(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2006-201191
(P2006-201191A)
(43)公開日　平成18年8月3日(2006.8.3)

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード（参考）
G01N 27/409 (2006.01)	G01N 27/58	B	2G004

審査請求 有　請求項の数 9　ＯＬ　（全 20 頁）

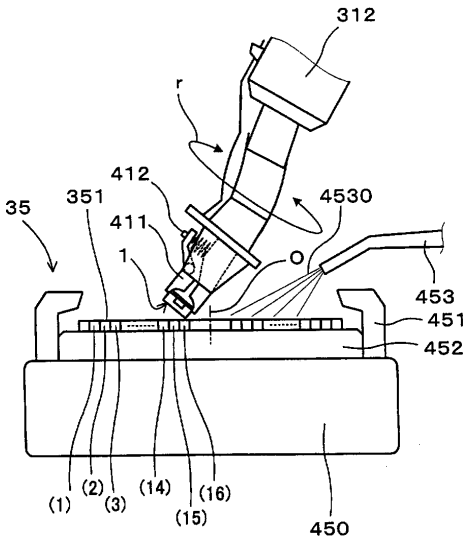
(21)出願番号　特願2006-114894 (P2006-114894)
(22)出願日　平成18年4月18日 (2006.4.18)
(62)分割の表示　特願2003-39846 (P2003-39846)の分割
原出願日　平成15年2月18日 (2003.2.18)

(71)出願人　000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地
(74)代理人　100096998
弁理士　碓氷　裕彦
(74)代理人　100123191
弁理士　伊藤　高順
(72)発明者　河島　幸雄
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　株式会社デンソー内

Ｆターム(参考)　2G004 BB04 BD04 BE13 BE22 BF05 BF06 BF08 BH15 BJ03 BL08 BL19 BM04 BM07

(54)【発明の名称】グロープラグ

(57)【要約】
【課題】表面欠陥による不良品発生が少ない積層型ガスセンサ素子の製造方法を提供する。
【解決手段】本体部形成用グリーンシート及びヒータ部形成用グリーンシートからなる積層体を焼成して積層型ガスセンサ素子１となし，少なくとも積層型ガスセンサ素子１の長手方向にかかる両側面１９３，１９４とヒータ部側素子表面１９１との間の稜辺１９６を面取りすることで，表面欠陥を除去することで，表面欠陥を除去する製造方法を提供する。
【選択図】図１４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
被測定ガス中の特定ガス濃度を測定するセンサセルを備え，セラミック板を複数枚積層して構成した本体部と，通電により発熱する板状のヒータ部とを一体積層して構成した積層型ガスセンサ素子を製造するにあたり，本体部形成用グリーンシート及びヒータ部形成用グリーンシートからなる積層体を焼成して積層型ガスセンサ素子となし，少なくとも積層型ガスセンサ素子の長手方向にかかる両側面とヒータ部側素子表面との間の稜辺を面取りすることで，表面欠陥を除去することを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項２】
請求項１において，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，円盤中心で回転する稜辺面取用円盤砥石を準備し，上記稜辺面取用円盤砥石の円盤面に上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を押し当てて，稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項３】
請求項２において，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，上記稜辺面取用円盤砥石の回転方向に対し，上記積層型ガスセンサ素子の長手方向が平行となるように押し当てて，稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項４】
請求項２または３において，上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置を変えながら，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項５】
請求項２～４のいずれか１項において，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置が円盤中心に近い内周側の場合は押し当てる時間を長く，上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置が円盤中心から遠い外周側の場合は押し当てる時間を短くして，稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項６】
請求項２～５のいずれか１項において，上記稜辺面取用円盤砥石の角速度は，円盤中心に近い内周側を高速，円盤中心から遠い外周側を低速として，稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項７】
請求項２～６のいずれか１項において，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる際は，上記積層型ガスセンサ素子を素子長手方向に揺動させつつ押し当てて，稜辺を面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【請求項８】
請求項２～７のいずれか１項において，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，一方の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てて面取りした後，上記積層型ガスセンサ素子を長手方向で反転し，他方の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てて面取りすることを特徴とする積層型ガスセンサ素子。
【請求項９】
請求項１～８のいずれか１項において，上記表面欠陥を除去した後，上記両側面を研磨して形成した研磨面または上記稜辺を面取りして形成した面取り面を画像認識装置を用いて所定の寸法を満たしているか否かを検査し，各研磨または面取りにおいて生じたチッピングの有無を検査し，上記ヒータ部に通電して目視による表面欠陥成長の有無を検査し，積層型ガスセンサ素子の絶縁抵抗の大小を検査し，各検査において良品及び不良品の選別を行うことを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は，内燃機関の排気系に設置して燃焼制御に利用する積層型ガスセンサ素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

自動車エンジンの排気系に設置して各種のガス濃度を測定し，エンジンの燃焼制御等に利用する積層型ガスセンサ素子として，例えば以下に示すごとき構成の積層型の素子が知られている。

【０００３】

すなわち，固体電解質板と該固体電解質板の一方の面に被測定ガスにさらされる被測定ガス側電極を有し，該被測定ガス側電極は多孔質の拡散抵抗層で被覆され，該拡散抵抗層を被覆するようにガスを遮蔽する緻密な保護層を有する。また，固体電解質板の他の面は基準ガスにさらされる基準電極を有する。

【０００４】

上記基準電極は基準ガスを導入した基準ガス室と対面し，該基準ガス室はスペーサを固体電解質板に対し積層して形成される。このスペーサに対しヒータ部が一体的に積層され，かつこのヒータ部は，通電により発熱する発熱体と該発熱体と電気的に導通したリード部，端子部を備えたヒータ基板からなる。

【特許文献１】特開２００１－６６２８０号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

積層型ガスセンサ素子は，後述する実施例１に記載するように拡散抵抗層，保護層，固体電解質板，スペーサ，ヒータ基板用のグリーンシートを適宜積層して構成した積層体を焼成して作製することができる。

【０００６】

しかしながら，図４に示すごとく，焼成の際に積層型ガスセンサ素子１の側面１９３，１９４や素子表面１９１，１９２に，欠け，亀裂等の表面欠陥１９５が発生することがあった。

【０００７】

また，積層型ガスセンサ素子１の側面１９１，１９２に反り（図４参照）が生じたり，積層ズレによる段差等が生じることもあった。

【０００８】

上記表面欠陥１９５は，焼成直後は積層型ガスセンサ素子１の動作不良に結びつかない程度の大きさであっても，図５に示すごとく，積層型ガスセンサ素子１のヒータ部１８に通電し，ヒータ部１８が発熱することで，積層型ガスセンサ素子１の内部に達する例えば図５の符合１９５に示すような大きな欠陥に成長することがあった。

【０００９】

従って，可能な限り表面欠陥を減らすことが積層型ガスセンサ素子製造の歩留まり向上対策に重要である。

【００１０】

本発明は，かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので，表面欠陥による不良品発生が少ない積層型ガスセンサ素子の製造方法を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明は，被測定ガス中の特定ガス濃度を測定するセンサセルを備え，セラミック板を複数枚積層して構成した本体部と，通電により発熱する板状のヒータ部とを一体積層して構成した積層型ガスセンサ素子を製造するにあたり，

本体部形成用グリーンシート及びヒータ部形成用グリーンシートからなる積層体を焼成して積層型ガスセンサ素子となし，

少なくとも積層型ガスセンサ素子の長手方向にかかる両側面とヒータ部側素子表面との

間の稜辺を面取りすることで，表面欠陥を除去することを特徴とする積層型ガスセンサ素子の製造方法にある（請求項１）。

【００１２】

次に，本発明の作用効果につき説明する。

【００１３】

積層型ガスセンサ素子は製造時に大きさ０．０３～０．０５ｍｍ程度の，小さな欠けや亀裂等からなる表面欠陥が生じることがある。表面欠陥はある程度大きさが小さく，かつ数が少なければ積層型ガスセンサ素子の動作や機能，性能に影響を与えることはない。

【００１４】

しかしながら，積層型ガスセンサ素子に一体積層したヒータ部に通電し，発熱させた場合，熱ストレスの影響で，特にヒータ部近傍の表面欠陥は成長して大きくなり，積層型ガスセンサ素子の動作，機能，性能に悪影響を与える大きな欠陥に成長することがある。また，素子の内部に達する欠陥に成長することもある。更に，熱ストレスから新たに表面欠陥が発生するおそれもある。

【００１５】

本発明にかかる製造方法は，ヒータ部側素子表面と両側面との間の稜辺を面取りする。

【００１６】

従って，ヒータ部に近く，該ヒータ部の発熱によって表面欠陥が成長しやすい部分を重点的に研磨することで，ヒータ部近傍の表面欠陥の数を減らし，表面欠陥が成長した結果生じる積層型ガスセンサ素子の不良品を減らすことができる。

【００１７】

以上，本発明によれば，表面欠陥による不良品が少なくなる積層型ガスセンサ素子の製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

本発明における積層型ガスセンサ素子の両側面とは，積層型ガスセンサ素子の長手方向に沿って伸びた表面で，積層型ガスセンサ素子の積層方向と略垂直となる表面である。

【００１９】

そして，上記両側面と略垂直に交わる表面で，ヒータ部側の面がヒータ部側素子表面となる。後述する図１等に具体的な位置を図示した。

【００２０】

また，両側面の研磨と稜辺の面取りとを共に行うと共に，積層型ガスセンサ素子における他の表面や稜辺を研磨したり面取りすることもできる。

【００２１】

本発明における積層型ガスセンサ素子としては，酸素濃度を検出する１セル型の酸素センサ素子（限界電流式，酸素濃淡起電力式），自動車エンジン等の内燃機関の排気系において排気ガス中の酸素濃度や未燃ガス濃度を測定することで空燃比を検出する空燃比センサ素子や理論空燃比（λ点）を検出するλセンサ素子，また２セル式のＮＯｘセンサ素子，ＣＯセンサ素子，ＨＣセンサ素子等がある。

【００２２】

また，本発明にかかる製造方法において，積層型ガスセンサ素子の両側面を研磨した後に稜辺を面取りすることが好ましい（実施例２参照）。

【００２３】

両側面を研磨することで，該両側面を略平行に形成することができる。よって稜辺の面取りの際の位置決めの精度を高めることができ，稜辺の研磨が容易となる。

【００２４】

また，両側面の研磨量はそれぞれ０．１～０．２ｍｍとすることが好ましい。

【００２５】

研磨量が０．１ｍｍより少ないと表面欠陥を十分除去することができず，研磨量が０．２ｍｍより多い場合は，研磨量分の材料費が無駄になるため製造コストが高価となるおそ

れがある。また，０．２ｍｍより多い場合は，積層型ガスセンサ素子内部の発熱体等（図１，符号１８１で示した部分）が露出して，損傷するおそれがある。

【００２６】

なお，両側面の研磨量とは，研磨前の側面位置と研磨後の側面位置との差の最大距離で，該最大距離は長手方向に垂直に交わる幅方向に沿って測定した値である。後述する図２や図１０にｄ１として記載した。

【００２７】

また，稜辺を面取りする際の面取り量は０．０５～０．３５ｍｍとすることが好ましい。

【００２８】

面取り量が０．０５ｍｍより少ないと，稜辺を十分に面取りすることができず，ヒータ部の熱ストレスから生じる応力を緩和し難く，表面欠陥の成長を十分防止できなくなるおそれがある。

【００２９】

面取り量が０．３５ｍｍより多い場合は，面取り量分の材料費が無駄となるため，製造コストが高価となるおそれがある。また，積層型ガスセンサ素子内部の発熱体等（図１，符号１８１で示した部分）が露出して，損傷するおそれがある。

【００３０】

なお，稜辺の面取り量とは，面取り後のヒータ部側素子表面の端部位置と，面取り前の側面位置との間の差の最大距離で，該最大距離は長手方向に垂直に交わる幅方向に沿って測定した値であり，後述する図２にｄ２として記載した。

【００３１】

また，上記積層型ガスセンサ素子の長手方向の両側面を研磨するにあたり，

２枚を平行に配置して円盤中心で回転する側面研磨用円盤砥石を準備し，

上記２枚の側面研磨用円盤砥石の間に上記積層型ガスセンサ素子を導入することで，両側面を同時に研磨することが好ましい。

【００３２】

これにより，両側面を同時に研磨することができ，研磨時間の短縮や研磨作業の効率化を図ることができる。

【００３３】

また，２枚の側面研磨用円盤砥石の間に研削液（例えば純水等）を注入することで，２枚の側面研磨用円盤砥石間に上記研削液を滞留させることが好ましい。これにより，研削液の消費量を抑制できて，製作コスト削減を図ることができる。なお，研削液を充分滞留させるために，上記側面研磨用円盤砥石の向かい合う面には，研削液用滞留用ポケットを設けることが好ましい（図１３参照）。

【００３４】

また，上記２枚の側面研磨用円盤砥石の間に上記積層型ガスセンサ素子を導入する際は，上記積層型ガスセンサ素子を実質的に１点で支持固定して導入することが好ましい。

【００３５】

積層型ガスセンサ素子にそりや曲がり等がある状態で，側面研磨用円盤砥石の間に積層型ガスセンサ素子を導入した場合は，無理な力が加わって割れやすくなる。

【００３６】

積層型ガスセンサ素子がある程度自由に動くことができるように，特に長手方向と直交する幅方向にある程度自由に動くことができるように１点支持により固定して，２枚の側面研磨用円盤砥石の導入することで，側面研磨用円盤砥石の間における積層型ガスセンサ素子の自由度を確保することができ，無理な力が素子に加わって割れる等の問題が生じ難くなる。

【００３７】

また，上記２枚の側面研磨用円盤砥石の間に上記積層型ガスセンサ素子を導入する際には，上記積層型ガスセンサ素子を支持固定する保持具を用いて行うと共に上記保持具は，

上記積層型ガスセンサ素子と直接接触する部分が弾性体からなることが好ましい。

【００３８】

これにより，積層型ガスセンサ素子の表面上に保持具による損傷を生じ難くすることができる。また，両側面の研磨中にガスセンサ素子の自由度を確保することができる。なお，上記弾性体としては，樹脂やゴム，ウレタンゴム等を使用することができる。

【００３９】

また，上記弾性体の形状は，後述する図７に示すごとく，円柱状が好ましい。この形状は加工コストが安価であり，積層型ガスセンサ素子と接触する部分を円柱の円形の端面とすることができる。円形の端面によるあたりは，端面が対称かつ方向性がないため，余分な力が加わらなくて好適である。

【００４０】

また，上記２枚の側面研磨用円盤砥石の間に上記積層型ガスセンサ素子を導入する際は，

上記積層型ガスセンサ素子の上記センサセルが存在する側の長手方向の先端部から導入することが好ましい。

【００４１】

センサセルを備えた積層型ガスセンサ素子は，後述する実施例１に示すように，センサセルを構成する電極を覆う拡散抵抗層や緻密保護層を有することが多い。従って，拡散抵抗層や緻密保護層の存在分，センサセル側の先端部は厚みがあり，より機械的強度が高い。

【００４２】

このように機械的強度の高い方向から積層型ガスセンサ素子を導入することで，挿入時に素子に加わる圧力や衝撃による素子割れを防止することができる。

【００４３】

また，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，円盤中心で回転する稜辺面取用円盤砥石を準備し，上記稜辺面取用円盤砥石の円盤面に上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を押し当てて，稜辺を面取りすることが好ましい（請求項２）。

【００４４】

これにより，稜辺を効率よく面取りすることができる。

【００４５】

また，上記稜辺面取用円盤砥石は，後述する図６に示すごとく，２枚を隣接配置して用いることが好ましい。これにより，二つの積層型ガスセンサ素子を同時に面取りできる。

【００４６】

また，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，上記稜辺面取用円盤砥石の回転方向に対し，上記積層型ガスセンサ素子の長手方向が平行となるように押し当てて，稜辺を面取りすることが好ましい（請求項３）。

【００４７】

仮に押し当てる方向が平行でなかった場合は，面取りはできてもチッピングの発生が著しく，不良素子となるおそれがあった。

【００４８】

本例は積層型ガスセンサ素子の長手方向が稜辺面取用円盤砥石の回転方向と平行であるため，チッピングの発生を抑制することができる。

【００４９】

なお，チッピングとは素子長手方向に対して垂直方向に発生する表面欠陥をさし，特に０．０３ｍｍ以上の欠陥はヒータ部通電時に積層型ガスセンサ素子の動作機能，性能に悪影響を与える大きな欠陥に成長する。

【００５０】

また，上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置を変えながら，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りすることが好ましい（請求項４）。

【００５１】

押し当てる位置を変えながら面取りを行う点について説明すると，このことは，稜辺面取用円盤砥石に稜辺を押し当てて面取りを始め，その後一度稜辺を砥石から離して，再び最初に押し当てた位置とは違う位置に押し当てて面取りを行うことを示している。

【００５２】

ところで，円盤砥石の回転方法として，回転数一定型（＝角速度一定型）と周速一定型（＝線速度一定型）とがある。

【００５３】

回転数一定型は，円盤砥石を回転させるに用いるモーターの構造をシンプルとすることができるが，円盤砥石のどの位置に稜辺を押し上てるかによって，押し当てる時間を変更する必要がある（円盤砥石の円盤中心からの距離に応じて定まる）。

【００５４】

同じ量の面取りを行う場合，稜辺を円盤砥石の内側（円盤中心に近い位置）に押し当てる場合は押し当て時間を長くする必要があり，外側（円盤中心から遠い位置）は押し当て時間を短くする必要がある。角速度一定の場合は，内周側の周速が外周側より遅いためである。

【００５５】

従って，製造工程管理や作業効率の観点から，各積層型ガスセンサ素子の稜辺研磨に要する時間を均一としたい場合，全ての積層型ガスセンサ素子の稜辺を円盤砥石の同じ位置（円盤中心からの距離が等しい位置）で行うと，円盤砥石が局部的に磨り減って，円盤砥石の寿命が短くなるおそれがある。

【００５６】

このため，稜辺研磨を円盤砥石の同じ場所に積層型ガスセンサ素子を一度だけ押し当てて行うのではなく，円盤砥石の異なる複数の位置（円盤中心からの距離が異なる位置）に積層型ガスセンサ素子を何度か押し当てて稜辺研磨を行うことで，各積層型ガスセンサ素子の稜辺研磨にかかる時間を略均一とすることができる。

【００５７】

これにより，１本の積層型ガスセンサ素子の稜辺の面取りに要する加工時間を均一として，積層型ガスセンサ素子製造にかかる加工サイクルを一定とすることができる。更に，稜辺面取用円盤砥石の局部使用を回避して砥石寿命を長くすることができる。

【００５８】

また，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，

上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置が円盤中心に近い内周側の場合は押し当てる時間を長く，

上記稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置が円盤中心から遠い外周側の場合は押し当てる時間を短くして，稜辺を面取りすることが好ましい（請求項５）。

【００５９】

ここでは稜辺面取用円盤砥石に押し当てる位置に応じて，押し当てる時間を変更するが，円盤の内周側に押し当てる場合は時間を長く，外周側に押し当てる場合は時間を短くする。

【００６０】

これにより，稜辺面取用円盤砥石を回転数一定型（＝角速度一定型）とすることができ，該円盤砥石を回転させるモーターの構造をシンプルとすることができる。

【００６１】

また，上記稜辺面取用円盤砥石の角速度は，円盤中心に近い内周側を高速，円盤中心から遠い外周側を低速として，稜辺を面取りすることが好ましい（請求項６）。

【００６２】

内周側の角速度を高速に，外周側の角速度を低速とすることで，稜辺面取用円盤砥石を周速一定型（＝線速度一定型）で回転させることができる。このような回転を実現する際は，可変（インバーター）モーターが必要となるが，稜辺面取用円盤砥石のどの位置に積層型ガスセンサ素子を押し当てても同じ時間で同じ量の面取りが行えるため，稜辺面取用

円盤砥石の局部使用を回避して砥石寿命を長くすることができると共に，１本の積層型ガスセンサ素子の稜辺の面取りに要する加工時間を均一として，積層型ガスセンサ素子製造にかかる加工サイクルを一定とすることができる。

【００６３】

また，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てる際は，上記積層型ガスセンサ素子を素子長手方向に揺動させつつ押し当てて，稜辺を面取りすることが好ましい（請求項７）。

【００６４】

これにより，積層型ガスセンサ素子の表面が反っている場合に，稜辺の面取りを安定して行うことができる。

【００６５】

また，上記積層型ガスセンサ素子の稜辺を面取りするにあたり，

一方の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てて面取りした後，上記積層型ガスセンサ素子を長手方向で反転し，他方の稜辺を上記稜辺面取用円盤砥石に押し当てて面取りすることが好ましい（請求項８）。

【００６６】

稜辺は２箇所あるが，これらの面取りを素子を持ち変えることなく行うことが出来るため，製造工程の短縮化につながる。

【００６７】

また，上記表面欠陥を除去した後，上記両側面及び上記稜辺を研磨して形成した研磨面を画像認識装置を用いて所定の寸法を満たしているか否かを検査し，次いで各研磨の際に生じたチッピングの有無を検査し，上記ヒータ部に通電して目視による表面欠陥成長の有無を検査し，最後に積層型ガスセンサ素子の絶縁抵抗の大小を検査し，各検査において良品及び不良品の選別を行うことが好ましい（請求項８）。

【００６８】

以上の検査を経て，表面欠陥による不良品が少ない積層型ガスセンサ素子を選別することができる。よって，この検査方法を実施した積層型ガスセンサ素子の製造方法は歩留まりの高い優れた製造方法である。

【実施例】

【００６９】

以下に，図面を用いて本発明の実施例について説明する。

【００７０】

（実施例１）

本例は，図１～図５に示すごとく，被測定ガス中の特定ガス濃度を測定するセンサセル１００を備え，セラミック板を複数枚積層して構成した本体部１０と，通電により発熱する板状のヒータ部１８とを一体積層して構成した積層型ガスセンサ素子１を製造する方法について説明する。

【００７１】

すなわち，本体部形成用グリーンシート及びヒータ部形成用グリーンシートからなる積層体を焼成して積層型ガスセンサ素子１となし，少なくとも積層型ガスセンサ素子１の長手方向にかかる両側面１９３，１９４を研磨すると共に上記両側面１９３，１９４とヒータ部側素子表面１９１との間の稜辺１９６を面取りして研磨することで，表面欠陥１９５を除去する。

【００７２】

以下，詳細に説明する。

【００７３】

本例にかかる積層型ガスセンサ素子１は，被測定ガス中の酸素を濃度を測る限界電流式の素子である。

【００７４】

図１，図３に示すごとく，固体電解質板１１と基準ガス室形成用のスペーサ１５とヒー

タ部１８とを積層して構成した積層型ガスセンサ素子１であって，固体電解質板１１の一方の面には被測定ガス側電極１２１と，該電極１２１と導通するリード部１２２及び外部端子１２３を有する。

【００７５】

被測定ガス側電極１２１は多孔質で通気性を備えた拡散抵抗層１４１で覆われ，該拡散抵抗層１４１は通気性が殆どない緻密保護層１４２で覆われる。

【００７６】

また，図１の符合１０９がセンサセル１００を設けた側の長手方向の先端部である。

【００７７】

固体電解質板１１の他方の面は基準電極１３１と該電極１３１と導通したリード部１３２及び内部端子１３３を有する。内部端子１３３はスルーホール１３４を通じて外部端子１２３と隣接する基準側外部端子１３６と導通する。

【００７８】

基準電極１３１はスペーサー１５にて形成された基準ガス室１５０と対面し，基準ガスにさらされる。

【００７９】

上記スペーサー１５は溝部を備えた柱形状で，この溝部が固体電解質板１１と合わさって基準ガス室１５０を形成する。基準ガス室１５０は被測定ガスの雰囲気と隔絶され，開口部１５１から大気を導入可能である。

【００８０】

仮に基準ガス室１５０に素子外部の雰囲気が混じった場合，積層型ガスセンサ素子１は正確に酸素濃度を測定できなくなる。

【００８１】

上記ヒータ部１８は，ヒータ基板１８５と該ヒータ基板１８５に設けた通電により発熱する発熱体１８１，該発熱体１８１と導通するよう構成したヒータリード部１８２，またヒータ基板１８５に設けたスルーホール１８０を介して発熱体１８１を設けた側と反対の面であり積層型ガスセンサ素子１の外部に露出する面に設けたヒータ端子１８３とからなる。

【００８２】

本例の積層型ガスセンサ素子１の製造方法について説明する。

【００８３】

すなわち，アルミナ粉末，安定化剤のイットリアを含有するジルコニア粉末からなるペーストから固体電解質板１１用のジルコニアグリーンシートを作製した。

【００８４】

上記ジルコニアグリーンシートの表面に電極１２１，１３１，リード部１２２，１３２，外部端子１２３，１３６，内部端子１３３用の印刷部を設けた。この印刷部は白金ペーストからなる。

【００８５】

アルミナ粉末を含有するアルミナペーストから，射出成形により，基準ガス室１５０用の溝部を設けたスペーサ１５用の成形体を作製した。

【００８６】

また，ヒータ基板１８５用のアルミナグリーンシートを上記アルミナペーストより作製し，その表面に発熱体１８１，リード部１８２，ヒータ端子１８３用の印刷部を白金ペーストを用いて形成した。

【００８７】

また，拡散抵抗層１４１や緻密保護層１４２用の小型なアルミナグリーンシートを準備した。

【００８８】

各グリーンシートを図３に示す順序で積層圧着して積層体となし，該積層体を焼成して積層型ガスセンサ素子１を得た。

【００８９】
焼成直後の積層型ガスセンサ素子１の状態は図４に記載した。
【００９０】
このように各部に表面欠陥１９５が生じており，また側面１９３，１９４は若干内向きに反りが生じていた。ここに表面欠陥１９５とは，微小な割れ，欠け，ひび，亀裂等で大きさは０．０３ｍｍ程度と小さい。
【００９１】
図１に示すごとく，本例の積層型ガスセンサ素子１は，略直方体形状である。同図はヒータ部１８の側の素子表面１９１を上向きとした状態の斜視図である。そして積層型ガスセンサ素子１の長手方向の側面が符合１９３，１９４であり，符合１９２が積層型ガスセンサ素子１の本体部１０の側の素子表面である。
【００９２】
図２は積層型ガスセンサ素子１を積層方向かつ両側面１９３，１９４を横断するように切断した断面の外側形状のみを示した図であり，破線が研磨前，実線が研磨後の形状である。
【００９３】
このように，側面１９３，１９４と素子表面１９１との間の稜辺１９６を面取りして研磨して，また側面１９３，１９４を研磨して，両側面間を略平行とした。研磨の順序は，まず側面１９３，１９４を研磨した後に，稜辺１９６の面取りと研磨を行った。
【００９４】
また，側面１９３における研磨量ｄ１は０．１５ｍｍ，側面１９３と素子表面１９１との間の稜辺１９６における研磨量ｄ２は０．２ｍｍ，またｄ３は０．２ｍｍとした。
【００９５】
両側面１９３，１９４の研磨量ｄ１とは，研磨前の側面位置ｓ０と研磨後の側面位置ｓ１と差の最大距離で，該最大距離は長手方向に垂直に交わる幅方向に沿って測定した値である。
【００９６】
また，本例では，積層型ガスセンサ素子の両側面１９３，１９４を研磨した後に稜辺１９６を研磨する。研磨により両側面１９３，１９４をより確実に平行とすることができ，稜辺１９６の面取りの際の位置決めの精度を高め，稜辺１９６の研磨が容易となる。
【００９７】
稜辺１９６の研磨量とは，研磨後のヒータ部側素子表面１９１の端部位置ｓ３と，研磨前の側面位置ｓ４との間の最大距離で，該最大距離は長手方向に垂直に交わる幅方向に沿って測定した値である。なお，本例は側面１９３，１９４を先に研磨しているため，ｓ１＝ｓ４である。
【００９８】
本例にかかる研磨を行った積層型ガスセンサ素子の不良品率について以下に示すように測定した。
【００９９】
すなわち，図１～図３に示す積層型ガスセンサ素子１を上記の方法で製造し，その後，両側面１９３，１９４と稜辺１９６を後述する実施例２に示す研磨装置を用いて研磨した。
【０１００】
その後，図５に示すごとく，電源と電圧計を備えた電源回路１８７からヒータ部１８にヒータ端子部１８３やヒータリード部１８２を介して１４．５Ｖの電圧を１分間印加して，発熱させた。
【０１０１】
通電を終えた後，積層型ガスセンサ素子１の表面を観察したが，微小な割れ，欠け，ひび，亀裂の進展は見られなかった。
【０１０２】

また，上記と同じ方法で作製した積層型ガスセンサ素子を研磨しない状態で，上記と同じ条件でヒータ部に通電した。

【０１０３】

その結果，研磨しなかった積層型ガスセンサ素子は，ヒータ部素子表面上の幅方向において横断亀裂が発生した。

【０１０４】

次に，研磨した素子，研磨しなかった素子の性能を，ヒータ部発熱体の抵抗測定で評価した。その結果，研磨した積層型ガスセンサ素子は所定の抵抗値を有し，研磨しなかった素子は抵抗値が無限大であることが分かった。つまり研磨した素子と比較して研磨しなかった素子は発熱体断線が生じていることが分かった。

【０１０５】

本例にかかる作用効果について説明する。

【０１０６】

積層型ガスセンサ素子１に一体積層したヒータ部１８に通電し，発熱させた場合，熱ストレスの影響で，特にヒータ部１８近傍の表面欠陥１９５は成長して大きくなり，積層型ガスセンサ素子１の動作，機能，性能に悪影響を与え，素子の内部にまで到達する大きな欠陥に成長することがある（図５の符合１９７参照）。また，図４と図５に模式図で示したように表面欠陥１９５の数も増大することがある。

【０１０７】

本例にかかる製造方法では，少なくとも積層型ガスセンサ素子１の両側面１９３，１９４を研磨し，またヒータ部１８の側の素子表面１９１と両側面１９３，１９４との間の稜辺１９６を面取りして研磨する。

【０１０８】

すなわち，ヒータ部１８に近く，ヒータ部１８の発熱によって表面欠陥１９５が成長しやすい部分を重点的に研磨することで，ヒータ部１８近傍の表面欠陥１９５の数を減らし，表面欠陥１９５が成長した結果生じる積層型ガスセンサ素子１の不良品を減らすことができる。また，当初から存在する表面欠陥１９５をある程度研磨によって除去することができるため，ヒータ部１８の発熱により新たに生じる表面欠陥が加わっても，従来よりは表面欠陥の少ない積層型ガスセンサ素子１を得ることができる。

【０１０９】

また，本例では，特に稜辺１９６を面取りして研磨することで，ヒータ部１８の熱ストレスから生じる応力を緩和して，表面欠陥１９５を成長し難くすることができる。

【０１１０】

以上，本例によれば，表面欠陥による不良品が少なくなる積層型ガスセンサ素子の製造方法を提供することができる。

【０１１１】

（実施例２）

本例は，実施例１に記載した研磨を行う研磨装置３について説明する。

【０１１２】

図６に示すごとく，研磨装置３は，積層型ガスセンサ素子１をクランプ（図示略）に搭載するローダ部３２と，両側面の研磨を行う側面研磨部３３と，クランプから両側面の研磨を終えた積層型ガスセンサ素子１を外すアンローダ部３４と，稜辺を面取りする稜辺面取部３５とロボットアーム３１１～３１３を有する。

【０１１３】

側面研磨部３３には，水平方向と直交して側面研磨用円盤砥石３３１，３３３を２枚立設し，２枚の側面研磨用円盤砥石３３１，３３３の円盤面は向かい合って平行となるよう配列する（図９参照）。また，側面研磨用円盤砥石３３１，３３３は円盤中心を貫通する回転軸３３２，３３４において，同図に示す矢線ａの方向に回転するよう構成する。また，積層型ガスセンサ素子１はローダ部３２の方向から導入されるが，素子の導入方向と矢線ａの方向は逆向きとなる。

【０１１４】
稜辺面取部３５には，稜片面取用円盤砥石３５１，３５２が円盤面を水平に向けて２つ並べて設置され，該稜片面取用円盤砥石３５１，３５２は円盤中心を貫通する回転軸において回転するよう構成する。回転方向は双方ともに反時計回りで図６に矢線ｂで記載した。
【０１１５】
上記研磨装置３の作動について図６～図１６を用いて説明する。
【０１１６】
パレット３００から未研磨の積層型ガスセンサ素子１をロボットアーム３１１によってローダ部３２に移送し，ここで積層型ガスセンサ素子１をクランプ（図示略）に挟み込んだ。
【０１１７】
続いて，上記クランプで保持した積層型ガスセンサ素子１をセンサセルを設けた側の先端部（図１に示す１０９）から，側面研磨部３３における２枚の側面研磨用円盤砥石３３１，３３３の間に導入し，該側面研磨用円盤砥石３３１，３３３の間を通過して，両側面を同時に研磨した。
【０１１８】
側面研磨部３３を横から見た状態を図７に，クランプ４３１で保持された積層型ガスセンサ素子１を側面研磨用円盤砥石３３１，３３３の間に導入する状態を図９，図１１，図１２に記載した。
【０１１９】
側面研磨部３３は，図７に示すごとく，積層型ガスセンサ素子１の保持具となるクランプ４３１と，クランプ４３１駆動用のシリンダ４３３及びクランプ４３１の根元を収納する収納筒４３４と側面研磨用円盤砥石３３１，３３３を設置して研磨を行う研磨台とからなる。
【０１２０】
クランプ４３１は，図９に示すごとく，積層型ガスセンサ素子１の先端部１０９を支持固定する押さえ部４３５と支持台４３６とを備え，押さえ部４３５において積層型ガスセンサ素子１と直接接触する部分はゴムよりなる円柱型の当接部４３７である。
【０１２１】
また，図７に示すごとく，当接部４３７は押さえ部４３５に１つ，支持台４３６に３つ設ける。
【０１２２】
上記積層型ガスセンサ素子１と上記当接部４３７との接触面積は非常に狭く，径が３．５ｍｍ程度，面積で９．６ｍｍ２程度で実質的に一点固定によって積層型ガスセンサ素子１が支持固定される。
【０１２３】
なお，図８に示すごとく，当接部４３７を設けず，押さえ部４３５や支持台４３６で，積層型ガスセンサ素子１と直接接触する部分を弾力性のあるゴム材料４３８で形成してもよい。
【０１２４】
また，積層型ガスセンサ素子１を側面研磨用円盤砥石３３１，３３２との間に導入する際は，図１１に示すごとく，砥石３３１，３３２の径Ｒの範囲内で行う。なお，砥石３３１，３３２（図１１で砥石３３２の記載は省略した）の中心Ｏと支持台４３６の表面との距離ｄは５５ｍｍ，砥石３３１，３３２の径Ｒは２００ｍｍである。
【０１２５】
そして，図１２に示すごとく，側面研磨用円盤砥石３３１，３３２の外側端部３３８はテーパー加工されており，積層型ガスセンサ素子１を導入しやすく構成されている。
【０１２６】
また，図１３に示すごとく，側面研磨用円盤砥石３３１，３３２が向かい合う円盤面３

３０は研削液用滞留用ポケット３３９を構成する凹部を有する。

【０１２７】

すなわち，側面を研磨する間は，２枚の側面研磨用円盤砥石３３１，３３２の間に研削液３３５０（例えば純水等）を注入ノズル３３５を用いて注入する。

【０１２８】

上記研削液滞留用ポケット３３９を設けることで，注入した研削液３３５０がこの凹部に溜まって，該研削液３３５０の消費量を抑制できて，積層型ガスセンサ素子１の製作コスト削減効果を得ることができる。

【０１２９】

また，上記側面研磨用円盤砥石３３１，３３２は，上記側面を研磨する場合，図８に示すごとく，図面で奥側から手前に向かって円盤砥石３３１，３３２を回転させることで，積層型ガスセンサ素子１の素子表面１９２，すなわち上側から押さえるように回転，ダウンカットする。これにより，積層型ガスセンサ素子１のワーク浮き不具合が回避できる。

【０１３０】

この側面研磨部３において，ガスセンサ素子１の両側面１９３，１９４が図１０に示す破線ｃ１およびｃ２に達するまで研磨する。なお，同図に示すように焼成直後の積層型ガスセンサ素子１は側面１９３，１９４に反りが生じていることが多い。

【０１３１】

その後，ロボットアーム３１２，３１３を用いて，アンローダ部３４において，クランプ４３１から側面研磨を終えた積層型ガスセンサ素子１を外して，上記アンローダ部３４に仮置きした。ここから積層型ガスセンサ素子１を稜辺面取部５５に移送して，面取りする。

【０１３２】

上記稜辺面取部３５は，図１４～図１９に示すごとく，支持台４５０の上に稜片面取用円盤砥石３５１（または３５２）を回転可能に固定する架台４５２と，稜片面取用円盤砥石３５１（または３５２）の周囲に，研磨時に研磨屑や水が周囲に飛び散らないように設けたガード部４５１と研磨の際に研削液４５３０（純水など）を供給するホース４５３とからなる。

【０１３３】

そして，図１４に示すごとく，ロボットアーム３１２（または３１３）が積層型ガスセンサ素子１をつかんで稜辺面取部３５に移送し，稜辺１９６を稜片面取用円盤砥石３５１（または３５２）に対し４５°の角度で傾けて押し当てて破線Ｃ３に達するまで面取りを行った。また稜辺１９６の押し当ては片方づつ行った。

【０１３４】

また，ロボットアーム３１２と３１３の先端は積層型ガスセンサ素子１を保持するためのチャック４１１を備え，積層型ガスセンサ素子１を保持する際の圧力をチャックバネ４１２において調整する。

【０１３５】

ここに，積層型ガスセンサ素子１の稜辺１９６の面取りの具体的手順について説明する。

【０１３６】

図１４，図１５に示すごとく，稜辺面取用円盤砥石３５１を同心円状に（中心は回転中心Ｏ）外側から順に（１），（２）～（１５），（１６）の１６の環状のセクターに分割する。本例にかかる稜辺面取用円盤砥石３５１を回転させるモーターは普通のモーターであり，稜辺面取用円盤砥石３５１は回転数一定型（＝角速度一定）に回される。そのため，最内周の（１６）は線速度が遅く，最外周の（１）は線速度が速く，（１６）と（１）とに対し同じ時間だけ稜辺１９６を押し当てた場合，（１）に押し当てたほうがより多く削れてしまう。

【０１３７】

従って，本例では，最初に３秒，（１）の部分に稜辺１９６を押し当てた後，一度稜辺

１９６を円盤砥石３５１から離して，図１４に示した矢線ｒの方向にロボットアーム３１２（または３１３）を回転させることで，積層型ガスセンサ素子１を長手方向で反転して，他方の稜辺１９６を円盤砥石３５１の（２）の部分に３．２秒押し当てた。

【０１３８】

その後，（３）・・・・・（１６）という順序で時間を０．２秒づつ短くしながら，最後の（１６）では６秒押し当てて各稜辺１９６を研磨して，積層型ガスセンサ素子１の２つの稜辺１９６の研磨を終えた。

【０１３９】

また，図１９は，稜辺１９６の面取りの状態を円盤面側からみた状態である。そして，同図に示すごとく，円盤砥石３５１は矢線に示すように反時計回りに回転し，この回転方向に対し積層型ガスセンサ素子１の長手方向が平行となるように押し当てて面取りする。

【０１４０】

また，図１７は，稜辺１９６の面取りの状態を側面からみた状態である。そして，図１８（ａ），（ｂ）に示すごとく，稜辺１９６面取りの際は，素子長手方向に揺動させながら行う。

【０１４１】

二つの稜辺の面取りを終えた後，上記積層型ガスセンサ素子１は，ロボットアーム３１２，３１３に保持された状態で，再びアンローダ部３４に運ばれる。ここでロボットアーム３１１に渡され，該ロボットアーム３１１はパレット３００の元の場所に積層型ガスセンサ素子１を返却する。

【０１４２】

側面１９３，１９４の研磨において，研磨前の積層型ガスセンサ素子１は，図１０に示すごとく，平均の幅Ｋ１が４．８ｍｍであったものが，研磨後の平均の幅Ｋ２は４．５から４．６ｍｍとなった。使用した側面研磨用円盤砥石３３１，３３２はダイヤ＃５００メタルで，側面研磨用円盤砥石３３１，３３２の直径は２００ｍｍ，砥石幅は３．０ｍｍである。

【０１４３】

また回転数は３０００ＲＰＭで積層型ガスセンサ素子１に対するクランプ荷重は４９Ｎ，側面研磨用円盤砥石３３１，３３２に対する積層型ガスセンサ素子１の導入速度は２０ｍｍ／ｓである。

【０１４４】

また，上記稜辺１９６の面取りにおいて，図１６に示すごとく面取り量ｄ２は０．０５～０．２５ｍｍ，使用した稜片面取用円盤砥石３５１，３５２はダイヤモンドクロス＃１２００，回転数は３６０ＲＰＭとした。積層型ガスセンサ素子１を稜片面取用円盤砥石３５１，３５２に押し付ける荷重は１９．８Ｎで，押し付ける時間，すなわち面取り時間は３～６秒とした。

【０１４５】

本例にかかる研磨装置３と上述した研磨方法に従って積層型ガスセンサ素子１を研磨することで，実施例１にかかる作用効果を得ることができた（実施例１参照）。

【０１４６】

更に，本例にかかる研磨装置３及び研磨方法では，稜辺１２６の面取りの際に，稜辺面取用円盤砥石３５１，３５２の異なる複数の位置（円盤中心Ｏからの距離が異なる位置）に積層型ガスセンサ素子１を何度か押し当てて稜辺研磨を行うことで，各積層型ガスセンサ素子１の稜辺研磨にかかる時間を略均一とすることができる。

【０１４７】

これにより，１本の積層型ガスセンサ素子１の稜辺１９６の面取りに要する加工時間を均一として，積層型ガスセンサ素子製造にかかる加工サイクルを一定とすることができる。更に，稜辺面取用円盤砥石３５１，３５２の局部使用を回避して砥石寿命を長くすることができる。

【０１４８】

（実施例３）

本例は，実施例１や２に示す方法による研磨を終えた後の積層型ガスセンサ素子に対して行う諸検査の工程について説明する。

【０１４９】

すなわち，表面欠陥を除去した後，（１）両側面及び稜辺を研磨により形成された研磨面を画像認識装置を用いて所定の寸法を満たしているか否かを検査した。

【０１５０】

（２）各研磨の際に生じたチッピングの有無を検査した。

【０１５１】

（３）上記ヒータ部に通電して目視による表面欠陥成長の有無を検査した。

【０１５２】

（４）積層型ガスセンサ素子の絶縁抵抗の大小を検査した。

そして，各検査において不良品を除去して，良品の積層型ガスセンサ素子を選別した。

【０１５３】

（１），（２）にかかる検査について説明する。

【０１５４】

ＣＣＤ（電荷結合デバイス）を用いた画像認識装置を用いて，積層型ガスセンサ素子１の研磨面に照明を当てて反射光を画像として取り込んだ。この検査において，積層型ガスセンサ素子の寸法およびチッピング寸法が規格を満たしているか否かを判定する。

【０１５５】

チッピングが生じた積層型ガスセンサ素子は不良品であり，生じていない良品だけを選別した。

【０１５６】

（３）にかかる検査において，前述した図５に示すごとく，ヒータ端子に電源を接続して，１４．５Ｖの直流電流を印加した。これによりヒータ部は発熱し，積層型ガスセンサ素子に熱ストレスが加わる。この熱ストレスによって割れやクラック等の表面欠陥が成長したか，また新たな表面欠陥が発生したか否かを作業員が目視で観察し，良品だけを選別した。

【０１５７】

（４）にかかる検査において，積層型ガスセンサ素子の絶縁抵抗を，次の方法で測定する。

【０１５８】

すなわち，積層型ガスセンサ素子をアルコールに浸した状態で，ヒータ端子に５００Ｖを印加した。仮にヒータ部近傍にクラック等が存在すれば，そこから素子内部にアルコールが浸入し，絶縁抵抗が低下する。従って，ヒータ端子とアルコールとの間に流れる電流を測定することで，積層型ガスセンサ素子の絶縁性について評価して，良品を選別できた。

【０１５９】

以上の４つの検査工程を経て，表面欠陥による不良の少ない積層型ガスセンサ素子を選別することができる。

【０１６０】

よって，この検査方法を実施した積層型ガスセンサ素子の製造方法は歩留まりの高い優れた製造方法である。

【０１６１】

絶縁抵抗が低下した積層型ガスセンサ素子は，図３に記載した基準ガス室１５０の気密性が悪く，基準ガス中の濃度が安定しないため，被測定ガスの正確なガス濃度の測定がしずらく，高精度な測定に利用困難な素子となってしまうおそれがある。

【０１６２】

特に自動車エンジンの排気管に設置して，排気ガス中の酸素濃度や，エンジンの空燃比，λ点を測定してエンジンの燃焼制御を行う際に用いる積層型ガスセンサ素子は，排気ガ

ス中の大気汚染物質をより低減するために高精度が要求される。実施例１～３にかかる製造方法を経て作製した素子は高精度な積層型ガスセンサ素子を作製する方法として適している。

【図面の簡単な説明】

【０１６３】

【図１】実施例１における，積層型ガスセンサ素子の斜視図。

【図２】実施例１における，積層型ガスセンサ素子の断面寸法説明図。

【図３】実施例１における，積層型ガスセンサ素子の斜視展開図。

【図４】実施例１における，表面欠陥が生じ，未研磨で焼成直後の状態を示す積層型ガスセンサ素子の説明図。

【図５】実施例１における，ヒータ部に通電して表面欠陥が成長した状態を示す積層型ガスセンサ素子の説明図。

【図６】実施例２における，研磨装置の説明図。

【図７】実施例２における，側面研磨装置の説明図。

【図８】実施例２における，他の側面研磨装置の説明図。

【図９】実施例２における，側面研磨の状態を示す説明図。

【図１０】実施例２における，側面研磨による研磨量の説明図。

【図１１】実施例２における，側面研磨用円盤砥石と積層型ガスセンサ素子導入時の位置関係を示す説明図。

【図１２】実施例２における，側面研磨用円盤砥石の外側端部を示す説明図。

【図１３】実施例２における，２枚の側面研磨用円盤砥石の間に研削液を注入した状態にかかる説明図。

【図１４】実施例２における，稜辺面取装置の説明図。

【図１５】実施例２における，稜辺面取用円盤砥石の平面説明図。

【図１６】実施例２における，稜辺面取による面取量の説明図。

【図１７】実施例２における，稜辺の面取りの状態を側面からみた説明図。

【図１８】実施例２における，積層型ガスセンサ素子を揺動させる状態にかかる説明図。

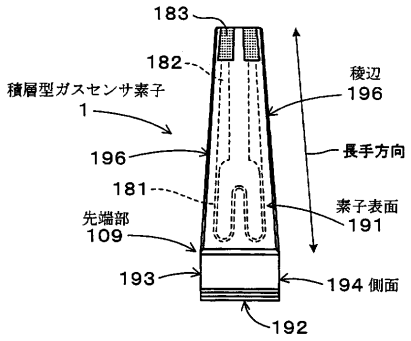
【図１９】実施例２における，稜辺の面取りの状態を円盤面側からみた説明図。

【符号の説明】

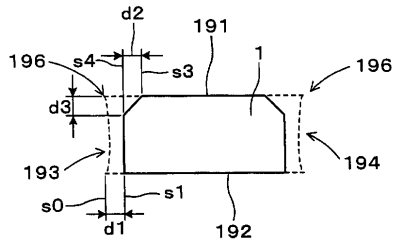
【０１６４】

１．．．積層型ガスセンサ素子，
１０．．．センサセル，
１８．．．ヒータ部，
１９１．．．素子表面，
１９３，１９４．．．側面，
１９６．．．稜辺，
１９５．．．表面欠陥，
３３１，３３２．．．側面研磨用円盤砥石，
３５１，３５．．．稜辺面取用円盤砥石，

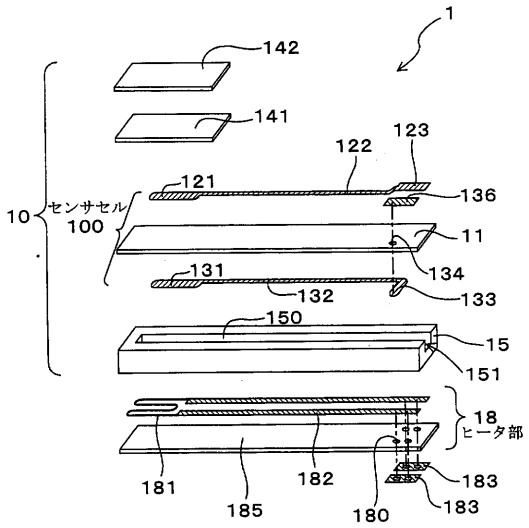
【図１】


183
182
積層型ガスセンサ素子
1
196
181
先端部
109
193
192
稜辺
196
長手方向
素子表面
191
194 側面

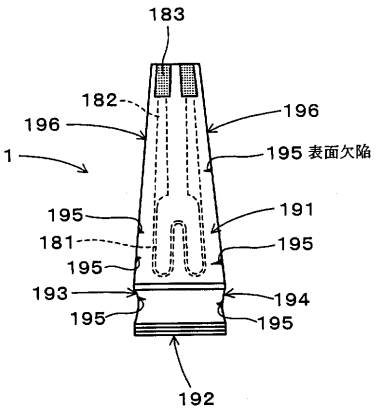
【図２】


d2
191
196
s4
s3
1
196
d3
193
194
s0
s1
d1
192

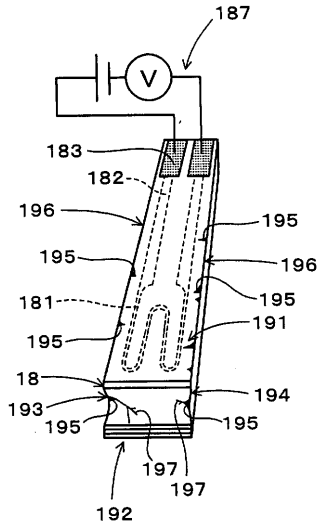
【図３】


1
142
141
123
122
121
136
10
センサセル
100
11
131
134
132
133
150
15
151
18
ヒータ部
181
182
183
185
180
183

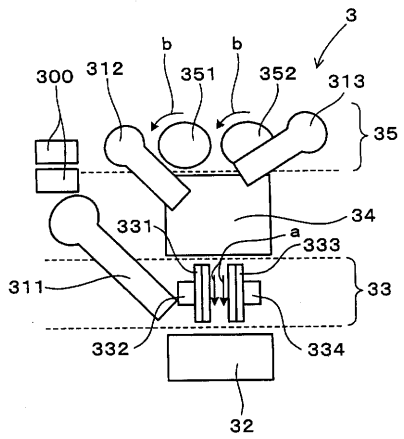
【図４】


183
182
196
196
1
195 表面欠陥
195
191
181
195
195
193
194
195
195
192

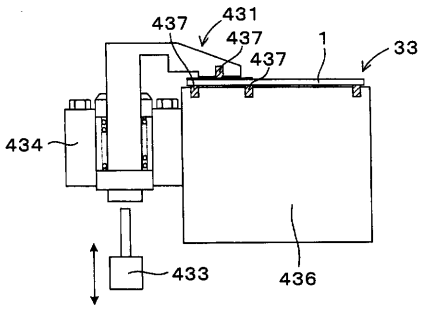
【図５】


187
V
183
182
196
195
195
196
181
195
195
191
18
194
193
195
195
197
197
192

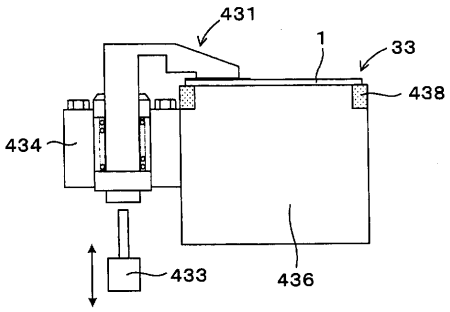
【図６】



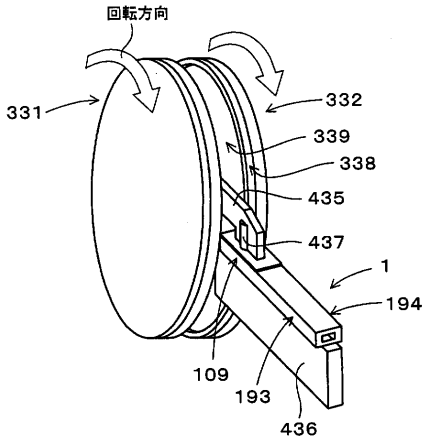
【図７】



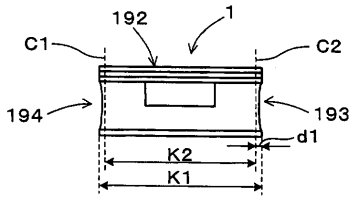
【図８】



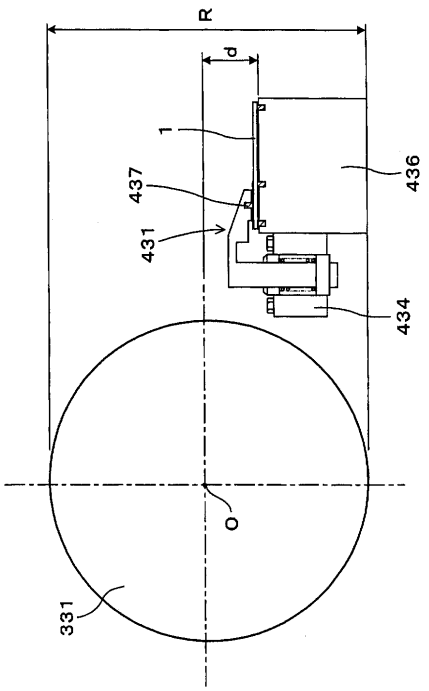
【図９】



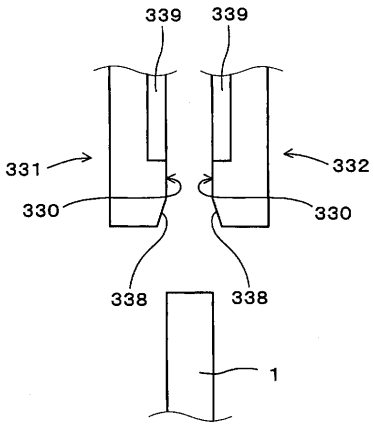
【図１０】



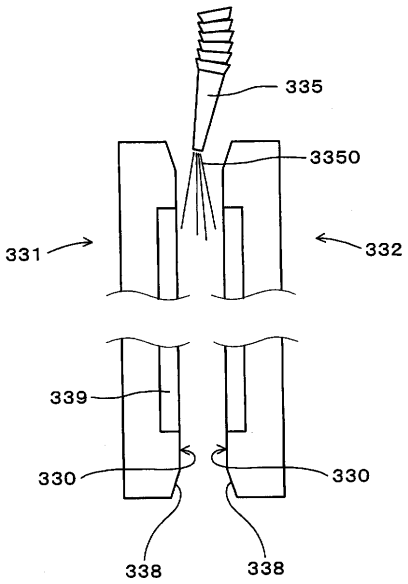
【図１１】



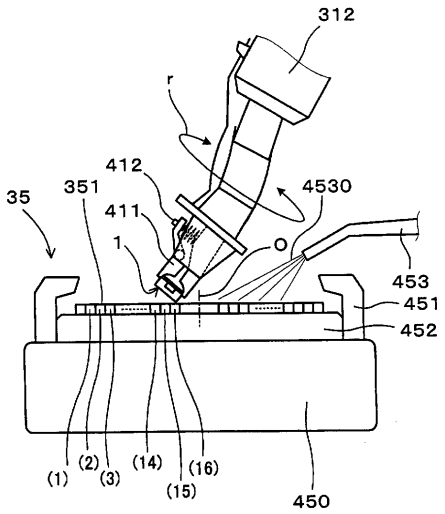
【図１２】



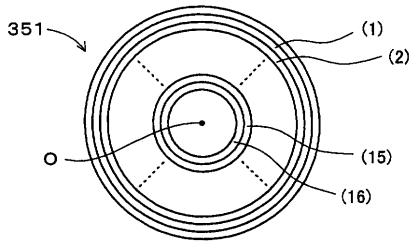
【図１３】



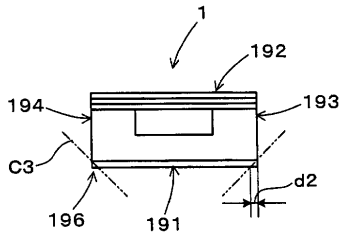
【図１４】



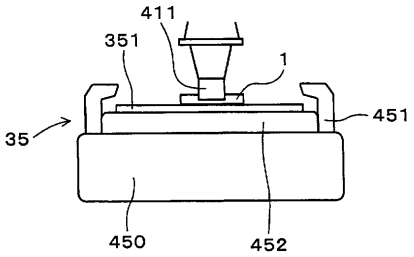
【図１５】



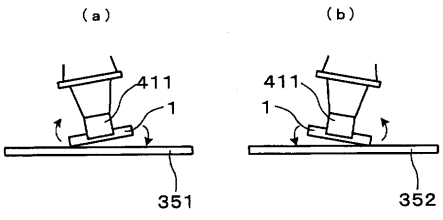
【図１６】



【図１７】



【図１８】



【図１９】

