

(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
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/252783 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/26 (2006.01) *H01L 33/48* (2010.01)
H01L 33/00 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/014663

(22) 国際出願日: 2024年4月11日(11.04.2024)

(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 2023-093745 2023年6月7日(07.06.2023) JP

(71) 出願人: ウシオ電機株式会社 (USHIO DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号 Tokyo (JP).

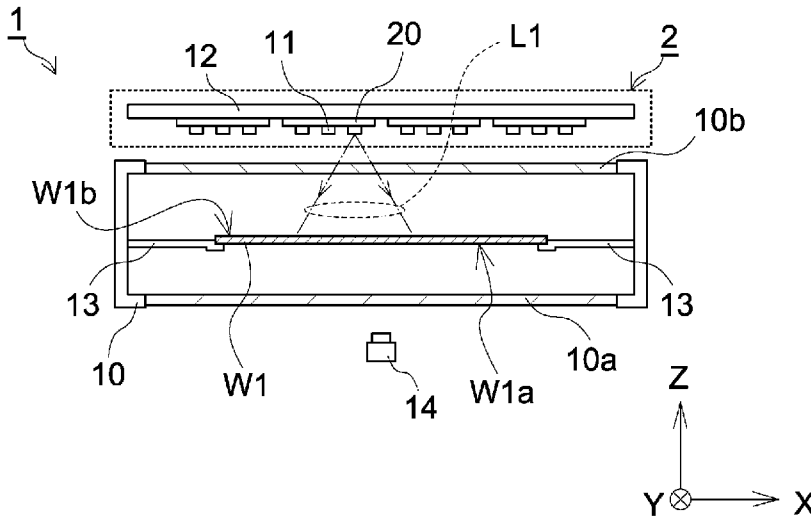
(72) 発明者: 井上 隆博 (INOUE, Takahiro); 〒1008150 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人ユニアス国際特許事務所 (UNIUS PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目13-9 新大阪MTビル1号館2階 Osaka (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: OPTICAL HEATING METHOD, OPTICAL HEATING DEVICE FOR SiC SEMICONDUCTOR, AND LED LIGHT-SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 光加熱方法、SiC半導体用の光加熱装置、LED光源装置



(57) Abstract: Provided is an optical heating method by which it is possible to efficiently heat a processing body containing an SiC semiconductor. The present invention includes a step (a) in which a processing body containing an SiC semiconductor is irradiated, via a window member, with heating light that is emitted from an LED light source and that has a peak wavelength in the range of 370-460 nm, and as a result thereof, the processing body is heated.

(57) 要約: SiC半導体を含む被処理体を効率よく加熱することのできる光加熱方法を提供する。SiC半導体を含む被処理体に対し、LED光源から出射されたピーク波長が370nm~460nmの範囲内の加熱光を、窓部材を介して照射して前記被処理体を加熱する工程(a)を有する。

[続葉有]

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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：

光加熱方法、S i C半導体用の光加熱装置、L E D光源装置

技術分野

[0001] 本発明は、光加熱方法に関し、特にS i C半導体を含む被処理体に対する光加熱方法に関する。また、本発明は、S i C半導体用の光加熱装置及び当該光加熱装置に用いられるL E D光源装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体の製造プロセスでは、半導体ウェハを初めとする被処理体に対して、成膜処理、酸化拡散処理、改質処理、又はアニール処理等の種々の熱処理が行われる。これらの熱処理の実行の際には、光が用いられることが多い。このように、光を用いて被処理体を加熱することを「光加熱」と称する。また、加熱に用いられる光を「加熱光」と称する。

[0003] 光加熱を利用した半導体加熱装置としては、例えば下記特許文献1の技術が知られている。特許文献1の装置では、810nm～980nmの波長の加熱光を発するL E Dランプが光源として利用されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-009927号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：「フォトレジスト材料における高分子材料技術」 征矢野 晃雅 日本ゴム協会誌 第85巻 第2号（2012） p. 33～p. 39

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 近年、従来のデバイスよりも高電圧、大電流に対応した、パワー半導体デバイスの開発が進められている。このため、従来のデバイスではS iが一般

的に利用されていたが、最近のデバイスでは、小型で高耐圧特性を示すデバイスを実現するために、S i Cの利用が検討されている。

[0007] S i Cは、従来のS iに比べてバンドギャップが大きく、高い絶縁破壊電界強度などを有し、低損失化、小型化、軽量化といった環境負荷軽減への期待がある。ところが、S i Cは、半導体の製造プロセスにおいて加熱用の光源として用いられるハロゲンランプや、上記特許文献1に記載されているようなLEDランプから発せられる光のほとんどを透過してしまい、効率よく加熱できないという課題があった。なお、上記特許文献1において、S i Cウェハを加熱対象物とした場合の検討は特段なされていない。このため、上記特許文献1には、S i Cウェハを加熱処理するために好適な光の波長範囲が存在すること等は、全く言及されていない。

[0008] 本発明は、上記の課題に鑑み、S i C半導体を含む被処理体を効率よく加熱することのできる光加熱方法を提供することを目的とする。また、本発明は、S i C半導体を含む被処理体の加熱に適した光加熱装置及び当該光加熱装置に用いられるLED光源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

[0009] 本発明に係る光加熱方法は、

S i C半導体を含む被処理体に対し、LED光源から出射されたピーク波長が370nm～460nmの範囲内の加熱光を、窓部材を介して照射して前記被処理体を加熱する工程(a)を有することを特徴とする。

[0010] 上記光加熱方法において、

前記加熱光は、ピーク波長が370nm～420nmの範囲内であることが好ましい。

[0011] 本発明者は、S i Cを含む被処理体の加熱方法について鋭意検討していたところ、以下のことを見出した。S i Cには結晶構造の違いで4H-S i C (バンドギャップ3.3eV)、6H-S i C (バンドギャップ3eV)、3C-S i C (バンドギャップ2.2eV)などがある。バンドギャップが3eVの6H-S i Cの場合、波長420nm付近より長波長域において

、徐々に光に対する透過率が高くなり、波長500nm以上より長波長域の光はほとんど透過してしまう。波長1μm付近にピークを有するブロードなハロゲンランプ光では広い波長域においてSiCを透過してしまう。

[0012] 図1は、SiCにおける波長と吸収率の関係を示すグラフである。図1に示すグラフは、SiCの反射率特性データ、及び透過率特性データに基づいて算出したグラフである。図1によれば、波長が370nm～460nmの範囲内において吸収率が40%以上を示すことが分かる。つまり、被処理体が、SiCを含む場合においても、LED光源からピーク波長が370nm～460nmの範囲内である加熱光を照射して加熱することで、高い加熱効率が実現される。

[0013] また、波長が370nm～420nmの範囲内において吸収率が50%以上を示すことが分かる。つまり、被処理体が、SiCを含む場合においても、LED光源からピーク波長が370nm～420nmの範囲内である加熱光を照射して加熱することで、より高い加熱効率が実現される。なお、360nm以上370nm未満の波長域に関しては、特に、GaN系エピ(AIGaN)のLED素子において認識されているような、発光効率がバラつきやすいという課題が存在する。このため、より高い加熱効率をより確実に実現する観点から、加熱光として波長が370nm以上の光を利用することが好ましい。

[0014] 窓部材は、上述したような加熱光に対する透過率が高い材料で構成される。この透過率は、50%以上であるのが好ましく、70%以上であるのがより好ましく、80%以上であるのが特に好ましい。窓部材の材料としては合成石英、熔融石英、サファイア、フッ化マグネシウム(MgF₂)、フッ化カルシウム(CaF₂)、又はフッ化バリウム(BaF₂)が好適に採用される。このような材料で窓部材を構成することにより、窓部材において加熱光が大幅に吸収されることがなく、LED光源からの加熱光を効率的に被処理体の加熱に利用できる。

[0015] 図2は、上記非特許文献1において示されている、半導体用フォトレジス

トに用いられる樹脂の光に対する吸光度特性の傾向を示すグラフである。半導体用フォトレジスト用いられる樹脂としては、ノボラック樹脂（Novolac Resin）、メタクリル樹脂（Methacryl Resin）、PHS樹脂（PHS Resin）等が用いられる。これらの樹脂は、図2に示すように、波長が300nm以下の光に対して相対的に高い吸光度を示す特徴があり、特に、ノボラック樹脂、PHS樹脂は、波長が300nm以下の光に対して急に高い吸光度を示すようになる。

[0016] 半導体用フォトレジストは、例えば、被処理体がSiC基板であった場合に、SiC基板に対してイオン注入を行う際のフォトレジストマスクとして用いられる。このため、半導体用フォトレジストに用いられる樹脂としては、光透過性、耐薬品性、現像液への溶解性等が重要な指標となるが、光透過性に関しては、光源から発せられる光のスペクトルに応じて調整される。

[0017] しかしながら、上述したように、半導体用フォトレジストに用いられる樹脂の多くは、波長が300nm以下の光に対して高い吸光度を示す。このような事情から、光源としては、LED素子から出射される光であってもある程度の帯域幅を有することと、樹脂による吸収をより低減する観点から、発する加熱光のピーク波長が少なくとも370nm以上であることが好ましい。

[0018] 上記光加熱方法では、ピーク波長が370nm～460nmの範囲内である、従来よりもかなり短い波長域の加熱光が利用される。この波長域の加熱光が利用されることで、被処理体がSiC半導体を含む場合であっても、加熱作用を奏することのできる程度に被処理体において加熱光が吸収され得る。これにより、被処理体を非接触で加熱できる。

[0019] また、上記光加熱方法では、ピーク波長が370nm～460nmの範囲内である加熱光が利用されるため、より短い波長帯にピーク波長を示す加熱光を用いる場合と比較して、半導体用フォトレジストによる吸収の影響が低減される。

[0020] 上記光加熱方法は、

前記工程（a）の実行中に、 $0.6\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の範囲内に属する所定の波長域を感度波長域とする放射温度計が、前記被処理体から放射される光を受光することで、前記被処理体の温度を計測する工程（b）を有していても構わない。

[0021] LED素子に代表される半導体発光素子からは、ピーク波長を含み発光強度が相対的に高い波長域（主発光波長域）の光に加えて、主発光波長域よりも長波長側において、発光強度が相対的に低い波長域の光が発せられることが知られている。この長波長側の光は、発光強度自体は主発光波長域の強度と比較して非常に低いながらも、ガウシアン分布で近似した場合における裾の強度よりは少し高い強度を示す。この長波長側の光は、半導体発光素子の製造時に不可避免的に発生した活性層中の欠陥又は不純物準位由来の光であり、「ディープ光」と称される。

[0022] 例えば、加熱用光源としてピーク波長が $400\text{nm}\sim 1000\text{nm}$ の範囲内に位置する光源を用いた場合、この光源から出射されるディープ光のうちの強度が比較的高い波長域が、放射温度計の感度波長域に重なりを有してしまう。この結果、加熱用光源からの光の一部が放射温度計に受光されることで、被処理体の温度を誤検知するおそれがある。

[0023] 感度波長域が $0.6\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ であるような放射温度計によれば、被処理体の温度を $200^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ といった比較的低温の範囲から測定することができるため、より精密な温度調整が可能となる。被処理体に対する加熱が開始されてからの初期段階から、精度良く温度を検出する観点からは、放射温度計の感度波長域は、 $0.7\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ とするのがより好ましく、 $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ とするのが特に好ましい。

[0024] なお、放射温度計の感度波長域の上限は、被処理体に含まれるSiCの融点に応じて適宜設定されてもよい。ただし、このことは、前記融点より高い温度範囲が計測可能な放射温度計を用いて被処理体の温度を計測することを排除するものではない。

[0025] 本発明の光加熱装置は、

S i C半導体用の光加熱装置であって、
ピーク波長が370nm～460nmの範囲内の加熱光を発するLED光源と、

前記LED光源から出射された前記加熱光を通過させてS i C半導体を含む被処理体に導く窓部材とを備えたことを特徴とする。

[0026] 上記光加熱装置によれば、パワー半導体デバイスに利用されるS i C半導体の処理の際に、非接触でありながらも効率的に加熱を行うことができる。

[0027] 前記光加熱装置は、
前記被処理体を収容するチャンバと、
前記チャンバ内で前記被処理体を支持する支持部材とを備えるものとしても構わない。

[0028] 上記光加熱装置において、
前記LED光源は、複数のLED素子が搭載されたLED基板を複数枚備え、
複数の前記LED基板は、前記LED基板の面に対する法線方向に見たときに、線対称、点対称又は回転対称に配置されていても構わない。

[0029] 上記構成によれば、被処理体に対する光強度分布が均質化されるため、被処理体に対する均質な加熱が可能となる。

[0030] また、本発明に係るLED光源装置は、上記S i C半導体用の光加熱装置に用いられるLED光源を含むことを特徴とする

発明の効果

[0031] 本発明によれば、S i C半導体を含む被処理体を効率よく加熱することのできる光加熱方法が提供される。また、本発明によれば、S i C半導体を含む被処理体の加熱に適した光加熱装置が実現される。

図面の簡単な説明

[0032] [図1] S i Cにおける波長と吸収率の関係を示すグラフである。

[図2] 半導体用フォトレジストに用いられる樹脂の光に対する吸光度特性の傾向を示すグラフである。

[図3]光加熱装置の一実施形態の構成を模式的に示す断面図である。

[図4]LED光源から出射されるピーク波長が395nmの加熱光のスペクトルの一例である。

[図5]LED光源を-Z側から見たときの模式的な平面図である。

[図6]LED基板の構成を模式的に示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0033] 本発明に係る光加熱方法は、SiC半導体を含む被処理体に対し、LED光源から出射されたピーク波長が370nm～460nmの範囲内の加熱光を、窓部材を介して照射して前記被処理体を加熱する工程(a)を有する。以下では、この光加熱方法に関し、同方法を実施する一形態である光加熱装置の図面を参照しながら説明する。

[0034] なお、以下の各図面は、いずれも模式的に図示されたものであり、図面上の寸法比や個数は、実際の寸法比や個数と必ずしも一致していない。

[0035] 図3は、光加熱装置1の一実施形態の構成を模式的に示す断面図である。図3に示す光加熱装置1は、SiC半導体を含む被処理体W1が収容されるチャンバ10と、LED光源2と、放射温度計14とを備える。LED光源2は、複数のLED素子11と、LED素子11が載置された支持基板12とを備える。なお、より詳細には、この実施形態におけるLED光源2は、複数のLED素子11が搭載されたLED基板20を複数備えており、これらの複数のLED基板20が、支持基板12上に載置されている。

[0036] 以下の説明においては、図3に示すように、被処理体W1の主面(W1a, W1b)と平行な面をX-Y平面とし、このX-Y平面の法線方向をZ方向とする、X-Y-Z座標系が適宜参照される。図3に示すように、LED光源2と被処理体W1とは、Z方向に対向している。この表記法を用いて記載すると、図3は、光加熱装置1をX-Z平面で切断したときの模式的な断面図に対応する。

[0037] なお、以下では、方向を表現する際に正負の向きを区別する場合には、「+Z方向」、「-Z方向」のように、正負の符号を付して記載され、正負の

向きを区別せずに方向を表現する場合には、単に「Z方向」と記載される。

[0038] LED光源2は、ピーク波長が370nm～460nmの範囲内の加熱光L1を発する。なお、本明細書において、LED光源2が発する加熱光L1のピーク波長とは、発光スペクトル上において最も高い光強度（光出力）を示す波長を指す。

[0039] また、LED光源2は、主たる発光波長が370nm～460nmの範囲内であることがより望ましい。具体的には、加熱光L1のピーク強度に対して50%以上の光強度を示す波長帯域が370nm～460nmの範囲内に収まるLED光源2を採用することが望ましい。さらには、加熱光L1のピーク強度に対して50%以上の光強度を示す波長帯域が370nm～420nmの範囲内に収まる光源を採用することがより望ましい。これにより、LED光源2は、SiC半導体を含む被処理体の加熱処理により適した光源となる。

[0040] また、LED光源2は、放射される加熱光L1の大半の発光波長が370nm～460nmの範囲内であることがより望ましい。具体的には、加熱光L1のピーク強度に対して90%以上を示す波長帯域が370nm～460nmの範囲内に収まるLED光源2を採用することが望ましい。さらには、加熱光L1のピーク強度に対して90%以上の光強度を示す波長帯域が370nm～420nmの範囲内に収まる光源を採用することがより望ましい。これにより、LED光源2は、SiC半導体を含む被処理体の加熱処理により適した光源となる。

[0041] 図4は、LED光源2から出射されるピーク波長が395nmの加熱光L1のスペクトルの一例である。なお、図4において、縦軸は対数表記されている。

[0042] 図4に示すスペクトルによれば、ピーク波長よりも長波長側の550nm～600nm付近において、ピーク波長の光強度に対して0.1%～0.3%程度の光強度が示されている（図4内の領域A1）。これは、光源がLEDである場合に、不可避免的に発生する、不純物準位又は欠陥準位由来の光で

あり、上述した「ディープ光」に対応する。

- [0043] 光加熱装置 1 が備える LED 光源 2 は、上述した特許文献 1 の装置が備える LED ランプと比較して、発光波長域がかなり短い。
- [0044] 図 3 に示すように、チャンバ 10 は、内側に支持部材 13 を備える。支持部材 13 は、被処理体 W1 の主面 W1 a 及び主面 W1 b が X-Y 平面上に配置されるように、被処理体 W1 を支持する。なお、図 3 では、被処理体 W1 の主面 W1 b が、LED 光源 2 に対面するように配置される。すなわち、主面 W1 a 又は主面 W1 b には、回路素子や配線等が形成されており、主面 W1 b は LED 光源 2 から出射される加熱光 L1 が照射される面である。ただし、本発明は、配線等が形成されていないベア状態の基板を被処理体 W1 とする場合、被処理体 W1 の主面 W1 a が、LED 光源 2 に対面するように配置される場合を排除するものではない。
- [0045] 支持部材 13 による被処理体 W1 の支持態様は、その主面 W1 a が X-Y 平面上に配置される限りにおいて任意である。例えば、支持部材 13 がピン状の突起を複数備え、その突起により被処理体 W1 を点で支持するものであっても構わない。
- [0046] 図 3 に示すように、チャンバ 10 は、支持部材 13 で支持された状態の被処理体 W1 の主面 W1 a に対向する、第一窓 10 a と、主面 W1 b に対向する第二窓 10 b とを備える。
- [0047] 第一窓 10 a は、放射温度計 14 が被処理体 W1 の主面 W1 a の温度を計測するために利用される窓である。放射温度計 14 は、測定対象物から放射される光を受光することで、当該測定対象物の表面温度を計測する温度計である。本実施形態において、放射温度計 14 の感度波長域は、 $0.6\ \mu\text{m}$ ～ $5\ \mu\text{m}$ の範囲内に属する所定の波長域である。つまり、第一窓 10 a は、この放射温度計 14 の感度波長域に属する光を透過する部材で構成されている。一例として、第一窓 10 a は、一般的な石英ガラス、又はフッ化カルシウム等で構成される。
- [0048] 光加熱装置 1 が備える放射温度計 14 の感度波長域は、LED 光源 2 から

出射される加熱光L 1の主発光波長域よりも、長波長側に位置する。より好ましくは、放射温度計1 4の感度波長域の下限値は、加熱光L 1に含まれるディープ光の強度の最大値を示す波長よりも長波長側であるのが好ましい。上述したように、ディープ光の強度は、加熱光L 1のピーク強度に対して0.1%~0.3%程度ではあるが、このディープ光の波長が放射温度計1 4の感度波長域に含まれている場合には、被処理体W 1の温度を誤検知する可能性があるためである。

[0049] なお、LED光源2から出射される加熱光L 1のピーク波長が短波長になるほど、ディープ光の最大強度を示す波長も短波長側にシフトする。このため、ディープ光の波長域と放射温度計1 4の感度波長域との重なりを可能な限りなくすためには、LED光源2の発光波長を短波長にするか、放射温度計1 4の感度波長域の下限値を長波長にする方法が挙げられる。ただし、放射温度計1 4の感度波長域を長波長側にシフトさせると、放射温度計1 4に含まれる検出素子の比検出能力が低下するために、高精度な温度計測が困難になる。このため、低温領域の範囲内で高精度に温度を計測しながら被処理体W 1の加熱を行う場合には、LED光源2の発光波長を短波長にするのが好ましい。

[0050] 第二窓1 0 bは、LED光源2から出射された加熱光L 1を、被処理体W 1の主面W 1 bに導くための窓部材である。上述したように、加熱光L 1のピーク波長は、370nm~460nmの範囲内である。第二窓1 0 bは、この加熱光L 1に対する透過率が50%以上である材料で構成される。一例として、第二窓1 0 bは合成石英で構成される。ただし、第二窓1 0 bの材料は、加熱光L 1のピーク波長に応じて適宜選択されてもよい。

[0051] 図5は、LED光源2を一Z側から見たときの模式的な平面図である。図5に示すように、LED光源2は、支持基板1 2の主面上に、複数のLED素子1 1を含む複数の光源領域1 2 aが配列されて構成されている。より詳細には、光源領域1 2 aはLED基板2 0上に形成されている。そして、複数のLED基板2 0が支持基板1 2の主面上に載置されている。

[0052] 図5に示すLED光源2では、光源領域12aを形成するLED基板20が、複数枚、規則的に配列されている。本発明において、LED基板20の配列パターンは限定されないが、Z方向に見たときに、各LED基板20が対称性を有して配列されるのが好ましい。典型的には、Z方向に見たときに、各LED基板20は線対称、点対称、又は回転対称に配列されるのが好ましい。これにより、被処理体W1の主面W1bに対して加熱光L1が均質に照射される。

[0053] 図6は、LED基板20の構成を模式的に示す平面図である。図6に示すように、LED基板20は、複数のLED素子11と、アノード電極30a及びカソード電極30bとを備える。複数のLED素子11は、アノード電極30a及びカソード電極30bに対して電氣的に接続されている。なお、図6に示す例では、LED基板20上にはツェナーダイオード30cが搭載されている。このツェナーダイオード30cは、アノード電極30aとカソード電極30bとの間において、複数のLED素子11と並列に接続されている。ツェナーダイオード30cは、静電気やサージ電流によってLED素子11が劣化することを防ぐために配置されている。

[0054] 図6に示す例では、LED基板20に搭載された複数のLED素子11は、直並列に接続されている。すなわち、複数のLED素子11の一部は、相互に直列に接続されることでLED素子群11sを構成し、このLED素子群11s同士が並列に接続されている。

[0055] 複数のLED素子11は、いずれもピーク波長が370nm～460nmの範囲内の加熱光L1を発する素子である。これらの複数のLED素子11から発せられる加熱光L1のピーク波長は、実質的に同一であるのが好ましい。ここでいう「実質的に同一」とは、製造過程における素子ばらつきに起因した波長のズレを許容する趣旨である。典型的には、波長のズレが±5nm以内であるものとしても構わない。

[0056] 光加熱装置1によれば、LED光源2から出射される加熱光L1のピーク波長が370nm～460nmの範囲内であるため、被処理体W1がSiC

半導体を含む場合であっても、この加熱光L1が被処理体W1において吸収される。これにより、被処理体W1に対して非接触による加熱を行うことができる。

[0057] 更に、この光照射工程の実行時に、放射温度計14によって被処理体W1から放射される光を受光することで、被処理体W1の温度を検知できる。上述したように、放射温度計14の感度波長域を、加熱光L1に含まれるディープ光の最大強度を示す波長よりも長波長側とすることで、ディープ光由来の光を受光することによる被処理体W1の温度の誤検知を防止できる。すなわち、放射温度計14による検知結果を、LED光源2の光出力を制御する制御器（不図示）に対してフィードバックすることで、SiCを含む被処理体W1に対して、高精度な加熱が可能となる。なお、加熱光L1のピーク波長を含む主発光波長域は、明らかに放射温度計14の感度波長域から外れている。

[0058] なお、加熱光L1のピーク波長は、370nm～420nmの範囲内とするのがより好適である。この場合、LED光源2を大気中に設置した場合であっても、オゾン生成量を抑制する効果が得られる。

[0059] [別実施形態]

以下において、別実施形態について説明する。

[0060] 〈1〉図5では、光源領域12aが正形状である場合が例示されているが、この形状はあくまで一例である。同様に、図6では、LED基板20が長形状である場合が例示されているが、この形状はあくまで一例である。

[0061] 図5では、支持基板12上に、複数のLED基板20が千鳥格子状に配列されているが、複数のLED基板20の配列パターンは任意である。他の例として、複数のLED基板20が、支持基板12の中心12cの周囲に環状に配列されても構わない。

[0062] 図6では、LED基板20に搭載されている複数のLED素子群11sは、全て同じ数のLED素子11で構成されているが、アノード電極30aやカソード電極30bからそれぞれの距離に応じて生じる電圧降下の差等を考

慮して、LED素子群11sに含まれるLED素子11の数を異ならせても構わない。

[0063] 〈2〉図3に示す光加熱装置1では、放射温度計14によって温度計測をするための第一窓10aが、被処理体W1に対して加熱光L1が照射される主面W1bとは反対側の主面W1aに対向する位置に設けられていた。しかし、本発明において、第一窓10aの位置は任意である。例えば、第一窓10aはチャンバ10の側壁に設けられていても構わないし、主面W1b側に設けられていても構わない。

[0064] 後者の場合、上述したように、放射温度計14による感度波長域は、加熱光L1の主発光波長域からは大きく外れていると共に、ディープ光が最大強度を示す波長域とも重なりが生じないように調整される。これにより、被処理体W1の主面W1bで、仮に加熱光L1が反射された場合であっても、この反射光の波長域が放射温度計14による感度波長域から外れているため、反射光を放射温度計14が受光しても、被処理体W1の温度を誤認識するリスクが小さい。

符号の説明

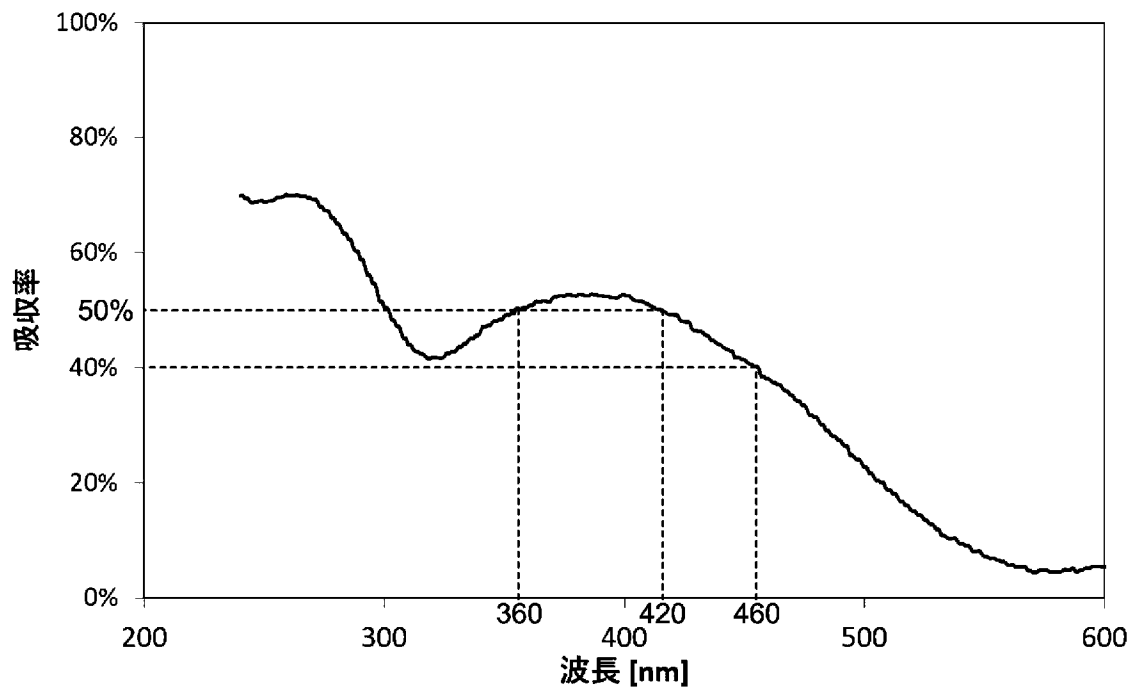
[0065] 1 : 光加熱装置
2 : LED光源
10 : チャンバ
10a : 第一窓
10b : 第二窓
11 : LED素子
11s : LED素子群
12 : 支持基板
12a : 光源領域
12c : 支持基板の中心
13 : 支持部材
14 : 放射温度計

- 2 0 : L E D 基板
- 3 0 a : アノード電極
- 3 0 b : カソード電極
- 3 0 c : ツェナーダイオード
- L 1 : 加熱光
- W 1 : 被処理体
- W 1 a , W 1 b : 被処理体の主面

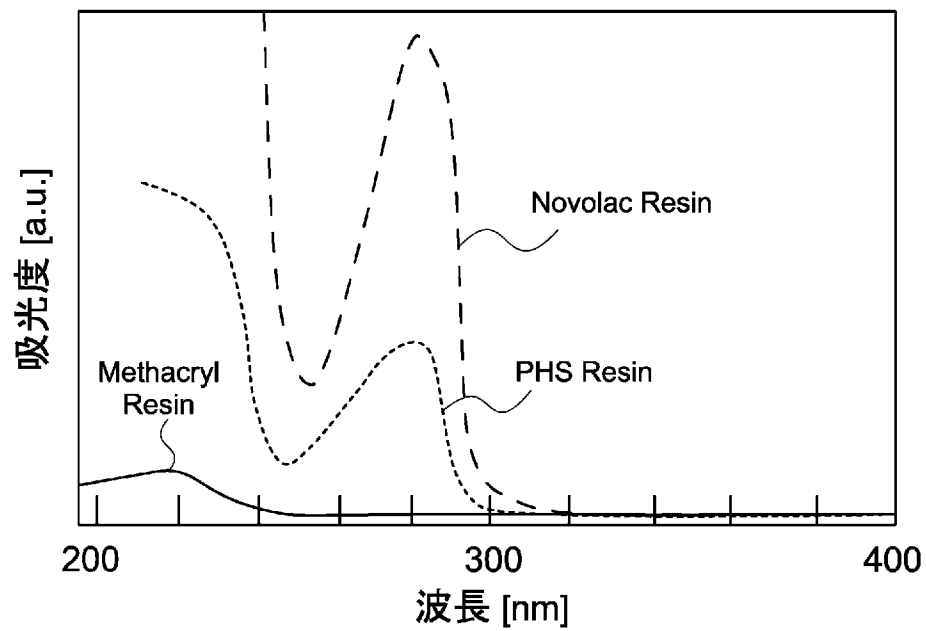
請求の範囲

- [請求項1] S i C半導体を含む被処理体に対し、L E D光源から出射されたピーク波長が3 7 0 n m～4 6 0 n mの範囲内の加熱光を、窓部材を介して照射して前記被処理体を加熱する工程（a）を有することを特徴とする、光加熱方法。
- [請求項2] 前記加熱光は、ピーク波長が3 7 0 n m～4 2 0 n mの範囲内であることを特徴とする、請求項1に記載の光加熱方法。
- [請求項3] 前記工程（a）の実行中に、0. 6 μ m～5 μ mの範囲内に属する所定の波長域を感度波長域とする放射温度計が、前記被処理体から放射される光を受光することで、前記被処理体の温度を計測する工程（b）を有することを特徴とする、請求項1又は2に記載の光加熱方法。
- [請求項4] S i C半導体用の光加熱装置であって、
ピーク波長が3 7 0 n m～4 6 0 n mの範囲内の加熱光を発するL E D光源と、
前記L E D光源から出射された前記加熱光を通過させて、S i C半導体を含む被処理体に導く窓部材とを備えたことを特徴とする、S i C半導体用の光加熱装置。
- [請求項5] 前記被処理体を収容するチャンバと、
前記チャンバ内で前記被処理体を支持する支持部材とを備えたことを特徴とする、請求項4に記載のS i C半導体用の光加熱装置。
- [請求項6] 前記L E D光源は、複数のL E D素子が搭載されたL E D基板を複数枚備え、
複数の前記L E D基板は、前記L E D基板の面に対する法線方向に見たときに、線対称、点対称又は回転対称に配置されていることを特徴とする、請求項4に記載のS i C半導体用の光加熱装置。
- [請求項7] 請求項4～6のいずれか1項に記載のS i C半導体用の光加熱装置に用いられるL E D光源を含む光源装置。

[図1]

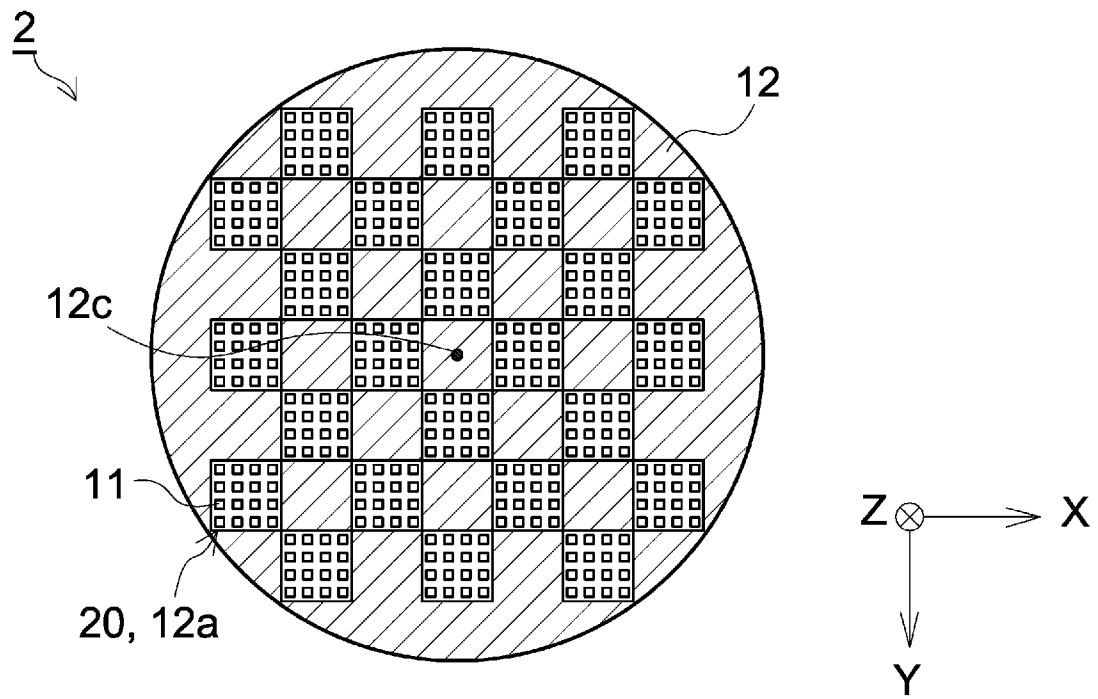


[図2]

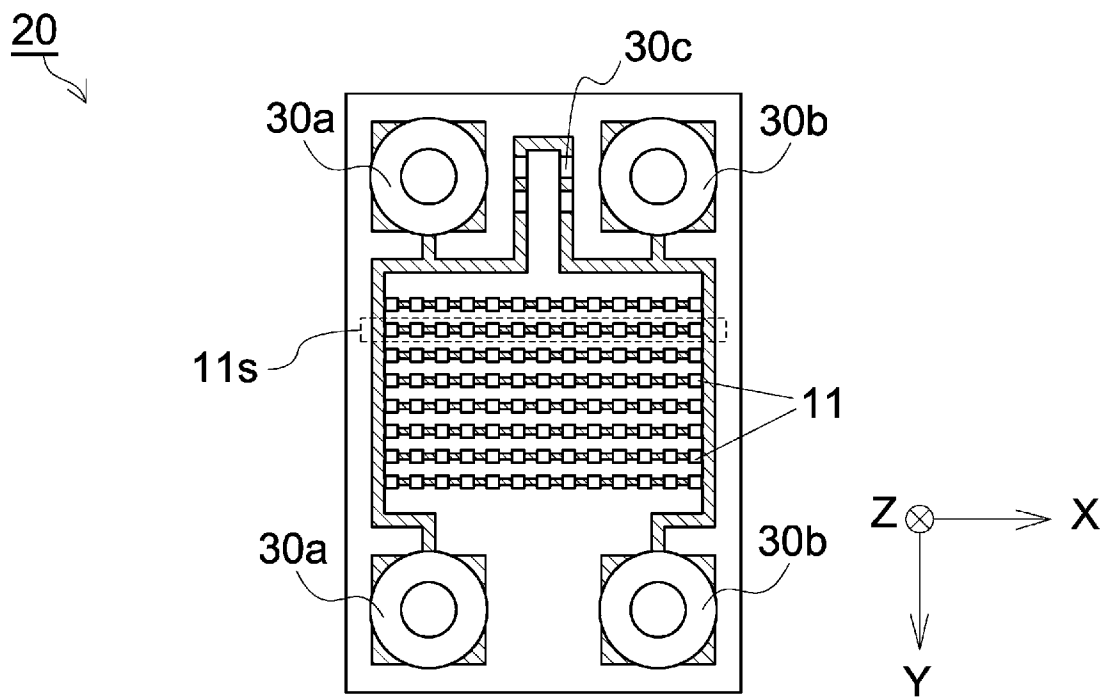


[illegible]

[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/014663

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 21/26 (2006.01)i; H01L 33/00 (2010.01)i; H01L 33/48 (2010.01)i FI: H01L21/26 J; H01L33/48; H01L21/26 T; H01L33/00 L 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; H01L33/00; H01L33/48 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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.
X	JP 2022-187280 A (USHIO ELECTRIC INC.) 19 December 2022 (2022-12-19) paragraphs [0037]-[0051], fig. 1, 3, 4	1, 2, 4-7
Y		3
Y	JP 2007-141896 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 07 June 2007 (2007-06-07) paragraphs [0017], [0045]	3
Y	JP 2022-076258 A (USHIO ELECTRIC INC.) 19 May 2022 (2022-05-19) paragraphs [0044], [0053], [0059]	3
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 11 June 2024		Date of mailing of the international search report 25 June 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/014663

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2022-187280	A	19 December 2022	US 2022/0392787 A1 paragraphs [0055]-[0069], fig. 1, 3, 4	
JP	2007-141896	A	07 June 2007	US 2008/0226272 A1 paragraphs [0030], [0092] WO 2007/058068 A1 CN 101091236 A KR 10-2008-0058488 A	
JP	2022-076258	A	19 May 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 21/26(2006.01)i; H01L 33/00(2010.01)i; H01L 33/48(2010.01)i
FI: H01L21/26 J; H01L33/48; H01L21/26 T; H01L33/00 L

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））

H01L21/26; H01L33/00; H01L33/48

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報1994 - 2024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
X	JP 2022-187280 A（ウシオ電機株式会社）19.12.2022（2022 - 12 - 19） 段落[0037]-[0051], 図1, 3, 4	1, 2, 4-7
Y		3
Y	JP 2007-141896 A（東京エレクトロン株式会社）07.06.2007（2007 - 06 - 07） 段落[0017], [0045]	3
Y	JP 2022-076258 A（ウシオ電機株式会社）19.05.2022（2022 - 05 - 19） 段落[0044], [0053], [0059]	3

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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
11.06.2024

国際調査報告の発送日
25.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

平野 崇 5F 3657

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/014663

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2022-187280	A	19.12.2022	US 2022/0392787 A1 段落[0055]-[0069], 図1, 3, 4	
JP	2007-141896	A	07.06.2007	US 2008/0226272 A1 段落[0030], [0092] WO 2007/058068 A1 CN 101091236 A KR 10-2008-0058488 A	
JP	2022-076258	A	19.05.2022	(ファミリーなし)	