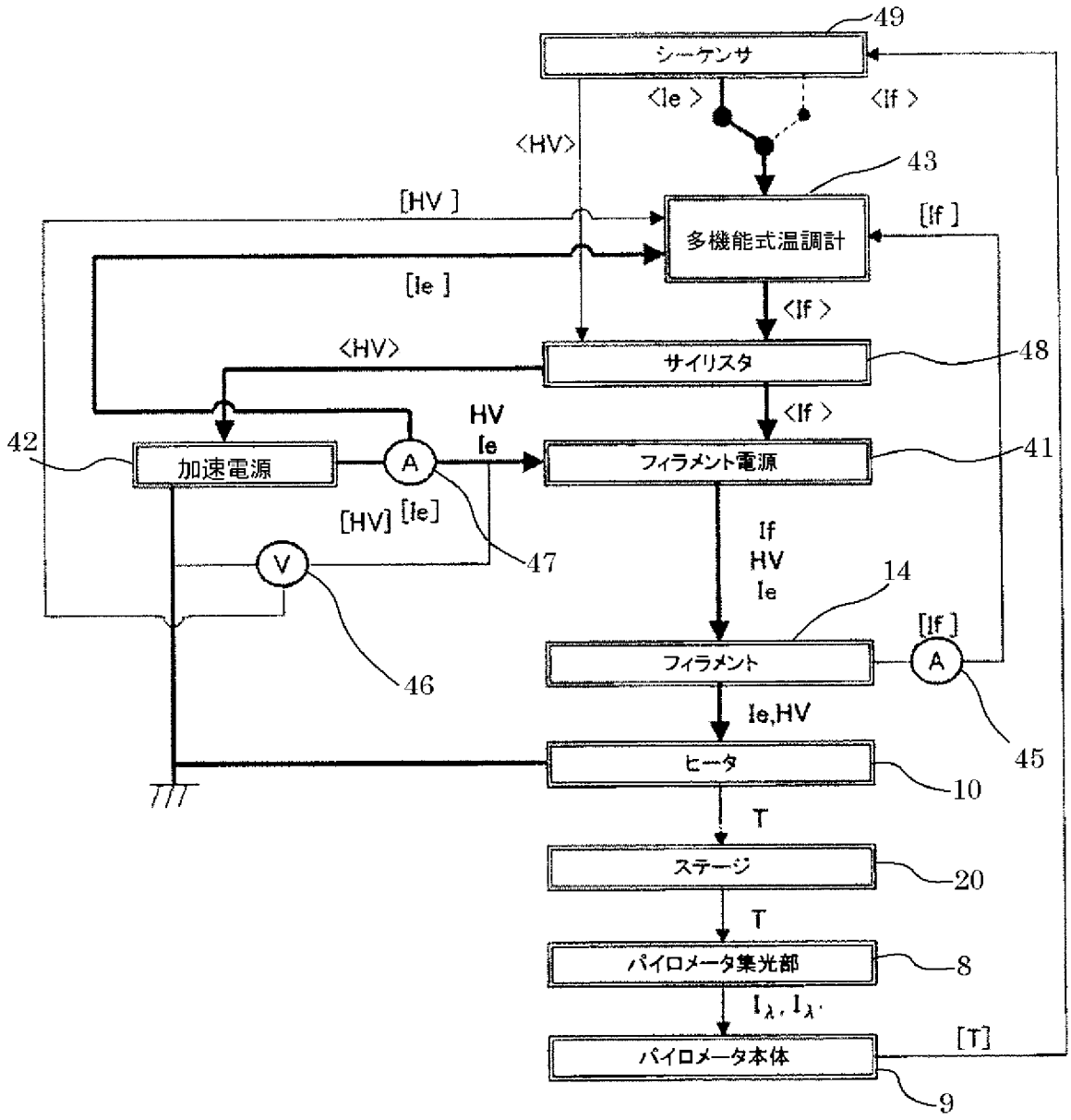
[図5]


49
シーケンサ
〈Ie〉
〈If〉
〈HV〉
43
[HV]
多機能式温調計
[If]
[Ie]
〈If〉
〈HV〉
サイリスタ
48
〈If〉
42
HV
Ie
加速電源
A
フィラメント電源
41
[HV]
[Ie]
47
If
HV
Ie
V
14
[If]
フィラメント
A
46
45
Ie, HV
ヒータ
10
T
ステージ
20
T
パイロメータ集光部
8
I_λ, $I_{\lambda'}$
[T]
パイロメータ本体
9

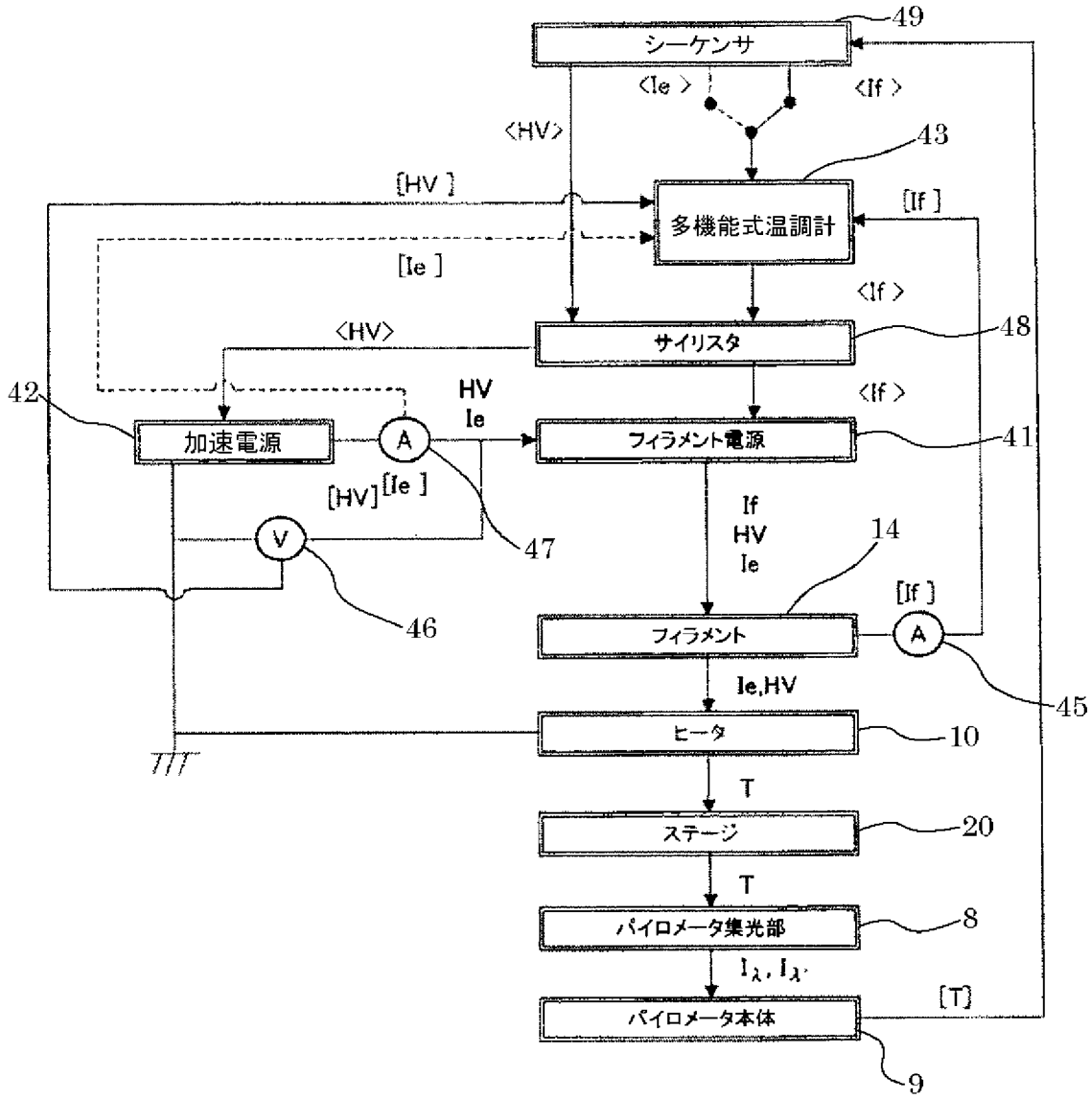
[図6]


49
シーケンサ
〈Ie〉
〈If〉
〈HV〉
43
[HV]
多機能式温調計
[If]
[Ie]
〈If〉
〈HV〉
サイリスタ
48
42
〈If〉
HV
Ie
加速電源
A
フィラメント電源
41
[HV]
[Ie]
47
If
HV
Ie
14
V
46
[If]
フィラメント
A
45
Ie, HV
ヒータ
10
T
ステージ
20
T
パイロメータ集光部
8
Iλ, Iλ'
[T]
パイロメータ本体
9

[図7]


49
シーケンサ
<Ie >
<If >
<HV>
43
[HV]
多機能式温調計
[If]
[Ie]
<If >
<HV>
サイリスタ
48
<If >
HV
Ie
42
加速電源
A
フィラメント電源
41
[HV] [Ie]
47
If
HV
Ie
V
14
[If]
フィラメント
A
46
45
Ie,HV
ヒータ
10
T
ステージ
20
T
パイロメータ集光部
8
I_λ, $I_{\lambda'}$
[T]
パイロメータ本体
9

[図8]


49
シーケンサ
<Ie >
<If >
<HV>
43
[HV]
多機能式温調計
[If]
[Ie]
<If >
<HV>
サイリスタ
48
42
HV
Ie
<If >
加速電源
A
フィラメント電源
41
[HV]
[Ie]
47
If
HV
Ie
14
V
46
[If]
フィラメント
A
45
Ie,HV
ヒータ
10
777
T
ステージ
20
T
パイロメータ集光部
8
Iλ, Iλ'
[T]
パイロメータ本体
9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/007397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/324(2006.01)i, *H01L21/02*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326, H01L21/42-21/428, H01L21/477-21/479, H01L21/00-21/16, H05B7/00-7/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-200401 A (Ushio Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), entire text; all drawings & US 2009/0214193 A1	1-13
A	JP 2008-288480 A (Renesas Technology Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), fig. 3 to 5 and the explanations thereof (Family: none)	1-13
A	JP 2001-345275 A (Tokyo Electron Ltd.), 14 December 2001 (14.12.2001), fig. 10 and the explanations thereof (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring 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
"T" 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
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 January, 2011 (19.01.11)	01 February, 2011 (01.02.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/007397

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-230146 A (Tokyo Electron Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), fig. 2, 3 and the explanations thereof & US 2006/0253225 A1	1-13
A	JP 62-160512 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 16 July 1987 (16.07.1987), fig. 5, 6, 9 and the explanations thereof & US 4761538 A	1-13
A	JP 2005-056582 A (Sukekawa Denki Kogyo Kabushiki Kaisha), 03 March 2005 (03.03.2005), entire text; all drawings & US 2004/0222199 A1	1-13
A	JP 2005-056964 A (Sukekawa Denki Kogyo Kabushiki Kaisha), 03 March 2005 (03.03.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 7-312351 A (Tokyo Electron Ltd.), 28 November 1995 (28.11.1995), entire text; all drawings & US 5688116 A	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／００７３９７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/324(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/26 - 21/268, H01L21/322 - 21/326, H01L21/42 - 21/428, H01L21/477 - 21/479, H01L21/00 - 21/16, H05B7/00 - 7/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2009-200401 A（ウシオ電機株式会社）2009.09.03, 全文、全図 & US 2009/0214193 A1	１－１３
Ａ	JP 2008-288480 A（株式会社ルネサステクノロジ）2008.11.27, 図３－５及びその説明箇所（ファミリーなし）	１－１３
Ａ	JP 2001-345275 A（東京エレクトロン株式会社）2001.12.14, 図１０及びその説明箇所（ファミリーなし）	１－１３

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １９．０１．２０１１	国際調査報告の発送日 ０１．０２．２０１１
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｌ　３８４１ 太田　一平 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４９８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2006-230146 A（東京エレクトロン株式会社）2006.08.31，図２，３及びその説明箇所 & US 2006/0253225 A1	１－１３
Ａ	JP 62-160512 A（大日本スクリーン製造株式会社）1987.07.16，第５，６，９図及びその説明箇所 & US 4761538 A	１－１３
Ａ	JP 2005-056582 A（助川電気工業株式会社）2005.03.03，全文、全図 & US 2004/0222199 A1	１－１３
Ａ	JP 2005-056964 A（助川電気工業株式会社）2005.03.03，全文、全図（ファミリーなし）	１－１３
Ａ	JP 7-312351 A（東京エレクトロン株式会社）1995.11.28，全文、全図 & US 5688116 A	１－１３