

(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
2012 年 12 月 27 日(27.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/176712 A1

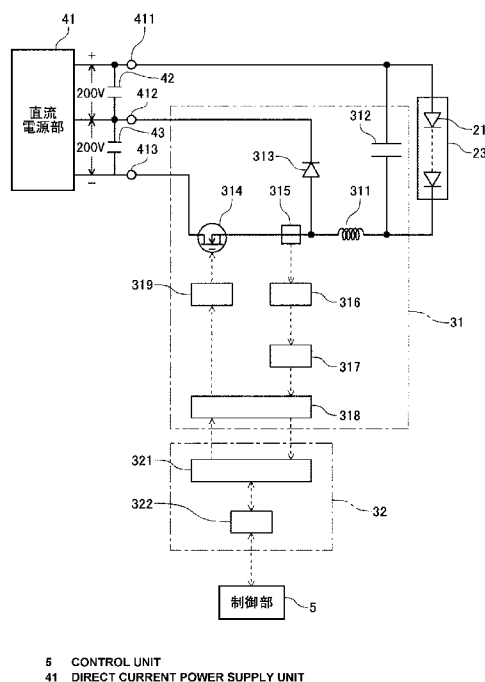
- (51) 国際特許分類:
H01L 33/00 (2010.01) H01L 21/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/065388
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 15 日(15.06.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-138562 2011 年 6 月 22 日(22.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (Tokyo Electron Limited) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河西 繁 (KASAI, Shigeru) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 山科 イサク (YAMASHINA, Isaku) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITOH, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 1 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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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

[続葉有]

(54) Title: PASSIVE ELEMENT DRIVE DEVICE AND SUBSTRATE HEATING DEVICE

(54) 発明の名称: 受動素子の駆動装置及び基板加熱装置

[図6]



(57) Abstract: Provided is a passive element drive device characterized in that it is equipped with a direct current power supply unit (41) having an intermediate terminal (412) as the intermediate potential between a high-voltage terminal (411) and a low-voltage terminal (413), a parallel circuit one end of which is connected to the high-voltage terminal, and comprising a passive element (21) and a voltage-smoothing capacitor (312), a flywheel element (311) connected to the other end of the parallel circuit, a snubber circuit (313) connected between the flywheel element and the intermediate terminal, a series circuit connected between the low-voltage terminal and the connection point of the flywheel element and the snubber circuit, and comprising a current detection unit (315) and a switching unit (319), and a current control unit (32) that controls the switching of the switching unit on the basis of the partial difference between a current command value and a detected current value as detected by the current detection unit, with the driving of the passive element being controlled by controlling the direct current voltage by means of the switching unit in a state wherein an intermediate voltage is applied between the high-voltage terminal and the intermediate terminal.

(57) 要約: 高電圧端子 4 1 1 と低電圧端子 4 1 3 との間に中間電位となる中間端子 4 1 2 を有する直流電源部 4 1 と、高電圧端子にその一端側が接続された、受動素子 2 1 及び電圧平滑コンデンサ 3 1 2 からなる並列回路と、並列回路の他端側に接続されたフライホイール素子 3 1 1 と、フライホイール素子と中間端子との間に接続されたスナバ回路 3 1 3 と、フライホイール素子及びスナバ回路の接続点と低電圧端子との間に接続された、電流検出部 3 1 5 及びスイッチング部 3 1 9 からなる直列回路と、電流指令値と電流検出部にて検出された電流検出値との偏差分に基づいてスイッチング部のスイッチングを制御する電流制御部 3 2 と、を備え、高電圧端

子と中間端子との間に中間電圧を印加した状態で、スイッチング部により直流電圧を制御することによって受動素子の駆動を制御することを特徴とする受動素子の駆動装置を提供する。

WO 2012/176712 A1

WO 2012/176712 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：受動素子の駆動装置及び基板加熱装置

技術分野

[0001] 本発明は、受動素子の駆動装置及び基板加熱装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造においては、基板である半導体ウエハ（以下ウエハと記す）を加熱する各種の加熱処理が存在する。なかでも高速の昇温降温が可能であり、ウエハの材料であるシリコンの吸収波長に対応する波長を放出することができるＬＥＤ（発光ダイオード）を熱源として用いるものが提案されている。

[0003] イオンインプランテーション後のアニール処理を行うアニール装置（基板加熱装置）において、例えば１００～２００個のＬＥＤを直列に接続して構成されるＬＥＤアレイを用いた熱源の開発も行われている。特許文献１には、熱源である加熱部に複数のＬＥＤアレイを設け、各ＬＥＤアレイへの給電量を調節することにより、ＬＥＤの光量を調節して所望のタイミングでの昇温、降温を実現する技術が開示されている。

[0004] ＬＥＤの出力を調整する手法の一つとしてパルス幅変調（PWM：Pulse Width Modulation；以下、PWMという）方式により、受動素子であるＬＥＤへの給電量を制御して発光量を調節する手法がある。ＬＥＤはしきい値電圧（ V_f ）以上の電圧を印加するとその電圧に応じた電流が流れ始めるという電圧-電流特性を有する。よって、１００個以上ものＬＥＤが直列に接続されたＬＥＤアレイなどでは、電流が流れ始めるしきい値電圧の値も数百Ｖ程度まで大きくなってしまう場合がある。

[0005] 特許文献２には、照明用のＬＥＤのスイッチングを行うトランジスタ（半導体スイッチ素子）を備えたＬＥＤ照明装置において、ＬＥＤが非通電状態となっているか否かを検出し、その状態に応じてＬＥＤへ入力される電力を調整する技術が開示されている。これにより、低照度に調光した際の制御性

を向上させ、電力損失を低減する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-253242号公報：段落0032～0034、0044、図4、5、9

特許文献2：特開2009-266855号公報：請求項1、段落0021～0024、図1～3

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、しきい値電圧の大きなLEDアレイは、単純なオームの法則が適用できない非線形な制御系となる。このため、短時間に電力の供給、停止を繰り返して平均の出力を調節するPWM制御をこのLEDアレイに適用すると、昇温降温動作における制御性が低下してしまう。また、しきい値電圧を含む高圧の電力をオン／オフする動作に耐えうる耐压性の高いスイッチング素子（FET：Field Effect Transistor）が必要となり、スイッチングロスが増大するといった課題が生じる。

[0008] また、特許文献1，2には、トランジスタのスイッチング制御に起因する応答性の低下や電力損失を改善する技術が記載され、先に説明したLEDアレイの電圧-電流特性に起因する課題を解決する手法は記載されていない。

[0009] 上記課題に対して、本発明は、応答性が良好で電力損失の小さな受動素子の駆動装置、及びこの駆動装置を用いた基板加熱装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、本発明のある態様によれば、
高電圧端子と低電圧端子との間に中間電位となる中間端子を有する直流電源部と、

前記高電圧端子にその一端側が接続された、受動素子及び電圧平滑コンデ

ンサからなる並列回路と、

前記並列回路の他端側に接続されたフライホイール素子と、

前記フライホイール素子と前記中間端子との間に接続されたスナバ回路と

、

前記フライホイール素子及びスナバ回路の接続点と前記低電圧端子との間に接続された、電流検出部及びスイッチング部からなる直列回路と、

電流指令値と前記電流検出部にて検出された電流検出値との偏差分に基づいて前記スイッチング部のスイッチングを制御する電流制御部と、を備え、

前記高電圧端子と中間端子との間に中間電圧を印加した状態で前記スイッチング部により直流電圧を印加し、前記受動素子の駆動を制御することを特徴とする受動素子の駆動装置が提供される。

[0011] また、本発明の他の態様によれば、

基板を収容する処理容器と、

供給される電力に応じて処理容器内の基板を加熱するための受動素子が設けられた加熱部と、

前記受動素子の駆動装置と、を備え、

前記受動素子の駆動装置は、

高電圧端子と低電圧端子との間に中間電位となる中間端子を有する直流電源部と、

前記高電圧端子にその一端側が接続された、前記受動素子及び電圧平滑コンデンサからなる並列回路と、

前記並列回路の他端側に接続されたフライホイール素子と、

前記フライホイール素子と前記中間端子との間に接続されたスナバ回路と

、

前記フライホイール素子及びスナバ回路の接続点と前記低電圧端子との間に接続された、電流検出部及びスイッチング部からなる直列回路と、

電流指令値と前記電流検出部にて検出された電流検出値との偏差分に基づいて前記スイッチング部のスイッチングを制御する電流制御部と、を備え、

前記高電圧端子と中間端子との間に中間電圧を印加した状態で前記スイッチング部により直流電圧を印加し、前記受動素子の駆動を制御することを特徴とする基板加熱装置が提供される。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、応答性が良好で電力損失の小さな受動素子の駆動装置、及びこの駆動装置を用いた基板加熱装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]一実施形態に係るLEDドライバを適用したアニール装置の縦断側面図である。

[図2]一実施形態に係るアニール装置の加熱部を示す平面図である。

[図3]一実施形態に係るLEDアレイにおけるLEDの接続状態を示す説明図である。

[図4]一実施形態に係るLEDアレイの電圧-電流特性を示す説明図である。

[図5]一実施形態に係るLEDアレイをPWM制御したときの電圧及び電流の過渡応答を示す説明図である。

[図6]一実施形態に係るLEDアレイの駆動装置の第1の構成例を示す回路図である。

[図7]一実施形態に係るLEDアレイの駆動装置の第2の構成例を示す回路図である。

[図8]比較例に係わる駆動装置の構成を示す回路図である。

[図9]一実施形態及び比較例に係るスイッチングFETの温度の経時変化を示す説明図である。

[図10]一実施形態及び比較例に係る駆動装置に応じた電力消費効率を示す説明図である。

[図11]一実施形態及び比較例に係る駆動装置に応じた電力損失を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の実施形態に係るLEDアレイの

駆動装置の構成例について説明する。本発明の実施形態に係るアニール装置 1 は、表面に不純物が注入されたウエハ W をアニールする装置であり、例えば基板加熱装置に適用される。

[0015] アニール装置 1 は、処理容器 11 と冷却部材 12 a、12 b とを有している。処理容器 11 は、扁平な円筒状に形成され、この処理容器 11 の上面側及び下面側には円形の開口部が形成されている。冷却部材 12 a、12 b は、その開口部を塞ぐように当該開口部に嵌め込まれている。これにより、処理容器 11 と冷却部材 12 a、12 b とによって、アニール処理が行われる処理空間 10 が形成される。

[0016] 処理容器 11 の側壁面には、ウエハ W の搬入出が行われる搬入出口 111 及びその開閉を行うゲートバルブ 112 が設けられている。また、処理容器 11 の天井面には処理空間 10 内に窒素ガスやアルゴンガスなどの不活性ガスを供給するためのガス供給ライン 113 が接続されている。処理容器 11 の底面側には処理空間 10 内を排気するための排気ライン 114 が接続されている。排気ライン 114 は不図示の排気手段に接続されており、アニール処理を行っている期間中の処理空間 10 の圧力は例えば 100～10000 Pa の範囲内の所定圧力に維持される。

[0017] 処理空間 10 内には、ウエハ W を下面側から支持する支持ピン 131 を先端部に備えた、例えば 3 本の支持アーム 13（図 1 には 2 本のみ示してある）が設けられており、これら支持ピン 131 を介してウエハ W を保持することができる。各支持アーム 13 は不図示の昇降機構により昇降自在となっており、外部のウエハ搬送機構と上下方向に支持ピン 131 を交差させてウエハ W の受け渡しを行ったり、ウエハ W を保持する高さ位置を調整したりすることができる。

[0018] 冷却部材 12 a は、ウエハ W の上面と対向し、その対向面には凹部 121 a が形成されている。同様に、冷却部材 12 b は、ウエハ W の下面と対向し、その対向面には凹部 121 b が形成されている。この凹部 121 a、121 b 内にはアニール処理の熱源となる加熱部 2 が形成されており、加熱部 2

には本実施の形態の受動素子である多数個のLED 21（図3参照）を備えたLEDモジュール22が配置されている。

[0019] 図2に示すように本例のLEDモジュール22は六角形の支持基板221の板面に多数のLED 21を配置した構成となっている（図2ではLED 21の記載を省略してある）。そして各冷却部材12a、12bの凹部121a、121b内に、複数のLEDモジュール22を配置することによりウエハWの上面及び下面を満遍なく加熱する構成となっている。

[0020] 各LEDモジュール22には、100～200個程度のLED 21の直列ラインが数ラインある。これらのLED 21から射出される光の波長は、例えば紫外光～近赤外光の範囲、好ましくは0.36～1.0 μm の範囲が好ましい。このような0.36～1.0 μm の範囲の光を射出する材料としてはGa₃N、Ga₃As、Ga₃P等をベースとした化合物半導体が例示される。この中では、特に加熱対象として用いられるシリコン製のウエハWにおける吸収率が高い850～970 nm付近の放射波長を有するGa₃As系の材料からなるLED 21がさらに好適である。

[0021] LEDモジュール22は支持基板221の裏面側が冷却部材12a、12bの冷却面と接触するように冷却部材12a、12bに取り付けられている。また、冷却部材12a、12bの凹部121a、121bには、ウエハWと対向する表面側からLEDモジュール22を覆うように、例えば石英などからなる光透過板122a、122bが取り付けられている。従って、LEDモジュール22のLEDアレイ23（図3参照）から射出された光は光透過板122a、122bを透過してウエハWに到達することになる。

[0022] また、冷却部材12a、12bの凹部121a、121bと光透過板122a、122bとで囲まれた空間は、処理空間10と同様に減圧雰囲気となっており、各光透過板122a、122bの上面及び下面間の圧力差を小さくしている。これにより、凹部121a、121b内が大気圧である場合に比べて光透過板122a、122bを薄くすることが可能となり、光透過板122a、122bにおける光の吸収が抑えられる。

[0023] LEDモジュール22の支持基板221が接触する冷却部材12a、12bには冷媒流路123が形成されており、例えばフッ素系不活性液体（商品名フロリナート、ガルデン（登録商標））などの冷媒を冷媒供給ライン124から当該冷媒流路123内に通流させて冷媒排出ライン125から外部に流す。これにより、冷却部材12a、12bを0℃以下の例えば-50℃程度に冷却することができる。

[0024] 以上、アニール装置1の概略構成を説明した。次に、アニール装置1に設けられているLEDモジュール22、及びこのLEDモジュール22に電力を供給する直流電源41並びにLEDドライバ31の電氣的構成について図3、図6を参照しながら説明する。

[0025] 図1、図2に示した各LEDモジュール22には、例えば図3に示すように、100～200個のLED21を直列に接続した直列回路からなるLEDアレイ23が設けられている。各LEDモジュール22には、LEDアレイ23を複数個設け、以下に説明する直流電源部41及びLEDドライバ31に、これらのLEDアレイ23を並列に接続してもよい。電圧-電流特性の傾きが変化する他は直流電源部41やLEDドライバ31の作用は変わらないので、以下、1個のLEDアレイ23を駆動する場合について説明する。

[0026] 図4に示すように、多数のLED21を直列に接続したLEDアレイ23は、電流が流れ始めるまでのLEDアレイ23全体のしきい値電圧 V_f の値が数百Vにもなる（図4の例では270V）。このため、本発明を適用する前のPWMを利用した出力制御ではこのしきい値電圧を含む電圧（すなわち、しきい値以上の電圧）がLEDアレイ23にオン／オフされる。

[0027] 一般に、PWM制御を用いたLEDドライバには、電流平滑用のコイルが設けられており、図5に示すように電圧のオン／オフ動作に遅れて電流がオン／オフされる。このときLEDアレイ23におけるスイッチングロス、電流が上昇し、電圧が降下する期間中の電流値と電圧値との積、及び電流が降下し、電圧が上昇する期間中の電流値と電圧値との積で表される。

[0028] このため、スイッチングにより印加される電圧値が高くなると、前記スイ

ツチングロスも大きくなる。また高電圧が印加される場合、スイッチング素子としては耐圧性の高いFET等が必要となるが、このようなFETはオン抵抗が大きいため、消費電力のロスも大きくなる。これに加えて耐圧性の高いFETは、オン／オフの切り替え時間も長く、図5に示したスイッチングロスが引き起こされる期間も長くなるため、この点でもスイッチングロスが大きくなる。

[0029] そこで本実施の形態の直流電源部41及びLEDドライバ31は、図4に示したしきい値電圧よりも小さな中間電圧をLED21に常時印加しておき、この中間電圧にPWM制御用の電圧を加算してLED21をオンの状態にする点に特徴を有している。以下、図6を参照しながら直流電源部41、LEDドライバ31及び電流制御部32の構成について説明する。これら直流電源部41、LEDドライバ31及び電流制御部32は、本実施の形態に係わるLEDアレイ23（LED21）の駆動装置を構成している。

[0030] 図6に示すように、本例の直流電源部41は高電圧端子411と、低電圧端子413と、これらの端子の中間の電位となる中間端子412とを備えている。直流電源部41は例えば三相電源から供給された交流電流をPWM整流して直流電流に変換する公知の整流回路などから構成されている。一方、LEDアレイ23は電流平滑用のコンデンサ312と並列回路を形成しており、当該並列回路はLED21の順方向、上流側の一端側が前記直流電源部41の高電圧端子411に接続されている。

[0031] 一方、前記並列回路の他端側（LED21の順方向、下流側）は、電流平滑用のフライホイールコイル311及びスナバ回路をなすスナバダイオード313を介して直流電源部41の中間端子412に接続されている。なお、フライホイールコイル311は、フライホイール素子の一例である。高電圧端子411と中間端子412との間の電位差（中間電圧）は、図4に示すしきい値電圧（LEDアレイ23に電流が流れ始めてオンになる電圧） V_f よりも小さい値である例えば200Vに設定されている。そして、この中間電圧が前記並列回路（LEDアレイ23及びコンデンサ312）に常時印加さ

れている。中間電圧は、しきい値の例えば60～95%、より好ましくは80～95%の値に設定することにより、LEDアレイ23の出力制御の非線形性を緩和し、またスイッチングロスを低減する効果が高くなる。

[0032] また、フライホイールコイル311とスナバダイオード313の接続点と、直流電源部41の低電圧端子413との間には、電流検出部をなすホールIC315とスイッチング部であるスイッチングFET314とからなる直列回路が設けられている。低電圧端子413と中間端子412との間には、例えば200Vの直流電圧が印加されている。図6中に示す高電圧端子411と中間端子412との間、及び中間端子412と低電圧端子413との間には、直流電源部41側の電圧平滑用のコンデンサ42、43が設けられている。

[0033] そして、スイッチングFET314をオフにすると高電圧端子411→LEDアレイ23→フライホイールコイル311→スナバダイオード313→中間端子412という回路が形成されて中間電圧のみがLEDアレイ23に印加される。一方、スイッチングFET314をオンにすると高電圧端子411→LEDアレイ23→フライホイールコイル311→スイッチングFET314→低電圧端子413という回路が形成され、前記中間電圧に中間端子412－低電圧端子413間の直流電圧が加算される。そして、スイッチングFET314のオン／オフ間隔を変化させることにより、中間電圧に加算される平均の電圧を変化させてLED21に印加される電圧を制御することができる。

[0034] 低電圧端子413へ向けて流れる電流値は、ホールIC315にて検出され電流値に対応する電圧値として出力された後、差動アンプ316にて増幅されると共に、平衡信号に変換される。V/Fコンバータ317では、前記電圧値を周波数信号に変換してからラインドライバ318を介して電流制御部32へ差動出力する。

[0035] 電流制御部32内のラインドライバ321で受信された周波数信号はマイコン322でカウントされて、ホールIC315で検出される線路を流れる

電流の検出値に変換される。マイコン 322 では、後述する装置制御部 5 からの電流指令値と電流検出値とを比較する。マイコン 322 では、比較の結果、その偏差分を解消する方向にスイッチング FET 314 をオンにするパルス幅を増減させるための制御信号を FET ドライバ 319 へ向けて出力する。この制御信号の送受信もラインドライバ 321、318 を介して差動出力される。

[0036] FET ドライバ 319 は、マイコン 322 からの制御信号に基づいてスイッチング FET 314 のオンを行う時間のデューティ比を変化させ、既述の中間電力に加算される平均の直流電圧を変化させる。

[0037] 本例では図 6 に示した電氣的構成のうち、コンデンサ 312、フライホイールコイル 311、スナバダイオード 313、ホール IC 315、スイッチング FET 314、差動アンプ 316、V/F コンバータ 317、ラインドライバ 318、FET ドライバ 319 は、共通の基板上に設けられて LED ドライバ 31 を構成している。図 1 に示すように LED ドライバ 31 は、加熱部 2 の各 LED モジュール 22 と LED モジュール 22 に電力を供給する直流電源部 41 との間設けられている。

[0038] 一方、図 6 に示すマイコン 322 や LED ドライバ 31 との間で信号の送受信を行うラインドライバ 321 を含む電流制御部 32 は、LED ドライバ 31 とは別体となっており、LED ドライバ 31 から離れた位置に配置されている（図 1）。そして、電流制御部 32 は複数個、例えば 4 個の LED ドライバ 31 との間で各々電流検出値の取得、スイッチング FET 314 の制御信号の出力を行うことが可能であり、この結果、複数の LED モジュール 22 の出力制御を行うことができる。電流制御部 32 は、実施の形態に係わる駆動装置の電流制御部を構成している。図 1 では、複数個の電流制御部 32 を総括的に示している。

[0039] 既述のように LED ドライバ 31 からは、電流値を周波数信号に変換して出力し、電流制御部 32 側のマイコン 322 にて周波数信号を時間積分してから電流検出値を算出することにより、スイッチング FET 314 のオン／

オフ動作で発生するノイズに強い構成となっている。また、ＬＥＤドライバ３１と電流制御部３２との間の信号の送受信を差動で行うことにより、ＬＥＤドライバ３１から離れた位置に電流制御部３２を配置しても信頼性の高い信号の送受信ができる。この結果、直流電源部４１はＬＥＤドライバ３１の直近に配置して送電距離を短くし、少ない電線で電力を供給できる。一方、電流制御部３２との間では信号送信を行うだけなので、電流制御部３２は、ＬＥＤドライバ３１から離れた位置からであっても細い信号線を用いてＬＥＤドライバ３１と接続すれば足りる。これにより、ＬＥＤドライバ３１を小型化して、実装性を向上させている。

[0040] 以上に説明した構成を備えたアニール装置１は当該装置全体を統括制御する装置制御部５を備えている。装置制御部５は図示しないＣＰＵと記憶部とを備えたコンピュータからなり、記憶部にはアニール装置１の作用機能、即ちウエハＷの搬入出や処理空間１０内の圧力調整、アニール処理の温度設定や処理時間などに係わる制御についてのステップ（命令）群が組まれたプログラムが記録されている。このプログラムは、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリーカード等の記憶媒体に格納され、そこからコンピュータにインストールされる。

[0041] 特に電流制御部３２、ＬＥＤドライバ３１を利用したＬＥＤアレイ２３の出力調整につき装置制御部５は、処理空間１０内に配置されたウエハＷの温度を検出する不図示の温度検出部から温度検出値を取得し、アニール処理の設定温度と温度検出値とを比較し、その偏差分を解消する方向にＬＥＤアレイ２３の出力を調整するよう、各電流制御部３２に電力指令値を出力する機能を備えている。

[0042] 上述の構成を備えたアニール装置１の動作について説明する。処理容器１１のゲートバルブ１１２を開き、搬入出口１１１から、外部のウエハ搬送機構を進入させて処理空間１０にウエハＷを搬入する。支持ピン１３１上にウエハＷを載置したら、ウエハ搬送機構を退避させ、ウエハＷの保持高さを調節する。次いで、ゲートバルブ１１２を閉じて処理容器１１内を密閉状態と

し、排気ライン 114 から処理容器 11 内の排気を行う一方、ガス供給ライン 113 から不活性ガスを導入し、処理容器 11 内（処理空間 10）の圧力を例えば 100～10000 Pa の範囲内の所定の圧力に調節する。

[0043] 一方、冷却部材 12a、12b では、冷媒流路 123 に冷媒を通流させ、LED モジュール 22 の LED 21 を 0℃ 以下、好ましくは -50℃ 以下の温度に冷却しておく。

[0044] そして、各直流電源部 41 から電力の供給を開始すると共に、LED ドライバ 31 を動作させて LED アレイ 23 の出力調整を行う。このとき、図 4、図 6 を用いて説明したように、LED アレイ 23 には高電圧端子 411-中間端子 412 間に中間電圧（例えば 200 V）が常時印加されている。そして、マイコン 322 からの電力指令値に基づき、中間端子 412-低電圧端子 413 間の直流電圧が PWM によって調整されて前記中間電圧に加算されることにより LED アレイ 23 がオンとなり、その出力が調整される。

[0045] このとき、PWM により制御される電圧（図 4 に示した PWM 制御電圧）が、中間電圧を印加しない場合の電圧（同図に示した中間電圧と PWM 制御電圧との合計）よりも小さいので、LED アレイ 23 の出力調整時の非線形性が抑えられて制御性が向上する。また、スイッチング FET 314 でスイッチングする電圧が小さくなる結果、PWM によってオン／オフされる電圧値（図 5 に示した電圧値 VDS）が小さくなり、スイッチングロスを低減できる。

[0046] また、スイッチング FET 314 にてオン／オフされる電圧値が小さくなることにより、スイッチング FET 314 に要求される耐圧性のレベルを低くできる。この結果、オン抵抗が低く、切り替え時間の短い FET を採用することが可能となり、この観点でもスイッチングロスを低減できる。

[0047] このような駆動制御により LED アレイ 23 の出力が調整され、上下の加熱部 2 に設けられた LED モジュール 22 から射出された光は、光透過板 122a、122b を透過してウエハ W に到達し、当該ウエハ W に吸収されてその温度を上昇させる。この結果、ウエハ W は例えば 1～10 秒程度の短い

時間で目標温度（例えば 1100℃）まで昇温され、1～10秒程度の短時間当該温度を保持することにより、前工程で注入されたホウ素やリンなどの不純物をシリコンと結合させる処理が行われる。

[0048] そして、予め設定した時間が経過したら、LEDアレイ23への電力供給を停止し、LED21からの光の射出を止めることにより、ウエハWの加熱が停止される。ウエハWは、処理空間10内を流れる不活性ガスにより急速に冷却されて、アニール処理を終了する。ウエハWの冷却後、排気ライン114からの排気を停止して、処理空間10内を大気圧に戻し、搬入時とは逆の動作でウエハWを搬出して一連の動作を終える。

[0049] 一方、冷却部材12a、12bと接触するLEDモジュール22は、冷媒流路123内を流れる冷媒により冷却され、温度上昇に伴う発光量の低下を抑えつつ、次のウエハWが搬入されるまで待機する。

[0050] 本実施の形態に係わるLEDアレイ23の駆動装置（直流電源部41、LEDドライバ31、電流制御部32）によれば以下の効果がある。LEDアレイ23のLED21がオンになるしきい値電圧よりも小さい中間電圧を当該LED21に印加し、さらにスイッチングFET314のスイッチング作用によりPWM制御される直流電圧を前記中間電圧に加算することによりLED21に電流が流れてオンの状態となると共にその出力が調整される。この結果、スイッチングFET314を利用してPWM制御により加算される電圧の変化幅が、中間電圧を印加しない場合に比べて小さくなるので、オン／オフ動作に伴うスイッチング損失を小さくすることができる。また、スイッチングFET314に要求される耐圧性のレベルも低くなるので、当該スイッチングFET314を小型化することが可能となり、当該部における電力損失も低減することができる。

[0051] ここで、LEDアレイ23の駆動装置の構成は図6に示した例に限定されるものではない。LEDアレイ23のしきい値電圧よりも小さな中間電圧を常時印加し、この中間電圧にPWMにより制御された直流電圧を加算してLEDアレイ23をオンの状態とする作用が得られれば、その構成は適宜変更

できる。例えば、図7は高電圧端子411-中間端子412間に設けられるスナバ回路に、スイッチング素子としてスナバFET313aを設けた例を示している。図7において、図6に示したものと同様の構成要素には、図6と同じ符号を付してある。

[0052] スナバFET313aによりスナバ回路を構成する場合には、FETドライバ319は同期整流機能を備え、スイッチング素子であるスイッチングFET314がオンの状態のときスナバFET313aをオフの状態とし、スイッチングFET314がオフの状態のときスナバFET313aをオンの状態とするスイッチング制御を行う。ここでスイッチング部やスナバ回路を構成するスイッチング素子はFET（スイッチングFET314、スナバFET313a）によって構成する場合に限られず、例えばバイポーラトランジスタなどを用いてもよい。

[0053] また、図6や図7に示した受動素子の駆動装置（直流電源部41、LEDドライバ31、電流制御部32）は、LEDアレイ23（LED21）の駆動制御に適用する場合に限られるものではない。例えばマグネトロンは、図4に示した例と同様の電圧-電流特性を示すことが知られており、その駆動制御においても本実施形態は制御性を向上させ、スイッチングロスを低減する効果を得ることができる。例えばウエハWに塗布された水分を含む塗布液にマイクロ波を照射して、当該塗布液を加熱するための加熱部に前記マグネトロンを備えた基板加熱装置などにも本実施形態は適用できる。この場合、特許請求の範囲に記載の「受動素子」は電力を供給されて駆動する受動装置も含んでいることになる。

実施例

[0054] （実験1）

中間電圧にPWMで調整された直流電圧を加算する本実施形態の駆動装置、及び中間電圧を印加しない駆動装置を用いてLEDアレイ23に電力を供給し、スイッチングFET314の温度変化を調べた。

[0055] A. 実験条件

(実施例 1-1)

図 6 に示したスナバ回路としてスナバダイオード 313 を用いる駆動装置（直流電源部 41、LED ドライバ 31、電流制御部 32）を用い、LED アレイ 23 に平均電圧 160 V、400 mA の電力を供給してスイッチング FET 314 の温度変化を計測した。中間電圧は 200 V、PWM 制御電圧は 200 V であり、PWM 制御のパルス周期は 10 μ m 秒、デューティ比（PWM%）は 80% とした。スイッチング FET 314 の耐圧能力は 300 V である。

[0056] (実施例 1-2)

図 7 に示したスナバ回路としてスナバ FET 313a を用いる駆動装置を用い、（実施例 1-1）と同様の条件で LED アレイ 23 に電力を供給し、スイッチング FET 314 の温度変化を計測した。スイッチング FET 314 の耐圧能力は 300 V である。

[0057] (比較例 1-1)

図 8 に示す、中間電圧の印加を行わない駆動装置を用い、（実施例 1-1）と同様の条件で LED アレイ 23 に電力を供給し、スイッチング FET 314 の温度変化を計測した。図 8 の駆動装置においてスナバ回路はコンデンサ 312 であり、電流検出にはシャント抵抗器 315a を用いた。スイッチング FET 314 の耐圧能力は 600 V である。

[0058] (比較例 1-2)

スナバ回路としてスナバ FET 313a を用いた点以外は、（比較例 1-1）と同様の条件でスイッチング FET 314 の温度を計測した。スイッチング FET 314 の耐圧能力は 300 V である。

[0059] B. 実験結果

各実施例、比較例におけるスイッチング FET 314 の温度の経時変化を図 9 に示す。図 9 には、実施例 1-1 を破線、実施例 1-2 を実線、比較例 1-1 を二点鎖線、比較例 1-2 を一点鎖線で示してある。

[0060] 図 9 に示した結果によれば、実施例 1-1、1-2 におけるスイッチング

F E T 3 1 4 の温度上昇幅が、比較例 1 - 1、1 - 2 におけるスイッチング F E T 3 1 4 の温度上昇幅よりも小さくなっている。これは、スイッチング F E T 3 1 4 に加わる電圧が小さくなったこと、耐圧性の低いスイッチング F E T 3 1 4 を使用したことに伴うスイッチングロスの減少に起因するものと評価できる。また、スナバ回路としてスナバダイオード 3 1 3 を用いる場合とスナバ F E T 3 1 3 a を用いる場合とを比べると、実施例、比較例のいずれにおいてもスナバ F E T 3 1 3 a を用いる場合の方がスイッチング F E T 3 1 4 の温度上昇幅が小さい。

[0061] (実験 2)

実施例 1 - 1、比較例 1 - 1 における L E D アレイ 2 3 の駆動実験において PWM のデューティー比 (PWM%) を変化させ、電力の使用効率及び電力損失を算出した。

[0062] A. 実験条件

(実施例 2)

図 6 に示す駆動装置を用い、(実施例 1 - 1) と同様の条件の下、PWM のデューティー比を 0 ~ 1 0 0 % の範囲内で変化させた。

[0063] (比較例 2)

図 8 に示す駆動装置を用い、(比較例 1 - 1) と同様の条件の下、PWM のデューティー比を 0 ~ 1 0 0 % の範囲内で変化させた。

[0064] B. 実験結果

実施例 2、比較例 2 の実験結果において、デューティー比に対する電力の使用効率の変化を図 1 0 に示し、電力損失の変化を図 1 1 に示す。図 1 0、図 1 1 において、実施例 2 の結果を白丸でプロットし、比較例 2 の結果を黒丸でプロットした。

[0065] 図 1 0 に示したデューティー比が 0 ~ 3 0 % 程度の範囲では、実施例 2 の方が時比較例 2 よりも電力の使用効率は小さいが、これ以上の範囲では実施例 2 の方が電力の使用効率は比較例 2 よりも高い。図 1 1 に示すように、デューティー比の低い範囲では実施例 2 と比較例 2 とで電力の損失量に大きな

差は見られないが、デューティー比が60%を超えた範囲では、図6の駆動装置（実施例2）と図8の駆動装置（比較例2）とで電力の損失量の差が急激に大きくなっている。ウエハWを短時間で高温に加熱するアニール装置1などでは、PWMのデューティー比は高くなる傾向となるので、本実施の形態の駆動装置はこのような処理に適しているといえる。

[0066] 以上に説明したように、本実施形態によれば、受動素子がオンになるしきい値電圧よりも小さい中間電圧を当該受動素子に印加し、さらにスイッチング部のスイッチング作用により制御される直流電圧を前記中間電圧に加算することにより受動素子に電流が流れてオンの状態となる。この結果、スイッチング部を利用して加算される電圧の変化幅が小さくなるので、オン／オフ動作に伴うスイッチング損失を小さくすることができる。また、スイッチング部に要求される耐圧性のレベルも低くなるので、スイッチング部を構成する機器を小型化することが可能となり、当該部における電力損失も低減することができる。

[0067] なお、前記受動素子の駆動装置は以下の特徴を備えていてもよい。

[0068] （a）前記受動素子は複数のLEDの直列回路であること。

[0069] （b）前記スイッチング部及びスナバ回路はスイッチング素子であり、スイッチング部のスイッチング素子とスナバ回路のスイッチング素子とのオン／オフの状態を反転させる同期整流が行われること。

[0070] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0071] 本国際出願は、2011年6月22日に出願された日本国特許出願2011-138562号に基づく優先権を主張するものであり、その全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0072]	W	ウエハ
	1	アニール装置
	2 1	L E D
	2 2	L E D モジュール
	2 3	L E D アレイ
	3 1	L E D ドライバ
	3 1 1	フライホイールコイル
	3 1 2	コンデンサ
	3 1 3	スナバダイオード
	3 1 3 a	スナバ F E T
	3 1 4	スイッチング F E T
	3 1 5	ホール I C
	3 1 9	F E T ドライバ
	3 2	電流制御部
	3 2 2	マイコン
	4 1	直流電源部
	4 1 1	高電圧端子
	4 1 2	中間端子
	4 1 3	低電圧端子
	5	装置制御部

請求の範囲

- [請求項1] 高電圧端子と低電圧端子との間に中間電位となる中間端子を有する直流電源部と、
前記高電圧端子にその一端側が接続された、受動素子及び電圧平滑コンデンサからなる並列回路と、
この並列回路の他端側に接続されたフライホイール素子と、
前記フライホイール素子と前記中間端子との間に接続されたスナバ回路と、
前記フライホイール素子及びスナバ回路の接続点と前記低電圧端子との間に接続された、電流検出部及びスイッチング部からなる直列回路と、
電流指令値と前記電流検出部にて検出された電流検出値との偏差分に基づいて前記スイッチング部のスイッチングを制御する電流制御部と、を備え、
前記高電圧端子と前記中間端子との間に中間電圧を印加した状態で前記スイッチング部により直流電圧を印加し、前記受動素子の駆動を制御することを特徴とする受動素子の駆動装置。
- [請求項2] 前記中間電圧は、前記受動素子がオンになるしきい値電圧よりも小さい値に設定されることを特徴とする請求項1に記載の受動素子の駆動装置。
- [請求項3] 前記直流電圧を前記中間電圧に加算した合計電圧によって前記受動素子の駆動を制御することを特徴とする請求項1に記載の受動素子の駆動装置。
- [請求項4] 前記受動素子は複数のLEDの直列回路であることを特徴とする請求項1に記載の受動素子の駆動装置。
- [請求項5] 前記スイッチング部及びスナバ回路はスイッチング素子であり、スイッチング部のスイッチング素子とスナバ回路のスイッチング素子とのオン又はオフの状態を反転させる同期整流が行われることを特徴と

する請求項 1 に記載の受動素子の駆動装置。

[請求項6]

基板を収容する処理容器と、

供給される電力に応じて処理容器内の基板を加熱するための受動素子が設けられた加熱部と、

前記受動素子の駆動装置と、を備え、

前記受動素子の駆動装置は、

高電圧端子と低電圧端子との間に中間電位となる中間端子を有する直流電源部と、

前記高電圧端子にその一端側が接続された、前記受動素子及び電圧平滑コンデンサからなる並列回路と、

前記並列回路の他端側に接続されたフライホイール素子と、

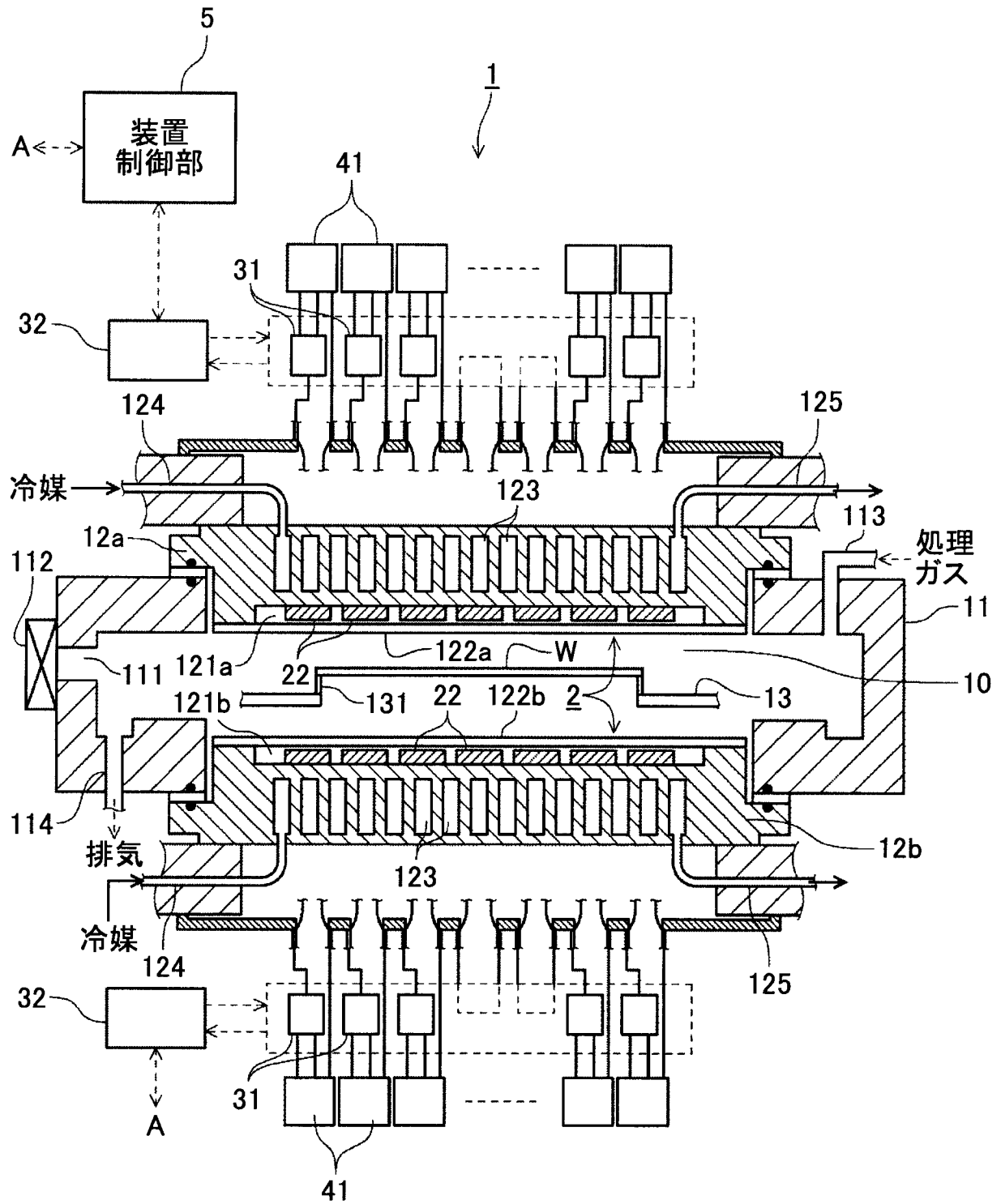
前記フライホイール素子と前記中間端子との間に接続されたスナバ回路と、

前記フライホイール素子及びスナバ回路の接続点と前記低電圧端子との間に接続された、電流検出部及びスイッチング部からなる直列回路と、

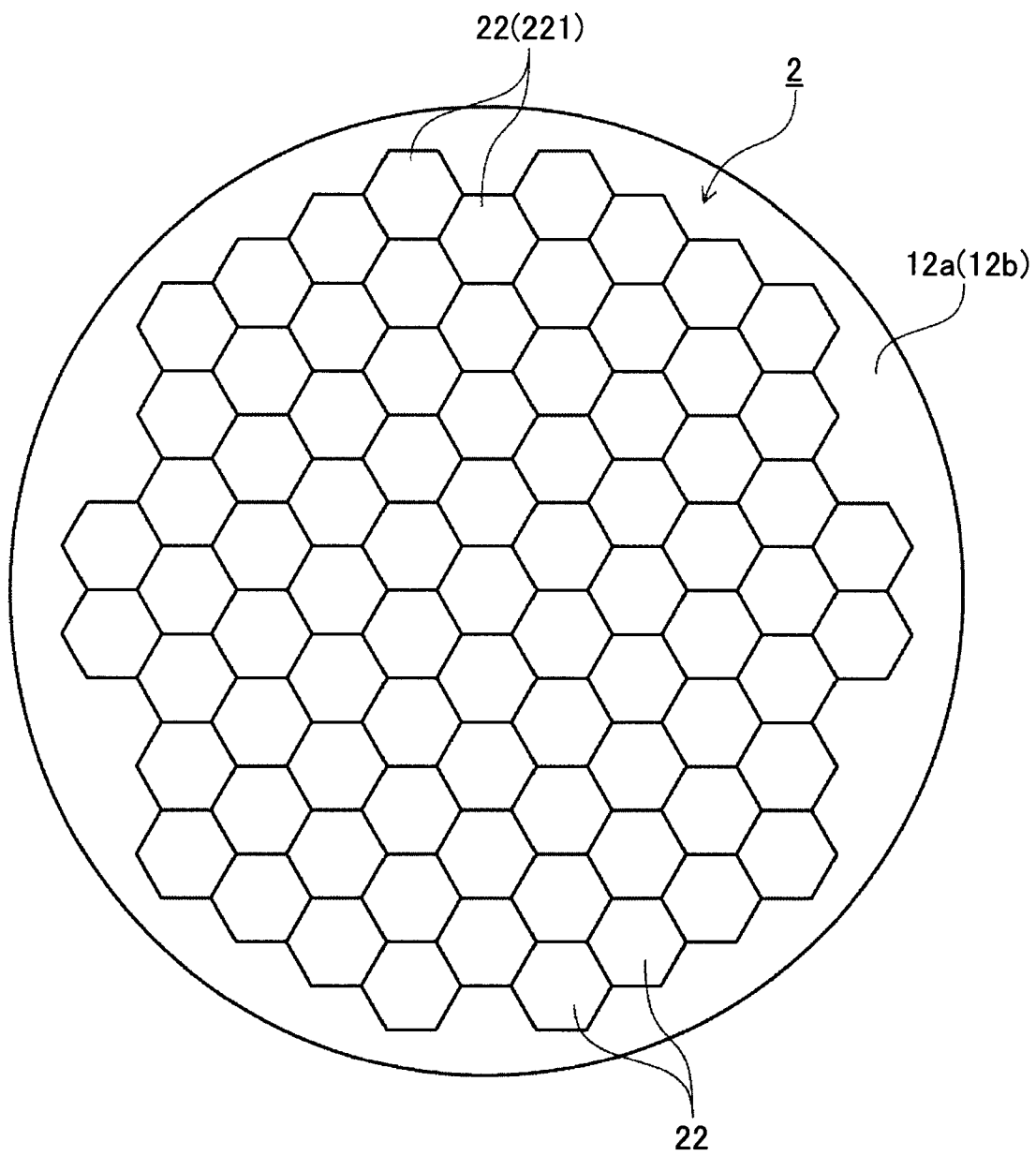
電流指令値と前記電流検出部にて検出された電流検出値との偏差分に基づいて前記スイッチング部のスイッチングを制御する電流制御部と、を備え、

前記高電圧端子と中間端子との間に中間電圧を印加した状態で前記スイッチング部により直流電圧を印加し、前記受動素子の駆動を制御することを特徴とする基板加熱装置。

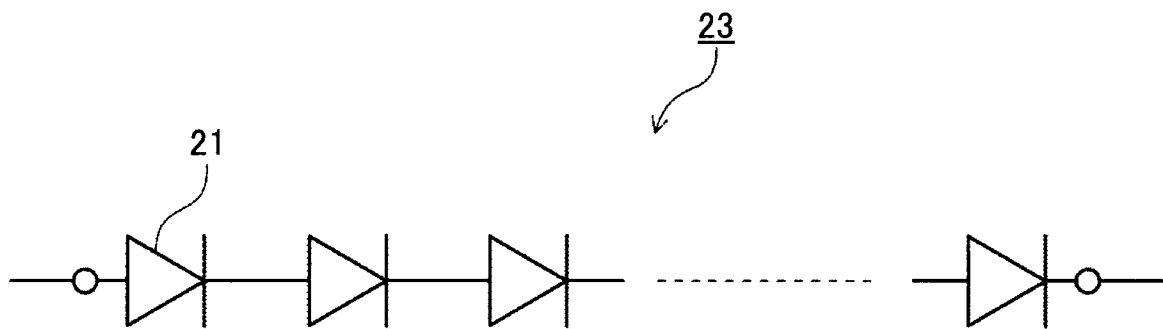
[図1]



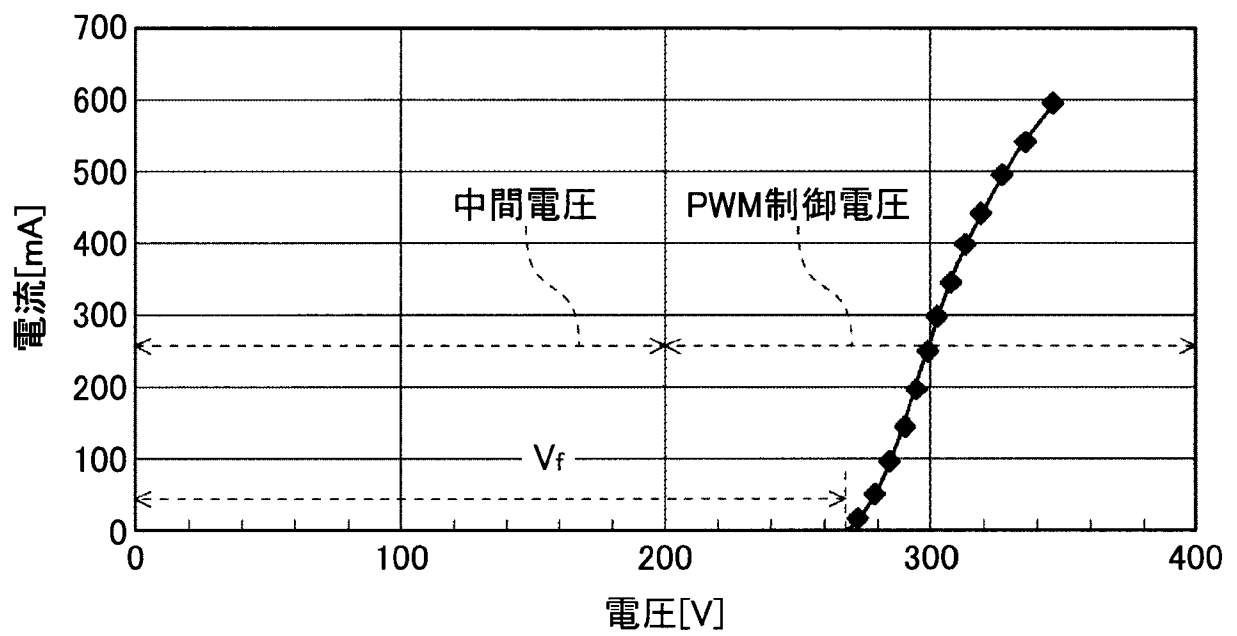
[図2]



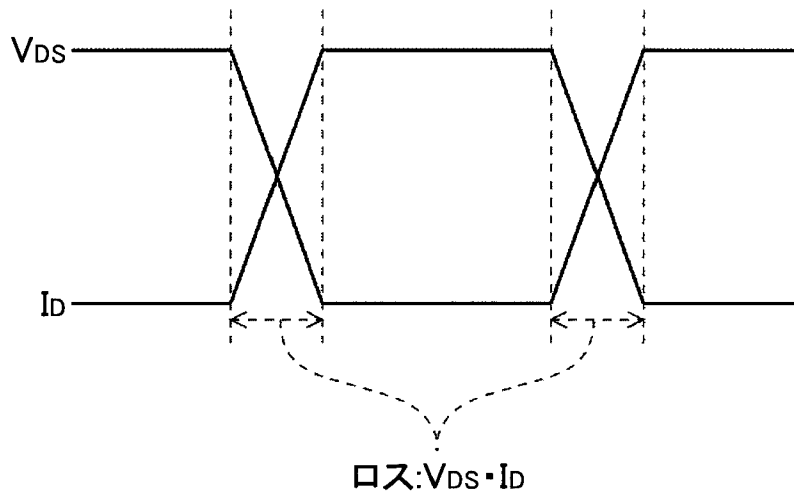
[図3]

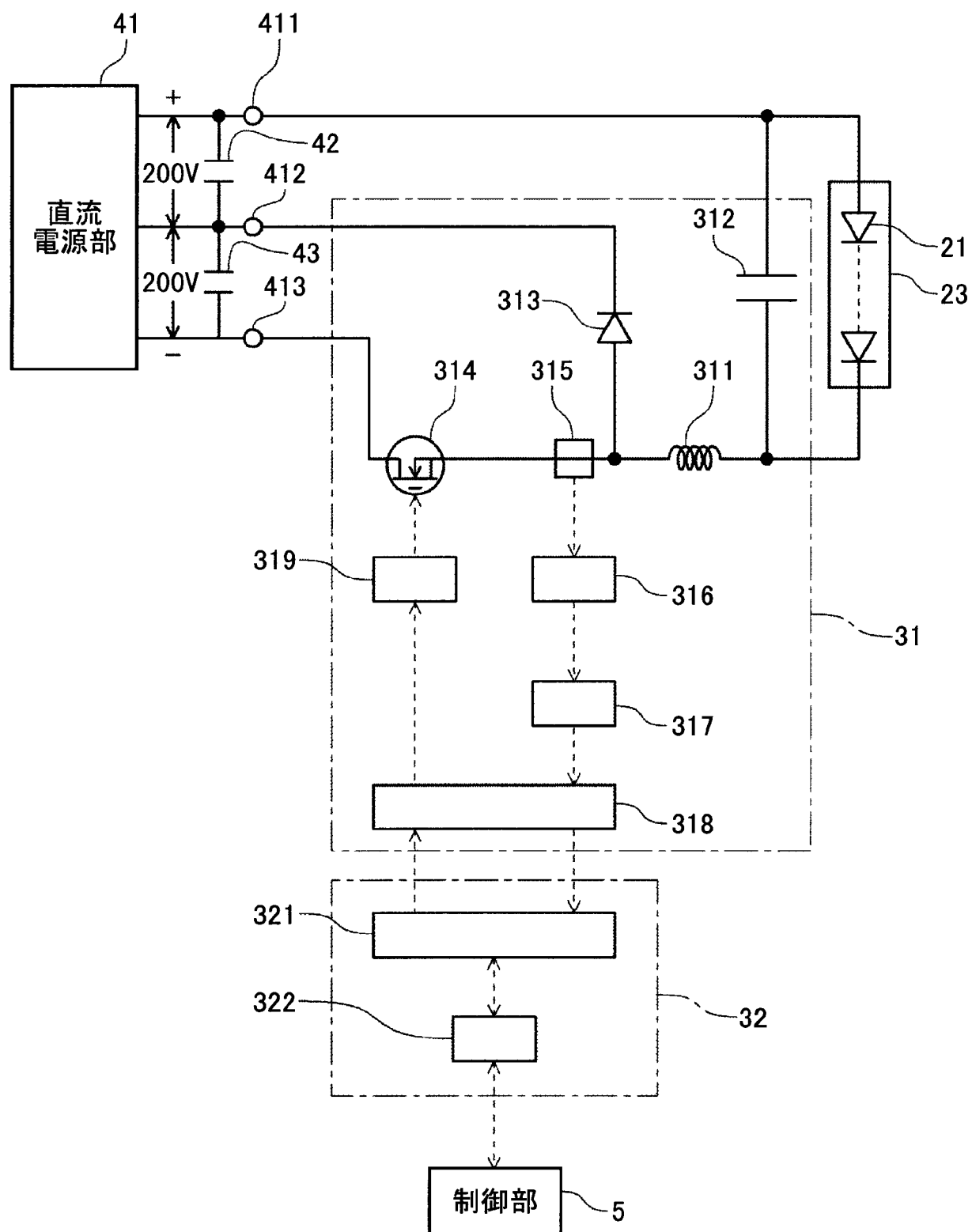


[図4]

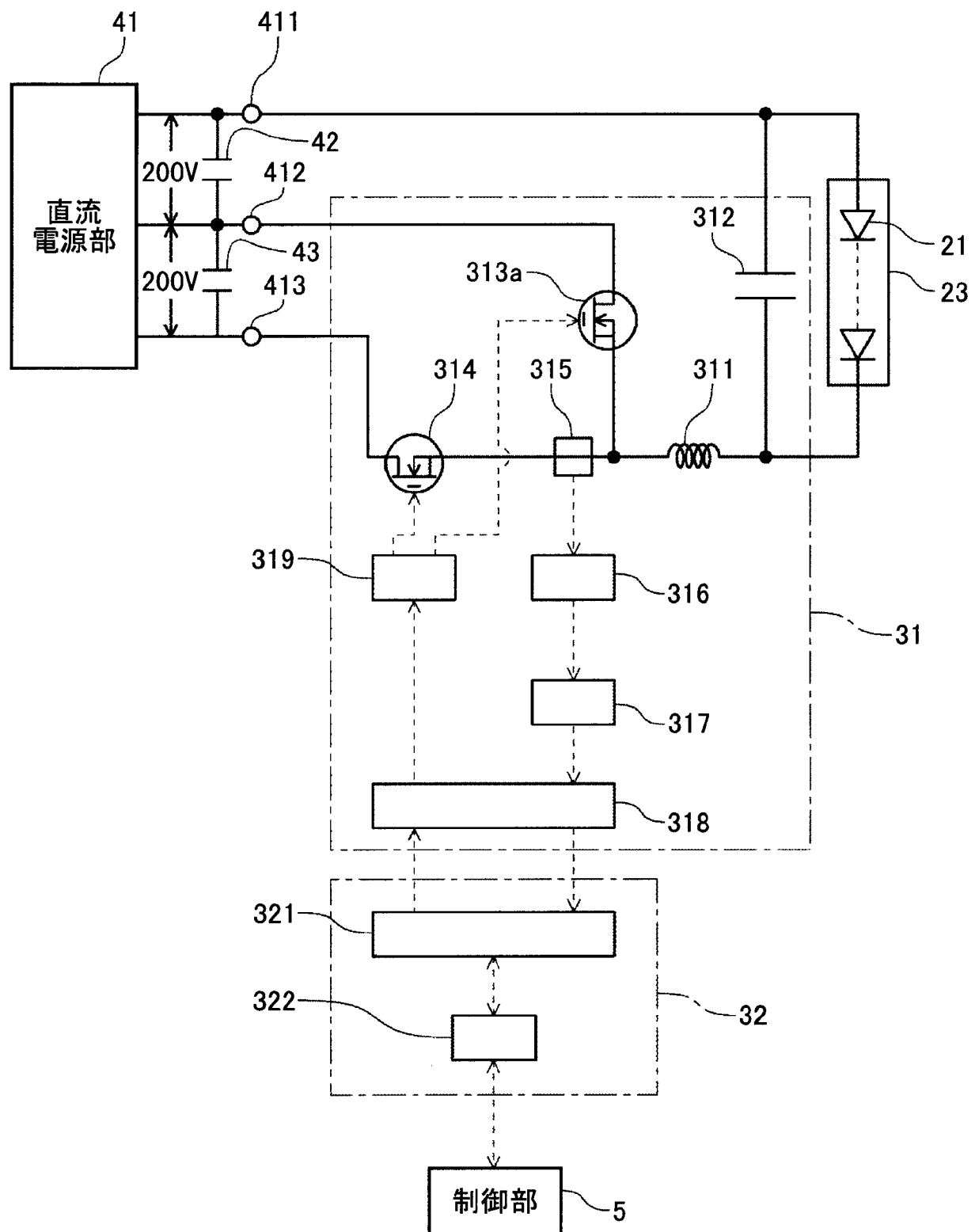


[図5]

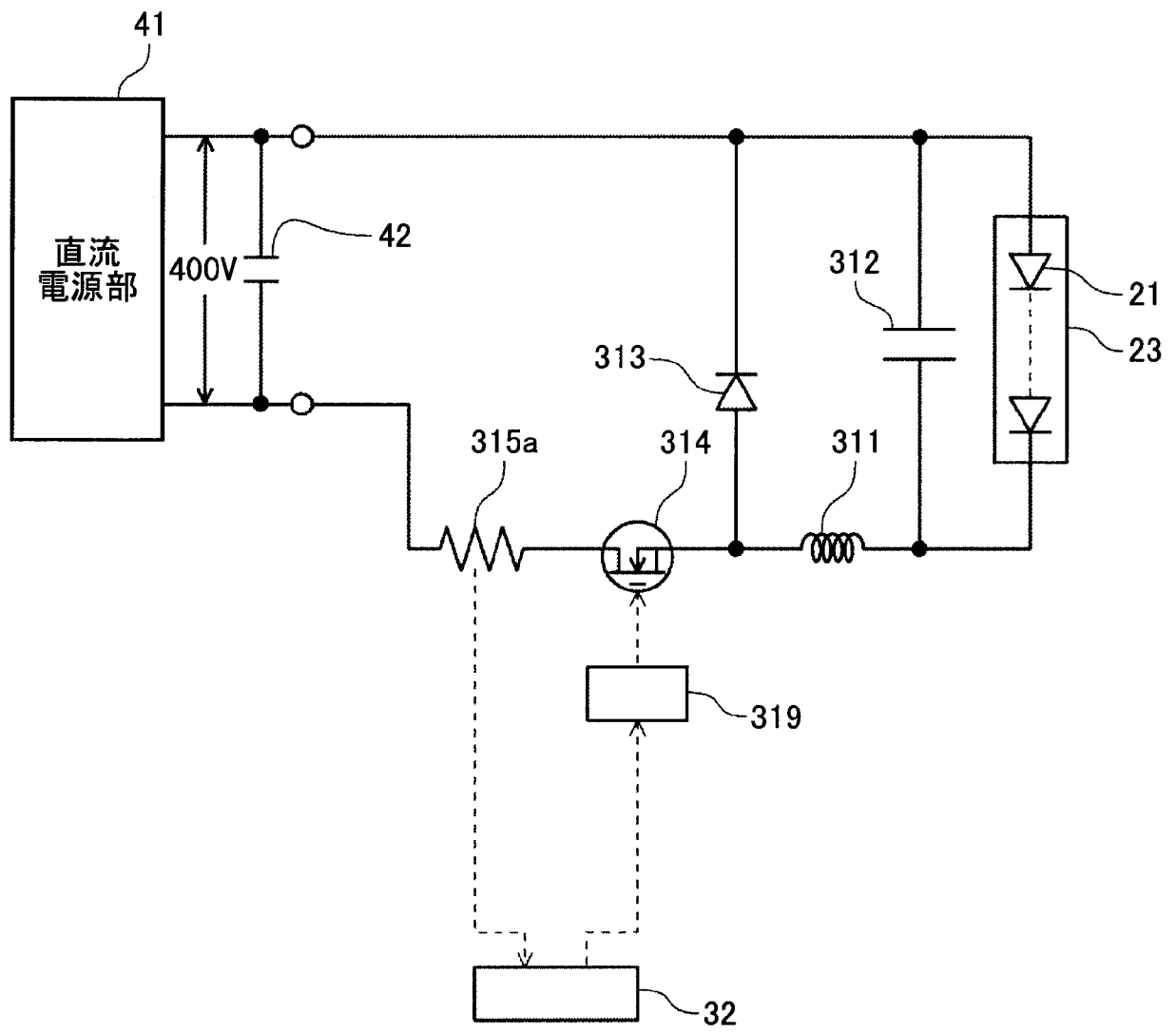




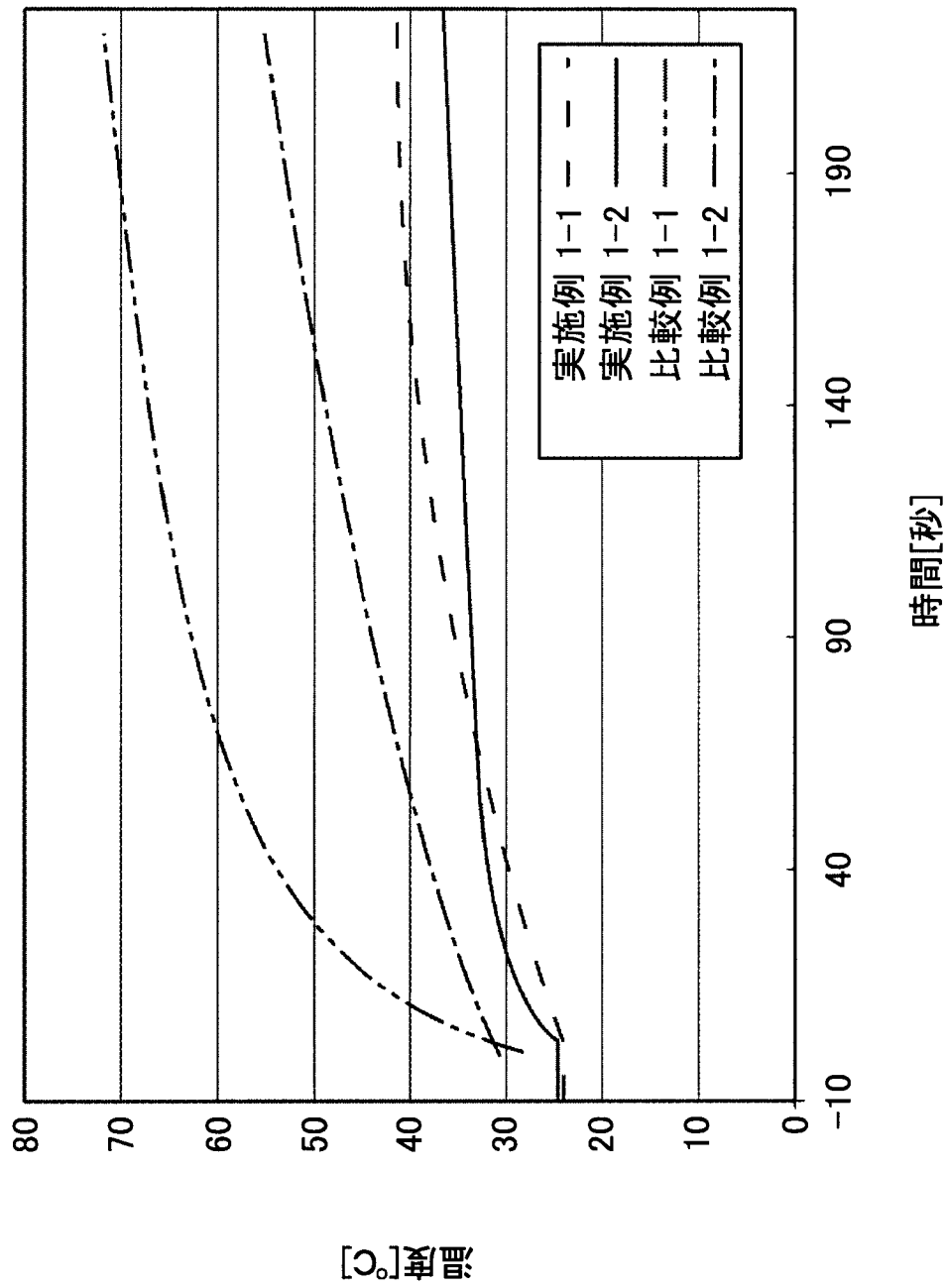
[図7]



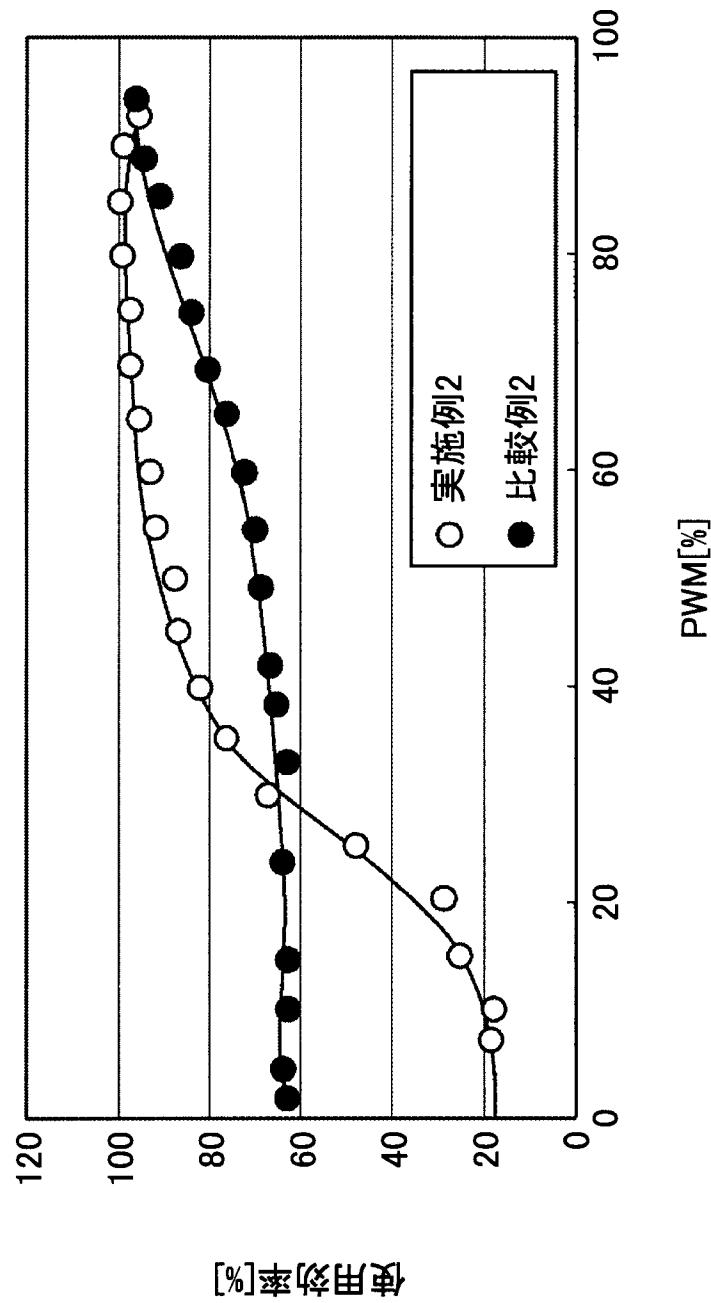
[図8]



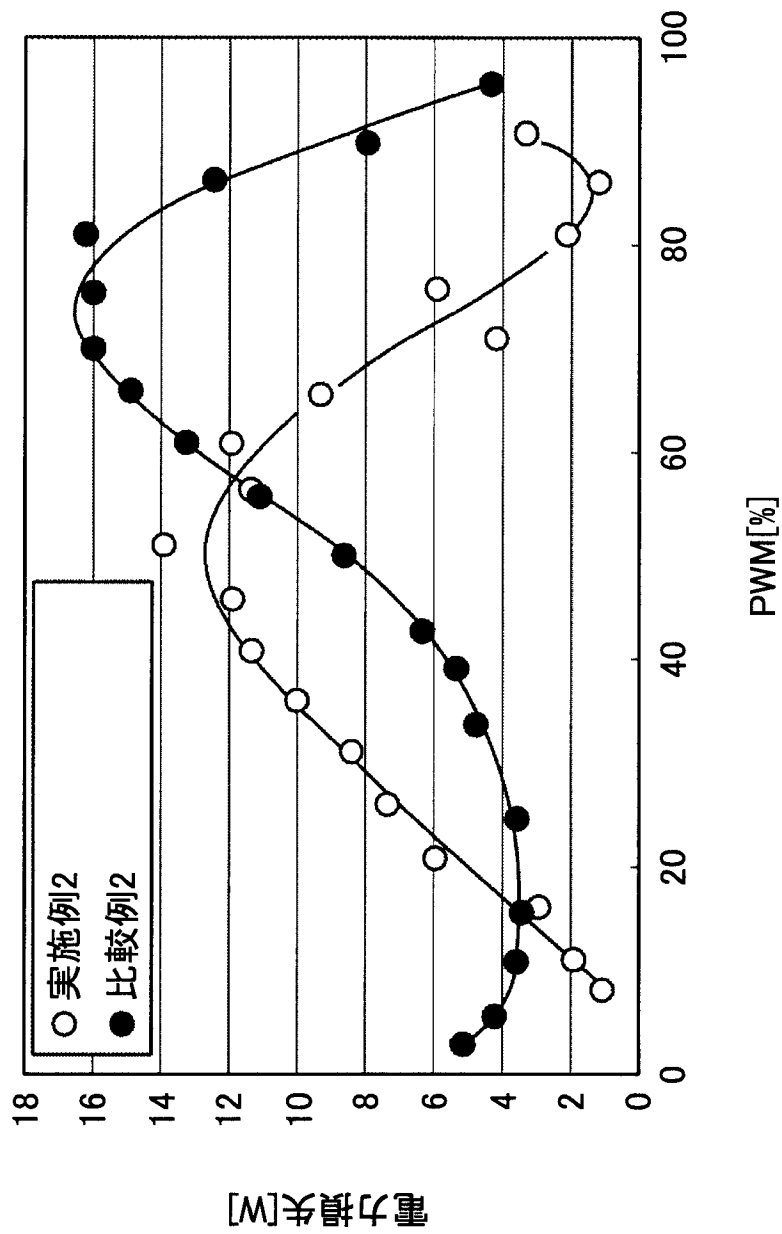
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065388

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/00(2010.01)i, H01L21/26(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)

H01L33/00-33/64, H01S5/00-5/50, H05B37/00-39/10, H01L21/26

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y	JP 2010-205778 A (Toshiba Lighting & Technology Corp.), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraphs [0018] to [0023]; fig. 3 (Family: none)	1-6
Y	JP 2008-192717 A (Seiko Epson Corp.), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraphs [0021] to [0022], [0025] to [0048]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-6
Y	JP 10-190101 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 21 July 1998 (21.07.1998), paragraphs [0015] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	1-6

☒ 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
30 July, 2012 (30.07.12)

Date of mailing of the international search report
07 August, 2012 (07.08.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065388

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-253242 A (Tokyo Electron Ltd.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0015] to [0031]; fig. 1 to 3 & US 2011/0024407 A1 & WO 2009/125727 A1 & CN 101983416 A	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L33/00(2010.01)i, H01L21/26(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 (I P C))

Int.Cl. H01L33/00-33/64, H01S5/00-5/50, H05B37/00-39/10, H01L21/26

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
Y	JP 2010-205778 A (東芝ライテック株式会社) 2010.09.16, 【0018】 - 【0023】、図3 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2008-192717 A (セイコーエプソン株式会社) 2008.08.21, 【0021】 - 【0022】、【0025】 - 【0048】、図1 - 図3 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 10-190101 A (富士ゼロックス) 1998.07.21, 【0015】 - 【0018】、図1 (ファミリーなし)	1-6

☒ 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

3 0 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

芝 沼 隆太

2 K

4 6 3 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

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
Y	JP 2009-253242 A (東京エレクトロン株式会社) 2009.10.29, 【O O 1 5】－【O O 3 1】、図1－図3 & US 2011/0024407 A1 & WO 2009/125727 A1 & CN 101983416 A	6