

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-296254
(P2004-296254A)

(43) 公開日 平成16年10月21日(2004.10.21)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H05B 3/20	H05B 3/20 393	2H088
G02F 1/13	G02F 1/13 101	3K034
H01L 21/02	H01L 21/02 Z	3K092
H05B 3/02	H05B 3/02 B	
H05B 3/10	H05B 3/10 A	

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-86734 (P2003-86734)
(22) 出願日 平成15年3月27日 (2003.3.27)

(71) 出願人 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(74) 代理人 100102691
弁理士 中野 稔
(74) 代理人 100111176
弁理士 服部 保次
(74) 代理人 100112117
弁理士 山口 幹雄
(74) 代理人 100116366
弁理士 二島 英明
(72) 発明者 夏原 益宏
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

最終頁に続く

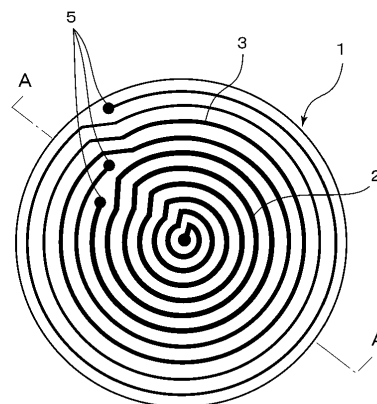
(54) 【発明の名称】 セラミックヒータおよびそれを搭載した半導体あるいは液晶製造装置

(57) 【要約】

【課題】 被処理物を保持する面を有するセラミックヒータの被処理物保持面の均熱性を高めたセラミックヒータおよびそれを搭載した半導体あるいは液晶製造装置を提供する。

【解決手段】 被処理物を保持する面を有するセラミックヒータにおいて、抵抗発熱体が前記保持面以外の表面又は内部の一面に形成され、該抵抗発熱体に給電するためのリード回路を、前記抵抗発熱体が形成された面とは別の面に形成すれば、セラミックヒータの均熱性を高め、被処理物表面の温度分布を均熱化することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理物を保持する面を有するセラミックスヒータにおいて、抵抗発熱体が前記保持面以外の表面又は内部の一面に形成され、該抵抗発熱体に給電するためのリード回路が、前記抵抗発熱体が形成された面とは異なる面に形成されていることを特徴とするセラミックスヒータ。

【請求項 2】

前記抵抗発熱体の回路パターンが略同心円形状であることを特徴とする請求項 1 に記載のセラミックスヒータ。

【請求項 3】

前記リード回路が、前記抵抗発熱体回路と立体的に交差していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のセラミックスヒータ。

10

【請求項 4】

前記抵抗発熱体回路パターンが、複数のゾーンからなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

【請求項 5】

前記被処理物を保持する面の均熱性が $\pm 1.0\%$ 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

【請求項 6】

前記リード回路の抵抗値が、前記抵抗発熱体の抵抗値よりも小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

20

【請求項 7】

前記リード回路に接続され、外部から電力を供給するための電極が概ねセラミックスヒータの中心部付近に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

【請求項 8】

前記セラミックスヒータの厚みが 5 mm 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

【請求項 9】

前記セラミックスヒータのセラミックスの主成分が、酸化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化アルミニウムのいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のセラミックスヒータ。

30

【請求項 10】

前記セラミックスの主成分が窒化アルミニウムであることを特徴とする請求項 9 に記載のセラミックスヒータ。

【請求項 11】

前記セラミックスの主成分が窒化アルミニウムであり、添加する焼結助剤がイットリウム化合物であることを特徴とする請求項 10 に記載のセラミックスヒータ。

【請求項 12】

前記イットリウム化合物の添加量が、酸化イットリウム (Y_2O_3) に換算して、0.01 重量% 以上、5.0 重量% 以下であることを特徴とする請求項 11 に記載のセラミックスヒータ。

40

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 に記載のセラミックスヒータが搭載されていることを特徴とする半導体あるいは液晶製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、セラミックスヒータに関し、特に被処理物を保持する面の温度分布の均熱性が要求されるプラズマ CVD、減圧 CVD、メタル CVD、絶縁膜 CVD、イオン注入、エ

50

エッチング、Low-K成膜、DEGAS装置などの半導体製造装置や液晶製造装置に使用されるセラミックスヒータ、更にはそれを搭載した半導体あるいは液晶製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、半導体の製造工程では、被処理物である半導体ウェハに対して成膜処理やエッチング処理など様々な処理が行われる。このような半導体ウェハに対する処理を行う処理装置では、半導体ウェハを保持し、半導体ウェハを加熱するためのセラミックスヒータが用いられている。また、液晶用ガラス基板を処理する工程においても、液晶用ガラスを保持し、加熱するためのセラミックスヒータが用いられている。

10

【0003】

このような従来のセラミックスヒータは、例えば特開平4-78138号公報に開示されている。特開平4-78138号公報に開示されたセラミックスヒータは、抵抗発熱体が埋設され、容器内に設置され、ウェハ加熱面が設けられたセラミックス製のヒータ部と、このヒータ部のウェハ加熱面以外の面に設けられ、前記容器との間で気密性シールを形成する凸状支持部と、抵抗発熱体へと接続され、容器の内部空間へと実質的に露出しないように容器外へ取り出された電極とを有する。

【0004】

この発明では、それ以前のヒータである金属製のヒータで見られた汚染や、熱効率の悪さの改善が図られているが、半導体基板の温度分布については触れられていない。しかし、半導体ウェハや液晶用ガラスの表面の温度分布は、前記様々な処理を行う場合に、歩留りに密接な関係が生じるので重要である。

20

【0005】

そこで、例えば特開平11-317283号公報では、セラミック基板の温度を均一化することができるセラミックヒータが開示されている。この発明では、並列接続された複数の抵抗発熱体回路を形成し、均熱化のために、前記抵抗発熱体をいくつかのグループに分割し、抵抗発熱体の断面積を予め計測しておいて、最も断面積の小さな抵抗発熱体のグループの断面積に、他のグループの断面積を合わせることによって抵抗値を均等化し、セラミック基板の均熱化を図っている。

【0006】

この発明では、セラミック基板の半導体ウェハ搭載面の温度分布を $\pm 1.0\%$ 以内にとできるとされている。しかし、断面積を合わせるために、抵抗発熱体の一部を切断しているので、切断された抵抗発熱体には電流が流れず、発熱しないので、部分的に温度が低下してしまう。

30

【0007】

しかも、近年の半導体ウェハや液晶用基板は大型化が進められている。例えば、シリコン(Si)ウェハでは8インチから12インチへと移行が進められている。また液晶用ガラスでは、例えば1000mm \times 1500mmという非常に大型化が進められている。この半導体ウェハや液晶用ガラスの大口径化に伴って、被処理物である半導体ウェハや液晶用ガラスの表面の温度分布は、 $\pm 1.0\%$ 以内が必要とされるようになり、更には、 $\pm 0.5\%$ 以内が望まれるようになってきた。

40

【0008】

【特許文献1】

特開平04-078138号公報

【特許文献2】

特開平11-317283号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものである。すなわち、本発明は、搭載した被処理物の表面の均熱性を高めたセラミックスヒータおよびそれを搭載した半導体あ

50

るいは液晶製造装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明のセラミックヒータは、被処理物を保持する面を有しており、抵抗発熱体が前記保持面以外の表面又は内部の一面に形成され、該抵抗発熱体に給電するためのリード回路が、前記抵抗発熱体が形成された面とは異なる面に形成されていることを特徴とする。前記抵抗発熱体の回路パターンは略同心円形状であることが好ましい。更に、前記リード回路が、前記抵抗発熱体回路と立体的に交差していることが好ましい。

【0011】

前記抵抗発熱体回路パターンが、複数のゾーンからなってもよく、前記被処理物を保持する面の均熱性が $\pm 1.0\%$ 以下であることが好ましい。より好ましくは、 $\pm 0.5\%$ 以下である。また、前記リード回路の抵抗値が、前記抵抗発熱体の抵抗値よりも小さいことが好ましい。更に、前記リード回路に接続され、外部から電力を供給するための電極が概ねセラミックヒータの中心部付近に形成されているが好ましい。

10

【0012】

また、前記セラミックヒータの厚みは5mm以上であることが好ましく、前記セラミックヒータのセラミックの主成分が、酸化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化アルミニウムのいずれかであることが望ましい。

【0013】

更に、前記セラミックの主成分が窒化アルミニウムであることが好ましく、添加する焼結助剤がイットリウム化合物であることが望ましい。更に、前記イットリウム化合物の添加量が、酸化イットリウム(Y_2O_3)に換算して、 0.01 重量%以上、 1.0 重量%以下であることが好ましい。

20

【0014】

上記のようなセラミックヒータを搭載した半導体あるいは液晶製造装置は、被処理物である半導体ウェハや液晶用ガラスの表面の温度が従来のもより均一になるので、歩留り良く半導体や液晶表示装置を製造することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

従来のセラミックヒータでは、例えば前記特許文献2や図5に示すように、給電するための電極(20)をセラミックヒータの中心付近に配置し、抵抗発熱体を略同心円状に形成するために、抵抗発熱体回路パターンに折り返し部(10)や外周部の抵抗発熱体と電極部(20)とを電気的に接続するためのリード部(30)が形成されていた。発明者らは、この折り返し部やリード部で、均一な発熱分布を得ることが困難であるため、セラミックヒータの均熱性が高められないことを見出した。このため、抵抗発熱体回路を略同心円状に形成し、前記折り返し部やリード部を形成しないようにすれば、セラミックヒータの均熱性を高めることができ、被処理物表面の均熱性を高めることができると考えて、本発明に至った。

30

【0016】

すなわち、被処理物の表面の温度分布を $\pm 1.0\%$ 以内に、更には $\pm 0.5\%$ 以内にするためには、被処理物を保持する面を有するセラミックヒータにおいて、抵抗発熱体が前記保持面以外の表面又は内部の一面に形成し、該抵抗発熱体に給電するためのリード回路を、前記抵抗発熱体が形成された面とは異なる面に形成すれば良いことを見出した。このように抵抗発熱体回路とリード回路を複数の別々の面に形成することにより、外部電源から給電するためリード回路に接続される電極の位置に関係なく、抵抗発熱体回路パターンを形成することができるので、被処理物表面の温度分布を均熱化することができる。

40

【0017】

例えば、2層に分けて、抵抗発熱体回路とリード回路を形成する。1層に形成する抵抗発熱体回路パターンは、セラミックヒータの被処理物保持面の均熱性を可能な限り高めるように設計する。この時、従来は前記リード回路や電極の位置を勘案しながら、抵抗発

50

熱体回路パターンを設計しなければならず、必ずしも均熱性にとって最適な回路パターンにすることは、困難であったが、本発明では、前記リード回路や電極の位置に関係なく、均熱性にとって最適な抵抗発熱体回路パターンとすることができる。

【0018】

他の層に形成するリード回路は、抵抗発熱体回路パターンの各終端部と、セラミックスヒータの中心付近に形成する電極部とを電氣的に接続する。前記各終端部とリード回路とを電氣的に接続するには、前記各終端部のセラミックスに貫通孔を開けて、いわゆるスルーホールの手法を用いればよい。

【0019】

被処理物表面の均熱性を高めるためには、抵抗発熱体回路パターンを、略同心円状に形成することが好ましい。通常セラミックスヒータの外周側は、セラミックスヒータの外周部から放熱されるので、温度が低下する傾向にある。従って、抵抗発熱体回路において、外周側の発熱量を増やす必要がある。概ね同心円状に抵抗発熱体回路パターンを形成すれば、外周側の発熱量を増やすために、外周側の抵抗発熱体回路パターンの線幅を細くして抵抗値を高めたり、パターン間隔を狭くして発熱密度を上げるなどの手法がとりやすくなる。

10

【0020】

また、抵抗発熱体回路と、リード回路が別な面に形成されるので、立体的に交差させることができる。このことにより、より一層電極などの位置に無関係に抵抗発熱体回路パターンを形成することが可能となる。

20

【0021】

また、被処理物の表面の温度分布をより均一にするためには、抵抗発熱体回路パターンを、複数のゾーンに分割して、各ゾーンで最適な回路パターンとすればよい。外周部からの放熱や、中心付近に形成した電極や後述する支持体などからの放熱など、セラミックスヒータの均熱性を妨げる種々な要因毎に対策がとりやすくなるためである。複数のゾーンとしては、例えば、外周部と内周部の2ゾーンや更に外周部と内周部をそれぞれ2ゾーンとする4ゾーン、あるいは左右に分けたり、扇状に複数に分けるなどがある。

【0022】

以上のように抵抗発熱体回路とリード回路とを形成したセラミックスヒータは、半導体製造装置や液晶製造装置に用いれば特に有効である。半導体製造装置では、セラミックスヒータが設置されるチャンパー内で、腐食性のガスを使用するため、電極がむき出しで設置すると、電極が腐食され、セラミックスヒータへの電気の導通が確保できなくなると共に、チャンパー内を電極材料で汚染してしまう。そこで、電極を保護するために、セラミックスヒータにシャフトを接合し、電極をシャフト内に収納するという手法が用いられる。シャフトは製造コストの観点から少ない方が好ましく、電極をセラミックスヒータの中心付近に集めて、シャフトをセラミックスヒータの中心部に1ヶ所接合する方法が一般的である。この時、本発明の手法は、セラミックスヒータの均熱性を高めるために特に有効である。本発明のセラミックスヒータの被処理物を保持する面の均熱性は、 $\pm 1.0\%$ 以下にすることができる。更には、 $\pm 0.5\%$ 以下にすることも可能である。

30

【0023】

また、リード回路の単位面積当たりの抵抗値は、抵抗発熱体回路の単位面積当たりの抵抗値よりも小さいことが好ましい。リード回路の抵抗値が、抵抗発熱体の抵抗値よりも高い場合、リード回路の発熱量が、抵抗発熱体の発熱量よりも大きくなり、リード回路部の温度が上昇し、均熱性に影響を与えるので、好ましくない。リード回路の抵抗値を下げるためには、回路の材質が抵抗発熱体の材質と同一の場合は、その断面積を抵抗発熱体の断面積より小さくすればよい。あるいは、リード回路に、抵抗発熱体回路の材質の体積抵抗率よりも小さい体積抵抗率を有する材質を用いればよい。また、リード回路の線幅を太くしたり、回路の厚みを厚くするなどの手法を用いることができる。

40

【0024】

更に、本発明のセラミックスヒータの厚みは5mm以上であることが好ましい。これより

50

厚みが薄い場合は、抵抗発熱体で発生した熱が、十分にセラミックス内に拡散できず、被処理物保持面の温度分布が大きくなる。これは、特に被処理物表面の均熱性が要求される半導体製造装置用セラミックスヒータや液晶製造装置用セラミックスヒータに対して効果的である。

【0025】

本発明のセラミックスヒータのセラミックス材質は、熱伝導率が高く、耐腐食性であれば特に制約は無いが、酸化アルミニウム（アルミナ）、窒化ケイ素、窒化アルミニウムのいずれかを主成分とすることが好ましい。アルミナ（ Al_2O_3 ）は、比較的安価であるので、低コストでセラミックスヒータを作製することができる。窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）は、材料強度が高いので、耐熱衝撃性に優れており、温度サイクルや熱衝撃のかかる箇所での使用に適している。また、窒化アルミニウム（ AlN ）は、熱伝導率が高いので、セラミックス内の温度分布が均一になりやすいので、特に均熱性を要求される場合に好適である。また、窒化アルミニウムは、半導体製造工程で用いられる腐食性ガスに対する耐腐食性に優れるので、この分野での使用には特に好適である。

10

【0026】

以下に、本発明のセラミックスヒータの製造方法の一例を AlN の場合で詳述する。

【0027】

AlN の原料粉末は、比表面積が $2.0 \sim 5.0 \text{ m}^2 / \text{g}$ のものが好ましい。比表面積が $2.0 \text{ m}^2 / \text{g}$ 未満の場合は、窒化アルミニウムの焼結性が低下する。また、 $5.0 \text{ m}^2 / \text{g}$ を超えると、粉末の凝集が非常に強くなるので取扱いが困難になる。更に、原料粉末に含まれる酸素量は、 $2 \text{ wt} \%$ 以下が好ましい。酸素量が $2 \text{ wt} \%$ を超えると、焼結体の熱伝導率が低下する。また、原料粉末に含まれるアルミニウム以外の金属不純物量は、 2000 ppm 以下が好ましい。金属不純物量がこの範囲を超えると、焼結体の熱伝導率が低下する。特に、金属不純物として、 Si などのIV族元素や、 Fe などの鉄族元素は、焼結体の熱伝導率を低下させる作用が高いので、含有量は、それぞれ 500 ppm 以下であることが好ましい。

20

【0028】

AlN は難焼結性材料であるので、 AlN 原料粉末に焼結助剤を添加することが好ましい。添加する焼結助剤は、希土類元素化合物が好ましい。希土類元素化合物は、焼結中に窒化アルミニウム粉末粒子の表面に存在するアルミニウム酸化物あるいはアルミニウム酸窒化物と反応して、窒化アルミニウムの緻密化を促進するとともに、窒化アルミニウム焼結体の熱伝導率を低下させる原因となる酸素を除去する働きもあるので、窒化アルミニウム焼結体の熱伝導率を向上させることができる。

30

【0029】

希土類元素化合物は、特に酸素を除去する働きが顕著であるイットリウム化合物が好ましい。添加量は、 $0.01 \sim 5 \text{ wt} \%$ が好ましい。 $0.01 \text{ wt} \%$ 未満であると、緻密な焼結体を得ることが困難であるとともに、焼結体の熱伝導率が低下する。また、 $5 \text{ wt} \%$ を超えると、窒化アルミニウム焼結体の粒界に焼結助剤が存在することになるので、腐食性雰囲気中使用する場合、この粒界に存在する焼結助剤がエッチングされ、脱粒やパーティクルの原因となる。更に、好ましくは焼結助剤の添加量は、 $1 \text{ wt} \%$ 以下である。 $1 \text{ wt} \%$ 以下であれば、粒界の3重点にも焼結助剤が存在しなくなるので、耐食性が向上する。

40

【0030】

また、希土類元素化合物は、酸化物、窒化物、フッ化物、ステアリン酸化合物などが使用できる。この中で、酸化物は安価で入手が容易であり好ましい。また、ステアリン酸化合物は、有機溶剤との親和性が高いので、窒化アルミニウム原料粉末と焼結助剤などを有機溶剤で混合する場合には、混合性が高くなるので特に好適である。

【0031】

次に、これら窒化アルミニウム原料粉末や焼結助剤粉末に、所定量の溶剤、バインダー、更には必要に応じて分散剤や邂逅剤を添加し、混合する。混合方法は、ボールミル混合や超音波による混合等が可能である。このような混合によって、原料スラリーを得ることが

50

できる。

【0032】

得られたスラリーを成形し、焼結することによって窒化アルミニウム焼結体を得ることができる。その方法には、コファイア法とポストメタライズ法の2種類の方法が可能である。

【0033】

まず、ポストメタライズ法について説明する。前記スラリーをスプレードライヤー等の手法によって、顆粒を作成する。この顆粒を所定の金型に挿入し、プレス成形を施す。この時、プレス圧力は、 0.1 t/cm^2 以上であることが望ましい。 0.1 t/cm^2 未満の圧力では、成形体の強度が十分に得られないことが多く、ハンドリングなどで破損し易くなる。

10

【0034】

成形体の密度は、バインダーの含有量や焼結助剤の添加量によって異なるが、 1.5 g/cm^3 以上であることが好ましい。 1.5 g/cm^3 未満であると、原料粉末粒子間の距離が相対的に大きくなるので、焼結が進行しにくくなる。また、成形体密度は、 2.5 g/cm^3 以下であることが好ましい。 2.5 g/cm^3 を超えると、次工程の脱脂処理で成形体内のバインダーを充分除去することが困難となる。このため、前述のように緻密な焼結体を得ることが困難となる。

【0035】

次に、前記成形体を非酸化性雰囲気中で加熱し、脱脂処理を行う。大気等の酸化性雰囲気中で脱脂処理を行うと、AlN粉末の表面が酸化されるので、焼結体の熱伝導率が低下する。非酸化性雰囲気ガスとしては、窒素やアルゴンが好ましい。脱脂処理の加熱温度は、500 以上、1000 以下が好ましい。500 未満の温度では、バインダーを充分除去することができないので、脱脂処理後の積層体中にカーボンが過剰に残存するので、その後の焼結工程での焼結を阻害する。また、1000 を超える温度では、残存するカーボンの量が少なくなり過ぎるので、AlN粉末表面に存在する酸化被膜の酸素を除去する能力が低下し、焼結体の熱伝導率が低下する。

20

【0036】

また、脱脂処理後の成形体中に残存する炭素量は、 $1.0 \text{ wt}\%$ 以下であることが好ましい。 $1.0 \text{ wt}\%$ を超える炭素が残存していると、焼結を阻害するので、緻密な焼結体を得ることができない。

30

【0037】

次いで、焼結を行う。焼結は、窒素やアルゴンなどの非酸化性雰囲気中で、 $1700 \sim 2000$ の温度で行う。この時、使用する窒素などの雰囲気ガスに含有する水分は、露点で -30 以下であることが好ましい。これ以上の水分を含有する場合、焼結時にAlNが雰囲気ガス中の水分と反応して酸窒化物が形成されるので、熱伝導率が低下する可能性がある。また、雰囲気ガス中の酸素量は、 $0.001 \text{ vol}\%$ 以下であることが好ましい。酸素量が多いと、AlNの表面が酸化して、熱伝導率が低下する可能性がある。

【0038】

更に、焼結時に使用する治具は、窒化ホウ素(BN)成形体が好適である。このBN成形体は、前記焼結温度に対し十分な耐熱性を有するとともに、その表面に固体潤滑性があるので、焼結時に積層体が収縮する際の治具と積層体との間の摩擦を小さくすることができるので、歪みの少ない焼結体を得ることができる。

40

【0039】

得られた焼結体は、必要に応じて加工を施す。次工程の導電ペーストをスクリーン印刷する場合、焼結体の表面粗さは、Raで $5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $5 \mu\text{m}$ を超えるとスクリーン印刷により回路形成した際に、パターンのにじみやピンホールなどの欠陥が発生しやすくなる。表面粗さはRaで $1 \mu\text{m}$ 以下であればさらに好適である。

【0040】

上記表面粗さを研磨加工する際には、焼結体の両面にスクリーン印刷する場合は当然であ

50

るが、片面のみにスクリーン印刷を施す場合でも、スクリーン印刷する面と反対側の面も研磨加工を施す方がよい。スクリーン印刷する面のみを研磨加工した場合、スクリーン印刷時には、研磨加工していない面で焼結体を支持することになる。その時、研磨加工していない面には突起や異物が存在することがあるので、焼結体の固定が不安定になり、スクリーン印刷で回路パターンがうまく描けないことがあるからである。

【0041】

また、この時、両加工面の平行度は0.5mm以下であることが好ましい。平行度が0.5mmを超えるとスクリーン印刷時に導電ペーストの厚みのバラツキが大きくなることがある。平行度は0.1mm以下であれば特に好適である。さらに、スクリーン印刷する面の平面度は、0.5mm以下であることが好ましい。0.5mmを超える平面度の場合にも、導電ペーストの厚みのバラツキが大きくなることがある。平面度も0.1mm以下であれば特に好適である。

10

【0042】

研磨加工を施した焼結体に、スクリーン印刷により導電ペーストを塗布し、電気回路の形成を行う。導電ペーストは、金属粉末と必要に応じて酸化物粉末と、バインダーと溶剤を混合することにより得ることができる。金属粉末は、セラミックスとの熱膨張係数のマッチングから、タングステン(W)やモリブデン(Mo)あるいはタンタル(Ta)が好ましい。

【0043】

また、AlNとの密着強度を高めるために、酸化物粉末を添加することもできる。酸化物粉末は、IIa族元素やIIIa族元素の酸化物や Al_2O_3 、 SiO_2 などが好ましい。特に、酸化イットリウムはAlNに対する濡れ性が非常に良好であるので、好ましい。これらの酸化物の添加量は、0.1~30wt%が好ましい。0.1wt%未満の場合、形成した電気回路である金属層とAlNとの密着強度が低下する。また30wt%を超えると、電気回路である金属層の電気抵抗値が高くなる。

20

【0044】

また、金属粉末として、Ag-PdやAg-Pt等のAg系金属を用いることもできる。この場合、抵抗値の制御は、パラジウム(Pd)や白金(Pt)の含有量で調整することができる。また、タングステン等の場合と同様の酸化物粉末を添加することもできる。前記酸化物の添加量を多くすれば、抵抗値は高くなり、添加量を少なくすれば、抵抗値は低くなる。酸化物の添加量は、前記と同様に1wt%以上、30wt%以下が好ましい。

30

【0045】

これらの粉末を混合し、バインダーや溶剤を加えペーストを作製し、スクリーン印刷により、所定の回路パターンを形成する。この時、導電ペーストの厚みは、乾燥後の厚みで、5 μ m以上、100 μ m以下であることが好ましい。厚みが5 μ m未満の場合は、電気抵抗値が高くなりすぎるとともに、密着強度も低下する。また、100 μ mを超える場合も、密着強度が低下する。

【0046】

また、形成する回路パターンが、抵抗発熱体回路の場合は、パターンの間隔は0.1mm以上とすることが好ましい。0.1mm未満の間隔では、抵抗発熱体に電流を流したときに、印加電圧及び温度によっては漏れ電流が発生し、ショートする。特に、500以上の温度で使用する場合には、パターン間隔は1mm以上とすることが好ましく、3mm以上であれば更に好ましい。

40

【0047】

次に、導電ペーストを脱脂した後、焼成する。脱脂は、窒素やアルゴン等の非酸化性雰囲気中で行う。脱脂温度は500以上が好ましい。500未満では、導電ペースト中のバインダーの除去が不十分で金属層内にカーボンが残留し、焼成したときに金属の炭化物を形成するので、金属層の電気抵抗値が高くなる。

【0048】

焼成は、窒素やアルゴンなどの非酸化性雰囲気中で、WやMoあるいはTaの場合は、1

50

500 以上の温度で行うのが好適である。1500 未満の温度では、導電ペースト中の金属粉末の粒成長が進行しないので、焼成後の金属層の電気抵抗値が高くなり過ぎる。また、焼成温度はセラミックスの焼結温度を超えない方がよい。セラミックスの焼結温度を超える温度で導電ペーストを焼成すると、セラミックス中の含有する焼結助剤などが揮散しはじめ、更には導電ペースト中の金属粉末の粒成長が促進されてセラミックスと金属層との密着強度が低下する。

【0049】

また、Ag系金属の場合は、焼成温度は、700 ~ 1000 が好ましい。焼成雰囲気は、大気中や窒素中で行うことができる。この場合、前記脱脂処理は省略することも可能である。

10

【0050】

次に、形成した金属層の絶縁性を確保するために、金属層の上に絶縁性コートを形成することができる。絶縁性コートの材質は、金属層が形成されているセラミックスと同じ材質であることが好ましい。該セラミックスと絶縁性コートの材質が大幅に異なると、熱膨張係数の差から焼結後に反りが発生するなどの問題が生じる。例えば、AlNの場合、AlN粉末に焼結助剤として所定量のIIa族元素あるいはIIIa族元素の酸化物や炭酸化合物を加え、混合し、これにバインダーや溶剤を加え、ペーストとして、該ペーストをスクリーン印刷により、前記金属層の上に塗布することができる。

【0051】

この時、添加する焼結助剤量は、0.01wt%以上であることが好ましい。0.01wt%未満では、絶縁性コートが緻密化せず、金属層の絶縁性を確保することが困難となる。また、焼結助剤量は20wt%を超えないことが好ましい。20wt%を超えると、過剰の焼結助剤が金属層中に浸透するので、金属層の電気抵抗値が変化してしまうことがある。塗布する厚みに特に制限はないが、5μm以上であることが好ましい。5μm未満では、絶縁性を確保することが困難となるからである。

20

【0052】

次に、必要に応じて更にセラミックス基板を積層することができる。積層は、接合剤を介して行うのが良い。接合剤は、酸化アルミニウム粉末や窒化アルミニウム粉末に、IIa族元素化合物やIIIa族元素化合物とバインダーや溶剤を加え、ペースト化したものを接合面にスクリーン印刷等の手法で塗布する。塗布する接合剤の厚みに特に制約はないが、5μm以上であることが好ましい。5μm未満の厚みでは、接合層にピンホールや接合ムラ等の接合欠陥が生じやすくなる。

30

【0053】

接合剤を塗布したセラミックス基板を、非酸化性雰囲気中、500 以上の温度で脱脂する。その後、積層するセラミックス基板を重ね合わせ、所定の荷重を加え、非酸化性雰囲気中で加熱することにより、セラミックス基板同士を接合する。荷重は、4.9kPa (0.05kg/cm²) 以上であることが好ましい。4.9kPa 未満の荷重では、十分な接合強度が得られないか、もしくは前記接合欠陥が生じやすい。

【0054】

接合するための加熱温度は、セラミックス基板同士が接合層を介して十分密着する温度であれば、特に制約はないが、1500 以上であることが好ましい。1500 未満では、十分な接合強度が得られにくく、接合欠陥を生じやすい。前記脱脂ならびに接合時の非酸化性雰囲気は、窒素やアルゴンなどを用いることが好ましい。

40

【0055】

以上のようにして、セラミックヒータとなるセラミック積層焼結体を得ることができる。なお、電気回路は、導電ペーストを用いずに、例えば、抵抗発熱体回路であれば、モリブデン線(コイル)、静電吸着用電極やRF電極などの場合には、モリブデンやタングステンメッシュ(網状体)を用いることも可能である。

【0056】

この場合、AlN原料粉末中に上記モリブデンコイルやメッシュを内蔵させ、ホットプレ

50

ス法により作製することができる。ホットプレスの温度や雰囲気は、前記AlNの焼結温度、雰囲気に準ずればよいが、ホットプレス圧力は、 980 kPa (10 kg/cm^2)以上加えることが望ましい。 980 kPa 未満では、モリブデンコイルやメッシュとAlNの間に隙間が生じることがあるので、セラミックヒータの性能が出なくなることがある。

【0057】

次に、コファイアー法について説明する。前述した原料スラリーをドクターブレード法によりシート成形する。シート成形に関して特に制約はないが、シートの厚みは、乾燥後で 3 mm 以下が好ましい。シートの厚みが 3 mm を超えると、スラリーの乾燥収縮量が大きくなるので、シートに亀裂が発生する確率が高くなる。

10

【0058】

上述したシート上に所定形状の電気回路となる金属層を、導体ペーストをスクリーン印刷などの手法により塗布することにより形成する。導電ペーストは、ポストメタライズ法で説明したものと同一ものを用いることができる。ただし、コファイアー法では、導電ペーストに酸化物粉末を添加しなくても支障はない。

【0059】

次に、回路形成を行ったシート及び回路形成をしていないシートを積層する。積層の方法は、各シートを所定の位置にセットし、重ね合わせる。この時、必要に応じて各シート間に溶剤を塗布しておく。重ね合わせた状態で、必要に応じて加熱する。加熱する場合、加熱温度は、 150 以下であることが好ましい。これを超える温度に加熱すると、積層したシートが大きく変形する。そして、重ね合わせたシートに圧力を加えて一体化する。加える圧力は、 $1\sim 100\text{ MPa}$ の範囲が好ましい。 1 MPa 未満の圧力では、シートが充分に一体化せず、その後の工程中に剥離することがある。また、 100 MPa を超える圧力を加えると、シートの変形量が大きくなりすぎる。

20

【0060】

この積層体を、前述のポストメタライズ法と同様に、脱脂処理並びに焼結を行う。脱脂処理や焼結の温度や、炭素量等はポストメタライズ法と同じである。前述した、導電ペーストをシートに印刷する際に、複数のシートにそれぞれヒータ回路や静電吸着用電極等を印刷し、それらを積層することで、複数の電気回路を有するセラミックヒータを容易に作成することも可能である。このようにして、セラミックヒータとなるセラミックス積層焼結

30

【0061】

得られたセラミックス積層焼結体は、必要に応じて加工を施す。通常、焼結した状態では、半導体製造装置で要求される精度に入らないことが多い。加工精度は、例えば、ウェハ保持面の平面度は 0.5 mm 以下が好ましく、さらには 0.1 mm 以下が特に好ましい。平面度が 0.5 mm を超えると、ウェハーとセラミックヒータとの間に隙間が生じやすくなり、セラミックヒータの熱がウェハに均一に伝わらなくなり、ウェハの温度ムラが発生しやすくなる。

【0062】

また、ウェハ保持面の面粗さは、Raで $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましい。Raで $5\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、セラミックヒータとウェハとの摩擦によって、AlNの脱粒が多くなることがある。この時、脱粒した粒子はパーティクルとなり、ウェハ上への成膜やエッチングなどの処理に対して悪影響を与えることになる。さらに、表面粗さは、Raで $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であれば、好適である。

40

【0063】

以上のようにして、セラミックヒータ本体を作製することができる。さらに、このセラミックヒータにシャフトを取り付ける。シャフトの材質は、セラミックヒータのセラミックスの熱膨張係数と大きく変わらない熱膨張係数のものであれば特に制約はないが、セラミックヒータとの熱膨張係数の差が $5\times 10^{-6}/\text{K}$ 以下であることが好ましい。

【0064】

50

熱膨張係数の差が、 $5 \times 10^{-6} / K$ を超えると、取付時にセラミックヒータとシャフトの接合部付近にクラックなどが発生したり、接合時にクラックが発生しなくても、繰り返し使用しているうちに接合部に熱サイクルが加わり、割れやクラックが発生することがある。例えば、セラミックヒータがAlNの場合、シャフトの材質は、AlNが最も好適であるが、窒化珪素や炭化珪素あるいはムライト等が使用できる。

【0065】

また、シャフトの熱伝導率は、セラミックヒータのセラミックスの熱伝導率より低いことが好ましい。シャフトの熱伝導率が、セラミックスの熱伝導率よりも高い場合、セラミックヒータで発生した熱が、シャフトから逃げやすくなり、シャフトを接合した部分の直上の被処理物保持面の温度が低下し、均熱性が下がることになる。

10

【0066】

取付は、接合層を介して接合する。接合層の成分は、AlN及びAl₂O₃並びに希土類酸化物からなることが好ましい。これらの成分は、セラミックヒータやシャフトの材質であるAlNなどのセラミックスと濡れ性が良好であるので、接合強度が比較的高くなり、また接合面の気密性も得られやすいので好ましい。

【0067】

接合するシャフト並びにセラミックヒータそれぞれの接合面の平面度は0.5mm以下であることが好ましい。これを超えると接合面に隙間が生じやすくなり、十分な気密性を持つ接合を得ることが困難となる。平面度は0.1mm以下がさらに好適である。なお、セラミックヒータの接合面の平面度は0.02mm以下であればさらに好適である。また、それぞれの接合面の面粗さは、Raで5μm以下であることが好ましい。これを超える面粗さの場合、やはり接合面に隙間が生じやすくなる。面粗さは、Raで1μm以下がさらに好適である。

20

【0068】

次に、セラミックヒータに電極を取り付ける。取付は、公知の手法で行うことができる。例えば、セラミックヒータのウェハ保持面と反対側から電気回路までザグリ加工を施し、電気回路にメタライズを施すかあるいはメタライズなしで直接活性金属ろうを用いて、モリブデンやタングステン等の電極を接続すればよい。その後必要に応じて電極にメッキを施し、耐酸化性を向上させることができる。このようにしてセラミックヒータを作製することができる。

30

【0069】

また、本発明のセラミックヒータを半導体製造装置に組み込んで、半導体ウェハを処理することができる。本発明のセラミックヒータは、ウェハ保持面の温度が均一であるので、ウェハ表面の温度分布も従来より均一になるので、形成される膜や熱処理等に対して、安定した特性を得ることができる。

【0070】

また、本発明のセラミックヒータを液晶製造装置に組み込んで、液晶用ガラスを処理することができる。本発明のセラミックヒータは、ウェハ保持面の温度が均一であるので、液晶用ガラス表面の温度分布も従来より均一になるので、形成される膜や熱処理等に対して、安定した特性を得ることができる。

40

【0071】

【実施例】

実施例 1

99重量部の窒化アルミニウム粉末と1重量部のY₂O₃粉末を混合し、ポリビニルブチラールをバインダー、ジブチルフタレートを溶剤として、それぞれ10重量部、5重量部混合して、ドクターブレード法にて直径430mm、厚さ1.0mmのグリーンシートを成形した。なお、窒化アルミニウム粉末は、平均粒径0.6μm、比表面積3.4m²/gのものを使用した。また、平均粒径が2.0μmのW粉末を100重量部として、Y₂O₃を1重量部と、Al₂O₃を1重量部、5重量部のバインダーであるエチルセルロースと、溶剤としてブチルカルビトールを用いてWペーストを作製した。混合にはポットミ

50

ルと三本ロールを用いた。

【0072】

このWペーストをスクリーン印刷で、前記グリーンシート上に、図1に示す抵抗発熱体回路パターンを形成した。すなわち、中心から半径で70%以内の内周側領域と、それより外周側の領域にそれぞれ略同心円状の抵抗発熱体回路パターン(2)及び(3)を形成した。抵抗発熱体(2)及び(3)の線幅は(2)の中心部では5mmとし、外周部に向かって徐々に細くして、(3)の再外周部では、3mmとした。また、間隔はすべて3mmであり、乾燥後の厚みは、30 μ mとした。各抵抗発熱体回路パターンの始点と終点(5)には、スルーホール(6)を形成し、リード回路と電氣的接続がとれるようにした。なお、抵抗発熱体回路の線幅を、このように中心部から外周部に向けて徐々に細くしたのは、セラミックスヒータの外周部での放熱量が多いので、これを補うために抵抗発熱体回路の線幅を細くして抵抗値を上げ、発熱量を多くするためである。

10

【0073】

また、別のグリーンシート上に、図2に示すリード回路(4)を形成した。リード回路(4)の線幅は、10mmで、乾燥後の厚みは40 μ mとした。図3に示すように、前記スルーホール(6)及びリード回路(4)を介して、抵抗発熱体回路パターンの始点と終点(5)が、電極(7)と電氣的に接続される。電極(7)は、セラミックスヒータのほぼ中心付近に形成した。

【0074】

抵抗発熱体回路やリード回路を印刷したグリーンシートに、RF電極回路(8)を印刷した別のグリーンシート、並びに何も印刷していないグリーンシートを複数積層し、積層体を作製した。積層はモールドにシートを重ねてセットし、プレス機にて70 $^{\circ}$ Cに熱しつつ、10MPaの圧力で2分間熱圧着することで行った。その後、窒素雰囲気中で850 $^{\circ}$ Cにて脱脂を行い、窒素雰囲気中で1850 $^{\circ}$ C、3時間の条件で焼結を行いセラミックヒータ本体を作製した。この時、使用した窒素の露点は-60 $^{\circ}$ Cである。

20

【0075】

焼結後、被処理物保持面はRaで1 μ m以下に、シャフト接合面はRaで1 μ m以下になるよう研磨加工を施した。また外径も仕上げ加工を行った。加工後のセラミックヒータ本体(1)の外径は、330mmで、厚みは8mmである。

【0076】

被処理物保持面の反対側の面の中央付近に、前記リード回路とRF電極回路までザグリ加工を行い、リード回路とRF電極回路を一部露出させた。次に、Al₂O₃-Y₂O₃-AlN系接合剤を用いて、外径60mm、内径50mm、長さ200mmのAlN製シャフトを接合した。更に、前記露出したリード回路とRF電極回路にMo製の電極を活性金属ろうを用いて直接接合した。この電極に通電することによりセラミックヒータ本体を加熱し、均熱性を測定した。

30

【0077】

均熱性の測定は、サーモビューワで、被処理物保持面の温度分布を測定した。なお、被処理物保持面の中心部の温度が700 $^{\circ}$ Cになるように、供給電力を調整した。その結果、被処理物保持面の温度は、図3に示すように697 $^{\circ}$ Cから703 $^{\circ}$ Cの範囲内であり、温度分布は \pm 0.43%と非常に均一であった。

40

【0078】

実施例2

実施例1と同様にしてセラミックヒータ本体の厚みを表1に示すように変えたものを作製し、実施例1と同様に均熱性を評価した。その結果を表1に示す。

【0079】

【表1】

No	厚み (mm)	均熱性 (%)
1	15	±0.32
2	10	±0.39
3	8	±0.43
4	6	±0.48
5	5	±0.50
6	4	±0.65
7	3	±0.80
8	2	±1.10
9	1.5	±1.80

10

20

【0080】

表1から判るように、セラミックヒータ本体の厚みを3mm以上とすることによって、被処理物保持面の温度分布を±1.0%以内に行うことができる。更に、セラミックヒータ本体の厚みを5mm以上とすることにより、被処理物保持面の温度分布を±0.5%以内に行うことができる。なお、No.3は、実施例1と同じである。

【0081】

実施例3

実施例1と同様のセラミックヒータを作製した。ただし、リード回路の線幅と厚みを表2に示すような寸法とし、セラミックヒータ本体の厚みは、15mmとした。なお、抵抗発熱体の線幅と厚みは実施例1と同じである。各セラミックヒータの均熱性を、実施例1と同様に測定した。その結果を表2に示す。

30

【0082】

【表2】

No	線幅 (mm)	厚み (mm)	断面積 (mm ²)	均熱性 (%)
10	10	0.04	0.4	±0.32
11	8	0.03	0.25	±0.41
12	5	0.03	0.15	±0.49
13	3	0.03	0.09	±0.53

40

【0083】

表2から判るように、抵抗発熱体の断面積0.15mm²よりも断面積大きいNo.10~No.12の均熱性は、±0.5%以下であったが、断面積が小さいNo.13の均熱性は±0.5%以上であり、リード回路部での発熱が無視できなくなり、均熱性が低下する。なお、No.10は実施例2のNo.1と同一である。

50

【0084】

実施例4

実施例1と同じセラミックヒータを、材質を窒化ケイ素とアルミナにして作製した。そのセラミックヒータの均熱性を実施例1と同様に測定した結果、窒化ケイ素製のセラミックヒータは、 $\pm 0.82\%$ であり、アルミナ製のセラミックヒータは、 $\pm 0.94\%$ であった。セラミックの熱伝導率が高いほど、均熱性は向上することが判る。

【0085】

実施例5

実施例1~4の各セラミックヒータを半導体製造装置に組み込み、直径12インチのSiウエハの上に、W膜を形成した。その結果、いずれのセラミックヒータを用いた場合でも、Wの膜厚のバラツキが10%以下と膜厚のバラツキが小さく、良好なW膜を形成することができた。

【0086】

実施例6

実施例1~4の各セラミックヒータを液晶製造装置に組み込み、1000mm x 1500mmの液晶用ガラスに、タンタル電極を形成した。その結果、いずれのセラミックヒータを用いた場合でも、ガラス基板全体に均一にタンタル電極を形成することができた。

【0087】

比較例1

実施例1と同様にして、セラミックヒータを作製した。ただし、抵抗発熱体回路パターンは、図5とし、抵抗発熱体回路と同じ面にリード回路(30)を形成し、抵抗発熱体回路に直接給電用のMo電極を接合した。このセラミックヒータの均熱性を、実施例1と同様に測定した結果を図6に示す。図6から判るように、リード回路付近の温度が低下し、その反対側の温度が高くなり、全体では、 $\pm 3\%$ 程度の均熱性であった。

【0088】

比較例2

比較例1セラミックヒータを半導体製造装置に組み込み、直径12インチのSiウエハの上に、W膜を形成した。その結果、Wの膜厚のバラツキが15%以上と膜厚のバラツキが大きく、良好なW膜を形成することができなかった。

【0089】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、被処理物を保持する面を有するセラミックヒータにおいて、抵抗発熱体が前記保持面以外の表面又は内部の一面に形成され、該抵抗発熱体に給電するためのリード回路が前記抵抗発熱体が形成された面とは別の面に形成することにより、前記抵抗発熱体回路パターンを電極位置などに制約されることなく設計できるので、均熱性に優れたセラミックヒータ及び半導体あるいは液晶製造装置を提供することができる。セラミックヒータの厚みは、3mm以上にすれば、均熱性は $\pm 1.0\%$ 以内とすることができ、さらに厚みを5mm以上にすれば、より均熱性を高め、 $\pm 0.5\%$ 以内とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセラミックヒータの抵抗発熱体回路パターンの一例を示す。

【図2】図1の抵抗発熱体回路に接続するリード回路の一例を示す。

【図3】本発明のセラミックヒータの概略断面模式図(一部省略)を示す。

【図4】実施例1のウエハ保持面の温度分布を示す。

【図5】従来のセラミックヒータの抵抗発熱体回路パターンの一例を示す。

【図6】比較例1のウエハ保持面の温度分布を示す。

【符号の説明】

- 1 セラミックヒータ
- 2 内周側抵抗発熱体回路パターン
- 3 外周側抵抗発熱体回路パターン

10

20

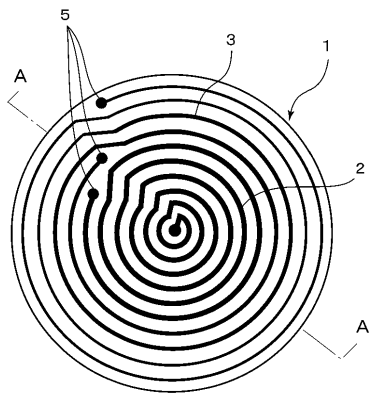
30

40

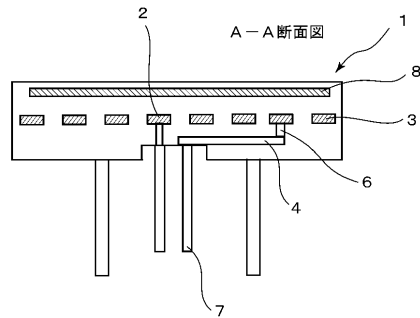
50

- 4、30 リード回路
- 5 抵抗発熱体の始点と終点
- 6 スルーホール
- 7、20 電極
- 8 RF電極回路
- 10 折り返し部

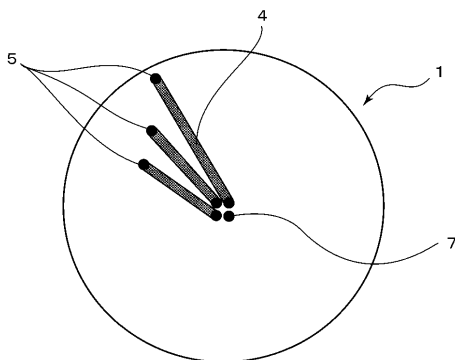
【図1】



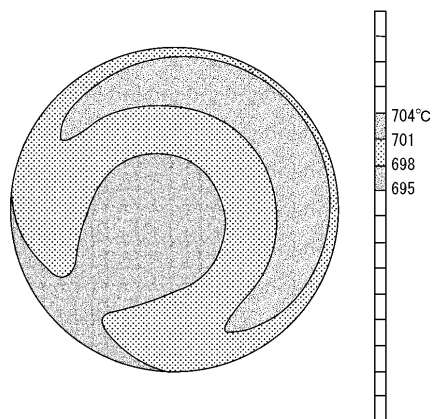
【図3】



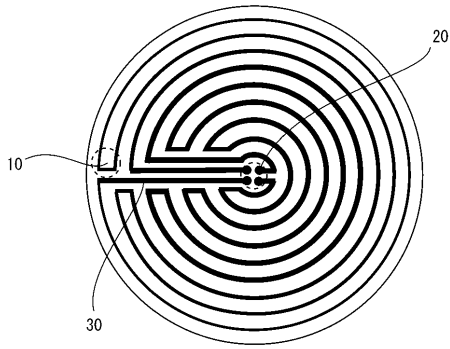
【図2】



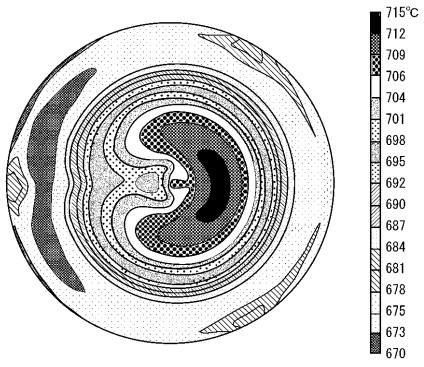
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード(参考)
H 0 5 B 3/74 H 0 5 B 3/10 C
H 0 5 B 3/74

(72)発明者 古庄 勝

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 仲田 博彦

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 2H088 FA30 HA01 HA08 MA20

3K034 AA02 AA08 AA10 AA21 BB06 BC04 BC12 BC17 BC24 BC29

3K092 PP20 QA05 QB02 QB76 RF03 RF11 RF17 VV22