(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 2 月 10 日(10.02.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/016223 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/324 (2006.01) *H01L 21/265* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/004888

(22) 国際出願日: 2010 年 8 月 3 日(03.08.2010)

(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 2009-181947 2009 年 8 月 4 日(04.08.2009) 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２－５－１ Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 土井浩志 (DOI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 柴垣真果 (SHIBAGAKI, Masami) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 流石勇一 (SASUGA, Yuichi) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 大塚康徳 (OHTSUKA, Yasunori); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町３番６号 紀尾井町パークビル７Ｆ 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.

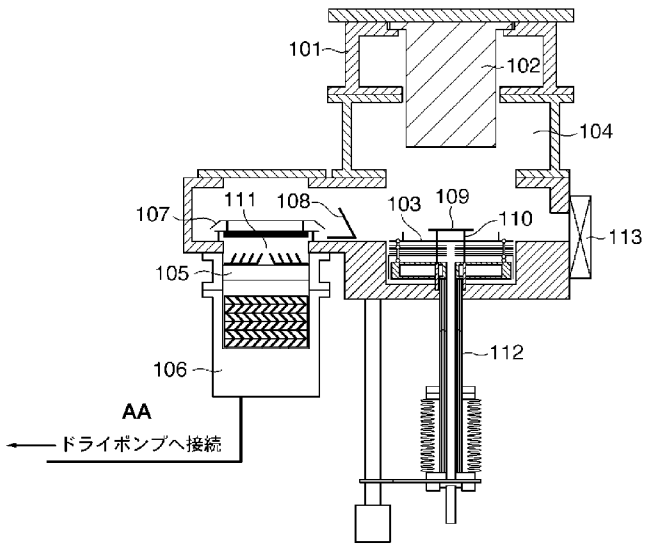
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) **Title**: HEAT TREATMENT APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称 : 加熱処理装置および半導体デバイスの製造方法

[図1]



AA - CONNECTED TO DRY PUMP

(57) **Abstract**: Disclosed is a heat treatment apparatus which has: a vacuum container; a substrate stage which holds a substrate placed thereon; a heating section which heats the substrate; and an air-releasing section which releases air from the inside of the vacuum container. The heat treatment apparatus is provided with a first reflector, which is provided so as to cover the upper portion of the air-releasing port by being spaced apart from the air-releasing port of the air-releasing section, and a second reflector, which is provided at a position surrounding the air-releasing port. At least one of the reflector members that configure the second reflector is provided to face the direction toward the air-releasing port from the heating section.

(57) 要約: 真空容器と、載置された基板を保持する基板ステージと、基板を加熱するための加熱部と、真空容器の内部を真空にするための排気部と、を有する加熱処理装置は、排気部の排気口と離間した状態で、排気口の上方を覆うように設けられた第１のリフレクタと、排気口の周囲を囲む位置に設けられた第２のリフレクタと、を備える。第２のリフレクタを構成するリフレクタ部材の少なくともひとつは、加熱部から排気口へ向かう方向に面して設けられている。

WO 2011/016223 A1

(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (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 ： 加熱処理装置および半導体デバイスの製造方法

技術分野

[0001] この発明は、加熱処理装置および半導体デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体製造技術では、半導体基板を急速に加熱・冷却する工程がしばしば必要になる。特に、炭化ケイ素（ＳｉＣ）に代表されるワイドバンドギャップ半導体の活性化アニールには、２０００℃程度の高温が必要とされている。

[0003] 高温加熱装置としては、真空容器の上部に加熱手段を有し、下部の上下する基板ホルダに基板を載置して加熱手段からの輻射熱により加熱処理を行うことを特徴とした加熱処理装置が提案されている（特許文献１）。

[0004] 特許文献１に開示された加熱処理装置では、基板を加熱する際には基板ホルダが上昇し、加熱手段と基板との距離を短くし、加熱処理後は、基板ホルダが下降し、処理済みの基板が加熱手段から離れることで、基板は冷却される。さらに、特許文献１の加熱処理装置では、真空容器の内部を真空雰囲気に排気するために、真空ポンプに接続される排気口を備えている。

[0005] 一方、特許文献２には、排気コンダクタンスを悪化させることなく、排気手段を設けた加熱処理装置が開示されている。特許文献２の加熱処理装置は、一端にロータリーポンプが接続され、他端にクライオポンプが接続されている。クライオポンプおよびロータリーポンプは、各々、加熱処理室とバルブとを介して設けられている。バルブと加熱処理室との間には水冷バッフルが設けられており、クライオポンプとバルブとの間には、クライオバッフルと熱遮蔽板が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：ＷＯ２００９―３１４５０号パンフレット

特許文献2：特開昭６２－１３９９８７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献１のように加熱室が高温になる加熱処理装置においては、熱により真空ポンプが破損されることがないように、加熱室の温度が下がってから、排気を行う必要があった。一方、生産性の向上のためには、一枚の基板処理が終了してから、なるべく早く次の基板を投入することが求められている。そこで、特許文献１の加熱処理装置に特許文献２に開示された手段を適用しても排気口への熱を充分に遮断することができなかった。

課題を解決するための手段

[0008] そこで、本発明では、排気コンダクタンスを損なうことなく、真空ポンプに対して熱的な損傷を与えることのない加熱処理装置を提供することを目的とする。

[0009] 上記の目的を達成する本発明の一つの側面にかかる加熱処理装置は、真空容器と、載置された基板を保持する基板ステージと、前記基板を加熱するための加熱手段と、前記真空容器の内部を真空にするための排気手段と、を有する加熱処理装置であって、

前記排気手段の排気口と離間した状態で、当該排気口の上方を覆うように設けられた第１のリフレクタと、

前記排気口の周囲を囲む位置に設けられた第２のリフレクタと、を備え、

前記第２のリフレクタを構成するリフレクタ部材の少なくとも１つは、前記加熱手段から前記排気口へ向かう方向に面して設けられていることを特徴とする。

[0010] あるいは、本発明の他の側面にかかる半導体デバイスの製造方法は、上記の加熱処理装置を用いて基板の熱処理を行う工程を有することを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、真空ポンプに対して熱的な損傷を与えることのない加熱処理装置を提供することが可能になる。

[0012] あるいは、本発明によれば、加熱処理後の基板の温度が充分に下がらないうちに、基板ホルダを下降させ、排気をした後に新たな基板を搬入することができるので半導体デバイスを製造するために十分な生産性を達成することが可能になる。

[0013] 特に、基板の高温での処理が可能となるので、十分な生産性を維持しつつ炭化珪素（ＳｉＣ）に注入した不純物の高品質な活性化を達成することが可能となる。

[0014] 本発明のその他の特徴及び利点は、添付図面を参照とした以下の説明により明らかになるであろう。なお、添付図面においては、同じ若しくは同様の構成には、同じ参照番号を付す。

図面の簡単な説明

[0015] 添付図面は明細書に含まれ、その一部を構成し、本発明の実施の形態を示し、その記述と共に本発明の原理を説明するために用いられる。

[図1]本発明の第１実施形態にかかる加熱処理装置の構成を例示的に示す図。

[図2A]排気口の周辺に設置されたリフレクタの設置構造を示す模式図。

[図2B]排気口の周辺に設置されたリフレクタの設置構造を示す模式図。

[図2C]排気口の周辺に設置されたリフレクタの設置構造を示す模式図。

[図3]水冷機構付きバッフルを真空容器に取り付けた状態を示す模式図。

[図4A]水冷構造付きバッフルの詳細な構造を示す図。

[図4B]水冷構造付きバッフルの詳細な構造を示す図。

[図5A]リフレクタの設置構造の第１の変形例を示す図。

[図5B]リフレクタの設置構造の第１の変形例を示す図。

[図5C]リフレクタの設置構造の第１の変形例を示す図。

[図6]リフレクタの設置構造の第１の変形例を示す図。

[図7A]リフレクタの設置構造の第２の変形例を示す図。

[図7B]リフレクタの設置構造の第２の変形例を示す図。

[図7C]リフレクタの設置構造の第２の変形例を示す図。

[図8A]リフレクタの設置構造の第３の変形例を示す図。

[図8B]リフレクタの設置構造の第３の変形例を示す図。

[図8C]リフレクタの設置構造の第３の変形例を示す図。

[図9]図８Ａのｅ－ｆ断面の上方から見た水冷板１１５の構造を示す図。

[図10]本発明の第２実施形態にかかる加熱処理装置の構成例を示す図。

[図11]p^+n接合ダイオードの断面図。

[図12]p^+n接合ダイオードの電流密度－電圧特性のアニール温度依存性を示す図。

発明を実施するための形態

[0016] （第１実施形態）

以下、図面を参照して本発明の第１実施形態にかかる加熱処理装置を説明する。図１は本発明の第１実施形態にかかる加熱処理装置の構成を例示的に示す図である。真空容器１０１の内部に、加熱部１０２と基板ステージ１０３が設けられており、加熱室１０４を構成している。また、真空容器１０１は内部を真空雰囲気に排気するために排気系（排気手段）に接続される排気口１１１と基板の搬入、搬出時に開閉されるスリットバルブ１１３とを供えている。排気口１１１には、冷却手段として機能する水冷機構付きバッフル１０５を介して、ターボモレキュラポンプ１０６が接続されている。ターボモレキュラポンプ１０６はドライポンプ（図示せず）に接続されている。排気口１１１の周辺には、第１の反射板（第１のリフレクタ１０７）と、第２の反射板（第２のリフレクタ１０８）とが設けられている。

[0017] 真空容器１０１は、加熱部１０２より約１７００度以上の高温に加熱されるため、アルミニウム、ステンレスなどの高温に耐える材料で形成された筐体である。また、これらの材料表面は鏡面加工していることが好ましい。熱を反射させることにより、加熱容器内をより効率的に昇温させることが可能になるからである。真空容器１０１は、壁内に水冷機構の水冷用流路（不図示）が設けられ、冷媒が水冷用流路（不図示）を循環することにより真空容

器１０１の筐体の温度が過度に上昇することを防ぐことができる。

[0018] 基板ステージ１０３には、リフトピン１１０が駆動機構（不図示）により上昇または降下することが可能な複数のリフトピン用貫通孔が設けられている。図１に示す状態は、真空容器１０１の底部に立設された複数本のリフトピン１１０が基板ステージ１０３から上方に突出した状態を示している。リフトピン１１０は、基板１０９を先端で支持することが可能な位置に、複数本が配置されている。リフトピン１１０が基板ステージ１０３から上方に突出した状態で、基板搬送用のロボット（不図示）により真空容器１０１の内部に搬送された基板１０９がリフトピン１１０により支持される。

[0019] 図１の状態から、基板ホルダユニットが上昇して基板ステージ１０３がリフトピン１１０の先端より上方へ移動すると、基板１０９は基板ステージ１０３の基板載置部（不図示）上に載置されることになる。

[0020] 基板ホルダユニットは昇降装置１１２により昇降可能で、基板ステージ１０３と加熱部１０２の放熱面との距離は昇降装置１１２の動作により制御することが可能である。基板ホルダユニットの上昇により基板１０９が加熱部１０２に近接された状態で、加熱部１０２からの輻射熱により非接触状態で基板１０９は加熱される。加熱部１０２の構成としては、電子衝撃式加熱方式のヒーター、高周波誘導加熱方式のヒーター、抵抗加熱方式のヒーターなどを用いることができる。

[0021] 加熱部１０２の加熱温度を約２０００℃に制御し、基板１０９の加熱処理を行う。基板１０９に対する加熱処理が終了した後、昇降装置１１２は、基板１０９を搬送するための位置（搬送位置）まで基板ホルダユニットを降下させ、基板１０９をリフトピン１１０に載せかえる。そして、基板１０９は搬送ロボット（不図示）により真空容器１０１から搬送される。図１は、加熱部１０２の電力をオフした後、基板ステージ１０３を含む基板ホルダユニットを搬送位置に移動させた状態を示している。

[0022] （リフレクタの設置構造）

図２Ａ－Ｃは排気口１１１の周辺に設置されたリフレクタ（第１のリフレ

クタ１０７、第２のリフレクタ１０８）の設置構造を示す模式図である。図２Ａは断面模式図であり、図２Ｂは、図２Ａのａ－ｂ断面を上方から見た図である。図２Ｃは、図２Ａのｃ－ｄ断面を右側から図である。第１のリフレクタ１０７と、第２のリフレクタ１０８とは加熱部１０２からの輻射熱を反射することにより、加熱部１０２から排気手段へ流れ込む熱を遮蔽する働きをする。

[0023] 本実施態様では、２種類のリフレクタが設けられている。第１のリフレクタ１０７は、排気口１１１と離間した状態で、排気口１１１の開口部の上方を覆うように設けられている第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂを備える。第１のリフレクタ部材１０７ｂは、部材１０７ｃにより排気口１１１の開口部から離間した状態で設置されており、第１のリフレクタ部材１０７ａは、部材１０７ｄにより、第１のリフレクタ部材１０７ｂから離間した状態で設置されている。

[0024] 第２のリフレクタ１０８は、排気口１１１の周囲（外周）を少なくとも三方向から囲むように設けられている第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃを備える。第２のリフレクタ部材１０８ａは、加熱部１０２と排気口１１１とが連通する流路の間において、加熱部１０２から排気口１１１へ向う第１の方向（図２Ａ）に面して設けられている。第２のリフレクタ部材１０８ｂは、第１のリフレクタが配置される方向と第１の方向と、に直交するする第２の方向（図２Ａ）に面し、排気口１１１と真空容器１０１の一の内部壁面２９０との間に設けられている。第２のリフレクタ部材１０８ｃは、第１のリフレクタが配置される方向と第１の方向と、に直交する第３の方向（図２Ａ）に面し、排気口１１１と真空容器１０１の他の内部壁面２９１との間に設けられている。

[0025] 図２Ａ－Ｃに示した第１のリフレクタ１０７と第２のリフレクタ１０８とにより、加熱室１０４から排気口１１１に入っていく熱を効率的に遮断することができる。排気口１１１に入っていく熱としては、例えば、加熱室１０４から直接的に排気口１１１に流れ込む熱と、加熱室１０４からの熱が真空

容器１０１の内部壁面に反射されて間接的に排気口１１１に流れ込む熱とがある。特に、真空容器１０１がアルミニウムなどの反射率の高い金属で形成されている場合には、真空容器１０１の内部壁面に反射された熱は反射を繰り返し排気口１１１に流れ込む。本実施形態では、第２のリフレクタ部材１０８ａを、加熱室１０４と排気口１１１とが連通する通路（流路）に設けているので、加熱室１０４から直接的に排気口１１１に直接的に流れ込む熱を遮断することができる。さらに、真空容器１０１の内部壁面に対向するように第２のリフレクタ部材１０８ｂ、１０８ｃを設けているので、真空容器１０１の内部壁面に反射され排気口１１１に間接的に導かれる熱も効率良く遮断することができる。

[0026] また、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂにより排気口１１１を覆うように設けたので、第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃで遮断することができなかった、排気口１１１の上方側から導かれる熱も遮断することができる。

[0027] 熱吸収性が高い第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂと、熱反射性の高い第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃとを組み合わせて用いるとさらに好ましい。第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃで熱を反射し、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂで熱を吸収することにより、さらに効率的に熱を遮断するからである。第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂと第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃとは、例えば、カーボン、高融点金属などの高温に耐える材料を用いることができる。アルミニウム、チタン、モリブデンなどの高融点金属でリフレクタを形成した場合には、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂをブラスト加工、セラミックスコーテング、アルマイト加工などの処理により熱吸収性を高める加工を行うことが好ましい。

[0028] また、第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃは鏡面加工をすることが好ましい。この中でも、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂには輻射率が高く、高温耐性のあるブラスト処理を施したチタンを、第２

のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃには輻射率が低く高温耐性のある鏡面加工を施されたモリブデンやチタン等を用いることが好ましい。

[0029] なお、上記例では、第２のリフレクタが排気口を三方向から囲む例を示したが、第２のリフレクタが排気口を四方向から囲むように設けてもよい。この場合、リフレクタは１枚の板で排気口を囲むように設けてもよい。ただし、排気コンダクタンスを確保するため、側面に適当な隙間（スリット）を設けたり、その高さを制限することが好ましい。

[0030] （水冷機構付きバッフル）

図３に、冷却手段として機能する水冷機構付きバッフル１０５を真空容器１０１に取り付けた状態を示す模式図を示す。また、図４Ａ、Ｂに水冷構造付きバッフル１０５の詳細な構造を示す。図４Ａは水冷機構付きバッフル１０５を上面から見た模式図である。図４Ｂは、図４ＡのＡ－Ａ'断面における水冷機構付きバッフル１０５の断面模式図である。水冷機構付きバッフル１０５は、水冷プレート２０１と、水冷プレート２０１の上部に設けられたルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄの組み合わせと、により構成される。ルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄは水冷プレート２０１の上に取り付けられている。ルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄは、例えば、ステンレス製であり、全体として円錐台状の形状を有し、肉厚が、例えば、１ｍｍの板により、継ぎ目無く製作したものである。排気口１１１より下流には輻射熱が流入しないように、輻射熱をルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄにより反射させている。このとき、ルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄは、輻射熱を受けて加熱されるため水冷プレート２０１で冷却している。これにより、排気口１１１の温度上昇を抑制することができ、ターボモレキュラポンプ１０６を保護している。

[0031] ルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄを水冷プレート２０１の上に取り付ける際に、各々が任意の間隔を持って同心円状に配列できるよう、大きさを整えた計４枚（２０１ａ、２０１ｂ、２０１ｃ、２０２ｄ）で構

成される。水冷機構付きバッフル１０５は、加熱部１０２側（加熱手段側）の表面輻射率が０．０２以上０．３以下になるように、表面に機械加工処理または化学加工処理が施されることが好ましい。また、バッフル１０５の排気手段側（ターボモレキュラポンプ１０６側）の表面輻射率が０．５以上１．０以下になるように、表面に黒色アルマイト処理、パイロリティックカーボン、パイロリティックカーボンをコーティングしたグラファイト、ガラス状カーボン、ガラス状カーボンをコーティングしたグラファイト等のうち少なくともいずれか１つが取り付けることが好ましい。

[0032] また、各々のルーバの表面と裏面の輻射率を其々０．３以上０．６以下とすることが好ましい。なお、本実施形態ではルーバを４枚用いているが、本発明の趣旨はこの例に限定されるものではなく、最適な個数を適宜設計することができる。

[0033] ルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄの加熱部１０２側の面２０３には鏡面加工が施されており、加熱部１０２からの熱輻射を反射することができる。各々のルーバ２０２ａ、２０２ｂ、２０２ｃ、２０２ｄは加熱部１０２から、光学的に排気口１１１が見えないように、所定の角度３０１が設けられており、その角度３０１は１度から８９度までの値を取りえるが、本実施形態では４５度としている。

[0034] 水冷プレート２０１は、例えば、ステンレス製で、プレート部と水路とが一体型成形されたものである。図４Ａに示すように水冷プレート２０１は十字型の外形であり、内部に設けられている水路２０８は、例えば、十字型の形状で冷却水がＩＮ側からＯＵＴ側に循環することが可能な構造を有している。

[0035] 水冷プレート２０１とルーバ２０２との熱伝達を最大限に得るため、水冷プレートとルーバとの間にインジウム（Ｉｎ）シート（不図示）が挿入されている。以上の構成により、水冷機構付きバッフル１０５の全体は、水路２０８に供給された冷却水２０７などの冷媒により、冷却することができる。水冷機構付きバッフル１０５の胴管部２０４（管状部材）は水冷プレート２

０１を保持することが可能であり、ステンレスブロックから削り出しにより一体型成形されている。ターボモレキュラポンプ１０６が急停止してもその反力により胴管部２０４側壁に変形や、破損を生じないような肉厚構造になっている。真空容器１０１にアルミニウムを用いた場合には、１０[ｍｍ]以上であることが好ましい。本実施形態で用いたターボモレキュラポンプ１０６は、例えば、１３００[L／秒]の排気量を持ち、急停止のときにかかるトルクは２６０００[Ｎ・ｍ]である。最大発生応力は１３２［Ｎ／ｍｍ^2]であり、安全係数２以上を達成している。第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃや、水冷機構付きバッフル１０５を加熱処理装置に装着した場合、排気コンダクタンスは若干低下するが、加熱処理装置の到達真空度は１×１０Ｅ－５[Ｐａ]台を維持しており、排気性能は十分な状態にある。

[0036] なお、胴管部２０４はステンレスブロックの削り出しの構成に限定されるものではなく、例えば、輻射冷却を積極的に利用するため、胴管部２０４の側壁内面２０５に、カーボンシート（図示せず）やカーボンプレート（図示せず）を装着する場合やシリコン系のコーティング処理を施し、側壁内面２０５の輻射率を０．５以上１．０以下にすることで、排気系への熱の流入をさらに防ぐことも可能である。

[0037] （リフレクタの設置構造の変形例）

図２Ａ－Ｃで説明したリフレクタの設置構造では、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂを第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃとは別に真空容器１０１に固定したが、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂを第２のリフレクタ部材１０８ｂ、１０８ｃに固定することも可能である。図５Ａ－Ｃはリフレクタの設置構造の第１の変形例を示す図である。図５Ａは断面模式図であり、図５Ｂは、図５Ａのａ－ｂ断面を上方から見た図である。図５Ｃは、図５Ａのｃ－ｄ断面を右側から図である。図５Ａ－Ｃに示す第１の変形例では、円板状の第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂが、第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃに固定されている。

[0038] 図６の参照により第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂの取り付け状態を説明する。第１のリフレクタ部材１０７ａは、第２のリフレクタ部材１０８ｂ、１０８cと固定される。第１のリフレクタ部材１０７ｂは、第２のリフレクタ部材１０８ａと固定される。

[0039] 図７Ａ－Ｃはリフレクタの設置構造の第２の変形例を示す図である。図７Ａは断面模式図であり、図７Ｂは、図７Ａのａ－ｂ断面を上方から見た図である。図７Ｃは、図７Ａのｃ－ｄ断面を右側から見た図である。図７Ａ－Ｃに示す第２の変形例では、矩形板状の第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂが第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃに固定されている。第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂは第２のリフレクタ部材１０８ｂ、１０８ｃの間に一定の間隔を空けて設けられている。また、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂは排気口１１１の開口部に対して斜めに傾斜した状態で設置されている。第１のリフレクタ部材１０７ａと第１のリフレクタ部材１０７ｂとは上下にも間隔を空けて設けられているため、上から入り込む熱を遮断できる。第２の変形例によると吸熱領域と反射領域を設けることで排気速度の大きな劣化を引き起こさずに、輻射熱（光）の遮断を効果的に図ることが出来るため好ましい。

[0040] 図８Ａ－Ｃはリフレクタの設置構造の第３の変形例を示す図である。図８Ａは断面模式図であり、図８Ｂは、図８Ａのａ－ｂ断面を上方から見た図である。図８Ｃは、図８Ａのｃ－ｄ断面を右側から見た図である。第３の変形例では、第２の変形例において、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂ、第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃと排気口１１１との間に水冷板１１５が設けられている。図９は、図８Ａのｅ－ｆ断面の上方から見た水冷板１１５の構造を示す図である。図９に示すように、水冷板１１５には、給水口１１６と排水口１１７とが設けれ、給水口１１６から水などの冷媒を流し、冷媒は流路８０１を通り排水口１１７から回収される。水冷板１１５により、第１のリフレクタ部材１０７ａ、１０７ｂ、第２のリフレクタ部材１０８ａ、１０８ｂ、１０８ｃが冷却されることにより、排気口１

１１に流入する熱の温度を低下させることができる。

[0041] 本実施形態に拠れば、真空ポンプに対して熱的な損傷を与えることのない加熱処理装置を提供することが可能になる。

[0042] あるいは、本実施形態に拠れば、加熱処理後の基板の温度が充分に下がらないうちに、基板ホルダを下降させ、排気をした後に新たな基板を搬入することができるので半導体デバイスを製造するために十分な生産性を達成することが可能になる。

[0043] （第２実施形態）

図１０は本発明の第２実施形態にかかる加熱処理装置の構成例を示す図である。熱電対２１０ａ、２１０ｂと温度監視部２１１を設けた以外は、図１の加熱処理装置と同じ構成である。

[0044] 熱電対２１０ａ（第１の温度検知部）は、水冷プレート１１４に設けられており、水冷プレート１１４の温度を検知する。熱電対２１０ｂ（第２の温度検知部）は、ターボモレキュラポンプ１０６と水冷機構付きバッフル１０５との間の空間に設けられ、ターボモレキュラポンプ１０６と水冷機構付きバッフル１０５の空間領域の温度を検知する。熱電対２１０ａと２１０ｂとは、温度監視部２１１に接続されている。温度監視部２１１は、真空容器１０１の内部温度が一定になるように温度制御を行うことが可能である。

[0045] 熱電対２１０ａの検知結果に基づき、水冷プレート１１４の温度が上昇し、予め定められた所定の温度（第１検知温度）に達した場合には、温度監視部２１１は、冷却能力を増加させるために水冷プレート１１４に流す水流速度を速くし、水冷プレート１１４の温度を一定に制御する。熱電対２１０ｂの検知結果に基づき、ポンプと水冷バッフルとの間の温度が一定温度（第２検知温度）以上に上昇した場合には、温度監視部２１１は、加熱部１０２への電力供給を止めることにより、さらなる温度上昇を防ぐように温度制御を行う。

[0046] 温度監視部２１１は、熱電対２１０ａにより検知された温度が予め定められた第１検知温度まで上昇した場合、温度監視部２１１は、水冷プレート１

１４に流す水流速度を速くするように冷媒供給部９０１を制御して、水冷プレートの温度を一定に制御する。

[0047] 温度監視部２１１は、熱電対２１０ｂにより検知された温度が予め定められた第２検知温度まで上昇した場合、温度監視部２１１は、加熱部１０２への電力供給を止めるように電力供給部９０２を制御して、真空容器１０１内の更なる温度上昇を防ぐように温度制御を行う。

[0048] （実施例）

図１で説明した加熱処理装置により、基板１０９に２０００℃の加熱処理を行い、冷却待ち時間を５分にして、加熱処理済みの基板１０９を取り出したところ、排気系への熱的影響が及んでいないことを確認できた。第２実施形態にかかる加熱処理装置でも同様の結果を確認することができた。

[0049] 従来の構成では、２０００℃に近い加熱処理を行った場合、排気系が影響を受けていた。それに対して、本発明の加熱処理装置では、熱輻射による熱は水冷機構付きバッフル１０５で適切に輻射や吸収が成されるようになり、排気系まで到達する高温の輻射熱を低減し、排気系の温度上昇を低く抑えることができた。例えば、水冷機構付きバッフル１０５に供給される冷却水の温度を２０℃とすれば、ターボモレキュラポンプ１０６の吸気口付近の温度は５０℃に保つことが可能であり、温度５０℃はターボモレキュラポンプ１０６を破損に至らしめる１２０℃より大きく下回るようになった。

[0050] また、水冷機構付きバッフル１０５へ、チラー（温度監視部）を用いて冷却水の温度を制御し、冷却水を供給すれば一層効果的であり、加熱処理装置の信頼性の向上も可能である。さらに加熱処理装置を用いて、加熱処理後の基板１０９の取り出しに要する時間を評価した結果、従来の１／１０に相当する３分にまで時間短縮が可能となった。これにより、処理速度が大幅に増し、量産性を改善することが可能となった。

[0051] 加熱処理装置を用いてアニール処理を行い、図１１に示すような断面形状を持つ、イオン注入によるp^+n接合ダイオードを作製した例を示す。

[0052] オフ角４° を持つn^+型４Ｈ－ＳｉＣ（０００１）基板上に５μｍのｎエピ

タキシャル層を犠牲酸化し、フッ酸処理した。その後、イオン注入装置で、注入温度５００℃、深さ３５０ｎｍで、注入濃度３×１０^{20}／ｃｍ^{3}となるように、注入エネルギー３０ｋｅＶから１７０ｋｅＶの範囲で窒素を多段に注入した。このようにして得たＳｉＣ基板を基板サンプルとし、本発明の第１または第２実施形態にかかる加熱処理装置を用いて熱処理を施した。

[0053] 基板サンプルは、イオン注入面を上側（加熱部１０２の放熱面側）に向けて基板ステージ１０３上に載置し、加熱部１０２の放熱面と、サンプルの窒素イオンの注入面との間隔を３ｍｍ、加熱時の放熱面の温度を１９００℃として、１０$^{-4}$Ｐａの減圧雰囲気下で１分間加熱してアニール処理をした。

[0054] 次いで、アニール処理を施した各サンプルについて、犠牲酸化を行い、フッ酸洗浄を行い、表面変質層の除去を行った。更に、酸化珪素のパターニングを行った後、CF_4^+Ａｒ混合ガスにて、ＲＩＥ（リアクティブイオンエッチング）装置を用い、ＳｉＣ層を直径１００μｍ、深さ１μｍエッチングすることで、メサを形成した。

[0055] 次に、真空蒸着装置を用いて、チタン（Ｔｉ）を２０ｎｍ、アルミニウム（Ａｌ）を１００ｎｍ成膜し、アルゴン（Ａｒ）ガス雰囲気中のアニール炉で、９００℃にて３分間アニールすることでオーミック電極を形成した。得られたダイオードの特性の評価のため、室温にて「Ｋｅｉｔｈｌｅｙ社製の４２００」を用いて、電流密度－電圧特性を測定した。

[0056] 図１２にアニール温度が１７００℃、１８００℃、１９００℃のときのアニール後のｐ$^{+}$ｎダイオードの電流密度－電圧特性を示す。順方向電圧０Ｖから２Ｖにおいて、アニール温度が１７００℃と１８００℃では大きなリーク電流密度が測定された。また、逆方向電圧領域では、殆どリーク電流密度値が測定されず、順方向電圧領域でも１０$^{-6}$アンペア台という非常に小さなリーク電流密度値しか測定されなかった。これは、ｐｎ接合界面のイオン注入による結晶欠陥が、アニール温度１９００℃という高温処理によって消失したものと考えられる。

[0057] このように、本発明の第１または第２の実施形態にかかる加熱処理装置を

用いることで、非常に良好なｐ⁺ｎ接合ダイオードの製作が可能となった。このようなｐｎ接合は、ｐｎ接合ダイオードばかりではなく、電界効果型トランジスタ（ＭＯＳ－ＦＥＴ）、接合型トランジスタ（Ｊ－ＦＥＴ）、ＭＥＳ－ＦＥＴ、バイポーラ型トランジスタ（ＢＪＴ）にも利用されており、これらＳｉＣを用いた半導体デバイスの特性を改善し、大幅な生産性の改善を図ることが可能になる。

[0058] 特に、基板の高温での処理が可能となるので、十分な生産性を維持しつつ炭化珪素（ＳｉＣ）に注入した不純物の高品質な活性化を達成することが可能となる。

[0059] 本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために、以下の請求項を添付する。

[0060] 本願は、２００９年８月４日提出の日本国特許出願特願２００９－１８１９４７を基礎として優先権を主張するものであり、その記載内容の全てを、ここに援用する。

請求の範囲

[請求項1] 真空容器と、載置された基板を保持する基板ステージと、前記基板を加熱するための加熱手段と、前記真空容器の内部を真空にするための排気手段と、を有する加熱処理装置であって、

前記排気手段の排気口と離間した状態で、当該排気口の上方を覆うように設けられた第１のリフレクタと、

前記排気口の周囲を囲む位置に設けられた第２のリフレクタと、を備え、

前記第２のリフレクタを構成するリフレクタ部材の少なくとも１つは、前記加熱手段から前記排気口へ向かう方向に面して設けられていることを特徴とする加熱処理装置。

[請求項2] 前記第２のリフレクタは、前記排気口の周囲を少なくとも三方向から囲むように設けられているリフレクタ部材を有することを特徴とする請求項１に記載の加熱処理装置。

[請求項3] 前記第２のリフレクタは、

前記加熱手段によって前記基板が加熱される加熱室と前記排気口とが連通する流路において、前記加熱手段から前記排気口へ向う第１の方向に面して設けられたリフレクタ部材と、

前記排気口と真空容器の一の内部壁面との間に設けられ、前記第１のリフレクタが配置される方向と前記第１の方向と、に直交する第２の方向に面して設けられたリフレクタ部材と、

前記排気口と真空容器の他の内部壁面との間に設けられ、前記第１のリフレクタが配置される方向と前記第１の方向と、に直交する第３の方向に面して設けられたリフレクタ部材と、

を有することを特徴とする請求項１または２に記載の加熱処理装置。

[請求項4] 前記第２のリフレクタは、鏡面加工を施されたモリブデンまたはチタンにより構成されることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか

１項に記載の加熱処理装置。

[請求項5] 前記第１のリフレクタには、ブラスト加工、セラミックスコーテング、およびアルマイト加工の処理のうち少なくともいずれか１つが施されていることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載の加熱処理装置。

[請求項6] 水冷プレートと前記水冷プレートの上部に設けられたルーバと、前記水冷プレートを保持するための管状部材と、を有する冷却手段を更に備え、

前記冷却手段が、前記排気手段と前記排気口との間に設けられていることを特徴とする請求項１ないし５のいずれか１項に記載の加熱処理装置。

[請求項7] 前記冷却手段の加熱手段側の表面輻射率が０．０２以上０．３以下になるように当該冷却手段の表面に機械加工処理または化学加工処理が施されていることを特徴とする請求項６に記載の加熱処理装置。

[請求項8] 前記冷却手段の排気手段側の表面輻射率が０．５以上１．０以下になるように、当該冷却手段の表面に黒色アルマイト処理、パイロリティックカーボン、パイロリティックカーボンをコーティングしたグラファイト、ガラス状カーボン、ガラス状カーボンをコーティングしたグラファイトのうちの少なくともいずれか１つが取りけられていることを特徴とする請求項６または７に記載の加熱処理装置。

[請求項9] 前記冷却手段の前記水冷プレートに設けられ、当該水冷プレートの温度を検知する第１の温度検知手段と、

前記排気手段と前記冷却手段との間の空間領域に設けられ、当該空間領域の温度を検知する第２の温度検知手段と、

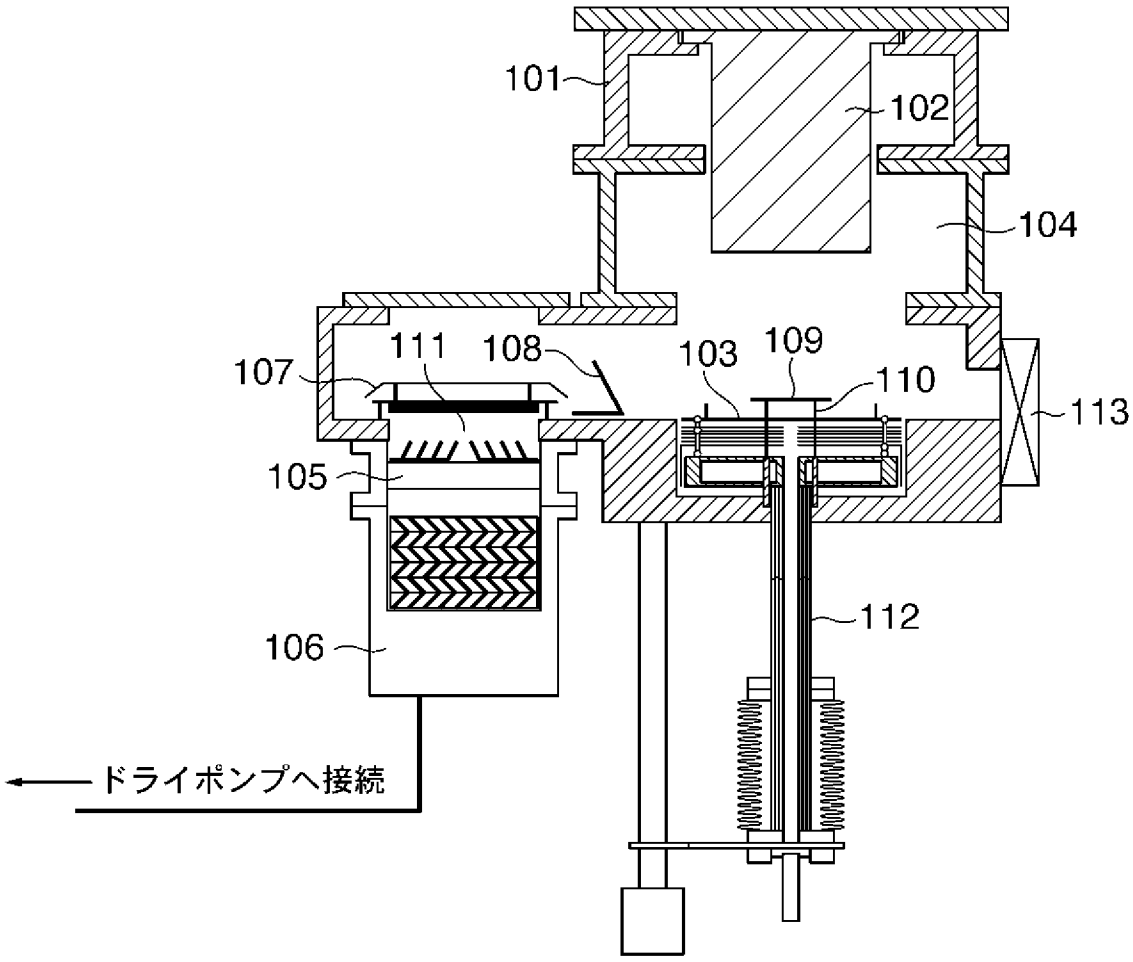
前記第１の温度検知手段と前記第２の温度検知手段とに接続し、前記真空容器の内部温度が一定になるように温度制御を行う温度監視手段と、を更に備えることを特徴とする請求項６に記載の加熱処理装置。

[請求項10] 前記第１の温度検知手段により検知された温度が予め定められた第１検知温度まで上昇した場合に、前記温度監視手段は、前記水冷プレートに流す水流速度を速くするように冷媒供給手段を制御して、前記水冷プレートの温度を一定に制御することを特徴とする請求項９に記載の加熱処理装置。

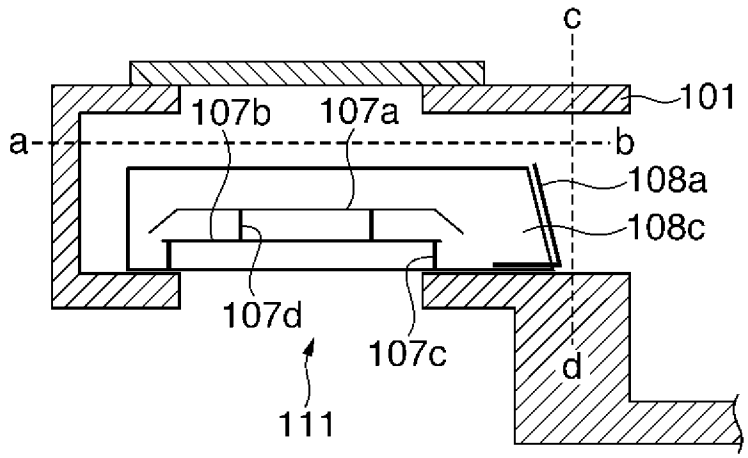
[請求項11] 前記第２の温度検知手段により検知された温度が予め定められた第２検知温度まで上昇した場合に、前記温度監視手段は、前記加熱手段への電力供給を止めるように電力供給手段を制御して、前記真空容器の内部の温度上昇を防ぐように温度制御を行うことを特徴とする請求項９に記載の加熱処理装置。

[請求項12] 請求項１乃至１１のいずれか１項に記載の加熱処理装置を用いて基板の熱処理を行う工程を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

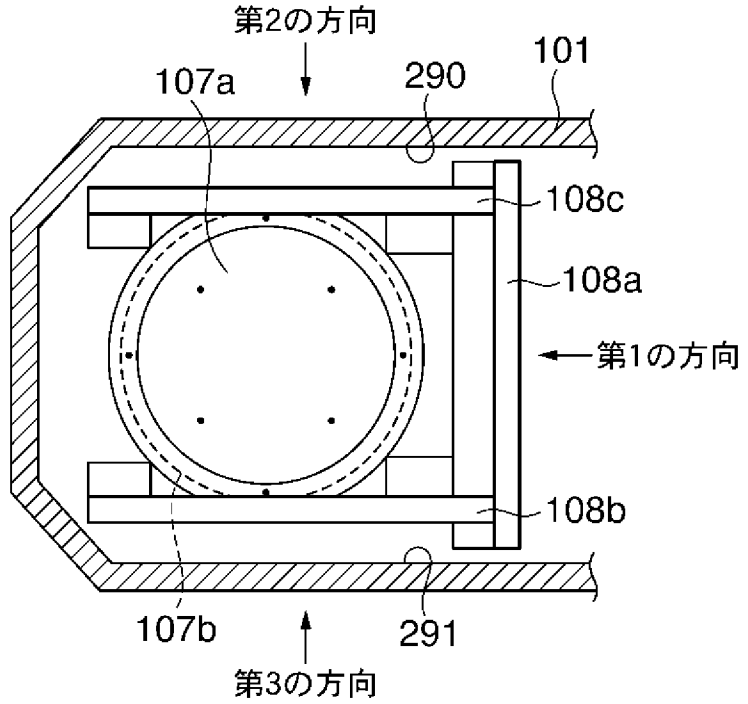
[図1]



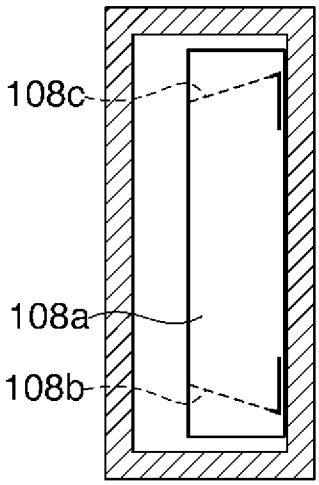
[図2A]


c
101
107b
107a
a
b
108a
108c
107d
107c
d
111

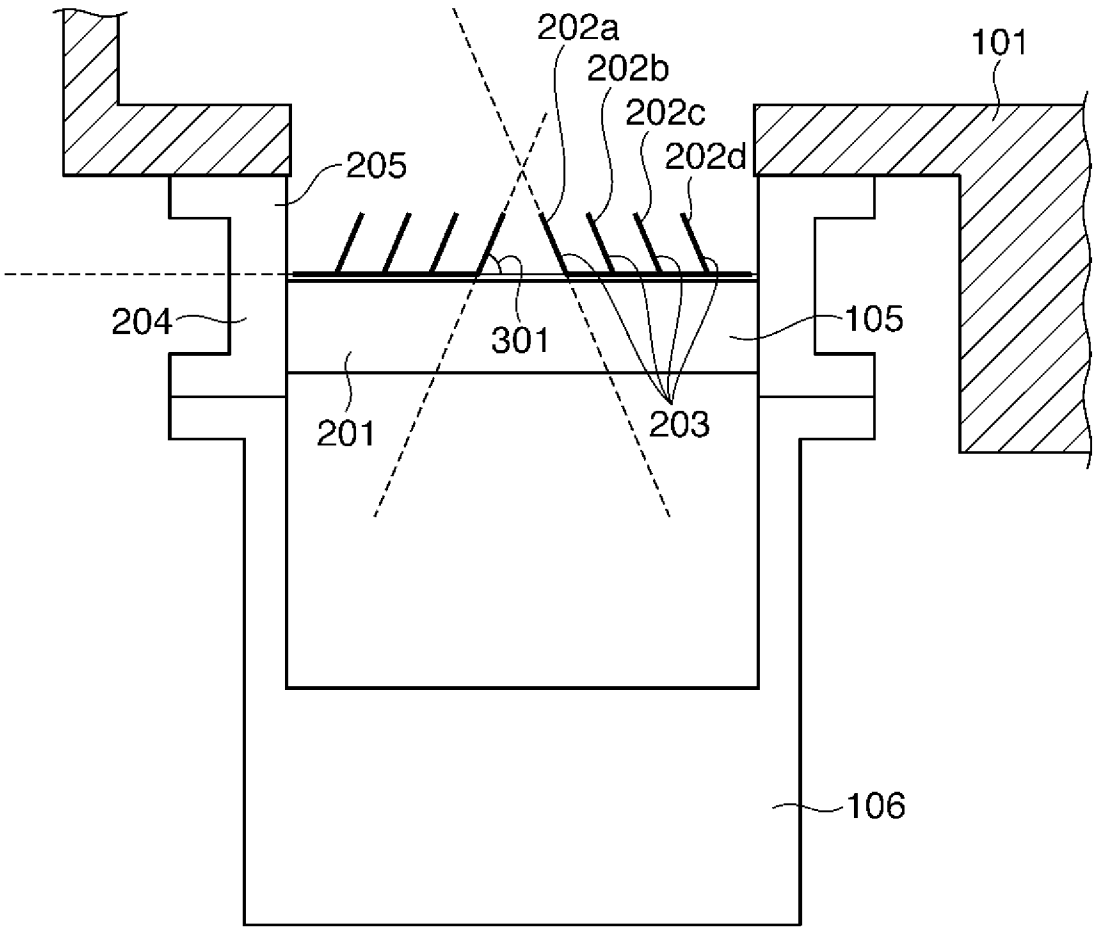
[図2B]


第2の方向
101
107a
290
108c
108a
第1の方向
108b
107b
291
第3の方向

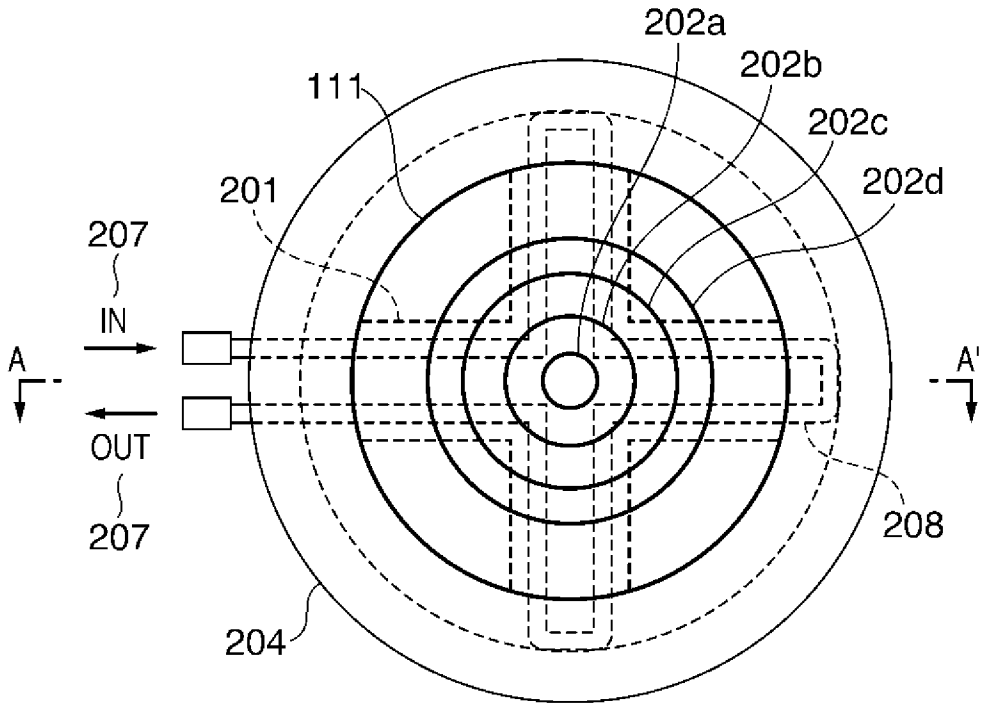
[図2C]


108c
108a
108b

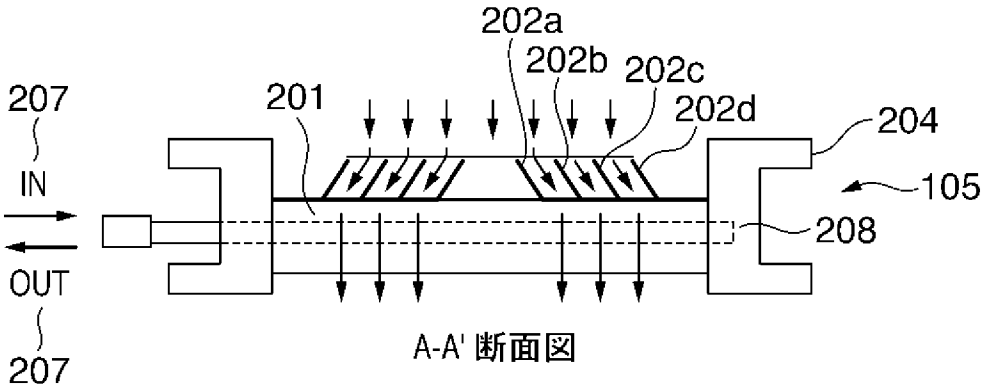
[図3]



[図4A]

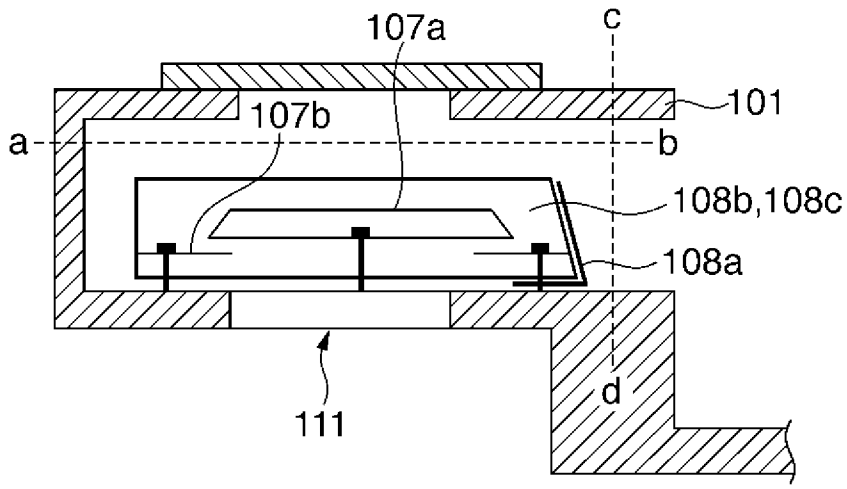


[図4B]

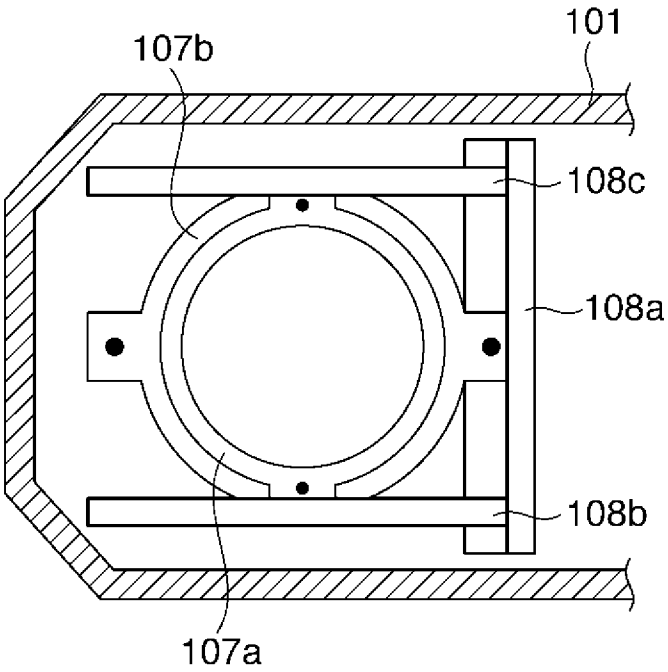


A-A' 断面図

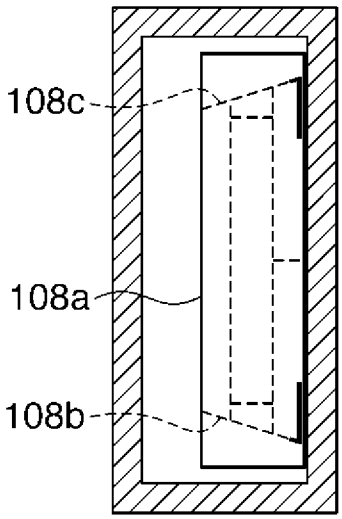
[図5A]


107a
c
101
107b
a
b
108b,108c
108a
111
d

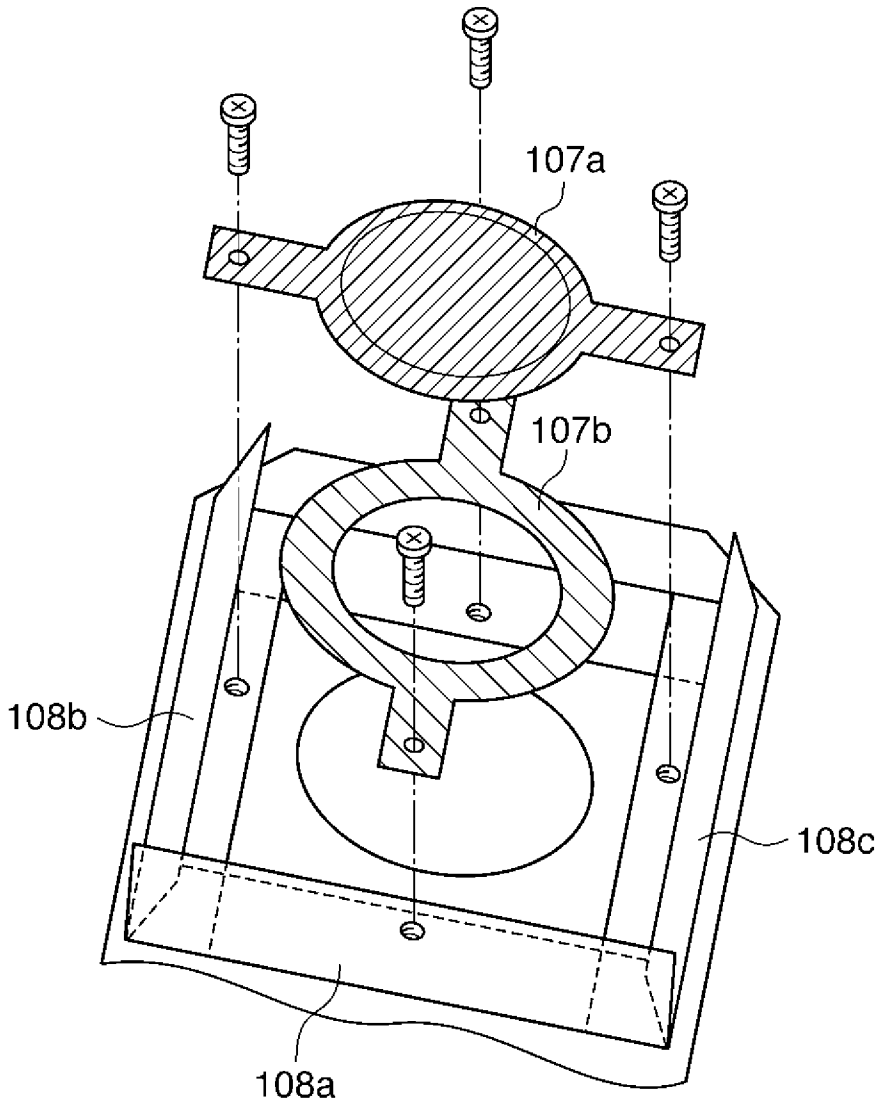
[図5B]


101
107b
108c
108a
108b
107a

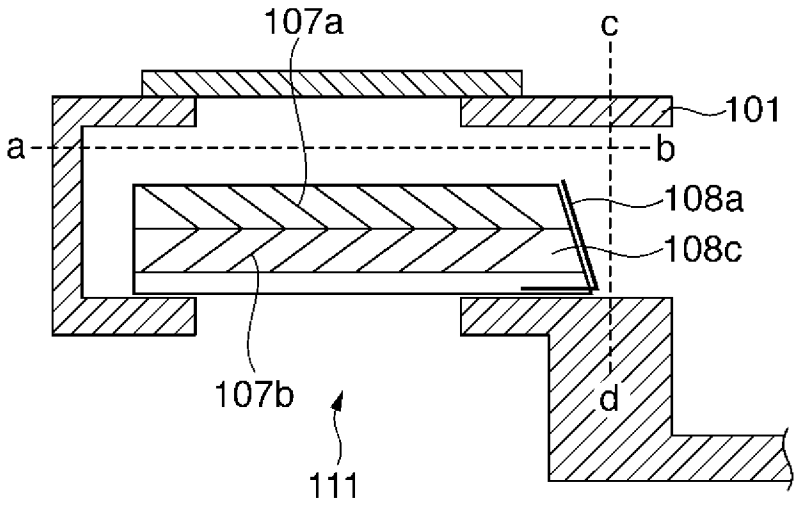
[図5C]


108c
108a
108b

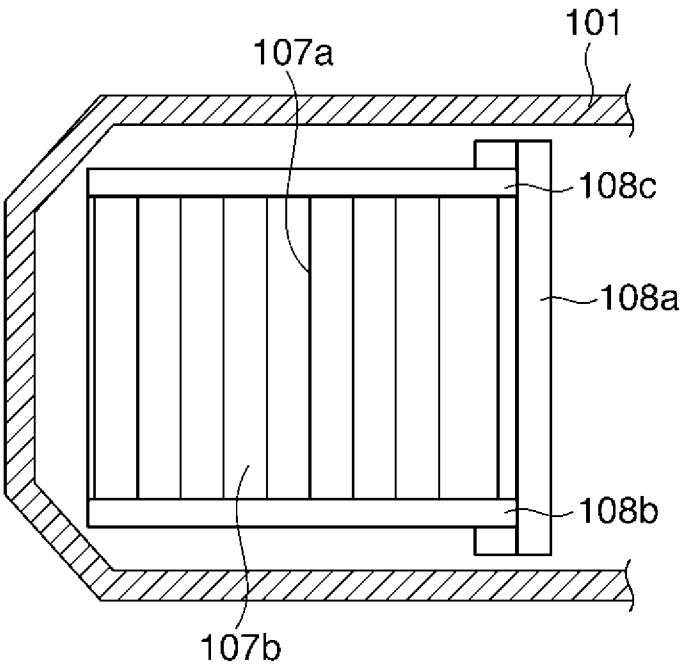
[図6]



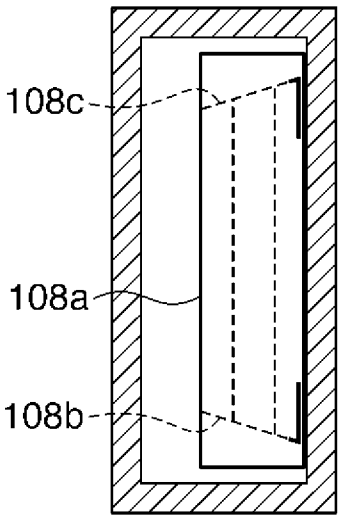
[図7A]


107a
c
101
a
b
108a
108c
107b
d
111

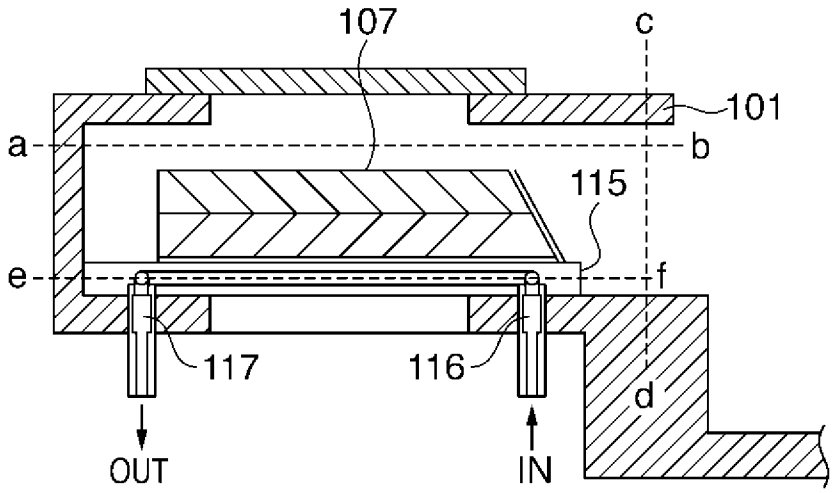
[図7B]


101
107a
108c
108a
108b
107b

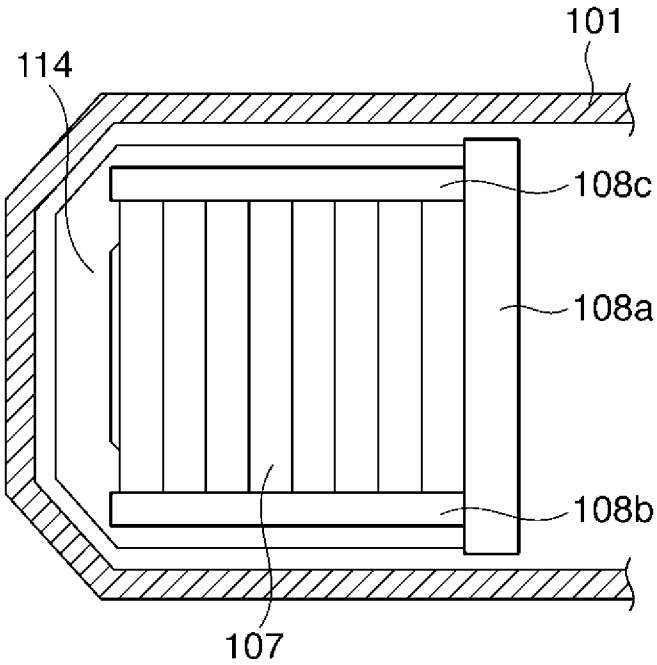
[図7C]


108c
108a
108b

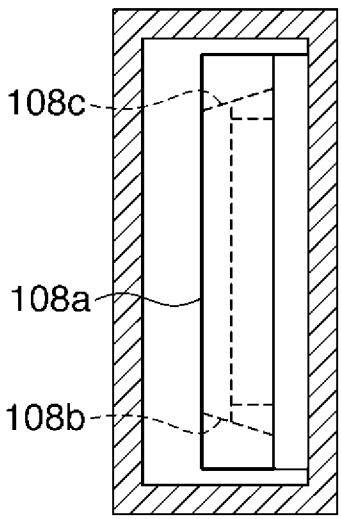
[図8A]


107
c
101
a
b
115
e
f
117
116
d
OUT
IN

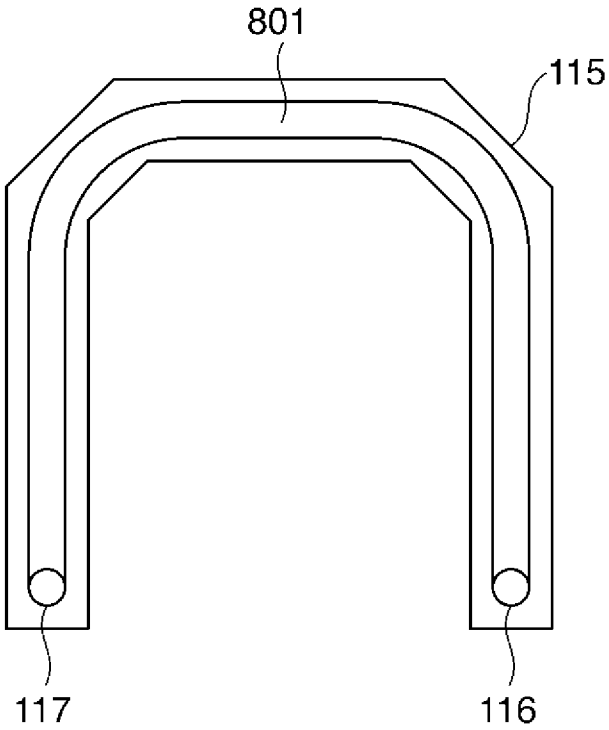
[図8B]


101
114
108c
108a
108b
107

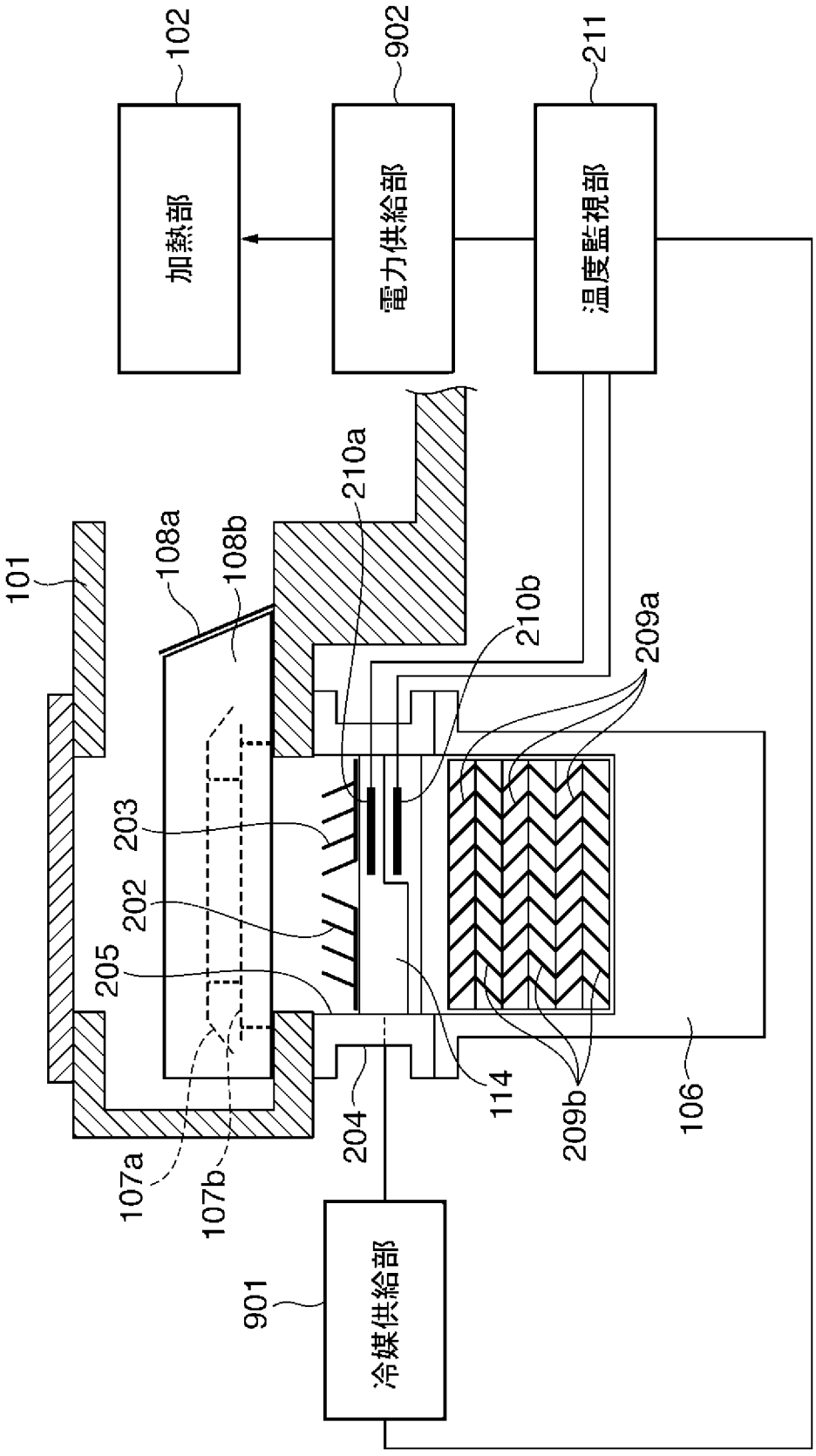
[図8C]


108c
108a
108b

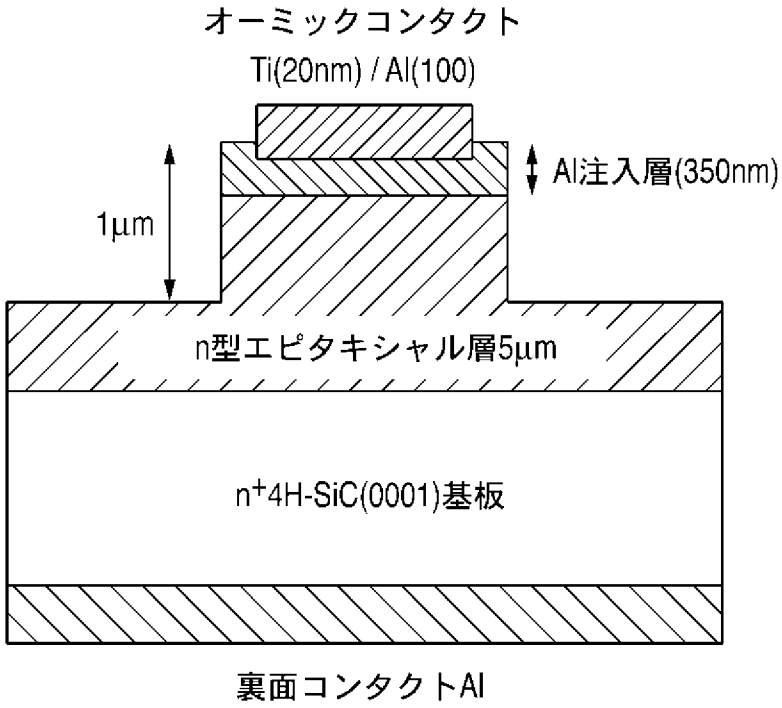
[図9]



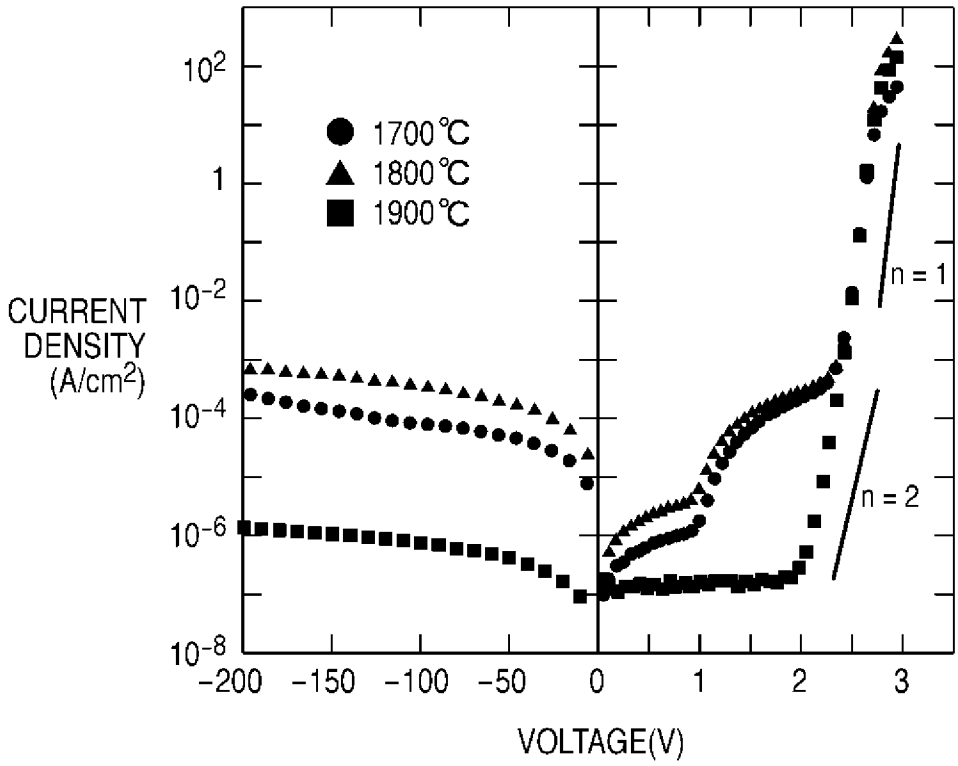
[図10]


102
902
211
加熱部
電力供給部
温度監視部
210a
101
108a
108b
210b
209a
203
202
205
114
209b
106
204
107a
107b
901
冷媒供給部

[図11]


オーミックコンタクト
Ti(20nm) / Al(100)
Al注入層(350nm)
1μm
n型エピタキシャル層5μm
n+4H-SiC(0001)基板
裏面コンタクトAl

[図12]


CURRENT DENSITY (A/cm2)
10^2
1
10^-2
10^-4
10^-6
10^-8
1700℃
1800℃
1900℃
n = 1
n = 2
-200
-150
-100
-50
0
1
2
3
VOLTAGE(V)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/004888

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/324(2006.01)i, *H01L21/265*(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)
H01L21/324, H01L21/265

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 9-199509 A (Applied Materials Inc.), 31 July 1997 (31.07.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 62-139987 A (NEC Corp.), 23 June 1987 (23.06.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2-21616 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 24 January 1990 (24.01.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☒ 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
15 September, 2010 (15.09.10)	28 September, 2010 (28.09.10)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japanese Patent Office	
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/004888

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 63-33811 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 13 February 1988 (13.02.1988), fig. 1 (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／００４８８８

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, H01L21/265(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.　H01L21/324, H01L21/265

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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 9-199509 A (アプライド　マテリアルズ　インコーポレイテッド) 1997.07.31, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 62-139987 A (日本電気株式会社) 1987.06.23, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2-21616 A (富士写真フイルム株式会社) 1990.01.24, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12

☑　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 １５．０９．２０１０	国際調査報告の発送日 ２８．０９．２０１０
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）　４Ｍ　３９５２ 杢　哲次 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６２

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 63-33811 A (松下電器産業株式会社) 1988.02.13, 第１図（ファミリーなし）	1-12