(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-156593
(P2024-156593A)
(43)公開日　令和6年11月6日(2024.11.6)

(51)国際特許分類		ＦＩ			テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｌ	*21/683(2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/68	Ｒ	４Ｋ０３０
Ｈ０１Ｌ	*21/3065(2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/302	１０１Ｇ	５Ｆ００４
Ｈ０２Ｎ	*13/00 (2006.01)*	Ｈ０２Ｎ	13/00	Ｄ	５Ｆ１３１
Ｃ２３Ｃ	*16/458(2006.01)*	Ｃ２３Ｃ	16/458		

審査請求　未請求　請求項の数　5　ＯＬ　（全12頁）

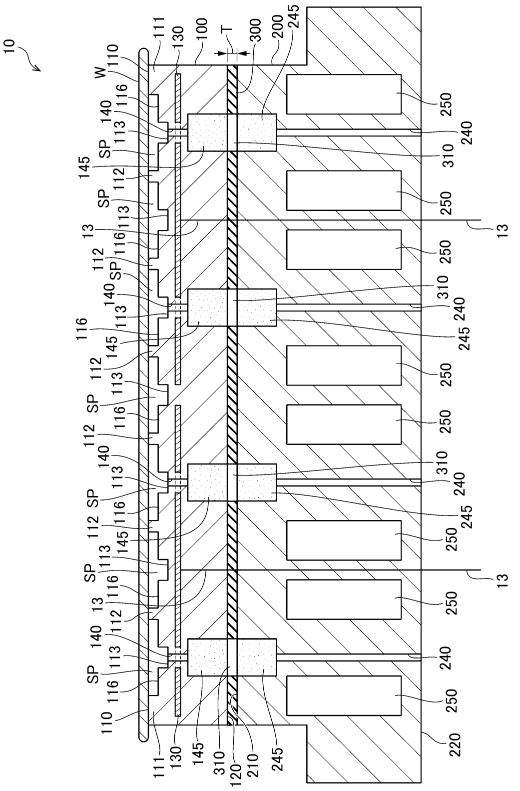
(21)出願番号　特願2023-141339(P2023-141339)
(22)出願日　令和5年8月31日(2023.8.31)
(62)分割の表示　特願2023-70804(P2023-70804)の分割
原出願日　令和5年4月24日(2023.4.24)

(71)出願人　000010087
ＴＯＴＯ株式会社
福岡県北九州市小倉北区中島２丁目１番１号
(74)代理人　100140486
弁理士　鎌田 徹
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(74)代理人　100121843
弁理士　村井 賢郎
(74)代理人　100170058
弁理士　津田 拓真
(72)発明者　池口 雅文
福岡県北九州市小倉北区中島２丁目１番１号 ＴＯＴＯ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　静電チャック

(57)【要約】
【課題】接合層の厚さ及びヤング率を適切なものとし、誘電体基板に加わる熱応力を低減することのできる静電チャック、を提供する。
【解決手段】静電チャック１０は、誘電体基板１００と、金属材料により形成されたベースプレート２００と、誘電体基板１００とベースプレート２００との間に設けられた接合層３００と、を備える。接合層３００の厚さをＴ（μm）とし、－１００℃における接合層３００のヤング率をＥ（ＭＰａ）としたときに、Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たす。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
誘電体基板と、
金属材料により形成されたベースプレートと、
前記誘電体基板と前記ベースプレートとの間に設けられた接合層と、を備え、
前記接合層の厚さをＴ（μｍ）とし、
－１００℃における前記接合層のヤング率をＥ（ＭＰａ）としたときに、
Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４
の条件を満たすことを特徴とする静電チャック。
【請求項２】
前記誘電体基板には貫通穴が形成されていることを特徴とする、請求項１に記載の静電チャック。
【請求項３】
前記貫通穴のうち、前記接合層とは反対側の端部における直径が０．２mm以下であることを特徴とする、請求項２に記載の静電チャック。
【請求項４】
前記接合層の厚さが１００μｍ以下であることを特徴とする、請求項１に記載の静電チャック。
【請求項５】
前記接合層はシリコーン接着剤を硬化させたものであることを特徴とする、請求項１に記載の静電チャック。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は静電チャックに関する。
【背景技術】
【０００２】
例えばＣＶＤ装置等の半導体製造装置には、処理の対象となるシリコンウェハ等の基板を吸着し保持するための装置として、静電チャックが設けられる。静電チャックは、吸着電極が設けられた誘電体基板と、誘電体基板を支持するベースプレートと、を備え、これらが互いに接合された構成を有する。吸着電極は、誘電体基板に内蔵されるのが一般的であるが、金属であるベースプレートが吸着電極として用いられる場合もある。吸着電極に電圧が印加されると静電力が生じ、誘電体基板上に載置された基板が吸着され保持される。
【０００３】
処理中においては、プラズマに曝されることにより基板の温度は上昇し、誘電体基板の温度も上昇する。一方、ベースプレートには低温の冷媒が供給されるため、ベースプレートの温度は－６０℃もしくはそれ以下の温度まで低下することもある。基板の処理に伴う各部の温度変化や、誘電体基板とベースプレートとの間の温度差等に起因して、誘電体基板には大きな熱応力が加わる。
【０００４】
熱応力による誘電体基板の破損を防止するためには、誘電体基板とベースプレートとの間を繋ぐ接合層の材料として、適切な物性を有する材料を選定する必要がある。例えば下記特許文献１では、－６０℃における接合層（接着部材）の貯蔵弾性率を１００ＭＰａ以下とすること、等が提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０２０－２３０８８号公報
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
接合層の材料として、可能な限りヤング率の小さな材料を用いれば、誘電体基板に加わる熱応力を小さくすることができる。しかしながら、接合層に求められる伝熱性能等に鑑みれば、接合層のヤング率をいくらでも小さくできるわけではない。接合層の材料は、ヤング率が所定の上限値以下であるという条件の下で、求められる伝熱性能等を考慮して適宜選定する必要がある。
【０００７】
接合層を厚くするほど、誘電体基板に加わる熱応力は小さくなる。このため、接合層を厚くするほど、接合層のヤング率の上限値を大きくすることができる。このように、「接合層の厚さ」と、「接合層のヤング率の上限値」とは、互いに相関のあるパラメータとなっている。
【０００８】
ただし、接合層に求められる伝熱性能等に鑑みれば、接合層をいくらでも厚くできるわけではない。伝熱性能等の要求仕様を満たしつつ、誘電体基板に加わる熱応力を抑えるためには、「接合層の厚さ」と、「接合層のヤング率の上限値」と、の相関を考慮しながら、それぞれのパラメータを適切に設定する必要がある。しかしながら、これらの相関をどのように考慮すべきか等について、これまでに具体的な検討は行われていない。
【０００９】
本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、接合層の厚さ及びヤング率を適切なものとし、誘電体基板に加わる熱応力を低減することのできる静電チャック、を提供することにある。
【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、本発明に係る静電チャックは、誘電体基板と、金属材料により形成されたベースプレートと、誘電体基板とベースプレートとの間に設けられた接合層と、を備える。接合層の厚さをＴ（μｍ）とし、－１００℃における接合層のヤング率をＥ（ＭＰａ）としたときに、Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たす。
【００１１】
本発明者らが行った実験等によれば、Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たすように接合層の厚さ及びヤング率を設定しておけば、処理中等における誘電体基板の熱応力を十分に低減できるという知見が得られている。このため、静電チャックを上記構成とすることで、接合層の厚さ及びヤング率を適切なものとしながら、誘電体基板に加わる熱応力を低減することが可能となる。
【００１２】
また、本発明に係る静電チャックでは、誘電体基板には貫通穴が形成されていることも好ましい。
【００１３】
静電チャックの誘電体基板には、基板との間に不活性ガスを供給すること等を目的として貫通穴が形成されることが多い。その場合、貫通穴のうち特に基板側の端部近傍の部分で熱応力が大きくなる傾向がある。Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たすように接合層の厚さ及びヤング率を設定しておけば、誘電体基板に貫通穴が形成されている場合であっても、誘電体基板の破損が生じない程度に熱応力を抑制することができる。
【００１４】
また、本発明に係る静電チャックでは、貫通穴のうち、接合層とは反対側の端部における直径が０．２ｍｍ以下であることも好ましい。
【００１５】
貫通穴のうち接合層とは反対側の端部（つまり基板側の端部）における直径が小さくなる程、誘電体基板で生じる熱応力は大きくなる。不活性ガスの供給を目的とする貫通穴は、絶縁破壊を防止するために、直径が０．２ｍｍ以下の小さな穴とされることが多い。Ｅ

≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たすように接合層の材料を選定しておけば、上記のように貫通穴の直径が０．２ｍｍ以下となっている場合であっても、誘電体基板の破損が生じない程度に熱応力を抑制することができる。

【００１６】

　また、本発明に係る静電チャックでは、接合層の厚さが１００μｍ以下であることも好ましい。

【００１７】

　接合層の厚さが薄くなるほど、誘電体基板に加わる熱応力は大きくなる。しかしながら、接合層の厚さを１００μｍ以下まで薄くした場合であっても、Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たすように接合層の材料を選定しておけば、誘電体基板の破損が生じない程度に熱応力を抑制することができる。

【００１８】

　また、本発明に係る静電チャックでは、接合層はシリコーン接着剤を硬化させたものであることも好ましい。

【００１９】

　様々な種類のシリコーン接着剤の中から、Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４の条件を満たすものを選定して接合層を形成することで、熱応力による誘電体基板の破損を防止することができる。

【発明の効果】

【００２０】

　本発明によれば、接合層の厚さ及びヤング率を適切なものとし、誘電体基板に加わる熱応力を低減することのできる静電チャック、を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】本実施形態に係る静電チャックの構成を模式的に示す断面図である。

【図２】図１の静電チャックが備える誘電体基板の構成を示す図である。

【図３】接合層のヤング率と、誘電体基板で生じる最大応力との関係を示す図である。

【図４】接合層の厚さと、許容ヤング率との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

　以下、添付図面を参照しながら本実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【００２３】

　本実施形態に係る静電チャック１０は、例えばＣＶＤ成膜装置のような不図示の半導体製造装置の内部において、処理対象となる基板Ｗを静電力によって吸着し保持するものである。基板Ｗは、例えばシリコンウェハである。静電チャック１０は、半導体製造装置以外の装置に用いられてもよい。

【００２４】

　図１には、基板Ｗを吸着保持した状態の静電チャック１０の構成が、模式的な断面図として示されている。静電チャック１０は、誘電体基板１００と、ベースプレート２００と、接合層３００と、を備える。

【００２５】

　誘電体基板１００は、セラミック焼結体からなる略円盤状の部材である。誘電体基板１００は、例えば高純度の酸化アルミニウム（Al_2O_3）を含むが、他の材料を含んでもよい。誘電体基板１００におけるセラミックスの純度や種類、添加物等は、半導体製造装置において誘電体基板１００に求められる耐プラズマ性等を考慮して、適宜設定することができる。

【００２６】

　誘電体基板１００のうち図１における上方側の面１１０は、基板Ｗが載置される「載置

面」となっている。また、誘電体基板１００のうち図１における下方側の面１２０は、後述の接合層３００を介してベースプレート２００に接合される「被接合面」となっている。面１１０に対し垂直な方向に沿って、面１１０側から静電チャック１０を見た場合の視点のことを、以下では「上面視」のようにも表記する。

【００２７】

誘電体基板１００の内部には吸着電極１３０が埋め込まれている。吸着電極１３０は、例えばタングステン等の金属材料により形成された薄い平板状の層であり、面１１０に対し平行となるように配置されている。吸着電極１３０の材料としては、タングステンの他、モリブデン、白金、パラジウム等を用いてもよい。給電路１３を介して外部から吸着電極１３０に電圧が印加されると、面１１０と基板Ｗとの間に静電力が生じ、これにより基板Ｗが吸着保持される。吸着電極１３０は、本実施形態のように所謂「双極」の電極として２つ設けられていてもよいが、所謂「単極」の電極として１つだけ設けられていてもよい。

【００２８】

図１においては、給電路１３の全体が簡略化して描かれている。給電路１３のうち誘電体基板１００の内部の部分は、例えば、導電体の充填された細長いビア（穴）として構成されており、その下端には不図示の電極端子が設けられている。給電路１３のうち後述のベースプレート２００を貫いている部分は、上記の電極端子に一端が接続された導電性の金属部材（例えばバスバー）である。ベースプレート２００には、給電路１３を挿通するための不図示の貫通穴が形成されている。当該貫通穴の内面と給電路１３との間には、例えば円筒状の絶縁部材が設けられていてもよい。

【００２９】

図１に示されるように、誘電体基板１００と基板Ｗとの間には空間ＳＰが形成されている。半導体製造装置において成膜等の処理が行われる際には、空間ＳＰには、後述のガス穴１４０等を介して外部から温度調整用のヘリウムガスが供給される。誘電体基板１００と基板Ｗとの間にヘリウムガスを介在させることで、両者間の熱抵抗が調整され、これにより基板Ｗの温度が適温に保たれる。尚、空間ＳＰに供給される温度調整用のガスは、ヘリウムとは異なる種類のガスであってもよい。

【００３０】

図２は、誘電体基板１００を上面視で描いた図である。同図に示されるように、載置面である面１１０上にはシールリング１１１やドット１１２が設けられており、上記の空間ＳＰはこれらの周囲に形成されている。

【００３１】

シールリング１１１は、空間ＳＰを区画する壁であり、上面視において同心円状に並ぶように複数設けられている。それぞれのシールリング１１１の上端は、面１１０の一部となっており、基板Ｗに当接する。本実施形態では、計４つのシールリング１１１が設けられており、これにより空間ＳＰは４つに分けられている。このような構成とすることで、それぞれの空間ＳＰにおけるヘリウムガスの圧力を個別に調整し、処理中における基板Ｗの表面温度分布を均一に近づけることが可能となる。

【００３２】

図１や図２において符号「１１６」が付されている部分は、空間ＳＰの底面である。以下では、当該部分のことを「底面１１６」とも称する。シールリング１１１は、次に述べるドット１１２と共に、面１１０の一部を底面１１６の位置まで掘り下げた結果として形成されている。

【００３３】

ドット１１２は、底面１１６から突出する円形の突起である。図２に示されるように、ドット１１２は複数設けられており、誘電体基板１００の載置面において略均等に分散配置されている。それぞれのドット１１２の上端は、面１１０の一部となっており、基板Ｗに当接する。このようなドット１１２を複数設けておくことで、基板Ｗの撓みが抑制される。

【００３４】
空間ＳＰの底面１１６には、溝１１３が形成されている。溝１１３は、底面１１６から更に面１２０側へと後退させるように形成された溝である。溝１１３は、ガス穴１４０から供給されるヘリウムガスを、空間ＳＰ内に素早く拡散させ、空間ＳＰ内の圧力分布を短時間のうちに略均一とすることを目的として形成されている。
【００３５】
誘電体基板１００には、面１２０から面１１０側に向かって垂直に伸びるガス穴１４０が形成されている。図２に示されるように、ガス穴１４０のうち面１１０側の端部は、溝１１３の底面において開口している。誘電体基板１００において、ガス穴１４０は複数形成されており、これらが溝１１３に沿って並んでいる。本実施形態では、４つに区分された空間ＳＰのそれぞれに対して、ガス穴１４０が複数個ずつ繋がっている。
【００３６】
尚、図２においては図示の便宜上、ガス穴１４０の直径が溝１１３の幅よりも大きくなっているように描かれているが、図１に示されるように、実際のガス穴１４０の直径は溝１１３の幅よりも小さい。ガス穴１４０が溝１１３の内側に収まるように、ガス穴１４０の位置において、溝１１３の幅が局所的に大きくなっていてもよい。
【００３７】
図１に示されるように、ガス穴１４０のうち面１２０側の部分は、面１１０側の部分に比べて拡径されており、その内側には通気プラグ１４５が配置されている。通気プラグ１４５は、例えばアルミナにより形成された多孔質体であり、全体が通気性を有している。このような通気プラグ１４５をガス穴１４０の内側に配置することで、ガス穴１４０におけるガスの流れを確保しながらも、ガス穴１４０を通じた経路での絶縁破壊の発生を抑制することができる。
【００３８】
図２において符号「１１５」が付されているのは、半導体製造装置に設けられた不図示のリフトピンが挿通される穴である。当該穴のことを、以下では「リフトピン穴１１５」とも称する。リフトピン穴１１５は計３つ形成されており、これらが１２０度等配となるように配置されている。リフトピン穴１１５を通じて上下に移動するリフトピンにより、誘電体基板１００の面１１０に対する基板Ｗの着脱が行われる。
【００３９】
ベースプレート２００は、誘電体基板１００を支持する略円盤状の部材である。ベースプレート２００は、例えばアルミニウムのような金属材料により形成されている。ベースプレート２００のうち、図１における上方側の面２１０は、接合層３００を介して誘電体基板１００に接合される「被接合面」となっている。
【００４０】
図１に示されるように、ベースプレート２００には、面２１０から、その反対側の面２２０側に向かって垂直に伸びるガス穴２４０が形成されている。ガス穴２４０は、上面視において誘電体基板１００のガス穴１４０と重なる位置、のそれぞれに形成されており、接合層３００に設けられた貫通穴３１０を介してガス穴１４０に連通されている。ガス穴２４０は、誘電体基板１００のガス穴１４０と共に、空間ＳＰに向けてヘリウムガスを供給するための経路の一部となっている。
【００４１】
図１に示されるように、ガス穴２４０のうち面２１０側の部分は、面２２０側の部分に比べて拡径されており、その内側には通気プラグ２４５が配置されている。通気プラグ２４５は、例えばアルミナにより形成された多孔質体であり、全体が通気性を有している。このような通気プラグ２４５をガス穴２４０の内側に配置することで、ガス穴２４０におけるガスの流れを確保しながらも、ガス穴２４０を通じた経路での絶縁破壊の発生を抑制することができる。
【００４２】
尚、ガス穴２４０は、本実施形態のように全体が直線状に伸びるように形成されていて

もよいが、面２２０に向かう途中で屈曲するように形成されていてもよい。また、面２１０側の複数のガス穴２４０を、ベースプレート２００の内部において少数の流路に集約した上で、当該流路を面２２０側まで伸ばすような構成としてもよい。

【００４３】

ベースプレート２００の内部には、冷媒を流すための冷媒流路２５０が形成されている。半導体製造装置において成膜等の処理が行われる際には、外部から冷媒が冷媒流路２５０に供給され、これによりベースプレート２００が冷却される。処理中において基板Ｗで生じた熱は、空間ＳＰのヘリウムガス、誘電体基板１００、及びベースプレート２００を介して冷媒へと伝えられ、冷媒と共に外部へと排出される。

【００４４】

ベースプレート２００のうち、上面視においてリフトピン穴１１５と重なる位置のそれぞれには、リフトピンを通すための不図示の貫通穴が形成されている。

【００４５】

ベースプレート２００の表面には絶縁膜が形成されていてもよい。絶縁膜は、ベースプレート２００の表面のうち、少なくとも面２１０の全体を含む範囲に形成されることが好ましい。絶縁膜としては、例えば、溶射により形成されたアルミナの膜を用いることができる。ベースプレート２００の表面を絶縁膜で覆っておくことにより、ベースプレート２００の絶縁耐圧を高めることができる。

【００４６】

接合層３００は、誘電体基板１００とベースプレート２００との間に設けられた層であって、両者を接合している。接合層３００は、絶縁性の材料からなる接着材を硬化させたものである。本実施形態では、上記接着剤としてシリコーン接着剤を用いている。ただし、接合層３００は、他の種類の接着剤を硬化させたものであってもよい。いずれの場合であっても、誘電体基板１００とベースプレート２００との間の熱抵抗が小さくなるように、接合層３００の材料としては、可能な限り熱伝導率が高い材料を用いるのが好ましい。

【００４７】

誘電体基板１００は、面１２０がベースプレート２００の面２１０に対し平行となっている状態で、ベースプレート２００に接合される。このため、接合層３００の厚さは全体で均等となっている。接合層３００の厚さを「μｍ」の単位で表した数値のことを、以下では「Ｔ」と表記する。例えば、接合層３００の厚さが０．１ｍｍである場合には、Ｔ＝１００である。

【００４８】

尚、誘電体基板１００の面１２０側に電極端子が埋め込まれている場合や、ベースプレート２００の面２１０の一部に溝が形成されている場合等のように、接合層３００の厚さが全体で均等とはなっていない場合もあり得る。その場合は、接合層３００のうち、上記のように局所的に厚さが他と異なっている部分を除外した範囲の厚さのことを、「接合層３００の厚さ」と定義し、これをＴで表せばよい。

【００４９】

接合層３００は、誘電体基板１００やベースプレート２００に比べると小さなヤング率（縦弾性係数）を有している。誘電体基板１００とベースプレート２００との間で熱膨張差が生じても、接合層３００が変形し熱膨張差を吸収するため、誘電体基板１００等における熱応力を小さく抑えることができる。

【００５０】

接合層３００のヤング率は、接合層３００の温度に応じて変化する。接合層３００の温度が－１００℃となっているときにおける接合層３００のヤング率を、「ＭＰａ」の単位で表した数値のことを、以下では「Ｅ」と表記する。例えば、－１００℃における接合層３００のヤング率が０．０１ＧＰａである場合には、Ｅ＝１０である。尚、上記における「－１００℃」という温度は、接合層３００の物性（ヤング率）を特定するための便宜上の基準に過ぎず、冷媒流路２５０に実際に供給される冷媒の温度について何ら限定するものではない。

【００５１】
近年では、処理中において基板Ｗに入射するエネルギーの増大等に伴って、ベースプレート２００には従来よりも高い冷却性能が求められる傾向がある。例えば、ベースプレート２００の冷媒流路２５０には、－６０℃もしくはそれ以下の温度の冷媒が供給されることもある。プラズマの高出力化等に伴って冷媒の温度は更に低くなるので、将来的には－１００℃程度の冷媒が供給されるようになる可能性もある。
【００５２】
基板Ｗの処理の開始に伴う各部の温度変化や、誘電体基板１００とベースプレート２００との間の温度差等に起因して、誘電体基板１００には大きな熱応力が加わる。特に、誘電体基板１００のうちガス穴１４０の出口部分においては熱応力が集中しやすく、当該部分を起点として誘電体基板１００の破損が生じる可能性がある。
【００５３】
接合層３００の材料として、可能な限りヤング率の小さな材料を用いれば、誘電体基板１００に加わる熱応力を小さくすることができる。しかしながら、接合層３００に求められる伝熱性能等に鑑みれば、接合層３００のヤング率をいくらでも小さくできるわけではない。接合層３００の材料は、ヤング率が所定の上限値以下であるという条件の下で、求められる伝熱性能等を考慮して適宜選定する必要がある。
【００５４】
接合層３００の厚さ（Ｔ）を厚くするほど、誘電体基板１００に加わる熱応力は小さくなるので、許容され得るヤング率（Ｅ）の上限値は大きくなる。このように、接合層３００の厚さ（Ｔ）と、－１００℃における接合層３００のヤング率（Ｅ）の上限値とは、互いに相関のあるパラメータとなっている。本発明者らは、種々の実験及び解析等を行うことにより、上記の相関について以下に示すような新たな知見を得ることができた。
【００５５】
図３に示される５つのグラフは、－１００℃における接合層３００のヤング率（横軸）と、誘電体基板１００で生じる最大応力（縦軸）との関係を、接合層３００の厚さ（Ｔ１～Ｔ５）毎に表すものである。横軸のヤング率は、先に述べた「Ｅ」の個別の値であり、「Ｔ１」や「Ｔ５」等は、先に述べた「Ｔ」の個別の値である。
【００５６】
図３のそれぞれのグラフは、接合層３００のヤング率（具体的には、－１００℃におけるヤング率）の値を変化させながら都度解析を行い、低温時において誘電体基板１００で生じる応力の最大値をプロットして行くことにより得られたものである。上記の「低温時」とは、具体的には、静電チャック１０全体の温度が４０℃の状態で接合層３００を硬化させた後に、静電チャック１０全体の温度を－１００℃まで低下させた時のことである。いずれの解析においても、誘電体基板１００のうち最も熱応力が高くなると算出された部分は、最外周に配置されたガス穴１４０の、面１１０側の端部近傍の部分であった。
【００５７】
各グラフの右側に付された「Ｔ１」や「Ｔ２」等の文字列は、接合層３００の厚さを表している。これらのうち、Ｔ１が最も薄く、Ｔ５が最も厚くなっている。
【００５８】
図３に示されるように、接合層３００のヤング率が大きくなるに従って、低温時に誘電体基板１００で生じる最大応力は大きくなることがわかる。また、接合層３００のヤング率を同一とした条件の下で比較すると、接合層３００の厚さが薄くなるほど、低温時に誘電体基板１００で生じる最大応力は大きくなることがわかる。
【００５９】
図３の縦軸に示される「閾値」は、誘電体基板１００において破損が生じることの無い最大応力の範囲、の上限値のことである。
【００６０】
同図の「Ｅ１」は、接合層３００の厚さが「Ｔ１」の静電チャック１０において、最大応力の値が上記閾値となるようなヤング率（Ｅ）の値である。「Ｅ２」は、接合層３００

の厚さが「Ｔ２」の静電チャック１０において、最大応力の値が上記閾値となるようなヤング率（Ｅ）の値である。「Ｅ３」、「Ｅ４」、「Ｅ５」についてもこれらと同様である。Ｅ１乃至Ｅ５のそれぞれは、誘電体基板１００の破損を生じさせないために、「－１００℃におけるヤング率」の値として許容し得る範囲の上限値、ということができる。このようなヤング率の上限値のことを、以下では「許容ヤング率」とも称する。図３から明らかなように、許容ヤング率（Ｅ１乃至Ｅ５）は、接合層３００の厚さ（Ｔ１乃至Ｔ５）に応じて異なる値となる。

【００６１】

図４には、接合層３００の厚さであるＴ１乃至Ｔ５（横軸）と、許容ヤング率であるＥ１乃至Ｅ５（縦軸）との対応関係が示されている。同図に示されるように、両者の間には概ね一次の相関があることがわかる。図４に示される一次の相関は、以下の式（１）で表すことができる。

（許容ヤング率）＝０．０４×（接合層３００の厚さ）－０．０４・・・（１）

【００６２】

従って、－１００℃における接合層３００のヤング率であるＥと、接合層３００の厚さあるＴとが、以下の式（２）で示される条件を満たすのであれば、誘電体基板１００で生じる最大応力の値は図３の「閾値」以下に収まり、誘電体基板１００の破損は確実に防止されることとなる。

Ｅ≦０．０４×Ｔ－０．０４・・・（２）

【００６３】

以上のように、本発明者らが今般行った解析等により、接合層３００の厚さ及びヤング率を適切なものとするための条件として、上記の式（２）を得ることができた。上記の式（２）の条件を満たすように接合層３００の厚さ及びヤング率を選定しておけば、基板Ｗの処理中等における誘電体基板１００の熱応力を、破損が生じない程度に低減することができる。具体的なＥやＴの値は、接合層３００に求められる伝熱性能等の要求仕様を満たしつつ、且つ上記（２）の条件を満たす範囲内の値として、適宜設定すればよい。

【００６４】

上記の知見は、本実施形態のように、誘電体基板１００にガス穴１４０のような貫通穴が形成されている場合において特に有用である。このような構成においては、貫通穴のうち特に基板Ｗ側の端部近傍の部分で熱応力が大きくなる傾向がある。しかしながら、上記の式（２）の条件を満たすように接合層３００の厚さ及びヤング率を設定しておけば、誘電体基板１００に貫通穴が形成されている場合であっても、誘電体基板１００の破損が生じない程度に熱応力を抑制できることが、解析等により確認されている。

【００６５】

尚、ガス穴１４０等の貫通穴のうち、接合層３００とは反対側の端部（つまり面１１０側の端部）における直径が小さくなる程、誘電体基板１００で生じる熱応力は大きくなることが判明している。ガス穴１４０のように、不活性ガスの供給を目的とする貫通穴は、絶縁破壊を防止するために、直径が０．２ｍｍ以下の小さな穴とされることが多い。上記の式（２）の条件を満たすように接合層３００の厚さ及びヤング率を設定しておけば、貫通穴の直径が０．２ｍｍ以下となっている場合であっても、誘電体基板１００の破損が生じない程度に熱応力を抑制できることが、解析等により確認されている。尚、上記の記載は、貫通穴の直径を０．２ｍｍ以上とすることについて何ら否定するものではない。

【００６６】

接合層３００の厚さが薄くなるほど、誘電体基板１００に加わる熱応力は大きくなる。しかしながら、接合層３００の厚さを１００μｍ以下まで薄くした場合であっても、上記の式（２）の条件を満たすように接合層３００の材料を選定しておけば、誘電体基板１００の破損が生じない程度に熱応力を抑制することができる。つまり、本発明者らによって得られた上記知見によれば、接合層３００の厚さを、従来よりも薄い１００μｍ以下まで抑え、これにより接合層３００における伝熱性能を十分に高めながらも、熱応力による誘電体基板１００の破損を防止することが可能となる。尚、上記の記載は、接合層３００の

厚さを１００μｍ以上とすることについて何ら否定するものではない。

【００６７】

接合層３００としては、上記の式（２）の条件を満たし得るものであれば、様々な種類の接着剤を用いることができる。例えば、本実施形態のようなシリコーン接着剤のほか、エポキシ、ポリイミド、アクリル、変性シリコーン樹脂等の様々な接着剤を用いて接合層３００を形成することができる。ただし、シリコーン接着剤は硬化後におけるヤング率が比較的小さいので、様々な種類のシリコーン接着剤の中から、上記の式（２）の条件を満たすものを容易に選定することができる。このため、本実施形態のように、接合層３００はシリコーン接着剤を硬化させたものであることが好ましい。

【００６８】

接合層３００を形成するための接着剤としては、市販されている既存の接着剤をそのまま用いてもよいが、式（２）の条件を満たすように、既存の接着剤に対しヤング率の調整を施したものを用いてもよい。接着剤のヤング率を調整する方法としては、公知となっている種々の方法を採用することができる。例えば、接着剤に対し官能基やフィラーを添加することとし、それぞれの種類や添加量を調整することで、－１００度のような低温域におけるヤング率を変化させ所望の値とすることができる。一例として、接着剤がシリコーン樹脂の場合には、フェニル基の添加量を調整することで、特に低温域でのヤング率を調整することができる。また無機フィラーの添加量を減らすことでヤング率を低下させることもできる。

【００６９】

以上、具体例を参照しつつ本実施形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、条件、形状などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

【符号の説明】

【００７０】

１０：静電チャック

１００：誘電体基板

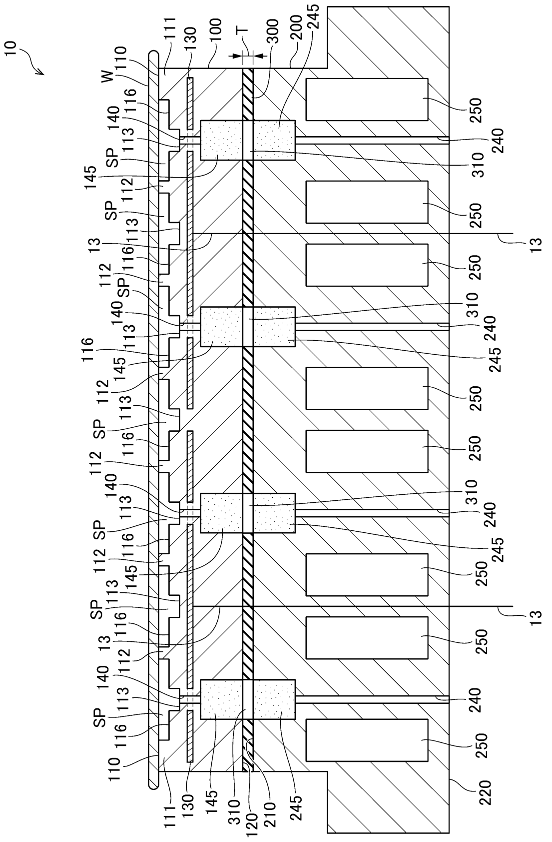
１４０：ガス穴

２００：ベースプレート

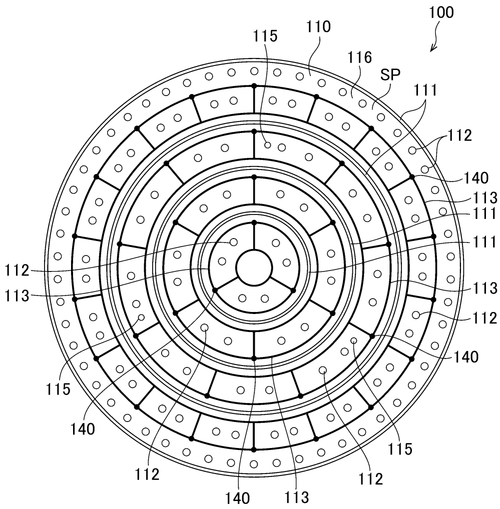
３００：接合層

【図面】

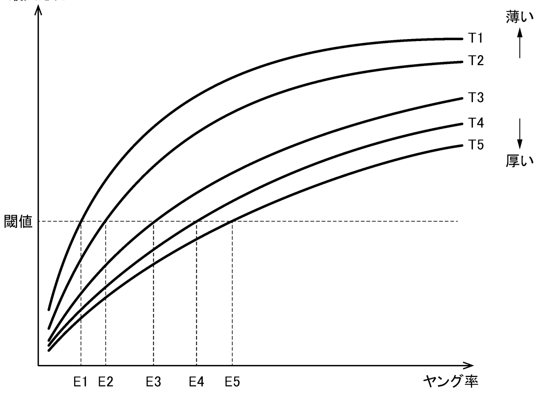
【図１】



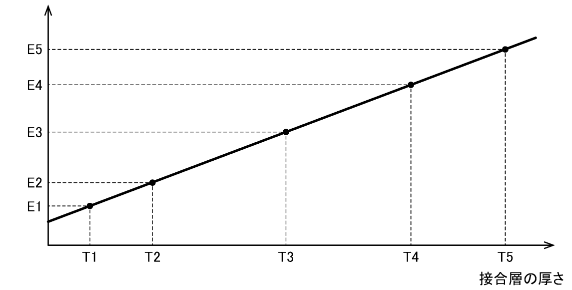
【図２】


100
110
115
116
SP
111
112
140
113

【図３】


最大応力
薄い
厚い
T1
T2
T3
T4
T5
閾値
E1
E2
E3
E4
E5
ヤング率

【図４】


許容ヤング率
E5
E4
E3
E2
E1
T1
T2
T3
T4
T5
接合層の厚さ

フロントページの続き

(72)発明者 小林 幸太
福岡県北九州市小倉北区中島２丁目１番１号 ＴＯＴＯ株式会社内
(72)発明者 籾山 大
福岡県北九州市小倉北区中島２丁目１番１号 ＴＯＴＯ株式会社内

Ｆターム（参考） 4K030 CA04 FA01 GA02 JA01 JA03 KA46 LA12 LA15
5F004 AA06 BB22 BB25 CA04
5F131 AA02 BA04 CA02 DA33 DA42 EA03 EB11 EB54 EB72 EB78
EB79 EB82 EB84