

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4051785号
(P4051785)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 1 G

H O 1 L 21/205 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 4 H

H O 1 L 21/31 (2006.01)

H O 1 L 21/205

H O 1 L 27/10 (2006.01)

H O 1 L 21/31 B

H O 1 L 21/8242 (2006.01)

H O 1 L 27/10 4 5 1

請求項の数 8 (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-332712
 (22) 出願日 平成10年11月24日(1998.11.24)
 (65) 公開番号 特開2000-164567(P2000-164567A)
 (43) 公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)
 審査請求日 平成17年8月10日(2005.8.10)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100094363
 弁理士 山本 孝久
 (72) 発明者 門村 新吾
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 (72) 発明者 高津 恵
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 (72) 発明者 平野 信介
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材と、該母材の表面に設けられたセラミックス層とから成る複合部材から構成され、静電チャック機能を有し、且つ、温度制御手段を備えた基体載置ステージを使用したプラズマエッチング法であって、

基体上に被加工層を形成した後、該被加工層上にエッチング用マスクを設け、次いで、基体を基体載置ステージ上に載置して該被加工層をプラズマエッチングする工程から成り、

被加工層は、高誘電体薄膜、強誘電体薄膜及び電極用材料層から構成された群から選択された少なくとも1層から成り、

エッチング用マスクは、 SiO_2 、 SiN 、 SiO_2 、 SiON 及び低誘電率絶縁材料から構成された群から選択された絶縁材料から成り、

母材の線膨張率を α_1 [単位： $10^{-6}/\text{K}$]としたとき、セラミックス層の線膨張率 α_2 [単位： $10^{-6}/\text{K}$]は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足し、

母材を構成するセラミックス部材の組成はコージエライトセラミックスであり、母材を構成するアルミニウム系材料の組成はアルミニウムとケイ素であり、セラミックス層を構成する材料は酸化アルミニウムであることを特徴とするプラズマエッチング法。

【請求項2】

被加工層は、高誘電体薄膜若しくは強誘電体薄膜、及びその上に形成された白金から成

10

20

る電極用材料層から構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 3】

プラズマエッチング時、被加工層の温度を 100°C 乃至 500°C に制御することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 4】

温度制御手段はヒータから構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 5】

ヒータは母材の内部に配設されており、

ヒータを構成する材料の線膨張率 α_H [単位： $10^{-6}/\text{K}$] は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_H \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足することを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 6】

温度制御手段は、母材の内部に配設された温度制御用熱媒体を流す配管から構成されており、

配管の線膨張率 α_p [単位： $10^{-6}/\text{K}$] は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_p \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 7】

セラミックス層は、溶射法にて母材の表面に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【請求項 8】

セラミックス層は、ロウ付け法にて母材の表面に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマエッチング法に関し、更に詳しくは、高誘電体薄膜、強誘電体薄膜及び電極用材料層から構成された群から選択された少なくとも 1 層から成る被加工層のプラズマエッチング法に関する。

【0002】

【従来の技術】

LSI の微細化、高機能化、高性能化は止まるところを知らず、西暦 2000 年には $0.13\mu\text{m}$ デザインルール of LSI の量産が開始されると云われている。そして、このような次世代以降の LSI の性能向上のために、新規のプロセスや材料の開発が進められている。特に、次世代以降の DRAM や DRAM 混載のロジック集積回路においては、小さいセル面積で必要なキャパシタ容量を確保する必要があるため、キャパシタを構成する材料として、高い比誘電率を有する材料、即ち、チタン酸ストロンチウムバリウム $[(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3]$ 、BST と略称する場合がある] やチタン酸ストロンチウム $[\text{SrTiO}_3]$ 、STO と略称する場合がある] 等の高誘電体材料を使用することが不可欠であると云われている。

【0003】

また、近年、成膜技術の進歩に伴い、例えば、Bi 系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料やチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT と略称する場合がある) から構成された強誘電体薄膜を用いた不揮発性メモリの応用研究が盛んに進められている。この不揮発性メモリは、強誘電体薄膜の高速分極反転とその残留分極を利用する、高速書き換えが可能な不揮発性メモリである。現在研究されている強誘電体薄膜を備えた不揮発性メモリは、強誘電体キャパシタの蓄積電荷量の変化を検出する方式と、強誘電体薄膜の自発分極による半導体の抵抗変化を検出する方式の 2 つに分類することができる。

【0004】

強誘電体キャパシタの蓄積電荷量の変化を検出する方式の不揮発性半導体メモリセルは

10

20

30

40

50

、基本的には、強誘電体キャパシタと選択トランジスタとから構成されている。強誘電体キャパシタは、例えば、下部電極、上部電極、及びこれらの間に挟まれた強誘電体薄膜から構成されている。このタイプの不揮発性メモリセルにおけるデータの書き込みや読み出しは、図32に示す強誘電体薄膜のP-Eヒステリシスループを応用して行われる。強誘電体薄膜に外部電界を加えた後、外部電界を除いたとき、強誘電体薄膜は残留分極を示す。そして、強誘電体薄膜の残留分極は、プラス方向の外部電界が印加されたとき $+P_r$ 、マイナス方向の外部電界が印加されたとき $-P_r$ となる。ここで、残留分極が $+P_r$ の状態（図32の「D」参照）の場合を「0」とし、残留分極が $-P_r$ の状態（図32の「A」参照）の場合を「1」とする。

【0005】

「1」あるいは「0」の状態を判別するために、強誘電体薄膜に例えばプラス方向の外部電界を印加する。これによって、強誘電体薄膜の分極は図32の「C」の状態となる。このとき、データが「0」であれば、強誘電体薄膜の分極状態は、「D」から「C」の状態に変化する。一方、データが「1」であれば、強誘電体薄膜の分極状態は、「A」から「B」を経由して「C」の状態に変化する。データが「0」の場合には、強誘電体薄膜の分極反転は生じない。一方、データが「1」の場合には、強誘電体薄膜に分極反転が生じる。その結果、強誘電体キャパシタの蓄積電荷量に差が生じる。選択されたメモリセルの選択トランジスタをオンにすることで、この蓄積電荷をビット線電位として検出する。データの読み出し後、外部電界を0にすると、データが「0」のときでも「1」のときでも、強誘電体薄膜の分極状態は図32の「D」の状態となってしまう。それ故、データが「1」の場合、マイナス方向の外部電界を印加して、「D」、「E」という経路で「A」の状態とし、データ「1」を書き込む。

【0006】

これらの高誘電体材料や強誘電体材料の成膜はCVD法、スパッタ法等にて行われるが、いずれの成膜方法においても成膜時の雰囲気は酸性雰囲気である。それ故、電極用材料として従来のようにポリシリコンを用いると、電極表面、即ち、ポリシリコン層表面に酸化膜（ SiO_2 膜）が形成されてしまい、実効的な誘電率が低下するといった問題、あるいは、コンタクトが取れなくなるといった問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、高誘電体薄膜や強誘電体薄膜は、通常、ハロゲン系ガスをエッチング用ガスとして用いたプラズマエッチング法によってパターンニングされる。然るに、これらの薄膜を構成する材料とエッチング用ガスとの反応によって生成する反応生成物（エッチング生成物）の蒸気圧が低く、これらの薄膜の微細加工が困難であるといった問題がある。また、白金等の電極用材料は、通常、加工精度の低いミリング法やスパッタ・エッチング法によってパターンニングされている。加工精度を高めるためにプラズマエッチング法にて白金等の電極用材料をエッチングした場合、やはり、電極用材料とエッチング用ガスとの反応によって生成する反応生成物（エッチング生成物）の蒸気圧が低く、電極用材料の微細加工が困難であるといった問題がある。

【0008】

このような問題を解決するためには、即ち、蒸気圧の低い反応生成物を気化させるためには、高誘電体薄膜、強誘電体薄膜あるいは電極用材料層から成る被加工層を高温に加熱しながらプラズマエッチングする必要がある。ここで、プラズマエッチングを行う際には、エッチング装置のチャンバー内に配置された基体載置ステージ（ウエハステージと呼ばれる場合がある）上に被加工層が形成された半導体基板を載置・固定する。そして、被加工層の加熱は、通常、基体載置ステージに内蔵されたヒータによって行う。ところが、プラズマエッチングが進行するに従い、被加工層へのプラズマ照射によって被加工層に大きな入熱があり、その結果、被加工層、更には半導体基板の温度が大幅に上昇する。そのため、従来の技術においては、例えば 250°C にて被加工材料のプラズマエッチングを実施する場合、プラズマ照射による被加工材料の温度上昇が 100°C であるとすれば、プラ

ズマエッチング開始時、この温度上昇分だけ被加工材料の温度を下げた状態で、即ち、基体載置ステージの設定温度を例えば150°Cに設定した状態で、プラズマエッチングを開始している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、このように、被加工層の温度を下げた状態（例えば150°C）からプラズマエッチングを開始したのでは、蒸気圧の低い反応生成物を気化させることが困難となる。

【0010】

また、被加工層の温度制御を行いながら半導体基板上に形成された被加工層をプラズマエッチングする場合、半導体基板を基体載置ステージに十分に密着させる必要がある。そのための簡便な手段としてクランプがあるが、クランプを使用した場合、クランプと接する部分の被加工層に対するエッチングを行うことができない。また、半導体基板の周辺部のみにおいて半導体基板を基体載置ステージに押し付けるため、半導体基板の大口径化に伴い、半導体基板の中央部と周辺部とでの均一なる基体載置ステージへの密着が難しいといった問題を有する。

【0011】

半導体基板を基体載置ステージに十分に密着させる別の手段として、静電チャックがある。この静電チャックは、文字通り、静電吸着によって半導体基板を基体載置ステージに吸着するための装置である。即ち、静電チャックは、通常、基体載置ステージの表面に設けられた誘電体部材から成り、この誘電体部材に直流電圧を印加することによって誘電体部材に静電吸着力を生じさせる。静電チャックを使用すれば、クランプを使用した場合と異なり、半導体基板の全面を基体載置ステージに確実に密着させることができる。

【0012】

ところで、従来の静電チャックを備えた基体載置ステージを高温に加熱すると、基体載置ステージの線膨張率と誘電体部材の線膨張率との相違に起因して、誘電体部材にクラックが発生してしまい、静電チャックとしての機能が失われてしまう。このような問題を解決する手段が、例えば、特開平10-32239号公報に開示されている。この特許公開公報に開示された静電チャックステージは、静電チャック用セラミックス焼結体プレートと、セラミックとアルミニウムとの複合プレートとを接合して成る。この静電チャックステージを使用することによって、高温で優れた温度制御下、被加工材料のプラズマエッチングが可能である。しかしながら、この特許公開公報には、高誘電体薄膜や強誘電体薄膜、あるいは白金等の電極用材料の具体的なプラズマエッチング法について記載も示唆もなされていない。

【0013】

従って、本発明の目的は、高誘電体薄膜、強誘電体薄膜及び電極用材料層から構成された群から選択された少なくとも1層から成る被加工層を確実に微細加工することを可能とするプラズマエッチング法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明のプラズマエッチング法は、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材と、該母材の表面に設けられたセラミックス層とから成る複合部材から構成され、静電チャック機能を有し、且つ、温度制御手段を備えた基体載置ステージを使用したプラズマエッチング法であって、基体上に被加工層を形成した後、該被加工層上にエッチング用マスクを設け、次いで、基体を基体載置ステージ上に載置して該被加工層をプラズマエッチングする工程から成り、被加工層は、高誘電体薄膜、強誘電体薄膜及び電極用材料層から構成された群から選択された少なくとも1層から成り、エッチング用マスクは、SiO₂、SiN、SiON及び低誘電率絶縁材料から構成された群から選択された絶縁材料から成ることを特徴とする。

【0015】

前述のとおり、高誘電体薄膜や強誘電体薄膜、あるいは電極用材料層から成る被加工層とエッチング用ガスとの反応によって生成する反応生成物は蒸気圧が低い。従って、従来のプラズマエッチング法によっては反応生成物が気化し難く、被加工層の微細加工が困難である。本発明のプラズマエッチング法においては、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材と、母材の表面に設けられたセラミックス層とから成る複合部材から構成された基体載置ステージを使用するので、基体載置ステージを高温に加熱しても、セラミックス層に損傷が発生すること無く、基体、更には、基体上に形成された被加工層を高温に加熱することが可能となる。その結果、反応生成物の気化を促進することができ、被加工層の微細加工を確実に行うことができる。しかも、基体載置ステージは静電チャック機能を有しているので、基体を基体載置ステージに確実に密着させることができ、基体、更には、基体上に形成された被加工層を、優れた温度制御の下、効果的に高温に加熱することができる。

10

【0016】

基体載置ステージを構成する母材それ自体を電極としてもよいし、セラミックス層内部に電極を形成してもよく、かかる電極に直流電圧を印加することによって、基体載置ステージに静電チャック機能を付与することができる。

【0017】

基体載置ステージに配設された温度制御手段を、ヒータから構成することができる。ヒータを複合部材の外部に配設してもよいし、母材の内部に配設してもよく、後者の場合、母材の線膨張率を α_1 [単位： $10^{-6}/K$]としたとき、ヒータを構成する材料の線膨張率 α_H [単位： $10^{-6}/K$]は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_H \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足することが好ましい。ここで、ヒータを構成する材料とは、母材と接するヒータの部分（例えば鞘管）を構成する材料を意味する。以下においても同様である。尚、一般に、線膨張率 α は、物体の長さを L 、 $0^\circ C$ における物体の長さを L_0 、 θ を温度としたとき、 $\alpha = (dL/d\theta) / L_0$ で表すことができ、単位は K^{-1} ($1/K$)であるが、本明細書では、 $10^{-6}/K$ を単位として線膨張率を表現している。以下、線膨張率を説明するとき、単位を省略して説明する場合もある。

20

【0018】

あるいは又、基体載置ステージに配設された温度制御手段を、母材の内部に配設された温度制御用熱媒体を流す配管から構成することもできる。この場合、母材の線膨張率を α_1 [単位： $10^{-6}/K$]としたとき、配管の線膨張率 α_p [単位： $10^{-6}/K$]は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_p \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足することが好ましい。

30

【0019】

母材の線膨張率 α_1 とヒータを構成する材料や配管の線膨張率 α_H 、 α_p とがこれらの関係を満足することによって、セラミックス層に損傷が発生することを効果的に防止することができる。

【0020】

また、母材の線膨張率を α_1 [単位： $10^{-6}/K$]としたとき、セラミックス層の線膨張率 α_2 [単位： $10^{-6}/K$]は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足することが好ましい。これによって、例えば $500^\circ C$ 程度の高温にて基体載置ステージを使用しても、母材の線膨張率 α_1 とセラミックス層の線膨張率 α_2 の差に起因したセラミックス層の損傷発生を確実に防止することが可能となる。

40

【0021】

尚、このような母材は、例えば、(A)セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填し、以て、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材を作製する工程と、(B)この母材の表面にセラミックス層を設ける工程に基づき作製することができる。

【0022】

この場合、母材を構成するセラミックス部材の組成をコージエライトセラミックスとし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) と

50

し、セラミックス層を構成する材料を酸化アルミニウム (Al_2O_3) や窒化アルミニウム (AlN) とすることができる。尚、セラミックス層を構成する材料には、セラミックス層の線膨張率や電気特性を調整するために、例えば、 TiO_2 を添加してもよい。 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足するように、コージエライトセラミックスとアルミニウム系材料との容積比を決定することが望ましい。あるいは又、コージエライトセラミックス／アルミニウム系材料の容積比を、 $25/75$ 乃至 $75/25$ 、好ましくは $25/75$ 乃至 $50/50$ とすることが望ましい。このような容積比にすることによって、母材の線膨張率の制御だけでなく、母材は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有するようになる。その結果、このような母材には、電圧の印加は勿論のこと、バイアスの印加も可能となり、反応生成物の気化の促進を図ることができる。更には、アルミニウム系材料を基準としたとき、アルミニウム系材料には、ケイ素が 12 乃至 35 体積%、好ましくは 16 乃至 35 体積%、一層好ましくは 20 乃至 35 体積% 含まれていることが、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足する上で望ましい。尚、実際には、コージエライトセラミックスから成るセラミックス部材の組織中に、アルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) が充填され、アルミニウム (Al) 中にケイ素 (Si) が含まれているわけではないが、アルミニウム系材料におけるアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) の容積比を表すために、アルミニウム系材料にはケイ素が含まれているという表現を用いる。以下においても同様である。

10

【0023】

母材を構成するセラミックス部材の組成をコージエライトセラミックスとし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) とする場合、上記の工程 (A) は、容器の中に多孔質のコージエライトセラミックスを組成としたセラミックス部材を配し、容器内に熔融したアルミニウムとケイ素とを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鋳造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から成ることが好ましい。この場合、セラミックス部材は、例えば、金型プレス成形法、静水圧成形法 (CIP法あるいはラバープレス成形法とも呼ばれる)、鋳込み成形法 (スリップキャスト法とも呼ばれる)、あるいは泥漿鋳込み成形法によってコージエライトセラミックスを成形した後、焼成 (焼結) を行うことによって得ることができる。

20

【0024】

尚、セラミックス部材を、コージエライトセラミックス粉末を成形した後、焼成することにより作製することができるが、コージエライトセラミックス粉末とコージエライトセラミックス繊維との混合物を焼成 (焼結) することにより作製することが、多孔質のセラミックス部材を得る上で、また、母材作製の際にセラミックス部材に損傷が発生することを防ぐ上で、好ましい。後者の場合、焼成体 (焼結体) におけるコージエライトセラミックス繊維の割合は、 1 乃至 20 体積%、好ましくは 1 乃至 10 体積%、一層好ましくは 1 乃至 5 体積% であることが望ましい。また、コージエライトセラミックス粉末の平均粒径は 1 乃至 $100 \mu m$ 、好ましくは 5 乃至 $50 \mu m$ 、一層好ましくは 5 乃至 $10 \mu m$ であり、コージエライトセラミックス繊維の平均直径は 2 乃至 $10 \mu m$ 、好ましくは 3 乃至 $5 \mu m$ であり、平均長さは 0.1 乃至 $10 mm$ 、好ましくは 1 乃至 $2 mm$ であることが望ましい。更には、コージエライトセラミックス粉末とコージエライトセラミックス繊維との混合物を 800 乃至 $1200^\circ C$ 、好ましくは 800 乃至 $1100^\circ C$ にて焼成 (焼結) することが望ましい。また、セラミックス部材の空孔率は 25 乃至 75% 、好ましくは 50 乃至 75% であることが望ましい。

30

40

【0025】

また、容器内に熔融したアルミニウム系材料を流し込む際のセラミックス部材の温度を 500 乃至 $1000^\circ C$ 、好ましくは 700 乃至 $800^\circ C$ とし、容器内に熔融したアルミニウム系材料を流し込む際のアルミニウム系材料の温度を 700 乃至 $1000^\circ C$ 、好ましくは 750 乃至 $900^\circ C$ とし、高圧鋳造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する際に加える絶対圧を 200 乃至 $1500 kgf/cm^2$ 、好ましくは 80

50

0乃至1000kgf/cm²とすることが望ましい。

【0026】

あるいは又、母材を構成するセラミックス部材の組成を窒化アルミニウム (AlN) とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) あるいはアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) とし、セラミックス層を構成する材料を酸化アルミニウム (Al₂O₃) や窒化アルミニウム (AlN) とすることができる。尚、セラミックス層を構成する材料には、セラミックス層の線膨張率や電気特性を調整するために、例えば、TiO₂やY_xO_yを添加してもよい。この場合、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足するように、窒化アルミニウムとアルミニウム系材料との容積比を決定することが好ましい。あるいは又、窒化アルミニウム／アルミニウム系材料の容積比を、40／60乃至80／20、好ましくは60／40乃至70／30とすることが望ましい。このような容積比にすることによって、母材の線膨張率の制御だけでなく、母材は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有するようになり、このような母材には電圧の印加は勿論のこと、バイアスの印加も可能となり、反応生成物の気化の促進を図ることができる。尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とする場合、アルミニウム系材料にはケイ素が12乃至35体積%、好ましくは16乃至35体積%、一層好ましくは20乃至35体積%含まれていることが、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する上で望ましい。

10

【0027】

母材を構成するセラミックス部材の組成を窒化アルミニウム (AlN) とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) とした場合、前述の工程 (A) は、非加圧金属浸透法に基づき、窒化アルミニウム粒子から成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成ることが好ましい。尚、セラミックス部材は、例えば、金型プレス成形法、静水圧成形法、鋳込み成形法、あるいは泥漿鋳込み成形法によって成形した後、500乃至1000°C、好ましくは800乃至1000°Cの温度で焼成（焼結）を行うことによって得ることができる。この場合、窒化アルミニウム粒子の平均粒径は10乃至100μm、好ましくは10乃至50μm、一層好ましくは10乃至20μmであることが望ましい。

20

【0028】

あるいは又、母材を構成するセラミックス部材の組成を炭化ケイ素 (SiC) とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) 又はアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) とし、セラミックス層を構成する材料を酸化アルミニウム (Al₂O₃) や窒化アルミニウム (AlN) とすることができる。尚、セラミックス層を構成する材料には、セラミックス層の線膨張率や電気特性を調整するために、例えば、TiO₂を添加してもよい。この場合、母材の線膨張率を α_1 [単位：10⁻⁶/K] としたとき、セラミックス層の線膨張率 α_2 [単位：10⁻⁶/K] が $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足するように、炭化ケイ素粒子とアルミニウム系材料との容積比を決定することが望ましい。若しくは、炭化ケイ素粒子／アルミニウム系材料の容積比は、40／60乃至80／20、好ましくは60／40乃至70／30であることが望ましい。このような容積比にすることによって、母材の線膨張率の制御だけでなく、母材は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有するようになり、このような母材には電圧の印加は勿論のこと、バイアスの印加も可能となり、反応生成物の気化の促進を図ることができる。尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とする場合、アルミニウム系材料にはケイ素が12乃至35体積%、好ましくは16乃至35体積%、一層好ましくは20乃至35体積%含まれていることが、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する上で望ましい。

30

40

【0029】

この場合、工程 (A) は、非加圧金属浸透法に基づき、炭化ケイ素粒子から成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウム又はアルミニウムとケイ素とを組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成ることが好ましい。あるいは、工程

50

(A)は、容器の中に炭化ケイ素を組成としたセラミックス部材を配し、該容器内に溶融したアルミニウム又はアルミニウムとケイ素とを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から成ることが好ましく、この場合、容器内に溶融したアルミニウム系材料を流し込む際のセラミックス部材の温度を500乃至1000°Cとし、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する際に加える絶対圧を200乃至1500 kgf/cm²とすることが望ましい。セラミックス部材は、例えば、金型プレス成形法、静水圧成形法、鑄込み成形法、あるいは泥漿鑄込み成形法によって成形した後、500乃至1000°C、好ましくは800乃至1000°Cの温度で焼成を行うことによって得ることができる。炭化ケイ素粒子の平均粒径は1乃至100 μm、好ましくは10乃至80 μm、一層好ましくは15乃至60 μmであることが望ましい。

10

【0030】

あるいは又、母材を構成するセラミックス部材の組成は酸化アルミニウム (Al₂O₃) であり、母材を構成するアルミニウム系材料の組成はアルミニウム (Al) 又はアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) であり、セラミックス層を構成する材料は酸化アルミニウム (Al₂O₃) とすることが出来る。尚、セラミックス層を構成する材料には、セラミックス層の線膨張率や電気特性を調整するために、例えば、TiO₂を添加してもよい。この場合、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足するように、酸化アルミニウムとアルミニウム系材料との容積比を決定することが好ましい。あるいは又、酸化アルミニウム／アルミニウム系材料の容積比を、50／50乃至90／10、好ましくは70／30乃至85／15とすることが望ましい。このような容積比にすることによって、母材の線膨張率の制御だけでなく、母材は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有するようになり、このような母材には電圧の印加は勿論のこと、バイアスの印加も可能となり、反応生成物の気化の促進を図ることができる。尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とする場合、アルミニウム系材料にはケイ素が12乃至35体積%、好ましくは16乃至35体積%、一層好ましくは20乃至35体積%含まれていることが、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する上で望ましい。酸化アルミニウムの平均粒径は1乃至100 μm、好ましくは10乃至80 μm、一層好ましくは10乃至60 μmであることが望ましい。

20

【0031】

母材を構成するセラミックス部材の組成を酸化アルミニウムとし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) とする場合、上記の工程 (A) は、容器の中に多孔質の酸化アルミニウムを組成としたセラミックス部材を配し、容器内に溶融したアルミニウムとケイ素とを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から成ることが好ましく、この場合、容器内に溶融したアルミニウム系材料を流し込む際のセラミックス部材の温度を500乃至1000°Cとし、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する際に加える絶対圧を200乃至1500 kgf/cm²とすることが望ましい。あるいは又、前述の工程 (A) は、非加圧金属浸透法に基づき、酸化アルミニウム粒子から成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウムとケイ素を組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成ることが好ましい。尚、セラミックス部材は、例えば、金型プレス成形法、静水圧成形法、鑄込み成形法、あるいは泥漿鑄込み成形法によって成形した後、焼成（焼結）を行うことによって得ることができる。

30

40

【0032】

セラミックス層は、溶射法にて母材の表面に形成されていることが好ましい。これによって、母材とセラミックス層との間の応力緩和が図れると共に、母材からセラミックス層への熱伝導が速やかとなり、基体載置ステージを構成するセラミックス層に保持・固定された基体の温度制御を迅速に且つ確実に行うことが可能となる。あるいは又、セラミックス層は、ロウ付け法にて母材の表面に取り付けられていることが好ましい。ここで、ロウ材

50

の線膨張率〔単位： $10^{-6}/K$ 〕も、母材の線膨張率を α_1 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕としたとき、 $(\alpha_1 - 4)$ 以上、 $(\alpha_1 + 4)$ 以下の範囲内にあることが望ましい。

【0033】

本発明のプラズマエッチング法においては、被加工層として、

- ▲1▼ 高誘電体薄膜から成る単層構成
- ▲2▼ 強誘電体薄膜から成る単層構成
- ▲3▼ 電極用材料層から成る単層構成
- ▲4▼ 高誘電体薄膜（上層）と電極用材料層（下層）から成る積層構成
- ▲5▼ 電極用材料層（上層）と高誘電体薄膜（下層）から成る積層構成
- ▲6▼ 強誘電体薄膜（上層）と電極用材料層（下層）から成る積層構成
- ▲7▼ 電極用材料層（上層）と強誘電体薄膜（下層）から成る積層構成
- ▲8▼ 電極用材料層と高誘電体薄膜と電極用材料層から成る積層構成
- ▲9▼ 電極用材料層と強誘電体薄膜と電極用材料層から成る積層構成

の組合せを例示することができる。

【0034】

また、基体として、基板の上に設けられた絶縁層、基板の上に設けられた絶縁層及びかかる絶縁層に設けられた接続孔（コンタクトホールやビアホール等）の組合せ、基板の上に設けられた絶縁層上に設けられた金属や金属化合物から成る下地層（例えば、キャパシタ構造を構成する下部電極）、基板の上に設けられた絶縁層及びかかる絶縁層上に設けられた金属や金属化合物から成る下地層（例えば、キャパシタ構造を構成する下部電極）の組合せを例示することができる。基体を構成する基板として、シリコン半導体基板、GaAs基板等の化合物半導体若しくは半絶縁性基板、SOI構造を有する半導体基板を例示することができる。また、基体を構成する絶縁層としては、 SiO_2 、BPSG、PSG、BSG、AsSG、PbSG、SbSG、NSG、SOG、LTO（Low Temperature Oxide、低温CVD- SiO_2 ）、 SiN 、 $SiON$ 、フルオロカーボン等の公知の材料、あるいはこれらの材料を積層したものを例示することができる。

【0035】

被加工層の形成方法としては、被加工層を構成する材料にも依るが、CVD法、スパッタ法、MOCVD法、パルスレーザアブレーション法、ゾルーゲル法を挙げることができる。

【0036】

プラズマは、例えば、ECRプラズマ法、ICP（Inductive Coupled Plasma）プラズマ法、ヘリコン波プラズマ法によって生成させることができる。

【0037】

本発明のプラズマエッチング法においては、被加工層をプラズマエッチングするためのエッチング用ガスとして、 Cl_2 ガス、 Br_2 ガス、 BCl_3 ガス、 HCl ガス、 HB_2 ガス、 HI ガス、 F_2 ガス、 CF_4 ガス、 CHF_3 ガス、 SF_6 ガス、 C_4F_8 ガス等を挙げることができる。

【0038】

プラズマエッチング時、被加工層の温度を $100^\circ C$ 乃至 $500^\circ C$ 、好ましくは $150^\circ C$ 乃至 $400^\circ C$ 、一層好ましくは $300^\circ C$ 乃至 $400^\circ C$ に制御することが望ましい。

【0039】

被加工層が高誘電体薄膜から構成されている場合、高誘電体薄膜を構成する材料として、チタン酸ストロンチウムバリウム〔 $(Ba, Sr)TiO_3$ 〕やチタン酸ストロンチウム〔 $SrTiO_3$ 〕を挙げることができる。

【0040】

また、被加工層が強誘電体薄膜から構成されている場合、強誘電体薄膜を構成する材料として、 $PbTiO_3$ 、ペロブスカイト型構造を有する $PbZrO_3$ と $PbTiO_3$ の固溶体であるチタン酸ジルコン酸鉛〔PZT、 $Pb(Zr_{1-y}, Ti_y)O_3$ （但し、 $0 < y < 1$ ）〕を挙げることができる。

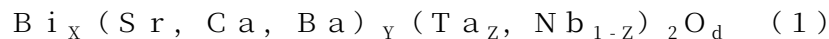
〕、P Z TにL aを添加した金属酸化物であるP L Z T、あるいはP Z TにN bを添加した金属酸化物であるP N Z TといったP Z T系化合物を挙げることができる。あるいは又、強誘電体薄膜を構成する材料として、S B T（ストロンチウム・バリウム・タンタル・オキサイド）を挙げることができる。

【0041】

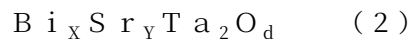
更には、強誘電体薄膜を構成する材料として、B i系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料を挙げることができる。B i系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料は、所謂不定比化合物に属し、金属元素、アニオン（O等）元素の両サイトにおける組成ずれに対する寛容性がある。また、化学量論的組成からやや外れたところで最適な電気的特性を示すことも珍しくない。B i系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料は、例えば、一般式 $(Bi_2O_2)^{2+}(A_{m-1}B_mO_{3m+1})^{2-}$ で表すことができる。ここで、「A」は、B i、P b、B a、S r、C a、N a、K、C d等の金属から構成された群から選択された1種類の金属を表し、「B」は、T i、N b、T a、W、M o、F e、C o、C rから成る群から選択された1種類、若しくは複数種の任意の比率による組み合わせを表す。また、mは1以上の整数である。

【0042】

あるいは又、B i系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料は、



（但し、 $1.7 \leq x \leq 2.5$ 、 $0.6 \leq y \leq 1.2$ 、 $0 \leq z \leq 1.0$ 、 $8.0 \leq d \leq 10.0$ ）で表される結晶相を主たる結晶相として含んでいることが好ましい。尚、「(Sr, Ca, Ba)」は、S r、C a及びB aから構成された群から選択された1種類の元素を意味する。あるいは又、強誘電体材料は、



（但し、 $1.7 \leq x \leq 2.5$ 、 $0.6 \leq y \leq 1.2$ 、 $8.0 \leq d \leq 10.0$ ）で表される結晶相を主たる結晶相として含んでいることが好ましい。これらの場合、式（1）若しくは式（2）で表される結晶相を主たる結晶相として85%以上含んでいることが一層好ましい。尚、式（1）若しくは式（2）で表される結晶相を主たる結晶相として含む強誘電体材料には、B iの酸化物、T aやN bの酸化物、B i、T aやN bの複合酸化物が若干含まれている場合もあり得る。ここで、式（1）で表される強誘電体材料の組成を化学量論的組成で表せば、例えば、 $Bi_2SrTa_2O_9$ 、 $Bi_2SrNb_2O_9$ 、 $Bi_2BaTa_2O_9$ 、 $Bi_2SrTaNbO_9$ 等を挙げることができる。あるいは又、本発明における強誘電体材料として、 $Bi_4SrTi_4O_{15}$ 、 $Bi_4Ti_3O_{12}$ 、 $Bi_2PbTa_2O_9$ 等を例示することもできるが、これらの場合においても、各金属元素の比率は、結晶構造が変化しない程度に変化させ得る。

【0043】

更には、電極用材料層を構成する材料として、耐酸化性を有する金属材料あるいは金属化合物材料、例えば、P t、P t/T iの積層構造、P t/T aの積層構造、P t/T i/T aの積層構造、I rO₂、S rO₂を挙げることができる。尚、被加工層を構成する電極用材料層を絶縁層上に形成する場合、電極用材料層と絶縁層との間にバリアメタル層を形成することが好ましい。バリアメタル層は、電極用材料層の基体（例えば絶縁層）への密着性向上、電極用材料層の結晶性向上、電極用材料層を構成する材料の基体への拡散防止を目的として形成する。バリアメタル層は、例えばスパッタ法にて形成することができる。バリアメタル層を構成する材料として、T i、T iN、T i/T iN、T aNを例示することができる。

【0044】

エッチング用マスクを、S iO₂、S iN、S OG、S iON及び低誘電率絶縁材料から成る群から選択された絶縁材料から構成することによって、被加工層のプラズマエッチングの際の雰囲気温度にエッチング用マスクは十分に耐えることができる。尚、低誘電率絶縁材料として、比誘電率が3.5以下の低誘電率絶縁材料、例えば、ポリアリールエーテル、シクロパーフルオロカーボンポリマー、ベンゾシクロブテン、フッ化フラーレン（比

10

20

30

40

50

誘電率：2.0、ガラス転移温度 T_g ：400°C）、フルオロカーボン、パリレンを挙げることができる。あるいは又、エッチング用マスクを、熱分解温度が、少なくとも300°C、好ましくは少なくとも400°Cである材料から構成することが望ましい。あるいは又、エッチング用のマスクパターンを、ガラス転移温度 T_g が、少なくとも200°C、好ましくは少なくとも250°C、一層好ましくは少なくとも300°Cである材料から構成することが望ましい。

【0045】

エッチング用ガスを用いたプラズマエッチング法においては、反応生成物（エッチング生成物）の堆積物がエッチング装置のチャンバーの側壁や天板に過剰に堆積し、その結果、この堆積物がパーティクル源となってしまう、被加工層の加工を損なう原因となる虞がある。即ち、反応生成物が、エッチング装置に設けられた排気部に到達する以前に、チャンバー側壁や天板に堆積してしまう。そのため、エッチングを繰り返すと、チャンバー側壁や天板に堆積した反応生成物が剥がれ落ち、パーティクル源となる結果、パーティクルレベルが悪化するといった問題が生じる虞がある。

10

【0046】

このような場合には、エッチング装置のチャンバー側壁や天板の温度を被加工層の温度以上に保持した状態で、被加工層のプラズマエッチングを行うことが好ましく、被加工層の温度を T_1 °C、チャンバー側壁や天板の温度を T_2 °Cとしたとき、 $T_1 \leq T_2 \leq (T_1 + 300)$ 、好ましくは $(T_1 + 50) \leq T_2 \leq (T_1 + 300)$ 、一層好ましくは $(T_1 + 100) \leq T_2 \leq (T_1 + 300)$ の関係を満足することが望ましい。

20

【0047】

そして、チャンバー側壁や天板は、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材と、この母材の表面に設けられたセラミックス層とから成る複合部材から作製されていることが好ましい。このような複合部材は、基体載置ステージを構成する複合部材と実質的に同じ構成することができるし、かかる複合部材と実質的に同じ作製方法にて作製することができる。尚、複合部材には温度制御手段が配設され、この温度制御手段はヒータあるいは配管から構成されていることが好ましい。ヒータを複合部材の外部に配設してもよいし、母材の内部に配設してもよく、後者の場合、母材の線膨張率を α'_1 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕としたとき、ヒータを構成する材料の線膨張率 α'_H 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕は $(\alpha'_1 - 4) \leq \alpha'_H \leq (\alpha'_1 + 4)$ の関係を満足することが好ましい。また、配管の線膨張率 α'_P 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕は $(\alpha'_1 - 4) \leq \alpha'_P \leq (\alpha'_1 + 4)$ を満足することが好ましい。更には、セラミックス層の線膨張率 α'_2 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕は $(\alpha'_1 - 4) \leq \alpha'_2 \leq (\alpha'_1 + 4)$ を満足することが望ましい。

30

【0048】

このような複合部材からチャンバー側壁、天板を作製することによって、母材はセラミックス部材とアルミニウム系材料との中間的な性質を有するものとなり、例えば線膨張率に関してもこれらの中間的な値に調整することが可能となる。それ故、母材とセラミックス層との熱膨張に起因したセラミックス層の損傷発生を回避でき、複合部材から作製されたチャンバー側壁、天板を高温で確実に使用することが可能となる。その結果、反応生成物がチャンバー側壁や天板に堆積することを防止する十分に高い温度にチャンバー側壁や天板を保持しても、セラミックス層に損傷が生じること無く、チャンバー側壁や天板を確実に所望の温度に加熱することができる。更には、セラミックス層が設けられているので、金属汚染の発生防止や、例えばハロゲン系ガスから成るエッチング用ガスによる複合部材の腐蝕発生を防止することができる。

40

【0049】

尚、従来のエッチング装置においては、チャンバー側壁は、通常、ステンレススチールやアルミニウムから作製されている。そして、例えばエッチング処理中に、これらがプラズマに直接曝されることに起因した金属汚染の発生防止や、ハロゲン系ガスによるチャンバー側壁の腐蝕の発生防止のために、アルミニウムから作製されたチャンバー側壁の表面に Al_2O_3 層（アルマイト層）を形成している。また、ステンレススチールからチャンバー

50

側壁が作製されている場合には、 Al_2O_3 製のリフレクターをエッチング装置の内部のチャンバー側壁近傍に配設している。このような状態でチャンバー側壁の高温加熱を行うと、チャンバー側壁がアルミニウムから作製されている場合、アルミニウムと Al_2O_3 の線膨張率の差に起因して、チャンバー側壁の表面に形成された Al_2O_3 層に割れ等が生じ易い。また、 Al_2O_3 製のリフレクターをエッチング装置の内部のチャンバー側壁近傍に配設した場合、エッチング装置の外側からリフレクターを十分に加熱することは困難である。即ち、リフレクターに入射した反応生成物をリフレクターから全て離脱させるような温度までリフレクターを加熱することは難しく、高々 100°C 程度までしかリフレクターを加熱することができない。

【0050】

あるいは又、エッチング装置に平行平板の上部対向電極が備えられている場合、かかる上部対向電極を、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材と、この母材の表面に設けられたセラミックス層とから成る複合部材から作製することが好ましい。このような複合部材は、基体載置ステージを構成する複合部材と実質的に同じ構成することができるし、かかる複合部材と実質的に同じ作製方法にて作製することができる。尚、母材の線膨張率を α''_1 [単位： $10^{-6}/\text{K}$]としたとき、セラミックス層の線膨張率 α''_2 [単位： $10^{-6}/\text{K}$]は、 $(\alpha''_1 - 4) \leq \alpha''_2 \leq (\alpha''_1 + 4)$ を満足することが好ましい。この場合、上部対向電極には温度制御手段が配設されていることが好ましく、更には、この温度制御手段はヒータから構成されていることが好ましい。これによって、例えば、上部対向電極の表面に入射したプリカーサーを上部対向電極から離脱させるような温度まで、上部対向電極を加熱することが可能となる。ヒータを複合部材の外部に配設してもよいし、母材の内部に配設してもよく、後者の場合、母材の線膨張率を α''_1 [単位： $10^{-6}/\text{K}$]としたとき、ヒータを構成する材料の線膨張率 α''_H [単位： $10^{-6}/\text{K}$]は $(\alpha''_1 - 4) \leq \alpha''_H \leq (\alpha''_1 + 4)$ を満足することが好ましい。母材の線膨張率 α''_1 とヒータを構成する材料の線膨張率 α''_H とがこの関係を満足することによって、セラミックス層に損傷が発生することを効果的に防止することができる。尚、セラミックス層を溶射法にて母材の表面に形成すれば、上部対向電極の寸法が大きくとも、上部対向電極を容易に作製することができる。場合によっては、板状のセラミックス層をロウ付け法にて母材の表面に取り付けてもよい。プラズマエッチングを行う際の上部対向電極の温度は、 250°C 至 700°C 、好ましくは 300°C 乃至 700°C 、一層好ましくは 400°C 乃至 500°C に制御されていることが望ましい。

【0051】

被加工層が強誘電体薄膜あるいは高誘電体薄膜から構成されている場合、プラズマエッチング処理によって得られた被加工層により、例えば、不揮発性メモリセル（所謂FERAM）若しくはDRAMのキャパシタ構造における電荷蓄積層（キャパシタ薄膜）を構成することができる。また、被加工層が電極用材料層から構成されている場合、プラズマエッチング処理によって得られた被加工層により、例えば、不揮発性メモリセル若しくはDRAMのキャパシタ構造における電極（上部電極あるいは下部電極）を構成することができる。

【0052】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、発明の実施の形態（以下、実施の形態と略称する）に基づき本発明を説明する。

【0053】

（実施の形態1）

実施の形態1においては、本発明のプラズマエッチング法を、所謂ペデステル型のDRAMの製造方法に適用した。実施の形態1における被加工層を、チタン酸ストロンチウムバリウム（BST）から成る高誘電体薄膜から構成した。プラズマエッチング処理した後の被加工層は、キャパシタ構造を構成する電荷蓄積層（キャパシタ薄膜）としての機能を有する。また、エッチング用マスクを、以下の式で表されるポリアリールエーテル（アライ

10

20

30

40

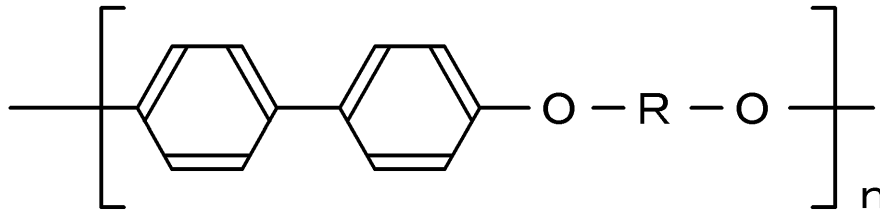
50

ドシグナル社製：商品名 F l a r e) から成る低誘電率絶縁材料から構成した。尚、ポリアリールエーテルの比誘電率は 2.8、ガラス転移温度 T_g は 450°C である。

【0054】

【化1】

【化1】



10

【0055】

複合部材によって構成される基体載置ステージ 10 の模式的な断面図を、図 2 の (A) に示す。この基体載置ステージ 10 は複合部材 11 から構成されている。複合部材 11 は、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材 12 (温度調節ジャケットに相当する) と、この母材 12 の表面に設けられたセラミックス層 13 とから成る。母材 12 の形状は円盤である。この基体載置ステージ 10 は、静電チャック機能を有し、且つ、温度制御手段を備えている。具体的には、誘電体層であるセラミックス層 13 は静電チャック機能を有する。また、母材 12 の内部には温度制御手段が配設され (埋め込まれ)、この温度制御手段は、ヒータ 14 及び温度制御用熱媒体を流す配管 15 から構成されている。

20

【0056】

実施の形態 1 においては、母材 12 を構成するセラミックス部材の組成をコージエライトセラミックスとした。ここで、コージエライトセラミックスとは、 MgO が約 13 重量%、 SiO_2 が約 52 重量%、 Al_2O_3 が約 35 重量%となる組成比に調整されたセラミックスである。コージエライトセラミックスの線膨張率は $0.1 \times 10^{-6}/\text{K}$ である。

【0057】

また、母材 12 を構成するアルミニウム系材料の組成はアルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) である。実施の形態 1 においては、アルミニウム系材料を基準として、アルミニウム系材料にはケイ素が 20 体積%含まれている。尚、セラミックス部材は、コージエライトセラミックス粉末とコージエライトセラミックス繊維との混合物の焼成体であり、この焼成体におけるコージエライトセラミックス繊維の割合を 5 体積%とした。ここで、コージエライトセラミックス粉末の平均粒径は $10\mu\text{m}$ であり、コージエライトセラミックス繊維の平均直径は $3\mu\text{m}$ であり、平均長さは 1mm である。セラミックス部材の空孔率は約 50% であり、空孔径は約 1 乃至 $2\mu\text{m}$ である。従って、コージエライトセラミックス/アルミニウム系材料の容積比は約 1/1 である。このような構成の母材 12 の線膨張率は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における平均値で、約 $10.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ である。即ち、 $\alpha_1 = 10.6$ である。コージエライトセラミックス/アルミニウム系材料の容積比が約 1/1 であるが故に、母材 12 は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有する。従って、このような母材 12 から作製された基体載置ステージ 10 には、電圧の印加は勿論のこと、バイアスの印加も可能である。

30

40

【0058】

セラミックス層 13 を構成する材料を、 TiO_2 が約 2.5 重量%添加された Al_2O_3 とした。厚さ約 0.2mm のセラミックス層 13 は、溶射法にて母材 12 の表面に形成されている。このような組成のセラミックス層 13 の線膨張率は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における平均値で、約 $9 \times 10^{-6}/\text{K}$ である。従って、 α_2 は約 9 であり、セラミックス層 13 の線膨張率 α_2 は $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足している。尚、 Al_2O_3 それ自体の線膨張率は約 $8 \times 10^{-6}/\text{K}$ である。また、 Al_2O_3 に TiO_2 を約 2.5 重量%添加

50

することによって、セラミックス層 13 の体積固有抵抗値を $10^{11} \Omega / \square$ オーダーに調整することができる。これによって、セラミックス層 13 は誘電体として作用し、静電チャックとしての機能を発揮することができる。このように体積固有抵抗値を調整する理由は、セラミックス層 13 が $10^{11} \Omega / \square$ オーダーを越えると、静電チャックとして用いた場合にセラミックス層 13 の吸着力が弱くなりすぎ、基体をセラミックス層 13 に充分吸着させることが困難となる虞があるからである。一方、セラミックス層 13 が $10^{11} \Omega / \square$ オーダーを下回ると、基体載置ステージ 10 を高温で用いた際、セラミックス層 13 の抵抗値が更に低くなり、基体とセラミックス層 13 との界面で電流が生じる虞がある。尚、使用条件によるが、一般的には、セラミックス層の体積固有抵抗値を $10^{11} \sim 10^{16} \Omega / \square$ とすることが望ましい。

10

【0059】

ヒータ 14 として、母材 12 の面積（底面積）に応じた大型で大容量のシーズヒータを使用した。ヒータ 14 は、ヒータ本体（図示せず）と、ヒータ本体の外側に配設されそしてヒータ本体を保護する鞘管（図示せず）から構成された公知のヒータである。ヒータ 14 は、図示しない配線を介して電源に接続されている。ヒータ 14 の熱膨張は、基体載置ステージ 10 に影響を与える。従って、母材 12 やセラミックス層 13 の線膨張率 α_1 , α_2 に近い値を有する材料を用いることが好ましい。具体的には、チタンやステンレススチール等、線膨張率が $9 \times 10^{-6} / K \sim 12 \times 10^{-6} / K$ の材料から作製された鞘管を用いることが好ましい。即ち、ヒータ 14 を構成する材料（母材 12 と接する鞘管の材料）の線膨張率 α_H [単位: $10^{-6} / K$] は、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_H \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足することが好ましい。尚、ヒータ 14 の本体の線膨張率は、基体載置ステージ 10 に影響を与えないので、特に制限されない。

20

【0060】

配管 15 は、温度制御用熱媒体供給装置（図 2 の（A）には図示せず）に接続されており、金属あるいは合金から作製されている。温度制御用熱媒体供給装置から供給された温度制御用熱媒体を基体載置ステージ 10 内の配管 15 に流すことによって、基体載置ステージ 10 の温度制御を行うことができる。配管 15 の熱膨張も、基体載置ステージ 10 に影響を与える。従って、母材 12 やセラミックス層 13 の線膨張率 α_1 , α_2 に近い値を有する材料を用いることが好ましい。具体的には、チタンやステンレススチール等、線膨張率が $9 \times 10^{-6} / K \sim 12 \times 10^{-6} / K$ の材料から作製された配管 15 を用いることが好ましい。即ち、配管 15 を構成する材料の線膨張率 α_p [単位: $10^{-6} / K$] は、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_p \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足することが好ましい。

30

【0061】

このような構成の基体載置ステージ 10（より具体的には母材 12）には、配線（図示せず）を介して直流電圧が印加される。従って、基体載置ステージ 10 を電極として用いることにより、セラミックス層 13 が静電チャックとして機能する。尚、この基体載置ステージ 10 には、セラミックス層 13 上に載置、保持された基体（例えばシリコン半導体基板）を押し上げるためのプッシャーピン（図示せず）が埋設されている。また、このプッシャーピンには、プッシャーピンをセラミックス層 13 の頂面上に突出させあるいは頂面下に埋没させる機構（図示せず）が取り付けられている。

40

【0062】

実施の形態 1 においては、プラズマエッチング装置として、図 1 に概念図を示すように、ICP 型のプラズマエッチング装置 20（以下、単にエッチング装置 20 と略称する）を用いた。エッチング装置 20 には、チャンバー側壁 22 と天板 23 から構成されたチャンバー 21 と、天板 23 を加熱するためのヒータ 24 と、チャンバー側壁 22 の外側に配設された誘導結合コイル 25 が備えられている。尚、チャンバー側壁 22 は石英製であり、天板 23 は後述するように複合部材から作製されている。チャンバー 21 内には、シリコン半導体基板 40 を保持・固定するための基体載置ステージ 10（図 2 の（A）参照）が配設されている。更に、チャンバー 21 内のガスを排気するための排気口 29 が、真空ポンプ等の負圧手段（図示せず）に接続されている。基体載置ステージ 10 には、シリコン

50

半導体基板 40 への入射イオンエネルギーを制御するためのバイアス電源 26 が接続され、更には、母材 12 に相当する温度調節ジャケットにはセラミックス層 13 に静電吸着力を発揮させるための直流電源 27 が接続されている。また、基体載置ステージ 10 の母材 12 に配設されたヒータ 14 は、電源 28 に接続されている。尚、図 1 において、エッチングガス導入部、ゲートバルブ等のエッチング装置の細部については、その図示を省略した。

【0063】

基体載置ステージ 10 の母材 12 内に配設された配管 15 は、配管 31A, 31B を介して温度制御用熱媒体供給装置 32 に接続されている。温度制御用熱媒体供給装置 32 は、シリコンオイル等の温度制御用熱媒体を、配管 31A を介して基体載置ステージ 10 の配管 15 に供給し、配管 31B を介して配管 15 から送り出された温度制御用熱媒体を受け入れ、更に、この温度制御用熱媒体を所定温度に加熱あるいは冷却する。場合によっては、温度制御用熱媒体供給装置 32 にチラーを組み込み、配管 31A, 15, 31B 内に低温（例えば 0℃）の温度制御用熱媒体（冷媒）を流してもよい。このように、温度制御用熱媒体を配管 15 内に循環させることによって、基体載置ステージ 10 上に保持・固定された基体であるシリコン半導体基板 40 の温度制御を行う。温度制御用熱媒体供給装置 32 に接続された配管 31A には、高温での動作が可能な制御バルブ 34 が配設されている。一方、配管 31A と配管 31B との間のバイパス配管 31C にも制御バルブ 34 が配設されている。そして、このような構成のもと、制御バルブ 34 の開閉度を制御することによって、配管 15 への温度制御用熱媒体の供給量を制御する。また、蛍光ファイバ温度計 33 で検知された温度を制御装置（PID コントローラ）35 で検出し、予め設定されたシリコン半導体基板 40 の温度との差から、予め実験や計算によって決定された供給量となるように、温度制御用熱媒体の供給量が制御装置 35 によって決定される。

【0064】

尚、図 2 の（A）に示した基体載置ステージ 10 においては、基体であるシリコン半導体基板 40 の設定温度にも依るが、通常は、ヒータ 14 による加熱によって主たる温度制御がなされる。そして、温度制御用熱媒体による基体載置ステージ 10 の温度制御は、シリコン半導体基板 40 の温度安定のための補助的な温度制御である。即ち、プラズマエッチング処理を行った場合、プラズマからの入熱をシリコン半導体基板 40、更には基体載置ステージ 10 が受ける結果、ヒータ 14 による加熱だけではシリコン半導体基板 40 を設定温度に維持しておくことが困難となる場合がある。このような場合、ヒータ 14 の加熱に加えて、基体であるシリコン半導体基板 40 を設定温度に保つべくプラズマからの入熱を相殺するように設定温度より低い温度の温度制御用熱媒体を配管 15 に流す。これによって、シリコン半導体基板 40、更には被加工層を設定温度に安定させることができる。

【0065】

以下、半導体基板等の模式的な一部断面図である図 3～図 6 を参照して、実施の形態 1 のプラズマエッチング法を説明する。

【0066】

〔工程－100〕

先ず、MOS 型トランジスタ素子を半導体基板 40 に形成する。そのために、例えば LCOCS 構造を有する素子分離領域 41 を公知の方法に基づき形成する。尚、素子分離領域は、トレンチ構造を有していてもよい。その後、半導体基板 40 の表面を例えばパイロジェニック法により酸化し、ゲート酸化膜 42 を形成する。次いで、不純物がドーピングされた多結晶シリコン層を CVD 法にて全面に成膜した後、多結晶シリコン層をパターンニングし、ゲート電極 43 を形成する。このゲート電極 43 はワード線を兼ねている。尚、ゲート電極 43 をポリシリコン層から構成する代わりに、ポリサイドや金属シリサイドから構成することもできる。次に、半導体基板 40 にイオン注入を行い、LDD 構造を形成する。その後、全面に CVD 法にて SiO₂ 層を成膜した後、この SiO₂ 層をエッチバックすることによって、ゲート電極 43 の側面にゲートサイドウォール 44 を形成する。次いで、半導体基板 40 にイオン注入を施した後、イオン注入された不純物の活性化アニール

処理を行うことによって、ソース／ドレイン領域４５を形成する。

【００６７】

[工程－１１０]

次いで、 SiO_2 から成る第１の層間絶縁層をＣＶＤ法にて形成した後、他方のソース／ドレイン領域４５の上方の第１の層間絶縁層に開口部４６をＲＩＥ法にて形成する。そして、かかる開口部４６内を含む第１の層間絶縁層上に不純物がドーピングされた多結晶シリコン層をＣＶＤ法にて成膜する。次に、第１の層間絶縁層上の多結晶シリコン層をパターンニングすることによって、ビット線４７を形成する。その後、ＢＰＳＧから成る第２の層間絶縁層をＣＶＤ法にて全面に形成する。尚、ＢＰＳＧから成る第２の層間絶縁層の成膜後、窒素ガス雰囲気中で例えば $900^\circ\text{C} \times 20$ 分間、第２の層間絶縁層をリフローさせることが好ましい。更には、必要に応じて、例えば化学的機械的研磨法（ＣＭＰ法）にて第２の層間絶縁層の頂面を化学的及び機械的に研磨し、第２の層間絶縁層を平坦化することが望ましい。尚、第１の層間絶縁層と第２の層間絶縁層を纏めて、以下、単に層間絶縁層５０と呼び、図では１層で表した。

10

【００６８】

次に、一方のソース／ドレイン領域４５の上方の層間絶縁層５０に開口部４８をＲＩＥ法にて形成した後、かかる開口部４８内を、不純物をドーピングした多結晶シリコンで埋め込み、接続孔（コンタクトプラグ）４９を完成させる。こうして、図３の（Ａ）に模式的な一部断面図を示す構造を得ることができる。また、ビット線４７は第１の層間絶縁層上を、図の左右方向に接続孔４９と接触しないように延びているが、かかるビット線の図示は省略した。

20

【００６９】

尚、接続孔（コンタクトプラグ）４９は、層間絶縁層５０に形成された開口部４８内に、例えば、タングステン、 Ti 、 Pt 、 Pd 、 Cu 、 TiW 、 TiNW 、 WSi_2 、 MoSi_2 等の高融点金属や金属シリサイドから成る金属配線材料を埋め込むことによって形成することもできる。接続孔の頂面は層間絶縁層５０の表面と略同じ平面に存在していてもよいし、接続孔の頂部が層間絶縁層５０の表面に延在していてもよい。尚、タングステンにて開口部４８を埋め込む前に、 Ti 層及び TiN 層を順に例えばマグネトロンスパッタ法にて開口部４８内を含む層間絶縁層５０の上に成膜することが好ましい。尚、 Ti 層及び TiN 層を形成する理由は、オーミックな低コンタクト抵抗を得ること、例えば、ブランケットタングステンＣＶＤ法に起因した半導体基板４０の損傷発生の防止、タングステンの密着性向上のためである。尚、 Ti 層及び TiN 層の図示を省略した。

30

【００７０】

[工程－１２０]

その後、接続孔４９上を含む層間絶縁層５０上に Ti 層、 TiN 層をスパッタ法にて成膜し、更に Ru 層（下地層に相当する）をスパッタ法にて TiN 層上に成膜する。次いで、ＲＩＥ法にて Ru 層、 TiN 層、 Ti 層をパターンニングする。これによって、 Ti 層／ TiN 層の積層構造を有するバリアメタル層５１、及び Ru から成る下部電極５２を形成することができる。その後、全面に例えば SiN 層を成膜し、かかる SiN 層をエッチバックすることによって、下部電極５２及びバリアメタル層５１の側壁にサイドウォール５３を形成する。この状態を図３の（Ｂ）に示す。

40

【００７１】

実施の形態１においては、層間絶縁層５０、サイドウォール５３及び下部電極５２が基体に相当する。

【００７２】

[工程－１３０]

次いで、チタン酸ストロンチウムバリウム（ＢＳＴ）から成る被加工層である高誘電体薄膜５４を全面にスパッタ法にて成膜する。その後、ポリアリールエーテル溶液を高誘電体薄膜５４上に $3 \sim 5 \text{ cm}^3$ 滴下し、シリコン半導体基板４０を $2500 \sim 3000 \text{ rpm}$ にて回転させて、ポリアリールエーテル溶液を高誘電体薄膜５４上に均一に塗布する。そ

50

の後、窒素ガス雰囲気中で 150°C 及び 250°C でそれぞれ1分間、ベーキング処理を、順次行う。そして、シリコン半導体基板40を硬化炉に搬入し、窒素ガス雰囲気、 425°C 、1時間の硬化処理を行う。こうして、厚さ約 $1\mu\text{m}$ のポリアリールエーテル層を形成する。その後、リソグラフィ技術及びエッチング技術を用いてポリアリールエーテル層をパターニングすることによって、ポリアリールエーテルから成るエッチング用マスク55を高誘電体薄膜54（被加工層に相当する）上に形成することができる（図4参照）。

【0073】

[工程-140]

次いで、エッチング用マスク55を形成したシリコン半導体基板40を図1に示したエッチング装置20内の基体載置ステージ10上に載置し、セラミックス層13に静電吸着力を発揮させてシリコン半導体基板を基体載置ステージ10上に保持・固定する。そして、ヒータ14等の作動によって基体載置ステージ10の温度制御を行い、被加工層である高誘電体薄膜54を含むシリコン半導体基板40を以下の表1に示す設定温度に調整する。

10

【0074】

そして、エッチング用マスク55を用いて、以下の表1に示す条件にて、BSTから成る高誘電体薄膜54に対してプラズマエッチング処理を行った後、エッチング用マスク55を除去する。こうして、DRAMのキャパシタとしての機能を有するパターニングされたキャパシタ薄膜54Aを得ることができる（図5参照）。

【0075】

20

【表1】

使用ガス : $\text{Cl}_2/\text{Ar} = 50/50\text{sccm}$
 圧力 : 1.3Pa (10mTorr)
 RFパワー : 2.5kW
 RFバイアス : 500W (1.8MHz)
 基体加熱温度 : 400°C

【0076】

[工程-150]

その後、全面に第2の層間絶縁層56を堆積させた後、パターニングされた被加工層（キャパシタ薄膜54A）の上方の第2の層間絶縁層56に開口部57を形成し、かかる開口部57内を含む第2の層間絶縁層56上に配線材料層を堆積させ、かかる配線材料層をパターニングすることによってプレート線58を形成することができる（図6参照）。

30

【0077】

BSTとエッチング用ガスとの反応によって生成する反応生成物であるストロンチウムの塩化物やバリウムの塩化物は蒸気圧が低く、従来のプラズマエッチング法では反応生成物が気化し難く、BSTのプラズマエッチングは極めて困難であった。実施の形態1においては、基体を 400°C に加熱したので、BSTから成る被加工層である高誘電体薄膜54のプラズマエッチングを容易に且つ確実に行うことができた。また、エッチング用マスク55をポリアリールエーテルから成る低誘電率絶縁材料にて構成したので、基体の加熱温度を 400°C としても、かかる温度にエッチング用マスク55は十分耐えることができた。

40

【0078】

（実施の形態2）

実施の形態2においては、本発明のプラズマエッチング法を、所謂ペDESTEL型の不揮発性メモリセル（FERAM）の製造方法に適用した。実施の形態2においては、被加工層を、上述の式（2） $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表されるBi系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体薄膜、及びその上に形成されたPtから成る電極用材料層の積層構成とした。プラズマエッチング処理した後の被加工層は、電荷蓄積層（キャパシタ薄膜）及び上部電極としての機能を有する。また、エッチング用マスクを、ポリアリールエーテルから成る低誘電率絶縁材料から構成した。

50

【0079】

複合部材によって構成される基体載置ステージ10の構造を実施の形態1と同様とし、使用したプラズマエッチング装置も実施の形態1と同様とした。

【0080】

以下、半導体基板等の模式的な一部断面図である図7～図10を参照して、実施の形態2のプラズマエッチング法を説明する。

【0081】

[工程-200]

先ず、実施の形態1の[工程-100]と同様にして、選択トランジスタ素子として機能するMOS型トランジスタ素子を半導体基板40に形成する。次いで、[工程-110]と同様にして、ビット線47、層間絶縁層50、接続孔49の形成を行う。

10

【0082】

[工程-210]

その後、接続孔49上を含む層間絶縁層50上にTi層、TiN層をスパッタ法にて成膜し、更にRuから成る下部電極層をスパッタ法にてTiN層上に成膜する。次いで、RIE法にて下部電極層、TiN層、Ti層をパターンニングする。これによって、Ti層/TiN層の積層構造を有するバリアメタル層61及びRuから成る下部電極62Aを形成することができる。下部電極62Aは柱状の形状を有する。実施の形態2においては、層間絶縁層50及び下部電極62Aが基体に相当する。また、バリアメタル層61を1層で表した。

20

【0083】

[工程-220]

次に、上述の式(2) $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表されるBi系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体薄膜63を表2に例示する条件のMOCVD法に基づき全面に形成し、その後、その上に表3に例示するRFマグネトロンスパッタ法によってPtから成る電極用材料層64を成膜する。こうして、図7に示す構造を得ることができる。

【0084】

【表2】

MOCVD法による強誘電体薄膜63の成膜

30

ソース材料： $\text{Sr}(\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{O}_2)_2$

$\text{Bi}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$

$\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$

成膜温度：650～750°C

成膜圧力：27～400Pa

酸素濃度：50%

【0085】

40

【表3】

Ptから成る電極用材料層64の成膜条件

アノード電圧：2.6kV

入力電力：1.1～1.6W/cm²

プロセスガス： $\text{Ar}/\text{O}_2=90/10$ sccm

圧力：0.7Pa

成膜温度：600～750°C

堆積速度：5～10nm/分

【0086】

[工程-230]

50

その後、実施の形態 1 の〔工程－130〕と同様にして、被加工層の一部を構成する Pt から成る電極用材料層 64 上に、ポリアリアルエーテルから成るエッチング用マスク 65 を形成する（図 8 参照）。

【0087】

〔工程－240〕

次いで、エッチング用マスク 65 を形成したシリコン半導体基板 40 を図 1 に示したエッチング装置 20 内の基体載置ステージ 10 上に載置し、セラミックス層 13 に静電吸着力を発揮させてシリコン半導体基板を基体載置ステージ 10 上に保持・固定する。そして、ヒータ 14 等の作動によって基体載置ステージ 10 の温度制御を行い、被加工層（Pt から成る電極用材料層 64 及び $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ から成る強誘電体薄膜 63 の積層体）を含むシリコン半導体基板 40 を以下の表 4 に示す設定温度に調整する。

10

【0088】

そして、エッチング用マスク 65 を用いて、以下の表 4 に示す条件にて、被加工層に対してプラズマエッチング処理を行う。これによって、不揮発性メモリセルのキャパシタ構造を構成するキャパシタ薄膜 63A 及び上部電極 64A を得ることができる（図 9 参照）。尚、Pt から成る電極用材料層 64 及び強誘電体薄膜 63 のプラズマエッチングは連続して行う。

【0089】

【表 4】

使用ガス : $\text{Cl}_2 = 50 \text{ sccm}$
 圧力 : 1.3 Pa (10 mTorr)
 RF パワー : 2.5 kW
 RF バイアス : 500 W (1.8 MHz)
 基体加熱温度 : 400°C

20

【0090】

〔工程－250〕

その後、エッチング用マスク 65 を除去し、全面に第 2 の層間絶縁層 66 を成膜し、上部電極 64A の上方の第 2 の層間絶縁層 66 に開口部 67 を形成し、かかる開口部 67 内を含む第 2 の層間絶縁層 66 上に配線材料層を堆積させ、かかる配線材料層をパターンニングすることによってプレート線 68 を形成することができる（図 10 参照）。

30

【0091】

被加工層とエッチング用ガスとの反応によって生成する反応生成物であるストロンチウムの塩化物や白金の塩化物等は蒸気圧が低く、従来のプラズマエッチング法では反応生成物が気化し難く、 $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ 及び Pt のプラズマエッチングは極めて困難であった。実施の形態 2 においては、基体を 400°C に加熱したので、被加工層のプラズマエッチングを容易に且つ確実に行うことができた。また、エッチング用マスク 65 をポリアリアルエーテルから成る低誘電率絶縁材料にて構成したので、基体の加熱温度を 400°C としても、かかる温度にエッチング用マスク 65 は十分耐えることができた。

【0092】

（実施の形態 3）

40

実施の形態 3 は実施の形態 2 の変形である。実施の形態 3 における半導体メモリセルは、所謂プレーナ型 FERAM である。以下、図 11～図 15 を参照して、実施の形態 3 におけるプラズマエッチング法を説明する。尚、被加工層を、上述の式 (2) $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される Bi 系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体薄膜、及びその上に形成された Pt から成る電極用材料層の積層構成とした。プラズマエッチング処理した後の被加工層は、キャパシタ構造を構成する電荷蓄積層（キャパシタ薄膜）及び上部電極としての機能を有する。また、エッチング用マスクを、ポリアリアルエーテルから成る低誘電率絶縁材料から構成した。

【0093】

〔工程－300〕

50

先ず、実施の形態1の〔工程－100〕と同様にして、半導体メモリセルにおける選択トランジスタ素子として機能するMOS型トランジスタ素子を半導体基板40に形成する。

【0094】

〔工程－310〕

その後、全面に層間絶縁層50を成膜する。層間絶縁層50は、例えば、下からCVD法にて成膜された厚さ0.1μmのPSG層、CVD法にて成膜された厚さ0.01μmのSiN層、O₃-TEOSを用いたCVD法にて成膜された厚さ0.3μmのBPSG層、O₃-TEOSを用いたCVD法にて成膜された厚さ0.1μmのNSG層の4層構成としたが、このような構成に限定するものではない。尚、第3層目のBPSG層を成膜した後、N₂ガス中で熱処理を行い、平坦化処理を行うことが好ましい。尚、図においては、この4層構成の層間絶縁層50を1層で表した。

10

【0095】

〔工程－320〕

次に、層間絶縁層50の上にTiから成るバリアメタル層61をスパッタ法にて成膜する。バリアメタル層61は、下部電極の層間絶縁層50への密着性向上、下部電極の結晶性向上、下部電極を構成する材料の層間絶縁層50への拡散防止、層間絶縁層50を構成する材料の下部電極への拡散防止を目的として成膜する。次いで、バリアメタル層61上にIrO₂やSrO₂、Ru等から成る下部電極層62をスパッタ法にて成膜する。

【0096】

〔工程－330〕

その後、下部電極層62上に、式(2) $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される強誘電体薄膜63（被加工層の一部を構成する）を表2に示したMOCVD法にて全面に形成する。尚、式(2) $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される薄膜の成膜後、800°C×1時間、酸素ガス雰囲気中でポストベーキングを行い、式(2) $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される薄膜の結晶化を促進することが好ましい。

20

【0097】

〔工程－340〕

次いで、強誘電体薄膜63上にスパッタ法にてPtから成る電極用材料層64（被加工層の一部を構成する）を表3に示した条件にて成膜する（図11の(A)参照）。

【0098】

〔工程－350〕

次いで、マスク69を形成し（図11の(B)参照）、下部電極層62及びバリアメタル層61をRIE法にてパターンニングし、下部電極62Aを形成する（図11の(B)参照）。その後、マスク69を除去し（図12の(A)参照）、実施の形態1の〔工程－130〕と同様にして、被加工層の一部である電極用材料層64上に、ポリアリールエーテルから成るエッチング用マスク65を設ける。こうして、図12の(B)に示す構造を得ることができる。

30

【0099】

〔工程－360〕

次いで、エッチング用マスク65を形成したシリコン半導体基板40を図1に示したエッチング装置20内の基体載置ステージ10上に載置し、セラミックス層13に静電吸着力を発揮させてシリコン半導体基板を基体載置ステージ10上に保持・固定する。そして、ヒータ14等の作動によって基体載置ステージ10の温度制御を行い、被加工層を含むシリコン半導体基板40を表4に示した設定温度に調整する。

40

【0100】

そして、エッチング用マスク65を用いて、表4に示した条件にて、Ptから成る電極用材料層64及び $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ から成る強誘電体薄膜63が積層された被加工層に対してプラズマエッチング処理を行った後、エッチング用マスク65を除去する。こうして、FERAMのキャパシタ構造を構成するキャパシタ薄膜（電荷蓄積層）63A及び上部電極64Aとしての機能を有するパターンニングされた被加工層を得ることができる（図1

50

3の(A)参照)。

【0101】

[工程-370]

その後、全面に第2の層間絶縁層66を堆積させた後(図13の(B)参照)、選択トランジスタ素子として機能するMOS型トランジスタ素子のソース/ドレイン領域45の上方の層間絶縁層50及び第2の層間絶縁層66に開口部67Aを形成する(図14の(A)参照)。更に、上部電極64A及び下部電極62Aの上方の第2の層間絶縁層66に開口部67B、67Cを形成する(図14の(B)参照)。また、そして、かかる開口部67A、67B、67C内を含む第2の層間絶縁層66上に配線材料層を堆積させ、かかる配線材料層をパターンニングすることによって、ソース/ドレイン領域45と下部電極62Aとを接続する配線68B、ソース/ドレイン領域45に接続されたビット線68C、及び上部電極64Aに接続されたプレート線68Aを形成することができる(図15参照)。

10

【0102】

(実施の形態4)

以下、実施の形態1～実施の形態3にて用いた基体載置ステージ10(図2の(A)参照)の作製方法の概要を説明する。

【0103】

複合部材11は、(A)セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填し、以て、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材を作製する工程と、(B)母材の表面にセラミックス層を設ける工程から作製される。実施の形態4においては、この工程(A)は、容器(鋳型)の中に多孔質のコージエライトセラミックスを組成としたセラミックス部材を配し、容器(鋳型)内に熔融したアルミニウムとケイ素とを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鋳造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から成る。

20

【0104】

多孔質のコージエライトセラミックスを組成としたセラミックス部材は、セラミックス部材を作製する際の焼結過程において多孔質化される。実施の形態4においては、多孔質のコージエライトセラミックスとして、コージエライトセラミックス粉末とコージエライトセラミックス繊維とを焼結して得られる焼結体である多孔質のコージエライトセラミックス・ファイバーボード(以下、ファイバーボードと略称する)を用いた。一般的な粉体焼結セラミックスが約1200°Cで高温焼結されるのに対して、ファイバーボードは約800°Cで低温焼結されたものであり、コージエライトセラミックス繊維の周りにコージエライトセラミックス粉末がバインダーを介して密着するように焼結され、多孔質化されている。従って、例えば、コージエライトセラミックス粉末とコージエライトセラミックス繊維との容積比を変えることによって、得られる多孔質のコージエライトセラミックスを組成としたセラミックス部材の空孔率や空孔径を調整することが可能である。

30

【0105】

基体載置ステージ10を作製するには、先ず、所定の円盤形状に成形された第1のファイバーボードを用意する。尚、第1のファイバーボードには、ヒータ14を配設するための溝を加工しておく。また、第1のファイバーボードとは別の第2のファイバーボードを用意する。この第2のファイバーボードには、配管15を配設するための溝を加工しておく。そして、容器(鋳型)の底部に第1のファイバーボードを配し、更に、第1のファイバーボードに設けられた溝内にヒータ14を配置する。次に、第1のファイバーボード上に第2のファイバーボードを乗せ、第2のファイバーボードに設けられた溝内に配管15を配置する。そして、更に、この第2のファイバーボード上に第3のファイバーボードを乗せる。尚、これらのファイバーボードには、プッシャーピン等を埋設するための孔を予め加工しておく。

40

【0106】

次いで、これらのファイバーボードから成るセラミックス部材を約800°Cに予備加熱

50

しておき、続いて、容器（鋳型）内に約 800°C に加熱して溶融状態としたアルミニウム系材料（ $\text{Al } 80\text{体積}\% - \text{Si } 20\text{体積}\%$ ）を流し込む。そして、容器（鋳型）内に約 $1\text{トン}/\text{cm}^2$ の高圧を加える高圧鋳造法を実行する。その結果、多孔質のファイバーボードには、即ち、セラミックス部材の組織中には、アルミニウム系材料が充填される。そして、アルミニウム系材料を冷却・固化させることによって、母材 12 が作製される。

【0107】

次いで、母材 12 の頂面、即ち、ヒータ側の面を研磨する。その後、この研磨面に、 Al_2O_3 に TiO_2 を約 2.5 重量% 混合した粒径が約 $10\text{ }\mu\text{m}$ の混合粉末を真空溶射法によって溶融状態で吹き付け、固化させる。これによって、体積固有抵抗値が $10^{11}\Omega/\square$ オーダーの厚さ約 0.2 mm のセラミックス層 13 を溶射法にて形成することができる。尚、セラミックス層 13 の形成の前に、溶射下地層として例えばアルミニウムを約 5 重量% 含んだニッケル（ $\text{Ni} - 5\text{重量}\% \text{Al}$ ）を溶射しておき、この溶射下地層上にセラミックス層 13 を溶射法にて形成してもよい。

【0108】

このようにして得られた基体載置ステージ 10 のセラミックス層 13 の割れ防止効果を確認するために、温風循環式のオープンを用い、以下のようにして基体載置ステージ 10 の熱サイクルテストを行った。

【0109】

（１）基体載置ステージ 10 をオープン内に入れ、オープン内を 30 分間かけて 300°C に昇温する。

（２）オープン内を、 300°C の温度で 20 分間保持する。

（３）オープン内を、40 分間かけて降温し、常温に戻す。

（４）オープン内から基体載置ステージ 10 を取り出し、外観を観察する。

【0110】

このような（１）～（４）の操作を 10 回繰り返したところ、10 回終了後においても基体載置ステージ 10 の外観には変化が認められず、セラミックス層 13 に割れ等の破損は生じていないことが確認された。

【0111】

このようにして得られた基体載置ステージ 10 は、多孔質のコージエライトセラミックス・ファイバーボードから成るセラミックス部材に $\text{Al } 80\text{体積}\% - \text{Si } 20\text{体積}\%$ のアルミニウム系材料を充填して得られた母材（温度調節ジャケット）12 によって構成されており、母材 12 の線膨張率 α_1 はセラミックス層 13 の線膨張率 α_2 に近い値となっている。従って、基体載置ステージ 10 の加熱・冷却による母材 12 とセラミックス層 13 の伸縮の度合いは殆ど同じである。それ故、これらの材料間の線膨張率 α_1 、 α_2 の差に起因して、高温加熱時や、高温から常温に基体載置ステージ 10 を戻したときにセラミックス層 13 に割れ等の損傷が発生することを確実に回避することができる。

【0112】

また、実施の形態 4 にあっては、特に、多孔質のコージエライトセラミックス・ファイバーボードを用いているが、高圧鋳造時にアルミニウム系材料がその空孔内に入り込む際の衝撃にファイバーボードは耐え得る。その結果、ファイバーボードに割れが生じることを抑制することができる。即ち、通常の粉末焼結法によって得られる多孔質のコージエライトセラミックスから成るセラミックス部材においては、高圧鋳造時に割れが起こり易い。然るに、多孔質のコージエライトセラミックス・ファイバーボードを用いることによって、高圧鋳造時におけるセラミックス部材の割れ発生を抑えることができる。

【0113】

そして、高圧鋳造時にファイバーボードに割れ等が発生することを回避できるので、母材 12 の表面に設けられたセラミックス層 13 にクラック等の損傷が生じることを一層確実に防止することができる。即ち、ファイバーボードに割れが発生したとしても、ファイバーボードから成るセラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填したとき、アルミニウム系材料が一種の接着材として働く結果、母材 12 を得ることはできる。しかしな

10

20

30

40

50

がら、このようにして得られた母材 1 2 においては、ファイバーボードに発生した割れ等の隙間にアルミニウム系材料から成る層が形成されてしまう。その結果、母材 1 2 の表面に設けられたセラミックス層 1 3 が、基体載置ステージ 1 0 の使用時、温度変化に追従できなくなり、セラミックス層 1 3 に割れが生じ易くなる。つまり、セラミックス層 1 3 は、粒径が約 $10\ \mu\text{m}$ の混合粉末が溶射されそして母材 1 2 と同化されているので、ファイバーボードにおける $1\sim 2\ \mu\text{m}$ の空孔内に充填されたアルミニウム系材料そのものの熱膨張からは殆ど影響を受けない。しかしながら、ファイバーボードの割れた部分の隙間に存在するアルミニウム系材料から成る層は、セラミックス層 1 3 を形成する粒子の径より大きい長さや幅を有する。従って、アルミニウム系材料から成るかかる層の熱膨張によるセラミックス層 1 3 への影響は無視できないものとなり、セラミックス層 1 3 に割れが発生する確率が高くなる。

10

【0114】

また、セラミックス層 1 3 を母材 1 2 上に溶射法にて形成するので、母材 1 2 とセラミックス層 1 3 とがより一層一体化する。これによって、母材 1 2 とセラミックス層 1 3 との間の応力緩和が図れると共に、母材 1 2 からセラミックス層 1 3 への熱伝導が速やかとなり、セラミックス層 1 3 に保持・固定された基体（例えばシリコン半導体基板）の温度制御を迅速に且つ確実に行うことが可能となる。

【0115】

尚、図 2 の (B) の模式的な断面図に示すように、セラミックス層を溶射法でなくロウ付け法によって母材 1 2 の表面に設けてもよい。この場合には、焼結法にて作製された Al_2O_3 製セラミックス板から成るセラミックス層 1 6 を、例えば、約 600°C の温度にて $\text{Al}-\text{Mg}-\text{Ge}$ 系のロウ材 1 7 を用いたロウ付け法にて母材 1 2 の表面に取り付けられよい。尚、ロウ材としては、その他、チタン、錫、アンチモン、マグネシウムから成る合金を挙げることができる。ロウ材の線膨張率 [単位: $10^{-6}/\text{K}$] も、母材の線膨張率を α_1 [単位: $10^{-6}/\text{K}$] としたとき、 (α_1-4) 以上、 (α_1+4) 以下の範囲内にあることが望ましい。必要に応じて、基体載置ステージ 1 0 の側面にセラミックス材料から成る環状のカバーを取り付けてもよい。

20

【0116】

(実施の形態 5)

実施の形態 5 は、実施の形態 4 の変形である。実施の形態 5 が実施の形態 4 と相違する点は、複合部材における母材を構成するセラミックス部材の組成を窒化アルミニウム (TiN) とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) とした点にある。尚、実施の形態 5 における基体載置ステージ 1 0 A の構造を、図 1 6 の (A) に模式的な断面図で示す。

30

【0117】

実施の形態 5 においては、母材 1 2 を構成するセラミックス部材の組成を窒化アルミニウム (AlN) とした。尚、窒化アルミニウムの線膨張率は $5.1 \times 10^{-6}/\text{K}$ であり、熱伝導率は $0.235\ \text{cal}/\text{cm} \cdot \text{秒} \cdot \text{K}$ である。また、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム (Al) とした。 $(\alpha_1-4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1+4)$ の関係を満足するように窒化アルミニウムとアルミニウムとの容積比は決定されており、具体的には、窒化アルミニウム/アルミニウムの容積比は $70/30$ である。尚、母材 1 2 の線膨張率は、 $100\sim 300^\circ\text{C}$ における平均値で $8.7 \times 10^{-6}/\text{K}$ である。即ち、 α_1 は 8.7 である。セラミックス層 1 3 を構成する材料を、 TiO_2 が約 2.5 重量% 添加された Al_2O_3 とした。セラミックス層 1 3 は、溶射法にて母材 1 2 の表面に形成されている。 Al_2O_3 に TiO_2 を添加することによって、その線膨張率は、 $100\sim 300^\circ\text{C}$ における平均値で約 $9 \times 10^{-6}/\text{K}$ ($\alpha_2 = \text{約} 9$) となり、母材 1 2 の線膨張率 α_1 とほぼ同じ値となる。これによって、母材 1 2 の高温加熱などによる温度変化によってもセラミックス層 1 3 に割れ等の損傷が発生することを効果的に防止し得る。また、 Al_2O_3 に TiO_2 を添加することにより、セラミックス層 1 3 の体積固有抵抗値を $10^{11}\ \Omega/\square$ のオーダーに調整することができる。これによって、セラミックス層 1 3 が静電チャックとして

40

50

の機能を効果的に発揮する。即ち、基体載置ステージ10Aの母材12に配線（図示せず）を介して直流電圧を電源から印加すれば、母材12を電極として用いることができ、セラミックス層13が静電チャックとして機能する。尚、この基体載置ステージ10Aには、セラミックス層13上に載置・保持された例えばシリコン半導体基板を押し上げるためのプッシャーピン（図示せず）が埋設されている。また、このプッシャーピンには、プッシャーピンをセラミックス層13の頂面上に突出させあるいは頂面下に埋没させる機構（図示せず）が取り付けられている。

【0118】

実施の形態5におけるヒータ14Aは、約500°Cまでの加熱が可能なPBNヒータ（パイロリティック・ボロン・ナイトライド・パイロリティック・グラファイト・ヒータ）である。ヒータ14Aを母材12の外側表面に取り付けることにより、母材12を常温から約500°Cまでの範囲内で温度制御することが可能である。

10

【0119】

複合部材11によって構成される基体載置ステージ10Aの作製方法を、以下、説明する。複合部材11は、基本的には、（A）セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填し、以て、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材を作製する工程と、（B）母材の表面にセラミックス層を設ける工程から作製される。実施の形態5においては、この工程（A）は、非加圧金属浸透法に基づき、窒化アルミニウム粒子から成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成る。

20

【0120】

具体的には、平均粒径10 μ mのAlN粒子を泥漿鑄込み成形法にて成形した後、約1000°Cの温度で焼成（焼結）を行うことによって、AlN粒子を成形したプリフォームであるセラミックス部材を作製した。そして、このセラミックス部材を約800°Cに予備加熱しておき、約800°Cに加熱して溶融したアルミニウムを非加圧でセラミックス部材に浸透させる。これによって、AlN70体積%—Al30体積%の構成の母材12を作製することができる。次いで、母材12を成形加工して円盤状とする。次いで、このようにして得られた母材12の頂面及び側面を研磨する。その後、この研磨面に、Al₂O₃にTiO₂を約2.5重量%混合した粒径が約10 μ mの混合粉末を真空溶射法によって溶融状態で吹き付け、固化させる。その後、母材12の下面、即ちセラミックス層13が設けられた面と反対側の面にPBNヒータから成るヒータ14Aを取り付け、基体載置ステージ10Aを得る。尚、セラミックス層13の形成の前に、溶射下地層として例えばアルミニウムを約5重量%含んだニッケル（Ni—5重量%Al）を溶射しておき、この溶射下地層上にセラミックス層13を溶射法にて形成してもよい。

30

【0121】

このようにして作製された基体載置ステージ10Aにあっては、セラミックス層13の線膨張率 α_2 が母材12の線膨張率 α_1 とほぼ同じ値となっている。それ故、母材12の高温加熱などによる温度変化によっても、セラミックス層13に割れ等の損傷は発生しない。また、窒化アルミニウムとアルミニウムとの容積比を調整することによって、更には、必要に応じて、Al₂O₃から成るセラミックス層13におけるTiO₂の添加率を調整することによって、母材12の線膨張率 α_1 とセラミックス層13の線膨張率 α_2 を、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ の関係を満足する関係とすることができる。その結果、基体載置ステージ10Aの温度変化に起因するセラミックス層13の割れ等の損傷発生を、効果的に防止することができる。

40

【0122】

また、セラミックス層13を母材12上に溶射法にて形成すれば、大面積の複合部材を作製することができ、基体の大面積化に容易に対処することができる。しかも、母材12とセラミックス層13とがより一層一体化する。これによって、母材12とセラミックス層13との間の応力緩和が図れると共に、母材12からセラミックス層13への熱伝導が速やかとなる。尚、図16の（B）に示すように、必要に応じて、母材12の側面にセラミ

50

ックス層を形成してもよい。

【0123】

図2の(B)の模式的な断面図に示したと同様に、セラミックス層を溶射法でなくロウ付け法によって母材12の表面(必要に応じて、更に側面)に設けてもよい(図16の(C)参照)。この場合には、焼結法にて作製された Al_2O_3 製セラミックス板から成るセラミックス層16を、例えば、約 $600^{\circ}C$ の温度にて $Al-Mg-Ge$ 系のロウ材17を用いたロウ付け法にて母材12の表面に取り付けられればよい。必要に応じて、母材12の側面にセラミックス材料から成る環状のカバー(図示せず)を取り付けてもよい。また、実施の形態4における基体載置ステージ10と同様の温度制御手段とすることもできる。

【0124】

尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウムとしたが、その代わりに、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素(例えば、 Al_8O 体積%- Si_2O 体積%)とすることができる。アルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とすることによって、母材の線膨張率を α_1 を制御することが可能となり、一層セラミックス層の線膨張率 α_2 との差を小さくすることが可能となる。また、セラミックス層を Al_2O_3 から構成する代わりに、窒化アルミニウム(AlN)から構成してもよい。

【0125】

また、実施の形態5にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態4にて説明した基体載置ステージに適用することもできるし、実施の形態4にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態5にて説明した基体載置ステージに適用することもできる。

【0126】

(実施の形態6)

実施の形態6は実施の形態5の変形である。実施の形態6が実施の形態5と相違する点は、複合部材における母材を構成するセラミックス部材の組成を炭化ケイ素(SiC)とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム(Al)とした点にある。実施の形態6における基体載置ステージ10Aの構造は、図16の(A)に模式的な断面図を示したと同様である。

【0127】

実施の形態6においては、母材12を構成するセラミックス部材の組成を炭化ケイ素(SiC)とした。尚、炭化ケイ素の線膨張率は $4 \times 10^{-6}/K$ であり、熱伝導率は $0.358 cal/cm \cdot sec \cdot K$ ($150 W/m \cdot K$)である。また、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム(Al)とした。 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足するように炭化ケイ素とアルミニウムとの容積比は決定されており、具体的には、炭化ケイ素/アルミニウムの容積比は $70/30$ である。尚、母材12の線膨張率は、 $100 \sim 300^{\circ}C$ における平均値で、 $6.2 \times 10^{-6}/K$ である。即ち、 $\alpha_1 = 6.2$ である。セラミックス層13を構成する材料を、 TiO_2 が約1.5重量%添加された Al_2O_3 とした。セラミックス層13は、溶射法にて母材12の頂面及び側面に形成されている。 Al_2O_3 は本来その線膨張率が約 $8 \times 10^{-6}/K$ であるが、 Al_2O_3 に TiO_2 を添加することによって、その線膨張率は、 $100 \sim 300^{\circ}C$ における平均値で、約 $8 \sim 9 \times 10^{-6}/K$ (α_2 は約 $8 \sim 9$)となり、母材12の線膨張率 α_1 とセラミックス層13の線膨張率 α_2 の関係は、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する。これによって、母材12の高温加熱などによる温度変化によってもセラミックス層13に割れ等の損傷が発生することを効果的に防止し得る。また、 Al_2O_3 に TiO_2 を添加することにより、セラミックス層13の体積固有抵抗値を $10^{11} \Omega/\square$ のオーダーに調整することができる。これによって、セラミックス層13が静電チャックとしての機能を効果的に発揮する。

【0128】

ヒータ14Aは、実施の形態5と同様に、PBNヒータである。ヒータ14Aを母材12である温度調節ジャケットの裏面に取り付けることにより、母材12を常温から約 $500^{\circ}C$ までの範囲内で温度制御することが可能である。あるいは又、実施の形態4における

10

20

30

40

50

基体載置ステージと同様の温度制御手段とすることもできる。そして、基体載置ステージ 10A の母材 12 に配線（図示せず）を介して直流電圧を印加すれば、母材 12 を電極として用いることができ、セラミックス層 13 が静電チャックとして機能する。尚、この基体載置ステージ 10A には、セラミックス層 13 上に載置、保持された例えばシリコン半導体基板を押し上げるためのプッシャーピン（図示せず）が埋設されている。また、このプッシャーピンには、プッシャーピンをセラミックス層 13 の頂面上に突出させあるいは頂面下に埋没させる機構（図示せず）が取り付けられている。

【0129】

基体載置ステージ 10A の作製方法を、以下、説明する。複合部材 11 は、基本的には、（A）セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填し、以て、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材を作製する工程と、（B）母材の表面にセラミックス層を設ける工程から作製される。実施の形態 6 においては、この工程（A）は、非加圧金属浸透法に基づき、炭化ケイ素粒子から成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成る。

【0130】

具体的には、平均粒径 $15\text{ }\mu\text{m}$ の SiC 粒子と平均粒径 $60\text{ }\mu\text{m}$ の SiC 粒子とを容積比で 1 : 4 にて混合したものを鑄込み泥漿成形法にて成形した後、約 800°C の温度で焼成を行うことによって、SiC 粒子を成形したプリフォームであるセラミックス部材を作製した。そして、このセラミックス部材を約 800°C に予備加熱しておき、約 800°C に加熱して溶融したアルミニウムを非加圧でセラミックス部材に浸透させる。これによって、SiC 70 体積% - Al 30 体積% の構成の母材 12 を作製することができる。次いで、母材 12 を成形加工して円盤状の温度調節ジャケットの形状とする。尚、この母材 12 には、プッシャーピン等を埋設するための孔も予め加工しておく。次いで、このようにして得られた母材 12 の頂面を研磨する。その後、この研磨面に、 Al_2O_3 に TiO_2 を約 1.5 重量% 混合した粒径が約 $10\text{ }\mu\text{m}$ の混合粉末を真空溶射法によって溶融状態で吹き付け、固化させる。これによって、体積固有抵抗値が $10^{11}\Omega/\square$ オーダーの厚さ約 0.2 mm のセラミックス層 13 を形成することができる。その後、母材 12 の底面、即ちセラミックス層 13 が設けられた頂面と反対側の面に PBN ヒータから成るヒータ 14A を取り付け、基体載置ステージ 10A を得る。尚、セラミックス層 13 の形成の前に、溶射下地層として例えばアルミニウムを約 5 重量% 含んだニッケル（Ni - 5 重量% Al）を溶射しておき、この溶射下地層上にセラミックス層 13 を溶射法にて形成してもよい。

【0131】

尚、基体載置ステージ 10A の作製方法は、上述の方法に限定されない。上述の工程（A）を、実施の形態 4 と同様に、容器（鑄型）の中に炭化ケイ素を組成としたセラミックス部材を配し、この容器（鑄型）内に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から構成することもできる。即ち、基体載置ステージ 10A を作製するには、先ず、所定の円盤形状に成形された SiC から成るプリフォームを用意する。尚、プリフォームには、プッシャーピン等を埋設するための孔を予め加工しておく。次いで、プリフォームから成るセラミックス部材を約 800°C に予備加熱しておき、続いて、容器（鑄型）内に約 800°C に加熱して溶融状態としたアルミニウムを流し込む。そして、容器（鑄型）内に約 $1\text{ トン}/\text{cm}^2$ の高圧を加える高圧鑄造法を実行する。その結果、セラミックス部材の組織中には、アルミニウムが充填される。そして、アルミニウムを冷却・固化させることによって、母材 12 が作製される。以下、先に述べたと同様の方法で基体載置ステージ 10A を作製すればよい。

【0132】

このようにして作製された基体載置ステージ 10A にあっては、母材 12 の高温加熱などによる温度変化によっても、セラミックス層 13 に割れ等の損傷は発生しない。また、炭

10

20

30

40

50

化ケイ素とアルミニウム系材料との容積比を調整することによって、更には、必要に応じて、 Al_2O_3 から成るセラミックス層13における TiO_2 の添加率を調整することによって、母材12の線膨張率 α_1 とセラミックス層13の線膨張率 α_2 を、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する関係とすることができる。その結果、基体載置ステージ10Aの温度変化に起因するセラミックス層13の割れ等の損傷発生を、効果的に防止することができる。

【0133】

また、セラミックス層13を母材12上に溶射法にて形成すれば、大面積の複合部材を作製することができ、基体の大面積化に容易に対処することができる。しかも、母材12とセラミックス層13とがより一層一体化する。これによって、母材12とセラミックス層13との間の応力緩和が図れると共に、母材12からセラミックス層13への熱伝導が速やかとなり、セラミックス層13に保持・固定された基体（例えばシリコン半導体基板）の温度制御を迅速に且つ確実に行うことが可能となる。

【0134】

図16の(C)の模式的な断面図に示したと同様に、セラミックス層を溶射法でなくロウ付け法によって母材12の頂面（必要に応じて、更に側面）に設けてもよい。この場合には、焼結法にて作製された Al_2O_3 製セラミックス板から成るセラミックス層16を、例えば、約600°Cの温度にてAl-Mg-Ge系のロウ材17を用いたロウ付け法にて母材の頂面に取り付ければよい。

【0135】

尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウムとしたが、その代わりに、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素（例えば、Al80体積%-Si20体積%）とすることができる。アルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とすることによって、母材の線膨張率 α_1 を制御することが可能となり、一層セラミックス層の線膨張率 α_2 との差を小さくすることが可能となる。また、セラミックス層を Al_2O_3 から構成する代わりに、窒化アルミニウム(AlN)から構成してもよい。

【0136】

また、実施の形態6にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態4にて説明した基体載置ステージに適用することもできるし、実施の形態4にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態6にて説明した基体載置ステージに適用することもできる。

【0137】

（実施の形態7）

実施の形態7も実施の形態5の変形である。実施の形態7が実施の形態5と相違する点は、複合部材における母材を構成するセラミックス部材の組成を酸化アルミニウム(Al_2O_3)とし、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム(Al)とした点にある。実施の形態7における基体載置ステージ10Aの構造は、図16の(A)に模式的な断面図を示したと同様である。

【0138】

実施の形態7においては、母材12を構成するセラミックス部材の組成を酸化アルミニウム(Al_2O_3)とした。尚、酸化アルミニウムの線膨張率は $7.8 \times 10^{-6}/K$ であり、熱伝導率は $0.069 \text{ cal/cm} \cdot \text{秒} \cdot K$ (29W/m・K)である。また、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム(Al)とした。 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足するように酸化アルミニウムアルミニウムとの容積比は決定されており、具体的には、酸化アルミニウム／アルミニウムの容積比は80／20である。尚、母材12の線膨張率は、100～300°Cにおける平均値で、 $11 \times 10^{-6}/K$ である。即ち、 $\alpha_1 = 11$ である。セラミックス層13を構成する材料を、 TiO_2 が約1.5重量%添加された Al_2O_3 とした。セラミックス層13は、溶射法にて母材12の頂面及び側面に形成されている。そして、母材12の線膨張率 α_1 とセラミックス層13の線膨張率 α_2 の関係は、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する。これによって、母材12の高温

加熱などによる温度変化によってもセラミックス層 13 に割れ等の損傷が発生することを効果的に防止し得る。また、 Al_2O_3 に TiO_2 を添加することにより、セラミックス層 13 の体積固有抵抗値を $10^{11} \Omega / \square$ のオーダーに調整することができる。これによって、セラミックス層 13 が静電チャックとしての機能を効果的に発揮する。

【0139】

実施の形態 7 の基体載置ステージ 10 A の作製方法を、以下、説明する。複合部材 11 は、基本的には、(A) セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料を充填し、以て、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材を作製する工程と、(B) 母材の表面に溶射法にてセラミックス層を設ける工程から作製される。実施の形態 7 においては、この工程 (A) は、非加圧金属浸透法に基づき、酸化アルミニウムから成形されたセラミックス部材に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を非加圧状態にて浸透させる工程から成る。

10

【0140】

具体的には、平均粒径 $20 \mu m$ の Al_2O_3 粒子と平均粒径 $80 \mu m$ の Al_2O_3 粒子とを容積比で 1 : 4 にて混合したものを鑄込み泥漿成形法にて成形した後、約 $800^\circ C$ の温度で焼成を行うことによって、 Al_2O_3 粒子を成形したプリフォームであるセラミックス部材を作製した。そして、このセラミックス部材を約 $800^\circ C$ に予備加熱しておき、約 $800^\circ C$ に加熱して溶融したアルミニウムを非加圧でセラミックス部材に浸透させる。これによって、 Al_2O_3 80 体積% - Al_2O_3 20 体積% の構成の母材 12 を作製することができる。次いで、母材 12 を成形加工して円盤状の温度調節ジャケットの形状とする。尚、この母材 12 には、プッシャーピン等を埋設するための孔も予め加工しておく。次いで、このようにして得られた母材 12 の頂面及び側面を研磨する。

20

【0141】

その後、この研磨面に、 Al_2O_3 に TiO_2 を約 1.5 重量% 混合した粒径が約 $10 \mu m$ の混合粉末を真空溶射法によって溶融状態で吹き付け、固化させる。これによって、体積固有抵抗値が $10^{11} \Omega / \square$ オーダーのセラミックス層を溶射法にて形成することができる。尚、セラミックス層の形成の前に、溶射下地層として例えばアルミニウムを約 5 重量% 含んだニッケル ($Ni - 5$ 重量% Al) を溶射しておき、この溶射下地層上にセラミックス層を溶射法にて形成してもよい。その後、母材 12 の底面、即ちセラミックス層 13 が設けられた頂面と反対側の面に PBN ヒータから成るヒータ 14 A を取り付け、基体載置ステージ 10 A を得る。

30

【0142】

尚、基体載置ステージ 10 A の作製方法は、上述の方法に限定されない。上述の工程 (A) を、実施の形態 4 と同様に、容器 (鑄型) の中に酸化アルミニウムを組成としたセラミックス部材を配し、この容器 (鑄型) 内に溶融したアルミニウムを組成としたアルミニウム系材料を流し込み、高圧鑄造法にてセラミックス部材中にアルミニウム系材料を充填する工程から構成することもできる。即ち、基体載置ステージ 10 A を作製するには、先ず、所定の円盤形状に成形された Al_2O_3 から成るプリフォームを用意する。尚、プリフォームには、プッシャーピン等を埋設するための孔を予め加工しておく。次いで、プリフォームから成るセラミックス部材を約 $800^\circ C$ に予備加熱しておき、続いて、容器 (鑄型) 内に約 $800^\circ C$ に加熱して溶融状態としたアルミニウムを流し込む。そして、容器 (鑄型) 内に約 $1 \text{ トン} / \text{cm}^2$ の高圧を加える高圧鑄造法を実行する。その結果、セラミックス部材の組織中には、アルミニウムが充填される。そして、アルミニウムを冷却・固化させることによって、母材 12 が作製される。以下、先に述べたと同様の方法で基体載置ステージ 10 A を作製すればよい。

40

【0143】

このようにして作製された基体載置ステージ 10 A にあっては、母材 12 の高温加熱などによる温度変化によっても、セラミックス層 13 に割れ等の損傷は発生しない。また、実施の形態 7 における基体載置ステージにあっては、酸化アルミニウムとアルミニウム系材料との容積比を調整することによって、更には、必要に応じて、 Al_2O_3 から成るセラミ

50

ックス層 13 における TiO_2 の添加率を調整することによって、母材 12 の線膨張率 α_1 とセラミックス層 13 の線膨張率 α_2 を、 $(\alpha_1 - 4) \leq \alpha_2 \leq (\alpha_1 + 4)$ を満足する関係とすることができる。その結果、基体載置ステージ 10A の温度変化に起因するセラミックス層 13 の割れ等の損傷発生を、効果的に防止することができる。

【0144】

また、セラミックス層 13 を母材 12 上に溶射法にて形成すれば、大面積の複合部材を作製することができ、基体の大面積化に容易に対処することができる。しかも、母材 12 とセラミックス層 13 とがより一層一体化するので、母材 12 とセラミックス層 13 との間の応力緩和が図れると共に、母材 12 からセラミックス層 13 への熱伝導が速やかとなり、セラミックス層 13 に保持・固定された基体の温度制御を迅速に且つ確実に行うことが可能となる。

10

【0145】

尚、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウムとしたが、その代わりに、母材を構成するアルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素（例えば、Al80 体積%－Si20 体積%）とすることができる。アルミニウム系材料の組成をアルミニウム及びケイ素とすることによって、母材の線膨張率 α_1 を制御することが可能となり、一層セラミックス層の線膨張率 α_2 との差を小さくすることが可能となる。また、セラミックス層を Al_2O_3 から構成する代わりに、窒化アルミニウム（AlN）から構成してもよい。

【0146】

20

図 16 の (C) の模式的な断面図に示したと同様に、セラミックス層を溶射法でなくロウ付け法によって母材 12 の頂面（必要に応じて、更に側面）に設けてもよい。この場合には、焼結法にて作製された Al_2O_3 製セラミックス板から成るセラミックス層 16 を、例えば、約 600°C の温度にて Al－Mg－Ge 系のロウ材 17 を用いたロウ付け法にて母材の頂面に取り付けられよい。

【0147】

また、実施の形態 7 にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態 4 にて説明した基体載置ステージに適用することもできるし、実施の形態 4 にて説明した基体載置ステージの構造を実施の形態 7 にて説明した基体載置ステージに適用することもできる。

【0148】

30

以上、本発明を、発明の実施の形態に基づき説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。発明の実施の形態にて説明した基体載置ステージの構造の変形例の模式的な断面図を、図 17～図 22 に示す。図 17 の (A) に示す例においては、図 2 の (A) に示した構造と異なり、ヒータ 14 が省略されている。また、図 17 の (B) に示す例においては、図 2 の (A) に示した構造と異なり、配管 15 が省略されている。尚、図 17 の (A) 及び (B) に示した構造を、図 2 の (B) に示した基体載置ステージに適用することもできる。

【0149】

発明の実施の形態においては、専ら、一体的に形成された母材から基体載置ステージを作製したが、基体載置ステージは、例えば金属材料と母材との組み合わせから作製することもできる。このような基体載置ステージの模式的な断面図を図 18 及び図 19 に示す。基体載置ステージ 10B は、アルミニウム製あるいはステンレススチール製の円盤状部材 18 に複合部材 11 をロウ付け法又はビス止めにて固定して作製されている。尚、ロウ材あるいはビスは図 18、図 19 及び後述する図 22、図 26、図 29、図 30 及び図 31 には図示していない。

40

【0150】

図 18 に示す構造においては、基体載置ステージ 10B の頂面及び基体載置ステージ 10B の側面はセラミックス層 13 にて被覆されている。尚、必要に応じて、基体載置ステージ 10B の側面をセラミックス層 13 にて被覆しなくともよい。一方、図 19 に示す構造においては、基体載置ステージ 10B の頂面には、例えば Al_2O_3 製セラミックス板から

50

成るセラミックス層16がロウ材17によって取り付けられている。図18の(A)あるいは図19の(A)においては、アルミニウム製の円盤状部材18の内部に配管15Bが配設されている。また、母材12が円盤状部材18の上面及び下面に固定されている。円盤状部材18の上面に固定された複合部材11の構造、及び円盤状部材18の下面に固定された母材12の構成は、実施の形態4～実施の形態7にて説明した複合部材の構造、母材の構成と同様とすることができる。図18の(B)あるいは図19の(B)においては、アルミニウム製の円盤状部材18の下面には母材が省略されている。図18の(C)あるいは図19の(C)においては、アルミニウム製の円盤状部材18の下面にPBNヒータ14Bが取り付けられている。そして、複合部材11が円盤状部材18の上面に固定されている。

10

【0151】

発明の実施の形態においては、基体載置ステージの母材を電極として用いることによってセラミックス層が静電チャック機能を有する形態(単極形式)としたが、セラミックス層の内部に電極を形成することによってセラミックス層が静電チャック機能を有する形態(双極形式)とすることもできる。この場合には、母材の表面に溶射法によってセラミックス層を設けると、母材の表面に溶射法にて第1のセラミックス層を形成し、この第1のセラミックス層上に溶射法、ロウ付け法、メッキ法あるいは、導電性ペーストを印刷、硬化させる印刷法等によって電極を形成し、次いで、溶射法に基づき第2のセラミックス層にて全面を被覆することが好ましい。このような構造を有する基体載置ステージ10Cの模式的な断面図を図20の(A)に示し、複合部材の頂面端部の拡大断面図を図20の(B)に示す。

20

【0152】

具体的には、例えば、実施の形態4において、母材12を作製した後、母材12の頂面を研磨する。その後、この研磨面に、 Al_2O_3 に TiO_2 を約2.5重量%混合した粒径が約 $10\mu m$ の混合粉末を真空溶射法によって熔融状態で吹き付け、固化させる。これによって、体積固有抵抗値が $10^{11}\Omega/\square$ オーダーの第1のセラミックス層130Aを溶射法にて形成することができる。尚、第1のセラミックス層130Aの形成の前に、溶射下地層として例えばアルミニウムを約5重量%含んだニッケル($Ni-5$ 重量% Al)を溶射しておき、この溶射下地層上に第1のセラミックス層130Aを溶射法にて形成してもよい。その後、ロウ材を用いて電極19を第1のセラミックス層130A上に形成する。電極19の平面形状を模式的に図20の(C)に示すが、電極19は、所謂楕型電極形状を有し、双極形式である。図20の(C)において、電極19を明確化するために、電極19に斜線を付した。尚、ロウ材として、例えば、 $Al-Mg-Ge$ 系、チタン、錫、アンチモンあるいはマグネシウムから成る合金を挙げることができるが、これらに限定するものではない。電極19を構成するロウ材の線膨張率[単位: $10^{-6}/K$]も、母材の線膨張率を α_1 [単位: $10^{-6}/K$]としたとき、 (α_1-4) 以上、 (α_1+4) 以下の範囲内にあることが望ましいが、電極19の厚さが薄ければ、ロウ材の線膨張率はこのような範囲から外れていても、問題は生じない。その後、全面に、 Al_2O_3 に TiO_2 を約2.5重量%混合した粒径が約 $10\mu m$ の混合粉末を真空溶射法によって熔融状態で吹き付け、固化させることによって、第2のセラミックス層130Bを溶射法にて形成する。こうして、内部に電極19が形成されたセラミックス層13C(第1のセラミックス層130A及び第2のセラミックス層130B)を形成することができる。このような構成の基体載置ステージ10Cの電極19に配線(図示せず)を介して直流電圧を直流電源27から印加することによって、セラミックス層13Cが静電チャックとして機能する。尚、図20の(A)、図21及び図22においては、セラミックス層13Cを1層で表した。図21の(B)に模式的な断面図を示すように、セラミックス層13Cを母材12の側面に形成してもよい。更には、電極19は、実施の形態5～実施の形態7にて説明した基体載置ステージにも適用することができる。例えば、図16の(A)、図16の(B)及び図17の(B)を参照して説明した基体載置ステージに電極19を設けた基体載置ステージ10Cの模式的な断面図を図21の(A)、(B)及び(C)に示す。また、図18の(A)

30

40

50

）、（Ｂ）及び（Ｃ）を参照して説明した基体載置ステージと略同じ構造を有する基体載置ステージに電極１９を設けた基体載置ステージ１０Ｄの模式的な断面図を図２２の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）に示す。電極１９の平面形状は、所謂櫛型電極形状に限定されず、例えば、円を２分割した２つの半円形状等、任意の一对の形状とすることができる。

【０１５３】

プラズマエッチング装置も図１に示した構造に限定されない。ヘリコン波プラズマエッチング装置２０Ａ（以下、単にエッチング装置２０Ａと略称する）の概念図を図２３に示す。エッチング装置２０Ａのチャンバー７１内には、シリコン半導体基板４０を保持・固定するための基体載置ステージ１０Ａ（図１６の（Ａ）参照）が配設されている。

【０１５４】

このような基体載置ステージ１０Ａを組み込んだエッチング装置２０Ａは、更に、チャンバー７１と、ＲＦアンテナ７６と、マルチポール磁石７４を備えている。２つのＲＦアンテナ７６は、チャンバー７１の上部に設けられた直径３５０ｍｍの円筒状石英管から成るベルジャー（チャンバー側壁）７３の外側を周回して配設され、 $M=1$ モードのプラズマを生成するアンテナ形状を有し、マッチングネットワーク７７を介してヘリコン波プラズマ発生源７８に接続されている。これらのＲＦアンテナ７６の外側には、内周コイルと外周コイルとから構成されたソレノイドコイル・アッセンブリ７５が配設されている。このソレノイドコイル・アッセンブリ７５のうち、内周コイルはヘリコン波の伝搬に寄与し、外周コイルは生成したプラズマの輸送に寄与する。マルチポール磁石７４は、チャンバー７１の下部外側に設けられており、エレクトロンがチャンバー７１の側壁にて消失することを抑制するためのカスプ磁場を形成する。尚、参照番号７２は、チャンバー７１の天板である。

【０１５５】

更に、チャンバー７１内のガスを排気するための排気口７９が、真空ポンプ等の負圧手段（図示せず）に接続されている。基体載置ステージ１０Ａを構成する母材１２には、シリコン半導体基板４０への入射イオンエネルギーを制御するためのバイアス電源８１が接続され、更には、誘電体部材であるセラミックス層１３に静電吸着力を発揮させるための直流電源８２が接続されている。また、基体載置ステージ１０Ａのヒータ１４Ａは、電源８３に接続されている。更には、シリコン半導体基板４０の温度を計測するための蛍光ファイバ温度計８５が、エッチング装置２０には備えられている。尚、基体載置ステージ１０Ａの温度制御は、蛍光ファイバ温度計８５で検知された温度を制御装置（ＰＩＤコントローラ）８４で検出し、ヒータ１４Ａへ電力を供給するための電源８３を制御することによって行うことができる。尚、図２３において、エッチングガス導入部、ゲートバルブ等のエッチング装置の細部については、その図示を省略した。

【０１５６】

尚、基体載置ステージを図２の（Ａ）に示した構造とすることもできる。

【０１５７】

複合部材によって構成された平行平板の上部対向電極９０を備えたプラズマエッチング装置（以下、単にエッチング装置２０Ｂと略称する）の概念図を図２４に示す。また、上部対向電極の模式的な断面図を図２５の（Ａ）に示す。

【０１５８】

このエッチング装置２０Ｂにおいては、下部電極に相当する基体載置ステージ１０と対向して、チャンバー９３内の上方に平行平板の上部対向電極９０が配置されている。この上部対向電極９０は、ＲＦ電源９１に接続されている。ここで、参照番号９４はチャンバー側壁、参照番号９５は天板、参照番号９６はチャンバー９３内のガスを排気するための排気口である。尚、エッチング装置２０Ｂにおいて、図１に示したエッチング装置２０と同じ参照番号を付した構成要素、部品は、図１に示したエッチング装置２０と同じ構成要素、部品である。

【０１５９】

上部対向電極９０を構成する複合部材においては、実施の形態４と同様に、母材１１２を

10

20

30

40

50

構成するセラミックス部材の組成をコージエライトセラミックスとした。また、母材を構成するアルミニウム系材料の組成はアルミニウム（Al）及びケイ素（Si）であり、アルミニウム系材料を基準として、アルミニウム系材料にはケイ素が20体積%含まれている。母材112は、純粋なセラミックスの電気伝導度や熱伝導度よりも金属に近づいた値を有する。従って、このような母材112から作製された上部対向電極90には、高周波も問題なく印加することができる。セラミックス層113を構成する材料を、 TiO_2 が約2.5重量%添加された Al_2O_3 とする。厚さ約0.2mmのセラミックス層113は、溶射法にて母材112の表面に形成されている。このような組成のセラミックス層113の線膨張率は、 $100\sim300^\circ C$ における平均値で、 $9\times10^{-6}/K$ である。従って、 α''_2 は約9であり、セラミックス層113の線膨張率 α''_2 は $(\alpha''_1-4)\leq\alpha''_2\leq(\alpha''_1+4)$ を満足している。尚、 Al_2O_3 それ自体の線膨張率は約 $8\times10^{-6}/K$ である。尚、 α''_1 は母材112の線膨張率である。

10

【0160】

上部対向電極90の内部には、公知のシーズヒータから成るヒータ114が配設されている。ヒータ114は、ヒータ本体（図示せず）と、ヒータ本体の外側に配設されそしてヒータ本体を保護する鞘管（図示せず）から構成されている。そして、ヒータ114は、図示しない配線を介して電源92（図24参照）に接続されている。ヒータ114の熱膨張は、上部対向電極90に影響を与える。従って、セラミックス層113や母材112の線膨張率に近い値を有する材料を用いることが好ましい。具体的には、チタンやステンレススチール等、線膨張率が $9\times10^{-6}/K\sim12\times10^{-6}/K$ の材料から作製された鞘管を用いることが好ましい。即ち、ヒータ114を構成する材料（母材112と接する鞘管の材料）の線膨張率 α''_H 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕は、 $(\alpha''_1-4)\leq\alpha''_H\leq(\alpha''_1+4)$ を満足することが好ましい。尚、ヒータ114の本体の線膨張率は、上部対向電極90に影響を与えることがないので、特に制限されない。

20

【0161】

複合部材によって構成される上部対向電極90の作製方法は、実質的には、実施の形態4にて説明した複合部材の製造方法と同様の方法で作製することができるので、詳細な説明は省略する。また、上部対向電極90を実施の形態5～実施の形態7にて説明した複合部材の製造方法と同様の方法で作製することもできる。更には、図25の（B）に示すように、セラミックス層116をロウ付け法に基づきロウ材117にて母材112の表面に取り付けてもよい。

30

【0162】

更には、図26に示すように、ステンレススチール製あるいはアルミニウム製の円盤状部材118に複合部材111をロウ付け法又はビス止めにて固定して作製された上部対向電極90Aとすることもできる。円盤状部材118の内部にヒータ114Aが配設されている。複合部材111は円盤状部材118の上面及び下面に固定されている（図26の（A）参照）。この複合部材111の構造は、実施の形態4～実施の形態7にて説明した複合部材11と同様の構造を有する。図26の（B）に示す構造においては、セラミックス層116がロウ材117により母材112の表面に取り付けられている。また、図26の（C）においては、円盤状部材118の上面には複合部材が省略されている。

40

【0163】

プラズマエッチング装置のチャンバー側壁あるいは天板は、複合部材から作製されていることが好ましい。図24に示したプラズマエッチング装置20Bにおけるチャンバー側壁94の模式的な一部断面図を、図27～図31に示す。このチャンバー側壁94は、セラミックス部材の組織中にアルミニウム系材料が充填された母材212と、この母材212の表面に設けられたセラミックス層213とから成る複合部材211から作製されている。

【0164】

チャンバー側壁94の内部には、公知のシーズヒータから成るヒータ214が配設されている（図27の（A）及び（B）参照）。ヒータ214は、ヒータ本体（図示せず）と、

50

ヒータ本体の外側に配設されそしてヒータ本体を保護する鞘管（図示せず）から構成されている。そして、ヒータ214は、配線を介して電源（図示せず）に接続されている。ヒータ214の熱膨張は、チャンバー側壁94に影響を与える。従って、母材212やセラミックス層213の線膨張率 α'_1 、 α'_2 に近い値を有する材料を用いることが好ましい。具体的には、チタンやステンレススチール等、線膨張率が $9 \times 10^{-6}/K \sim 12 \times 10^{-6}/K$ の材料から作製された鞘管を用いることが好ましい。即ち、ヒータ214を構成する材料（母材212と接する鞘管の材料）の線膨張率 α'_H 〔単位： $10^{-6}/K$ 〕は、 $(\alpha'_1 - 4) \leq \alpha'_H \leq (\alpha'_1 + 4)$ の関係を満足することが好ましい。ヒータ214の本体の線膨張率は、チャンバー側壁94に影響を与えることがないので、特に制限されない。場合によっては、ヒータ214を配設すると同時に、先に説明した配管15と同様の構造の配管をチャンバー側壁94の内部に配設してもよいし、ヒータ214を配設する代わりに、配管をチャンバー側壁94の内部に配設してもよい。

10

【0165】

あるいは又、図27の（B）の模式的な断面図に示すように、セラミックス層216を溶射法でなくロウ付け法によって母材212の表面に設けてもよい。この場合には、焼結法にて作製された Al_2O_3 製セラミックス環状部材から成るセラミックス層216を、例えば、約 $600^\circ C$ の温度にて $Al-Mg-Ge$ 系のロウ材217を用いたロウ付け法にて母材212の表面（内面）に取り付けられればよい。尚、ロウ材としては、その他、チタン、錫、アンチモン、マグネシウムから成る合金を挙げることができる。

【0166】

20

あるいは又、図28の（A）や（B）の模式的な断面図に示すように、ヒータを母材212に埋設する代わりに、チャンバー側壁94の外表面（チャンバー93と面する面とは反対側の面）に、例えば、PBNヒータから成るヒータ214Aを取り付けてもよい。

【0167】

図29～図31には、ステンレススチール製あるいはアルミニウム製の中空円筒部材218に複合部材211をロウ付け法又はビス止めにて固定して作製されたプラズマエッチング装置の側壁の模式的な断面図を示す。図29の（A）あるいは（B）においては、中空円筒部材218の内部にヒータ214B（配管であってもよい）が配設されている。母材212は中空円筒部材218の内面及び外表面に固定されている。中空円筒部材218の内面（チャンバー93側）に固定された複合部材211の構造は、実施の形態にて説明した複合部材と同様の構造を有する。図30の（A）あるいは（B）においては、中空円筒部材218の外表面の母材212が省略されている。図31の（A）あるいは（B）においては、中空円筒部材218の外表面にPBNヒータ214Cが取り付けられている。そして、複合部材211が中空円筒部材218の内面に固定されている。

30

【0168】

プラズマエッチング装置の天板23、72、95も同様の構造とすればよい。尚、これらのプラズマエッチング装置のチャンバー側壁あるいは天板は、実施の形態4～実施の形態7にて説明した複合部材の製造方法と同様の方法に基づき作製することができるので、詳細な説明は省略する。

【0169】

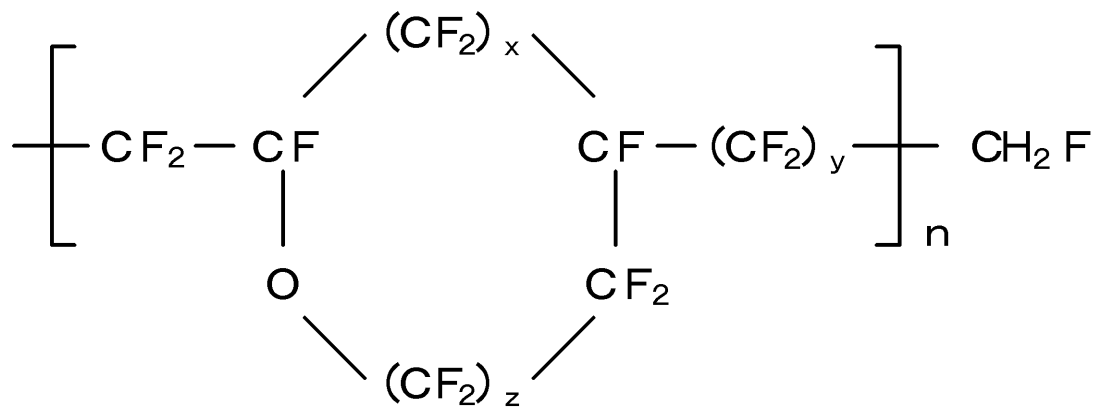
40

エッチング用マスクを構成する低誘電率絶縁材料として、例えば、以下の式に示すシクロパーフルオロカーボンポリマー（旭硝子株式会社製：商品名サイトップ）を使用することもできる。ここで、式中、 x は0又は1の値をとり、 y は0又は1の値をとり、 z は0、1又は2の値をとる。尚、シクロパーフルオロカーボンポリマーの比誘電率は2.4、ガラス転移温度 T_g は $400^\circ C$ である。

【0170】

【化2】

【化 2】



10

【0171】

実施の形態 2 にて説明した Bi 系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体薄膜から構成された被加工層をゾルゲル法にて成膜することもできる。例えば、式 (2) の $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される強誘電体薄膜の成膜条件を以下の表 5 に例示する。

【0172】

20

【表 5】

原料：Bi (CH₃(CH₂)₃CH(C₂H₅)COO)₃
 [ビスマス・2エチルヘキサン酸, Bi(OOC)₃]
 Sr (CH₃(CH₂)₃CH(C₂H₅)COO)₂
 [ストロンチウム・2エチルヘキサン酸, Sr(OOC)₂]
 Ta(OEt)₅ [タンタル・エトキシド]

スピコート条件：3000rpm×20秒

乾燥：250°C×7分

【0173】

あるいは又、式 (2) の $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される強誘電体薄膜をパルスレーザアブレーション法にて成膜することもできる。この場合の成膜条件を以下の表 6 に例示する。尚、式 (2) の $\text{Bi}_x\text{Sr}_y\text{Ta}_2\text{O}_d$ で表される強誘電体薄膜の成膜後、800°C×1時間、酸素雰囲気中でポストベーキングを行う。

30

【0174】

【表 6】

ターゲット：Bi_xSr_yTa₂O_d
 使用レーザ：KrFエキシマレーザ（波長248nm、パルス幅25ns、5Hz）
 成膜温度　：500°C
 酸素濃度　：3Pa

【0175】

40

被加工層を、Bi 系層状構造ペロブスカイト型の強誘電体材料から構成する代わりに、PZTあるいはPLZTから構成することもできる。マグネトロンスパッタ法による PZT あるいは PLZT の成膜条件を以下の表 7 に例示する。

【0176】

【表 7】

ターゲット　：PZT あるいは PLZT
 プロセスガス：Ar/O₂=90体積%/10体積%
 圧力　　　　：4Pa
 パワー　　　：50W
 成膜温度　　：500°C

50

【0177】

あるいは又、P Z TやP L Z Tをパルスレーザアブレーション法にて形成することもできる。この場合の成膜条件を以下の表8に例示する。

【表8】

ターゲット：P Z T又はP L Z T

使用レーザ：K r Fエキシマレーザ（波長248nm、パルス幅25ns、3Hz）

出力エネルギー：400mJ（1.1J/cm²）

成膜温度：550～600℃

酸素濃度：40～120Pa

【0178】

尚、強誘電体薄膜によって不揮発性メモリセル（所謂F E R A M）のキャパシタのみならず、D R A Mのキャパシタを構成することもできる。この場合には、例えば、強誘電体薄膜の分極を、分極反転の起きない付加電圧の範囲で利用する。即ち、外部電界による最大（飽和）分極 P_{max} と外部電界が0の場合の残留分極 P_r との差（ $P_{max} - P_r$ ）が、電源電圧に対して一定の関係（ほぼ比例関係）を有する特性を利用する。強誘電体薄膜の分極状態は、常に飽和分極（ P_{max} ）と残留分極（ P_r ）の間にあり、反転しない。データはリフレッシュによって保持される。

【0179】

【発明の効果】

本発明のプラズマエッチング法においては、基体載置ステージに損傷が発生すること無く、被加工層を高温に加熱することが可能となり、反応生成物の気化を促進することができ、被加工層の微細加工を確実に行うことができる。しかも、基体載置ステージは静電チャック機能を有しているので、基体を基体載置ステージに確実に密着させることができ、被加工層を、優れた温度制御の下、効果的に高温に加熱することができる。更には、エッチング用マスクをS i O₂等から構成することによって、被加工層のプラズマエッチングの際の雰囲気温度にエッチング用マスクは十分に耐えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態1において使用したI C P型のプラズマエッチング装置の概念図である。

【図2】複合部材によって構成される基体載置ステージを示す模式的な断面図である。

【図3】発明の実施の形態1のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図4】図3に引き続き、発明の実施の形態1のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図5】図4に引き続き、発明の実施の形態1のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図6】図5に引き続き、発明の実施の形態1のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図7】発明の実施の形態2のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図8】図7に引き続き、発明の実施の形態2のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図9】図8に引き続き、発明の実施の形態2のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図10】図9に引き続き、発明の実施の形態2のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図11】発明の実施の形態3のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図12】図11に引き続き、発明の実施の形態3のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】図 1 2 に引き続き、発明の実施の形態 3 のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図 1 4】図 1 3 に引き続き、発明の実施の形態 3 のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図 1 5】図 1 4 に引き続き、発明の実施の形態 3 のプラズマエッチング法を説明するための半導体基板等の模式的な一部断面図である。

【図 1 6】基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 1 7】基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 1 8】基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 1 9】基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 2 0】複合部材によって構成される基体載置ステージの変形例を示す模式的な断面図である。

【図 2 1】図 2 0 に示した基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 2 2】図 2 0 に示した基体載置ステージを構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 2 3】ヘリコン波プラズマエッチング装置の概念図である。

【図 2 4】平行平板の上部対向電極を備えたプラズマエッチング装置の概念図である。

【図 2 5】上部対向電極を構成する複合部材を示す模式的な断面図である。

【図 2 6】上部対向電極を構成する複合部材の変形例を示す模式的な断面図である。

【図 2 7】プラズマエッチング装置の側壁を構成する複合部材を示す模式的な一部断面図である。

【図 2 8】プラズマエッチング装置の側壁を構成する複合部材の変形例を示す模式的な一部断面図である。

【図 2 9】プラズマエッチング装置の側壁を構成する複合部材の変形例を示す模式的な一部断面図である。

【図 3 0】プラズマエッチング装置の側壁を構成する複合部材の変形例を示す模式的な一部断面図である。

【図 3 1】プラズマエッチング装置の側壁を構成する複合部材の変形例を示す模式的な一部断面図である。

【図 3 2】強誘電体薄膜の P-E ヒステリシスループ図である。

【符号の説明】

1 0, 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C・・・基体載置ステージ、1 1, 1 1 1, 2 1 1・・・複合部材、1 2, 1 1 2, 2 1 2・・・母材、1 3, 1 3 C, 1 1 3, 2 1 3・・・セラミックス層、1 4, 1 4 A, 1 4 B, 1 1 4・・・ヒータ、1 5・・・配管、1 6, 1 1 6, 2 1 6・・・セラミックス層、1 7, 1 1 7, 2 1 7・・・ロウ材、1 8, 1 1 8, 2 1 8・・・円盤状部材、1 9・・・電極、2 0, 2 0 A, 2 0 B・・・プラズマエッチング装置、2 1・・・チャンバー、2 2・・・チャンバー側壁、2 3・・・天板、2 4・・・ヒータ、2 5・・・誘導結合コイル、2 6・・・バイアス電源、2 7・・・直流電源、2 8・・・電源、2 9・・・排気口、3 1 A, 3 1 B, 3 1 C・・・配管、3 2・・・温度制御用熱媒体供給装置、3 3・・・蛍光ファイバ温度計、3 4・・・制御バルブ、3 5・・・制御装置、4 0・・・シリコン半導体基板、4 1・・・素子分離領域、4 2・・・ゲート酸化膜、4 3・・・ゲート電極、4 4・・・ゲートサイドウォール、4 5・・・ソース／ドレイン領域、4 6, 4 8, 5 7, 6 7, 6 7 A, 6 7 B, 6 7 C・・・開口部、4 7・・・ビット線、4 9・・・接続孔、5 0・・・層間絶縁層、5 1・・・バリアメタル層、5 2・・・下部電極、5 3・・・サイドウォール、5 4・・・高誘電体薄膜、5 4 A・・・キャパシタ薄膜、5 5, 6 5・・・エッチング用マスク、5 6, 6 6・・・第 2 の層間絶縁層、5 8, 6 8, 6 8 A・・・プレート線、6 1・・・バリアメタル層、6 2・・・下部電極層、6 2 A・・・下部電極、6 3・・・強誘電体薄膜、6 3 A・・・キャパシタ薄膜、6 4・・・電極用材料層、6 4 A・・・上部電極、6 9・・・マスク、6 8

10

20

30

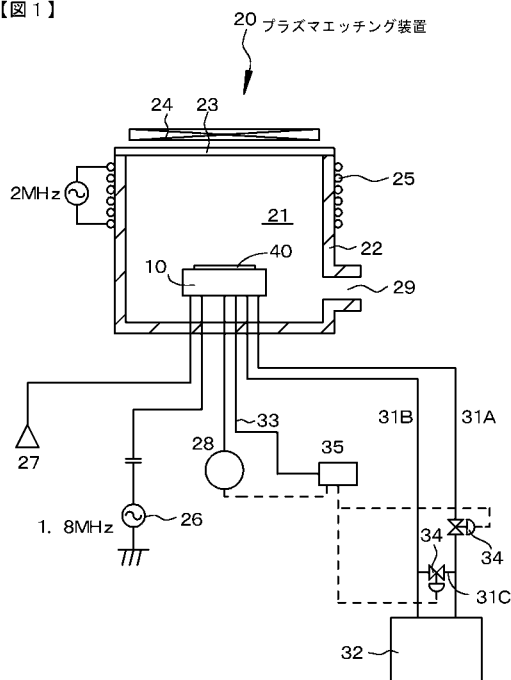
40

50

B・・・配線、68C・・・ビット線、71・・・チャンバー、72・・・天板、73・・・ベルジャー（チャンバー側壁）、74・・・マルチポール磁石、75・・・ソレノイドコイル・アッセンブリ、76・・・RFアンテナ、77・・・マッチングネットワーク、78・・・ヘリコン波プラズマ発生源、79・・・排気口、81・・・バイアス電源、82・・・直流電源、83・・・電源、84・・・制御装置、85・・・蛍光ファイバ温度計、90・・・上部対向電極、91・・・RF電源、92・・・電源、93・・・チャンバー、94・・・チャンバー側壁、95・・・天板、96・・・排気口

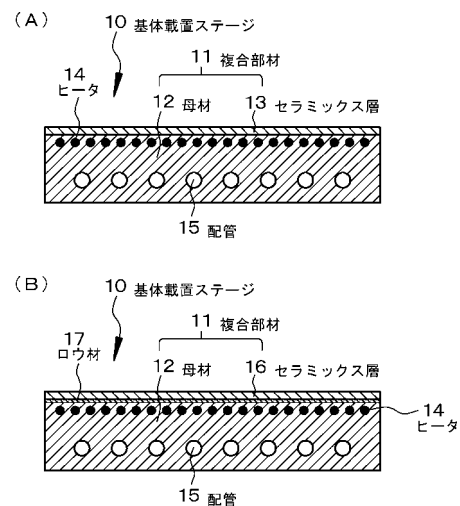
【図 1】

【図 1】



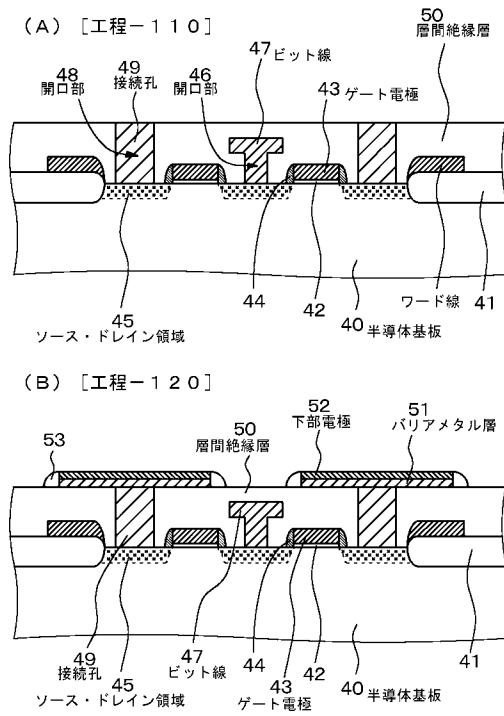
【図 2】

【図 2】



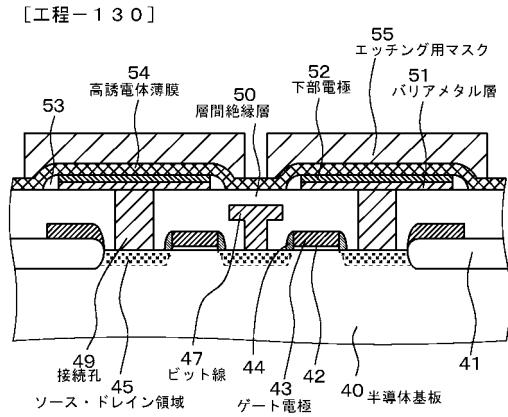
【図 3】

【図 3】



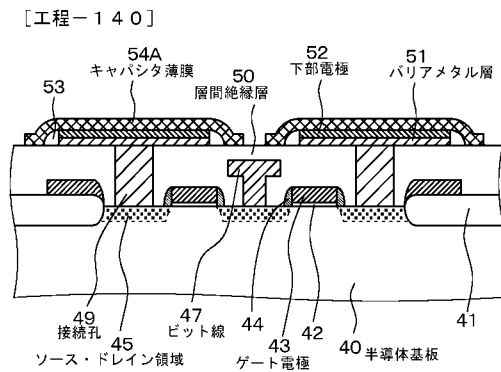
【図 4】

【図 4】



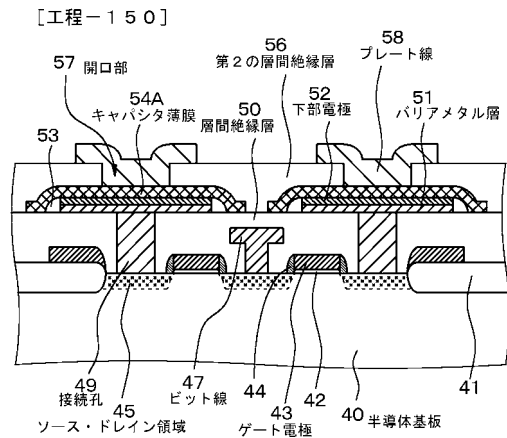
【図 5】

【圖 5】



【図 6】

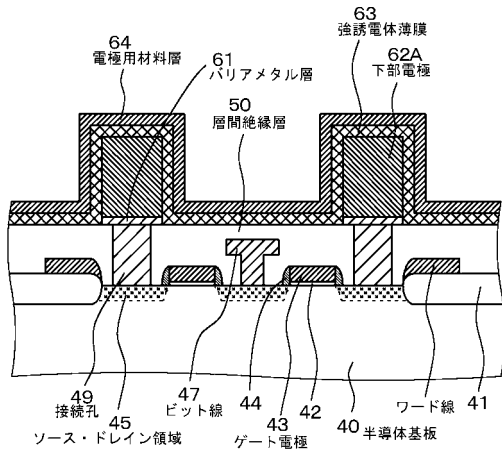
【図 6】



【図 7】

【図 7】

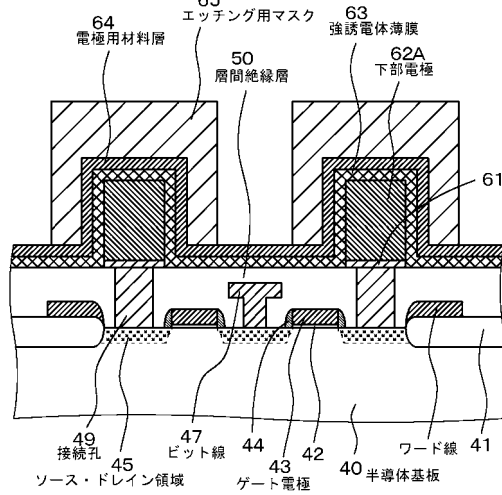
[工程-220]



【図 8】

【図 8】

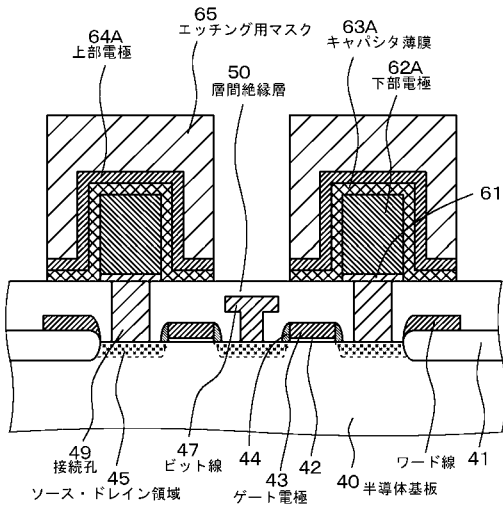
[工程-230]



【図 9】

【図 9】

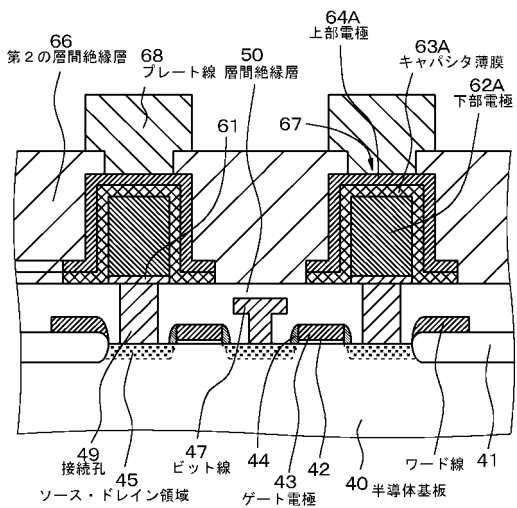
[工程-240]



【図 10】

【図 10】

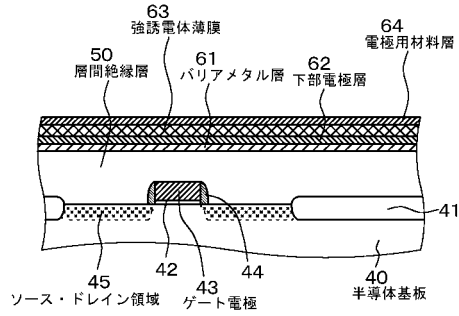
[工程-250]



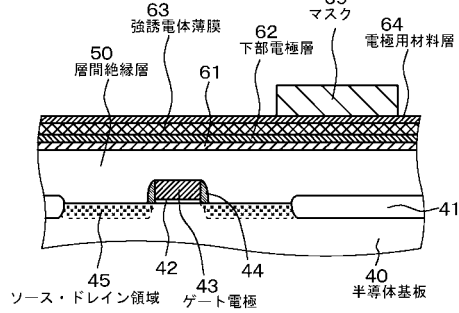
【図 1 1】

【図 1 1】

(A) [工程-340]



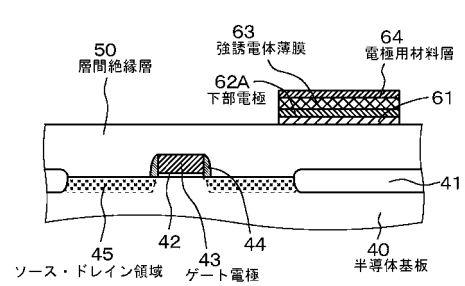
(B) [工程-350]



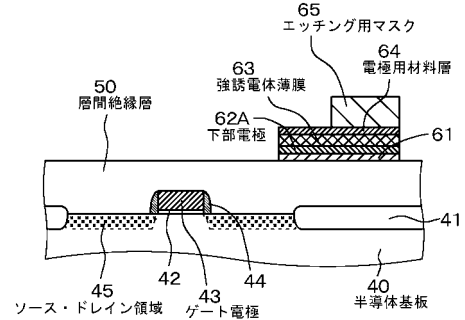
【図 1 2】

【図 1 2】

(A) [工程-350] 続き



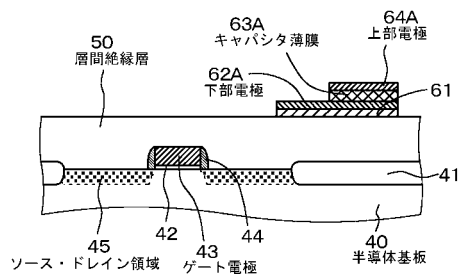
(B) [工程-350] 続き



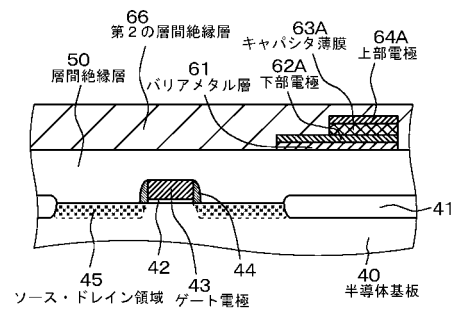
【図 1 3】

【図 1 3】

(A) [工程-360]



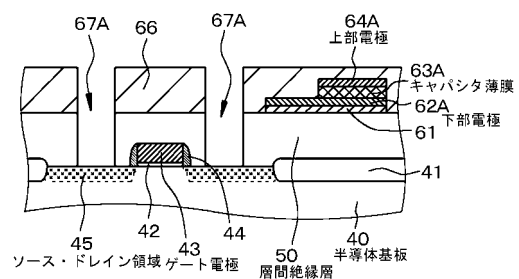
(B) [工程-370]



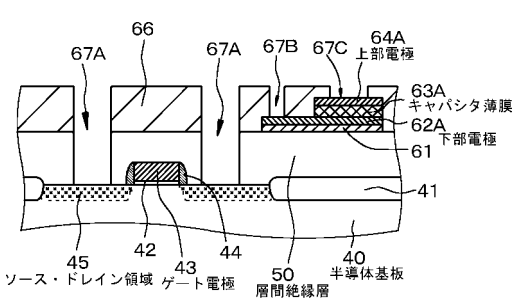
【図 1 4】

【図 1 4】

(B) [工程-370] 続き



(B) [工程-370] 続き



【図 15】

[illegible]

【图 16】

【图 17】

【図 18】

(A) 10B 基体載置ステージ

11 複合部材

12 母材 13 セラミックス層

15B 配管 12 母材 18

(B) 10B 基体載置ステージ

11 複合部材

12 母材 13 セラミックス層

15B 配管 18

(C) 10B 基体載置ステージ

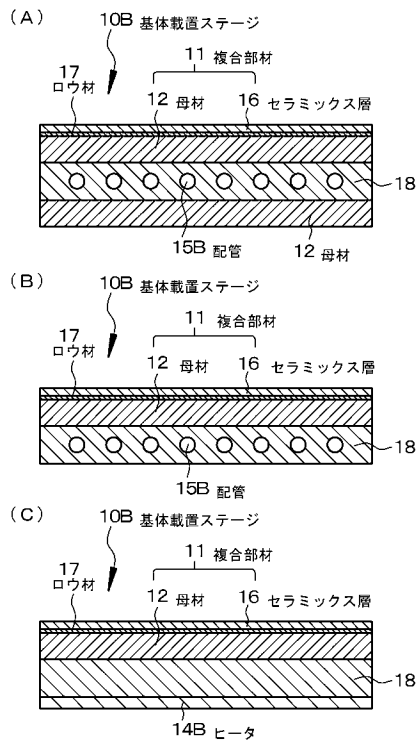
11 複合部材

12 母材 13 セラミックス層

14B ヒータ 18

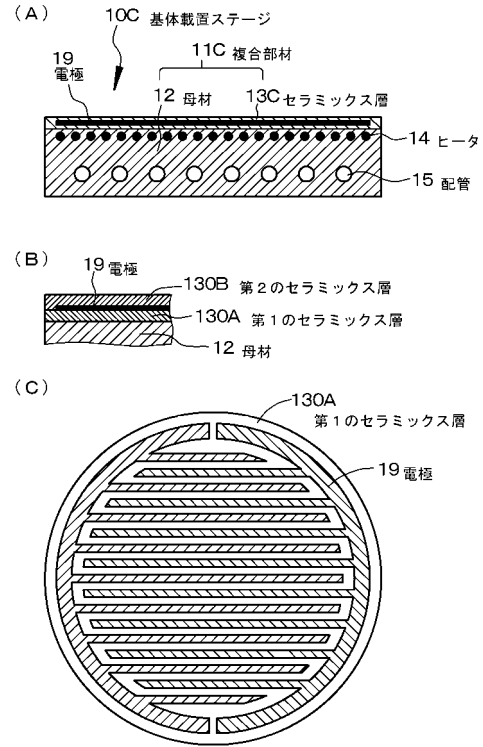
【図 19】

【図 19】



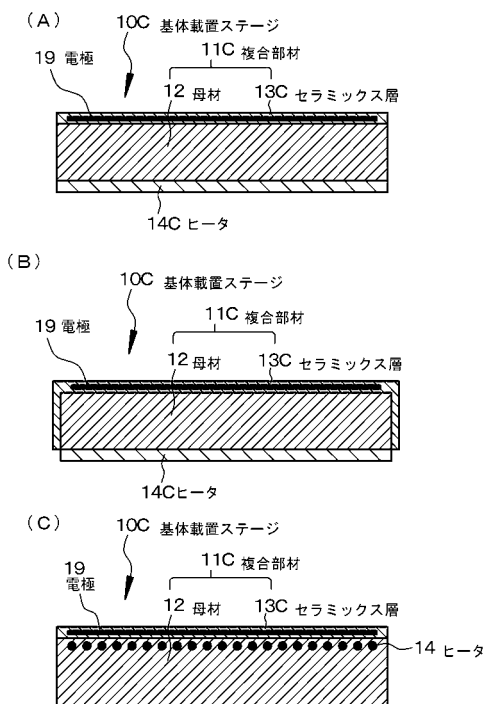
【図 20】

【図 20】



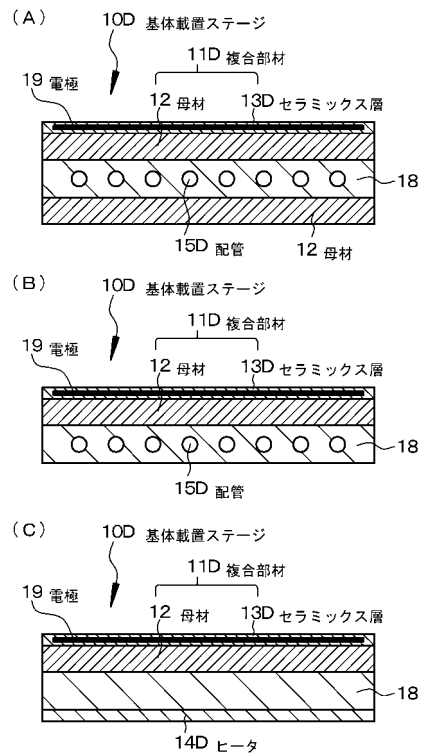
【図 21】

【図 21】



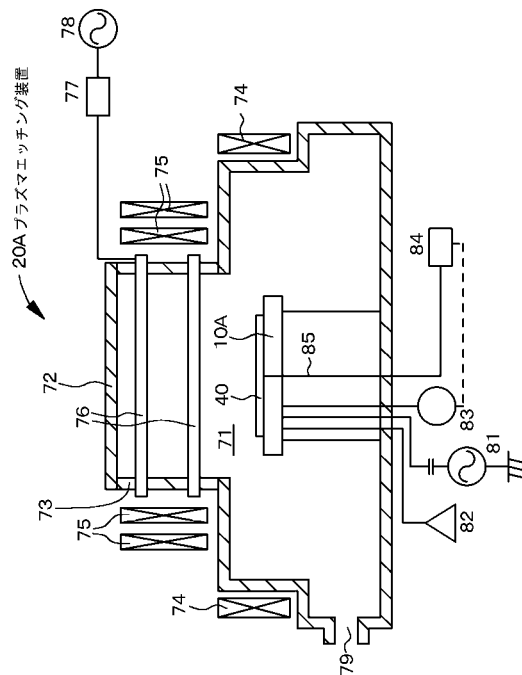
【図 22】

【図 22】



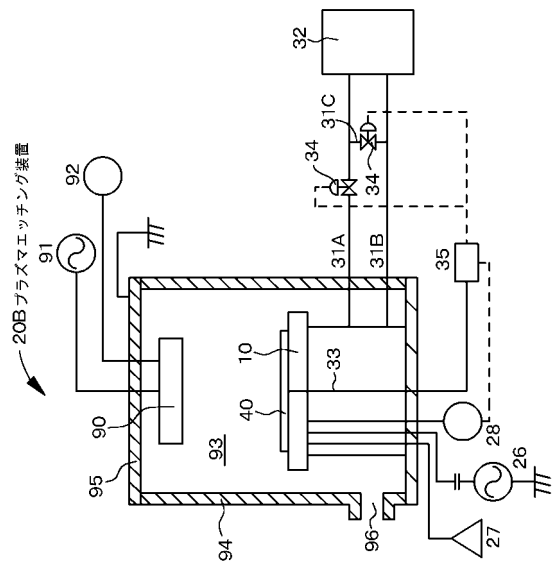
【図 2 3】

【図 2 3】



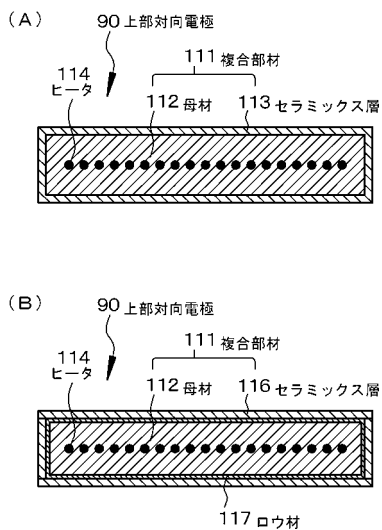
【図 2 4】

【図 2 4】



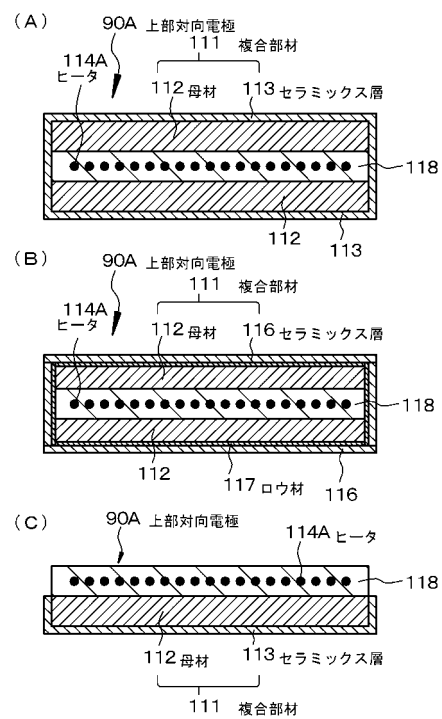
【図 2 5】

【図 2 5】



【図 2 6】

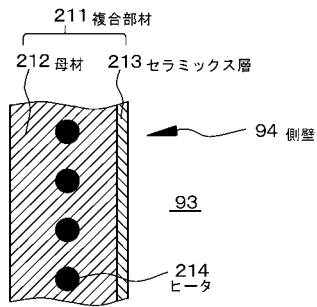
【図 2 6】



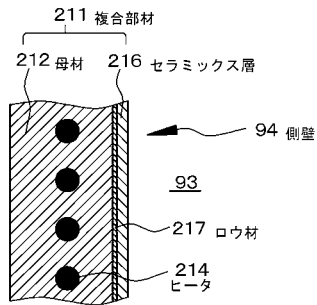
【図 27】

【図 27】

(A)



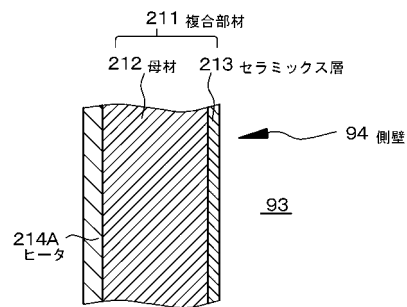
(B)



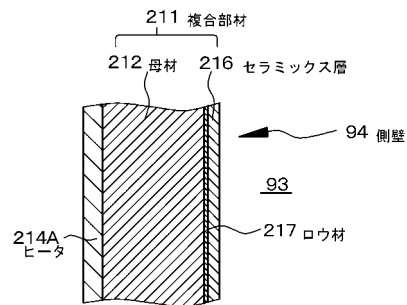
【図 28】

【図 28】

(A)



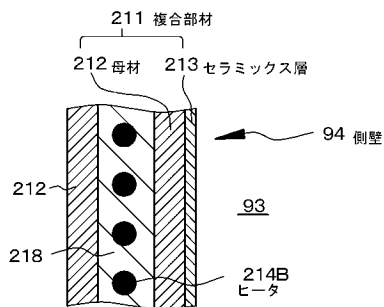
(B)



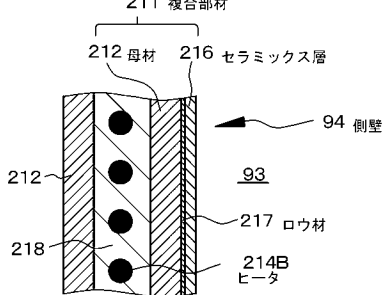
【図 29】

【図 29】

(A)



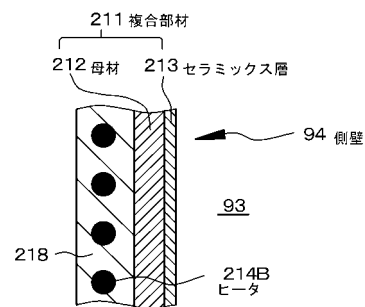
(B)



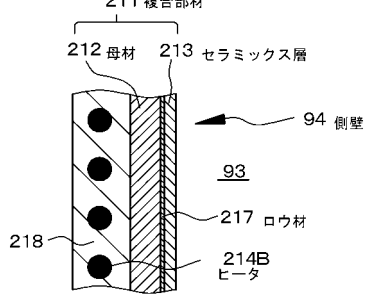
【図 30】

【図 30】

(A)

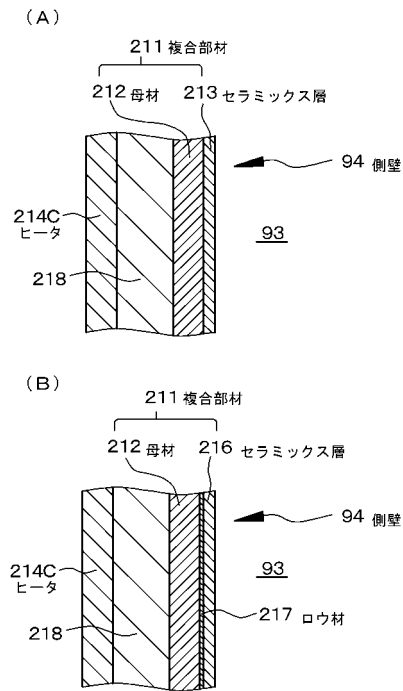


(B)



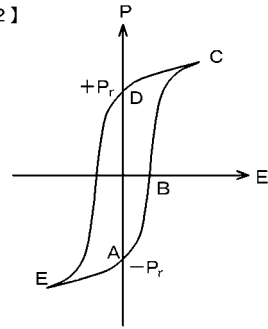
【図 3 1】

【図 3 1】



【図 3 2】

【図 3 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
<i>H 0 1 L</i>	<i>27/108</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>27/10</i>	<i>6 5 1</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>21/8247</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>29/78</i>	<i>3 7 1</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>29/788</i>	<i>(2006.01)</i>			
<i>H 0 1 L</i>	<i>29/792</i>	<i>(2006.01)</i>			

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平 1 0－2 7 0 5 4 0 (J P, A)
特開平 0 8－0 4 5 9 0 5 (J P, A)
特開平 1 0－0 5 0 8 1 1 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
H01L 21/3065
H01L 21/205
H01L 21/31
H01L 21/8242
H01L 21/8247