

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年8月12日(12.08.2021)



(10) 国際公開番号

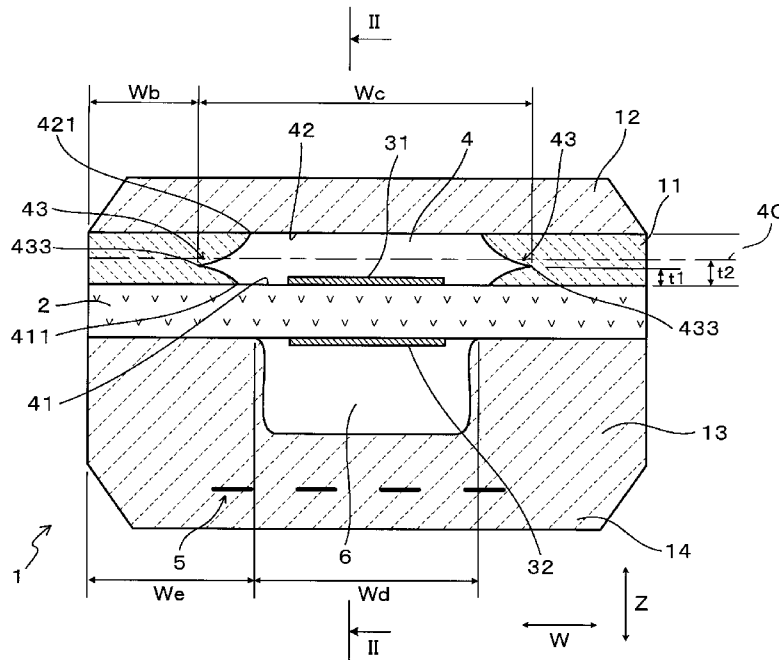
WO 2021/157378 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/409 (2006.01) G01N 27/41 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/002165
- (22) 国際出願日: 2021年1月22日(22.01.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-018041 2020年2月5日(05.02.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 杉浦 啓(SUGIURA Kei); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 野口 真(NOGUCHI Makoto); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所(AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目26番19号 名駅永田ビル Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: GAS SENSOR ELEMENT

(54) 発明の名称: ガスセンサ素子

(図1)



(57) Abstract: This laminated gas sensor element (1) is formed through the lamination of a plurality of ceramic layers. The gas sensor element (1) comprises an oxygen-ion-conductive solid electrolyte (2), a measurement electrode (31) and a reference electrode (32) provided on the two main surfaces of the solid electrolyte (2), a chamber (4) that faces the measurement electrode (31) and into which a gas under measurement is introduced, and a heater (5) that heats the solid electrolyte (2). The chamber (4) comprises a protruding edge part (43) that protrudes in a width direction (W) that is



WO 2021/157378 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

orthogonal to both the longitudinal direction of the gas sensor element (1) and the lamination direction in a cross section orthogonal to the longitudinal direction. The apex (433) of the protruding edge part (43) is positioned closer to the heater (5) than the center (4C) of the chamber (4) in the lamination direction.

(57) 要約 : 複数のセラミック層を積層してなる積層型のガスセンサ素子 (1)。ガスセンサ素子 (1) は、酸素イオン伝導性を有する固体電解質体 (2) と、固体電解質体 (2) の両主面に設けられた測定電極 (3 1) 及び基準電極 (3 2) と、測定電極 (3 1) に面し被測定ガスを導入するチャンバ (4) と、固体電解質体 (2) を加熱するヒータ (5) と、を有する。チャンバ (4) は、ガスセンサ素子 (1) の長手方向に直交する断面において、長手方向及び積層方向の双方に直交する幅方向 (W) に突出した突出角部 (4 3) を有する。突出角部 (4 3) の頂点 (4 3 3) は、積層方向におけるチャンバ (4) の中心 (4 C) よりもヒータ (5) に近い側に配置されている。

明 細 書

発明の名称 : ガスセンサ素子

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2020年2月5日に出願された日本出願番号2020-18041号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、積層型のガスセンサ素子に関する。

背景技術

[0003] 複数のセラミック層を積層してなる積層型のガスセンサ素子として、被測定ガスを導入するチャンバを備えたものが、例えば特許文献1に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-261727号公報

発明の概要

[0005] 特許文献1に記載のガスセンサ素子においては、チャンバの幅方向の両端に突出した角部が形成されている。ガスセンサ素子の構造によっては、ヒータによる昇温時等において、積層方向における温度差が生じる。この温度差が顕著に発生すると、温度差に起因する引張応力がチャンバの角部に隣接するセラミック層に作用して、素子割れの要因となることが懸念される。

[0006] 本開示は、素子割れを効果的に防ぐことができるガスセンサ素子を提供しようとするものである。

[0007] 本開示の一態様は、複数のセラミック層を積層してなる積層型のガスセンサ素子であって、

酸素イオン伝導性を有する固体電解質体と、

該固体電解質体の両主面に設けられた測定電極及び基準電極と、

上記測定電極に面し被測定ガスを導入するチャンバと、

上記固体電解質体を加熱するヒータと、を有し、

上記チャンバは、上記ガスセンサ素子の長手方向に直交する断面において、長手方向及び積層方向の双方に直交する幅方向に突出した突出角部を有し、

該突出角部の頂点は、積層方向における上記チャンバの中心よりも上記ヒータに近い側に配置されている、ガスセンサ素子にある。

[0008] 上記ガスセンサ素子においては、突出角部の頂点が、積層方向におけるチャンバの中心よりもヒータに近い側に配置されている。それゆえ、ヒータによる加熱時に発生する温度差によって、突出角部の頂点に隣接するセラミック層に作用する引張応力を、抑制することができる。その結果、素子割れを効果的に防ぐことができる。

[0009] 以上のごとく、上記態様によれば、素子割れを効果的に防ぐことができるガスセンサ素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]図1は、実施形態1における、ガスセンサ素子の長手方向に直交する断面の断面説明図であり、
[図2]図2は、図1のII-II線矢視断面図であり、
[図3]図3は、実施形態1における、ガスセンサ素子の展開説明図であり、
[図4]図4は、実施形態1における、突出角部の断面説明図であり、
[図5]図5は、実施形態1における、突出角部の角度 α の説明図であり、
[図6]図6は、実施形態1における、ガスセンサ素子の製造方法の説明図であって、固体電解質体にセラミックペーストを塗布した状態を示す説明図であり、
[図7]図7は、実施形態1における、第1の未焼成体の説明図であり、
[図8]図8は、実施形態1における、遮蔽層にセラミックペーストを塗布した状態を示す説明図であり、

- [図9]図9は、実施形態1における、第2の未焼成体の説明図であり、
- [図10]図10は、実施形態1における、第1の未焼成体と第2の未焼成体とを対向配置した状態を示す説明図であり、
- [図11]図11は、実施形態1における、第3の未焼成体の説明図であり、
- [図12]図12は、実施形態1における、第3の未焼成体を焼成した後の状態を示す説明図であり、
- [図13]図13は、実施形態1における、突出角部付近の断面拡大写真であり、
- 、
- [図14]図14は、比較形態における、ガスセンサ素子の断面説明図であり、
- [図15]図15は、ガスセンサ素子の昇温時における熱膨張を説明する模式図であり、
- [図16]図16は、ガスセンサ素子の反りを説明する模式図であり、
- [図17]図17は、比較形態のガスセンサ素子における、突出角部付近に作用する引張応力の説明図であり、
- [図18]図18は、実施形態1のガスセンサ素子における、突出角部付近に作用する引張応力の説明図であり、
- [図19]図19は、角度 α と応力拡大係数との関係を示す線図であり、
- [図20]図20は、実施形態2における、ガスセンサ素子の断面説明図であって、図21のXX-XX線矢視断面図であり、
- [図21]図21は、図20のXXI-XXI線矢視断面図であり、
- [図22]図22は、実施形態2における、ガスセンサ素子の展開説明図であり、
- 、
- [図23]図23は、実施形態3における、ダクトを設けていないガスセンサ素子の断面説明図であり、
- [図24]図24は、実施形態3における、ダクトに多孔質体を充填したガスセンサ素子の断面説明図であり、
- [図25]図25は、実施形態3における、ヒータを面状に設けたガスセンサ素子の断面説明図であり、

[図26]図 2 6 は、実施形態 3 における、ヒータの配置を変更したガスセンサ素子の断面説明図であり、

[図27]図 2 7 は、実施形態 3 における、チャンバの位置を変更したガスセンサ素子の断面説明図であり、

[図28]図 2 8 は、実施形態 4 における、チャンバ形成層の内側面を略平坦面としたチャンバの断面説明図であり、

[図29]図 2 9 は、実施形態 4 における、チャンバ形成層の内側面を凹曲面としたチャンバの断面説明図であり、

[図30]図 3 0 は、実施形態 4 における、チャンバ形成層が頂点以外に角部を有するチャンバの断面説明図であり、

[図31]図 3 1 は、実施形態 4 における、チャンバ形成層が頂点以外に角部を有する、他のチャンバの断面説明図であり、

[図32]図 3 2 は、実施形態 5 における、ガスセンサ素子の断面説明図であり、

[図33]図 3 3 は、実施形態 6 における、ガスセンサ素子の一部の断面説明図であり、

[図34]図 3 4 は、実施形態 6 における、他のガスセンサ素子の一部の断面説明図であり、

[図35]図 3 5 は、実施形態 6 における、さらに他のガスセンサ素子の一部の断面説明図であり、

[図36]図 3 6 は、実施形態 7 における、ガスセンサ素子の一部の断面説明図である。

発明を実施するための形態

[0011] (実施形態 1)

ガスセンサ素子に係る実施形態について、図 1 ~ 図 1 3 を参照して説明する。

本形態のガスセンサ素子 1 は、図 1、図 2 に示すごとく、複数のセラミック層を積層してなる積層型のガスセンサ素子である。ガスセンサ素子 1 は、

固体電解質体2と、測定電極31及び基準電極32と、チャンバ4と、ヒータ5と、を有する。

[0012] 固体電解質体2は、酸素イオン伝導性を有する。測定電極31及び基準電極32は、固体電解質体2の両主面に設けられている。チャンバ4は、測定電極31に面し被測定ガスを導入する空間である。ヒータ5は、固体電解質体2を加熱する。

[0013] チャンバ4は、突出角部43を有する。突出角部43は、ガスセンサ素子1の長手方向Yに直交する断面において、幅方向Wに突出した部位である。ここで、幅方向Wは、長手方向Y及び積層方向Zの双方に直交する方向である。突出角部43の頂点433は、積層方向Zにおけるチャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い側に配置されている。

[0014] ガスセンサ素子1は長尺形状を有し、その長手方向Yの一端に近い位置に、測定電極31及び基準電極32が形成されている。長手方向Yにおける、測定電極31及び基準電極32が設けられた側を、先端側、その反対側を基端側という。

長手方向Yのいずれの位置においても、突出角部43の頂点433は、積層方向Zにおけるチャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い側に配置されている。

[0015] 本形態のガスセンサ素子1は、ダクト6を有する。ダクト6は、基準電極32に面し基準ガスが導入される空間である。積層方向Zにおいてダクト6を挟んで固体電解質体2と反対側にヒータ5が配されている。チャンバ4はダクト6よりも幅方向Wの寸法が大きい。また、チャンバ4の幅 W_c と、ダクト6の幅 W_d とは、 $1 < W_c / W_d \leq 1.73$ を満たす。

[0016] なお、チャンバ4の幅 W_c は、幅方向Wの寸法が最大となる部分における幅寸法にて定義できる。すなわち、幅方向Wにおける、両側の突出角部43の頂点433の間の距離が、幅 W_c となる。ダクト6の幅 W_d も、幅方向Wの寸法が最大となる部分における幅寸法にて定義できる。図1に示すガスセンサ素子1において、ダクト6は、固体電解質体2に面する部分にて最大幅

となる。かかる場合は、ダクト6の幅Wdは、固体電解質体2に面する部分における幅寸法にて定義される。

[0017] 本形態のガスセンサ素子1においては、固体電解質体2における測定電極31を設けた側の面に、チャンバ形成層11と遮蔽層12とを順次積層してある。また、固体電解質体2における基準電極32を設けた側の面に、ダクト形成層13とヒータ層14とが順次積層してある。

[0018] チャンバ形成層11は、図1～図3に示すごとく、積層方向Zに直交する方向からチャンバ4を囲むように形成されたセラミック層である。チャンバ形成層11と、固体電解質体2と遮蔽層12との間に、チャンバ4が形成される。なお、図2、図3に示すごとく、チャンバ形成層11の一部には、拡散抵抗部15が設けられている。拡散抵抗部15は、被測定ガスを拡散させながらチャンバ4に導入する部位である。また、図3には、チャンバ形成層11が2つに分かれて描かれているが、これらは後述する個別のセラミックペーストに対応して示したものである。また、同図における符号4を示した2つの箇所は、複数のセラミック層が積層された状態において、一つのチャンバ4を形成する箇所を示している。

[0019] 本形態において、拡散抵抗部15は、ガスセンサ素子1の先端部に形成されている。すなわち、チャンバ4の先端側に拡散抵抗部15が配置されている。拡散抵抗部15は、多孔質のセラミックからなる。これにより、本形態のガスセンサ素子1は、素子の先端側から被測定ガスをチャンバ4に導入するよう構成されている。

[0020] ダクト形成層13は、図1～図3に示すごとく、ダクト6を固体電解質体2と反対側から覆うと共に、積層方向Zに直交する方向からダクト6を囲むように形成されたセラミック層である。ただし、ダクト形成層13は、ダクト6の基端側を塞いでいない。すなわち、ダクト6は、ガスセンサ素子1の基端部に開口している。これにより、基準ガスは、ガスセンサ素子1の基端側からダクト6に導入される。本形態において、基準ガスは大气である。

[0021] 固体電解質体2は、ジルコニアを主成分とするセラミック層である。チャ

ンバ形成層 1 1、遮蔽層 1 2、ダクト形成層 1 3、ヒータ層 1 4 は、いずれもアルミナを主成分とするセラミック層である。拡散抵抗部 1 5 も、アルミナを主成分とする。ただし、被測定ガスを透過させることができるよう、多孔質のセラミック体からなる。

[0022] ガスセンサ素子 1 は、複数のセラミック層を積層してなるが、完成品の状態において、各セラミック層の間の境界が存在しない場合もある。例えば、チャンバ形成層 1 1 と遮蔽層 1 2 との間の境界、ダクト形成層 1 3 とヒータ層 1 4 との境界は、存在しない場合がある。

[0023] 図 1 に示すごとく、長手方向 Y に直交する断面において、チャンバ 4 の外側におけるチャンバ形成層 1 1 の幅 W_b は、チャンバ 4 の幅 W_c よりも小さい。また、チャンバ形成層 1 1 の幅 W_b は、ダクト 6 の外側におけるダクト形成層 1 3 の幅 W_e よりも小さい。

[0024] チャンバ 4 の突出角部 4 3 は、積層方向 Z における両側において、同一材料に面して形成されている。すなわち、本形態においては、突出角部 4 3 は、積層方向 Z の両側において、アルミナを主成分とする同一組成の材料に面している。突出角部の頂点 4 3 3 は、異なる材料の界面に存在するわけではなく、同一材料からなるチャンバ形成層 1 1 の中に存在する。また、チャンバ形成層 1 1 における、突出角部 4 3 に隣接する部位は、略均質となっている。

[0025] チャンバ 4 は、積層方向 Z を向いた第 1 面 4 1 と第 2 面 4 2 とを有する。第 1 面 4 1 は、積層方向 Z において、ヒータ 5 に近い側の面である。第 2 面 4 2 は、積層方向 Z において、ヒータ 5 から遠い側の面である。本形態において、第 1 面 4 1 は、固体電解質体 2 に面する。第 2 面 4 2 は、遮蔽層 1 2 に面する。なお、便宜的に、第 1 面 4 1 と突出角部 4 3 の頂点 4 3 3 との間の積層方向 Z の寸法を「角部高さ t_1 」という。また、便宜的に、第 1 面 4 1 とチャンバ 4 の中心 4 C との間の積層方向 Z の寸法を「中心高さ t_2 」という。ここで、 $t_1 < t_2$ である。

第 1 面 4 1 と第 2 面 4 2 とは、略同一の幅とすることができる。ただし、

第1面41の幅を第2面42の幅よりも大きくすることもできる。或いは、第1面41の幅を第2面42の幅よりも小さくすることもできる。

[0026] チャンバ4においては、第1面41及び第2面42の幅方向Wの両端からそれぞれ外側に突出するように、突出角部43が形成されている。各突出角部43は、図4に示すごとく、チャンバ4側に凸となる曲面である2つの凸曲面431、432によって、形成されている。凸曲面431は、長手方向Yに直交する断面において、突出角部43の頂点433から第1面41までの曲面である。凸曲面432は、長手方向Yに直交する断面において、突出角部43の頂点433から第2面42までの曲面である。

[0027] 長手方向Yに直交する断面において、少なくとも一部の突出角部43の角度 α は鋭角、すなわち 90° 未満である。また、少なくとも一部の突出角部43の角度 α は 30° 以下である。本形態においては、幅方向Wの両端における突出角部43のいずれにおいても、角度 α が 30° 以下となっている。突出角部43の角度 α は、以下のように定義される。すなわち、長手方向Yに直交する断面において、突出角部43の頂点433をA点とし、当該突出角部43側における第1面41の一端をB点とし、当該突出角部43側における第2面42の一端をC点としたとき、図5に示すごとく、角CABを、角度 α とする。

[0028] また、チャンバ4の幅方向の両側に形成される突出角部43の形状は、互いに略線対称となっている。ただし、チャンバ4の幅方向の両側に形成される突出角部43の形状は、互いに非対称の形状とすることもできる。或いは、チャンバ4の幅方向Wの一方側のみに、突出角部43が形成される構成とすることもできる。

[0029] 次に、ガスセンサ素子1の製造方法の一例を、主として図6～図12を参照して説明する。

まず、図6に示すごとく、未焼成の状態の固体電解質体2の一方の面に、チャンバ形成層11の一部となるセラミックペースト11aを塗布する。ここで、セラミックペースト11aは、固体電解質体2の表面のうち、チャン

バ4の第1面41となる部分を除く領域に、塗布する。なお、図6においては、この段階において、固体電解質体2における他方の面に基準電極32となる導電ペースト320を印刷した状態を示している。

[0030] 次いで、図7に示すごとく、固体電解質体2における、セラミックペースト11aが塗布された側の表面に、測定電極31となる導電ペースト310を印刷する。また、この導電ペースト310は、固体電解質体2に塗布されたセラミックペースト11aの表面の一部にも連続して形成する（図示略）。この部分の導電ペースト310は、図2に示すごとく、リード311となる。以上により、第1の未焼成体101を得る。

[0031] 一方、図8に示すごとく、未焼成の状態の遮蔽層12の一方の面に、チャンバ形成層11の他の一部となるセラミックペースト11bを塗布する。ここで、セラミックペースト11bは、固体電解質体2の表面のうち、チャンバ4の第2面42となる部分を除く領域に、塗布する。

[0032] 次いで、図9に示すごとく、固体電解質体2の表面のうち、チャンバ4の第2面42となる部分を含むように、焼失材40を塗布する。焼失材40は、セラミックペースト11bの一部に重なるように、塗布する。以上により、第2の未焼成体102を得る。焼失材40は、例えば、カーボンパウダーを含むペーストとすることができる。焼失材40は、後の焼成工程にて、焼失するものを用いることができる。

[0033] 次いで、図10に示すごとく、セラミックペースト11aと、セラミックペースト11bとが対向するように、第1の未焼成体101と第2の未焼成体102とを対向配置する。そして、この姿勢にて、第1の未焼成体101と、第2の未焼成体102とを、互いに積層し、圧着して、図11に示すような第3の未焼成体103を得る。この第3の未焼成体103においては、チャンバ4となる空間に、焼失材40が充填された状態となっている。

[0034] また、図示は省略するが、この第3の未焼成体103に対して、未焼成のダクト形成層13及び未焼成のヒータ層14を積層、圧着したものを、接合する。なお、ヒータ層14は、アルミナを主成分とするセラミックシートの

一方の面に、ヒータ5及びこれに接続されるリード51となる導電ペーストが印刷してある（図3参照）。

[0035] 次いで、第3の未焼成体103を焼成して、ガスセンサ素子1を得る。このとき、図12に示すごとく、焼失材40が焼失し、チャンバ4が形成される。

以上により、図1、図2に示すような、ガスセンサ素子1が得られる。

[0036] なお、図13は、実際に作製したガスセンサ素子1の一部の断面写真である。この断面写真は、概ね、図4に示した部位の断面に相当する部位の写真である。図13には、角部高さ t_1 及び中心高さ t_2 を記入した。

[0037] 本形態のガスセンサ素子1は、例えば、自動車エンジンの排気系に取り付けられる、いわゆるA/Fセンサ素子（すなわち空燃比センサ素子）とすることができる。そして、被測定ガスとしての排ガス中における、特定ガスとしての酸素の濃度を測定することで、空燃比を検出することができる。

[0038] 次に、本形態の作用効果につき説明する。

上記ガスセンサ素子1においては、突出角部43の頂点433が、積層方向Zにおけるチャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い側に配置されている。それゆえ、ヒータ5による加熱時に発生する温度差によって、突出角部43の頂点433に隣接するセラミック層に作用する引張応力を、抑制することができる。その結果、素子割れを効果的に防ぐことができる。

[0039] この点につき、図14に示す比較形態のガスセンサ素子9と比較しつつ、説明する。図14に示す比較形態のガスセンサ素子9は、チャンバ4の突出角部43の頂点433が、チャンバ4の中心4Cよりも、ヒータ5から遠い側に位置する点で、実施形態1のガスセンサ素子1と異なる。その他は、実施形態1のガスセンサ素子1と同様である。

[0040] ヒータ5による加熱時には、ガスセンサ素子1において、ヒータ5に近い部位がヒータ5から遠い部位よりも高温となりやすい。それゆえ、ヒータ層14及びダクト形成層13が、遮蔽層12よりも高温となりやすい。これに伴い、図15に示すごとく、ガスセンサ素子1は、ヒータ層14及びダクト

形成層 1 3 の幅方向 W への膨張 T 1 が、遮蔽層 1 2 の幅方向 W への膨張 T 2 よりも、大きく生じることとなる。

[0041] そうすると、チャンバ 4 の突出角部 4 3 の頂点 4 3 3 付近においても、ヒータ 5 に近い側の部位が、ヒータ 5 から遠い側の部位よりも幅方向 W の外側へ向う熱応力が生じる。そして、ガスセンサ素子 1 は、図 1 6 に示すごとく、ヒータ層 1 4 側が凸となるような反りを生じる。なお、図 1 5、図 1 6 は模式図であって、ダクト等も省略してある。

一方、突出角部 4 3 を起点とするセラミック層の亀裂は、突出角部 4 3 の突出方向に直交する方向に作用する引張応力が大きいほど生じやすくなる。

[0042] ここで、熱応力が作用したときの状態において、図 1 7 に示す比較形態のガスセンサ素子 9 と、図 1 8 に示す本形態のガスセンサ素子 1 とを、比較する。そうすると、本形態のガスセンサ素子 1 は、比較形態のガスセンサ素子 9 に比べて、突出角部 4 3 付近において、突出角部 4 3 の突出方向に直交する方向の熱応力のベクトル成分 f が小さくなりやすい。すなわち、比較形態に比べて、本形態の方が、突出角部 4 3 付近におけるセラミック層に作用する引張応力 f を小さくすることができる。それゆえ、本形態においては、突出角部 4 3 を起点とする素子割れを抑制することができる。

[0043] 長手方向 Y に直交する断面において、少なくとも一部の突出角部 4 3 の角度 α は 30° 以下である。角度 α が 30° 以下の場合には、突出角部 4 3 の頂点 4 3 3 の形成位置を適切に設定しないと、突出角部 4 3 を起点とする亀裂が比較的しじやすくなる。すなわち、下記の応力拡大係数 K が大きくなり、亀裂の伸展が生じやすくなる。そこで、上述のように、突出角部 4 3 の頂点 4 3 3 の位置をチャンバ 4 の中心 4 C よりもヒータ 5 側に配置することで、より効果的に素子割れを防ぐことができる。

[0044] 応力拡大係数 K は、一般に、 $K = \sigma \times (\pi a)^{1/2}$ にて表される。ここで、 a は、突出角部 4 3 の突出長さである。 σ は、仮に突出角部 4 3 が存在しないとした場合にチャンバ形成層 1 1 における、突出角部 4 3 の位置に相当する位置に生じる応力である。この式に基づいて、突出角部 4 3 の角度 α と、

応力拡大係数 K との関係を、図19のグラフに示す。同図において、縦軸は、 $\alpha = 90^\circ$ のときの応力拡大係数 K_0 の値に対する、当該角度 α のときの応力拡大係数 K の相対比(K/K_0)として表している。同図から分かるように、 $\alpha \leq 30^\circ$ の場合には、特に応力拡大係数 K が大きくなっている。すなわち、 $\alpha \leq 30^\circ$ の場合には、特に亀裂の伸展が起きやすい状態、つまり素子割れが生じやすい状態となることが分かる。

[0045] また、チャンバ4はダクト6よりも幅方向 W の寸法が大きい。これにより、測定電極31の電極反応面積を確保しつつ、ガスセンサ素子1の小型化を図りやすくなる。その一方で、チャンバ4の幅 W_c が大きくなることに伴い、チャンバ4の外側部分におけるチャンバ形成層11の幅 W_b が小さくなりやすい。これにより、遮蔽層12の温度が上がり難くなり、積層方向 Z における温度差がガスセンサ素子1において生じやすくなる。そうすると、突出角部43付近の熱応力が大きくなりやすい。

[0046] また、チャンバ4の幅 W_c がダクト6の幅 W_d よりも大きいと、ヒータ5の熱がチャンバ4の突出角部43よりも幅方向 W の内側において、固体電解質体2に伝わりやすくなる。そうすると、突出角部43よりも内側において、固体電解質体2が膨張しやすくなり、突出角部43近傍における熱応力が大きくなりやすくなる。

[0047] 上述のように熱応力が大きくなりやすい構造において、突出角部43の頂点433の位置をヒータ5に近い位置に設けることで、上述の素子割れの防止を、効果的に実現することができる。

[0048] また、突出角部43は、積層方向 Z における両側において、同一材料に面して形成されている。それゆえ、突出角部43の頂点433を起点とするガスセンサ素子1の素子割れを抑制することができる。

[0049] 以上のごとく、本形態によれば、素子割れを効果的に防ぐことができるガスセンサ素子を提供することができる。

[0050] (実験例1)

本例においては、表1に示すように、種々の形状のガスセンサ素子につい

て、素子割れ防止効果及び測定精度を調べた。

すなわち、チャンバ4の幅 W_c 、ダクト6の幅 W_d 、角部高さ t_1 、中心高さ t_2 等の各部の寸法を種々変更した複数のガスセンサ素子を試料1～10として用意した。

[0051] [表1]

(表1)

	W_c/W_d	W_b	W_d	W_c	t_1	t_2	許容昇温速度	IL精度
試料		mm	mm	mm	μm	μm	$^{\circ}C/sec$	%
1	1.31	1.0	1.3	1.7	12	15	≥ 400	± 0.5
2	1.31	1.0	1.3	1.7	17	18	≥ 400	± 0.5
3	1.31	1.0	1.3	1.7	7	25	≥ 400	± 0.5
4	1.31	1.0	1.3	1.7	18	16	250	± 0.5
5	0.87	1.2	1.5	1.3	16	18	≥ 400	± 0.6
6	0.87	1.2	1.5	1.3	18	16	300	± 0.6
7	0.73	1.3	1.5	1.1	12	15	≥ 400	± 0.7
8	2.00	0.8	1.0	2.0	12	15	350	± 0.4
9	1.73	0.9	1.1	1.9	18	16	200	± 0.4
10	1.73	0.9	1.1	1.9	16	18	≥ 400	± 0.4

[0052] そして、素子割れ防止効果の評価として、各試料においてヒータ5に通電して昇温させる際に、どの程度の昇温速度までであれば素子割れを防ぐことができるかを調べた。つまり、各試料を大気中に配置した状態で、ヒータ5に一定の印加電圧にて通電し、昇温させた。このとき、ヒータ5の中心温度を、室温から950 $^{\circ}C$ まで昇温した。ヒータ5の中心温度が950 $^{\circ}C$ に達した時点にて、ヒータ通電を停止して、自然冷却した。この操作を5回繰り返した。ヒータ5の中心温度は、ヒータ5における最高温度部分を意味する。この耐久試験を行った後、各試料につき、染色外観検査を行い、素子割れの有無を判定した。この試験においては、昇温速度を50 $^{\circ}C/sec$ ずつ変化させて、どの程度の昇温速度まで素子割れがない状態とできるかにて、評価した。昇温速度は、室温から100 $^{\circ}C$ に達するまでの平均昇温速度とした。その結果を、表1に示す。表1における「許容昇温速度」が、本試験にて素

子割れが生じなかった最高の昇温速度を示す。許容昇温速度が $300^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上であれば、耐久性としては問題ない。

[0053] 表1から分かるように、試料4については、許容昇温速度が $250^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ であった。これに対し、 W_b 、 W_c 、 W_d が試料4と同じである試料1～3については、許容昇温速度が $400^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上であった。つまり、 $t > t_2$ となる試料4に素子割れが生じる条件において、 $t_1 < t_2$ を満たす試料1～3については、いずれも素子割れが生じないという結果が得られた。なお、表1における「許容昇温速度」の項目において、「 ≥ 400 」との記載は、昇温速度 $400^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ にて、耐久試験を行ったとき、少なくとも突出角部43を起点とする割れは生じていなかったということを表し、他の部位における割れが生じた場合を含む。なお、本例にて「素子割れ」というときは、特に断らない限り、突出角部43を起点とする素子割れを表す。

[0054] また、試料9の許容昇温速度が $200^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ であったのに対して、 W_b 、 W_c 、 W_d が試料9と同じである試料10については、許容昇温速度が $400^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上であった。つまり、 $t > t_2$ となる試料9に素子割れが生じる条件において、 $t_1 < t_2$ を満たす試料10については素子割れが生じないという結果が得られた。

[0055] これらの結果からも、突出角部43の頂点433の位置を、チャンバ4の中心4Cよりヒータ5に近い位置に設けることで、素子割れを抑制することができることが裏付けられる。

[0056] また、試料4、試料10以外にも、 $t_1 < t_2$ を満たす試料5、試料7、試料8についても、許容昇温速度が $350^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上と高かった。このことから、突出角部43の頂点433の位置を、チャンバ4の中心4Cよりヒータ5に近い位置に設けることで、素子割れを抑制する効果が裏付けられる。

[0057] なお、試料6については、 $t_1 > t_2$ であるにもかかわらず、許容昇温速度は $300^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ と、比較的高かった。これは、 $W_c < W_d$ となってお

り、比較的素子割れが生じにくいチャンバ4の幅とダクト6の幅との関係であるためと考えられる。

[0058] また、上述のように、 W_c/W_d が小さくなりすぎると、測定精度が低下することが懸念される。この点についても確認すべく、上記の試料に関し、ガスセンサ素子の測定精度についても評価した。測定精度は、ストイキの混合気を燃焼させたガソリンエンジンの排ガスを測定したときに検出される限界電流の値の精度（以下、IL精度という。）によって評価した。試料1～4、試料8～10のIL精度は、いずれも±0.5%以内の精度であり、良好であった。

[0059] これに対して、試料5～7については、IL精度が±0.5%を超えていた。これら試料5～7は、いずれも W_c/W_d が1未満であり、 $W_c < W_d$ の関係性を有するものである。これら試料5～7は、素子割れは比較的生じにくいものの、測定精度の観点においては、不利になりやすいといえる。

[0060] また、表1から、 $1 < W_c/W_d \leq 1.73$ を満たしつつ、 $t_1 < t_2$ を満たす試料1～3、10は、特に、良好なIL精度を確保しつつ許容昇温速度が高いといえる。つまり、測定精度を確保しつつ素子割れ防止効果が特に得られるといえる。

[0061] （実施形態2）

本形態は、図20～図22に示すごとく、チャンバ4への被測定ガスの導入箇所を、チャンバ4の幅方向Wの両側に設けた形態である。

本形態においては、図21、図22に示すごとく、拡散抵抗部15を、長手方向Yにおける、チャンバ4中央部付近に設けている。そして、チャンバ4の先端側はチャンバ形成層11の一部によって閉塞されている。つまり、チャンバ4は、先端側においてはガスが透過しないように閉塞されている。

[0062] 拡散抵抗部15は、チャンバ4の長手方向Yの一部において、図20、図21に示すごとく、チャンバ4の第2面42に沿って形成されている。そして、図20、図22に示すごとく、拡散抵抗部15は、ガスセンサ素子1の幅方向Wの全域にわたって形成されている。なお、拡散抵抗部15が存在す

る位置におけるガスセンサ素子 1 の断面は、図 20 に示されるような形状に表れる。このとき、

一方、拡散抵抗部 15 が存在しない位置におけるガスセンサ素子 1 の断面は、図 1 に示す実施形態 1 のガスセンサ素子 1 の断面と同様である。

[0063] その他は、実施形態 1 と同様である。なお、実施形態 2 以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

本形態においても、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

[0064] (実施形態 3)

本形態は、図 23～図 27 に示すごとく、固体電解質体 2 におけるヒータ 5 に近い側のセラミック層の構造のバリエーションの形態である。なお、図 23～図 27 においては、測定電極及び基準電極を省略してある。図 28～図 35 においても同様である。

[0065] 図 23 に示すガスセンサ素子 1 は、ダクトを設けていない。

図 24 に示すガスセンサ素子 1 は、ダクト 6 に多孔質体 60 を充填してある。この多孔質体 60 は、大気側からダクト 6 に侵入する被毒物質を吸着除去する機能を有する。

[0066] 図 25 に示すガスセンサ素子 1 は、ヒータ 5 を面状に配置したものである。

図 26 に示すガスセンサ素子 1 は、ヒータ 5 をダクト 6 よりも幅方向の外側に配置したものである。すなわち、ヒータ 5 が、ダクト 6 と積層方向 Z に重ならない位置に形成されている。

図 27 に示すガスセンサ素子 1 は、チャンバ 4 をヒータ 5 とダクト 6 との間の位置に形成したものである。

[0067] これら図 23～図 27 に示すようなガスセンサ素子においても、実施形態 1 と同様に、チャンバ 4 の突出角部 43 の頂点 433 を、ヒータ 5 に近い積層方向 Z の位置に設けることで、素子割れを抑制することができる。

その他は、実施形態 1 と同様の構成及び作用効果を得ることができる。

[0068] (実施形態4)

また、チャンバ4の形状や構造も、例えば、図28～図31に示すごとく、種々変更することができる。なお、図28～図31においては、ガスセンサ素子1の一部の構成（例えばダクト形成層13、ヒータ層14）を省略してある。後述する図33～図35も同様である。

[0069] 図28に示すように、突出角部43を形成するチャンバ形成層11の内側面を、略平面とすることもできる。

図29に示すように、突出角部43を形成するチャンバ形成層11の内側面を、凹曲面とすることもできる。

[0070] 図30、図31に示すように、チャンバ形成層11の内側面が、突出角部43の頂点433以外においても角部を有する形態とすることもできる。かかる場合においては、突出角部43の角度 α は、突出角部43の頂点433をA点とし、積層方向Zの両側に隣接する角部の頂点をそれぞれB点及びC点として、角BACにて定義することができる。すなわち、頂点433に対して積層方向Zの両側に隣接する角部の頂点が、上述の図5に示したB点及びC点に相当するものとして、角度 α を定義することができる。

[0071] (実施形態5)

本形態は、図32に示すごとく、複数のチャンバ4を積層方向Zに配置したガスセンサ素子1の形態である。

また、本形態においては、固体電解質体2が2層設けられている。そして、各固体電解質体2a、2bにおける、ヒータ5と反対側の面に、それぞれチャンバ形成層11が積層されている。これらのチャンバ形成層11によって、チャンバ4（4a、4b）がそれぞれ形成されている。

[0072] かかる構成の場合、複数のチャンバ4のうちの少なくとも一方において、突出角部43の頂点433が、チャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い位置に配されている。好ましくは、ヒータ5により近い側のチャンバ4aにおいて、突出角部43の頂点433が、チャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い位置に配されている。さらに好ましくは、複数のチャンバ4のいずれ

れにおいても、突出角部43の頂点433が、チャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い位置に配されている。

[0073] 本形態のガスセンサ素子1は、例えば、窒素酸化物濃度を検出するNO_xセンサ素子として、好適に用いることができる。この場合、ヒータ5に近い側の固体電解質体2aに、ポンプセルを設け、ヒータ5から遠い側の固体電解質体2bにセンサセルを設ける。チャンバ4aに被測定ガス（例えば排ガス）を導入し、チャンバ4bに基準ガス（例えば大気）を導入する。ポンプセルにてチャンバ4a内の酸素をダクト6へポンピングしつつ、センサセルにて被測定ガス中のNO_x（窒素酸化物）の濃度を測定する。

[0074] その他は、実施形態1と同様である。本形態においても、実施形態1と同様の作用効果を得ることができる。

[0075] （実施形態6）

本形態は、図33～図35に示すごとく、上述の実施形態2の変形形態として、拡散抵抗部15の形成位置を種々変更したガスセンサ素子の形態である。

図33に示すように、拡散抵抗部15が、チャンバ形成層11と遮蔽層12との間に介在した構成とすることができる。この場合において、拡散抵抗部15は、チャンバ4の第2面42を形成するものとすることができる。また、拡散抵抗部15は、チャンバ4の長手方向Yの全体にわたり形成されているものとすることもできる。或いは、実施形態2（図21、図22参照）のように、チャンバ4の長手方向Yの一部のみに、拡散抵抗部15を設けることもできる。

[0076] また、図34に示すごとく、遮蔽層12を設けずに、チャンバ4を固体電解質体2と反対側から覆うように、拡散抵抗部15を設けることもできる。

[0077] また、図35に示すごとく、拡散抵抗部15は、チャンバ4の幅方向Wの外側に隣接するように設けることもできる。また、かかる場合において、拡散抵抗部15とチャンバ形成層11との界面に、突出角部43の頂点433が配置されるような構成とすることもできる。

その他は、実施形態1と同様である。本形態においても、実施形態1と同様の作用効果を得ることができる。

[0078] (実施形態7)

本形態は、図36に示すごとく、2つの固体電解質体2の間にチャンバ4を設けた2セル構造のガスセンサ素子1の形態である。

ヒータ5に近い側の固体電解質体2aに、参照セルを設け、ヒータ5から遠い側の固体電解質体2bにポンプセルを設ける。ポンプセルにおけるチャンバ4と反対側は、多孔質層17を介して素子表面に露出している。チャンバ形成層11の一部には、拡散抵抗部15が設けられている。また、参照セルにおけるチャンバ4と反対側には、特に空間は設けられていない。すなわち、本形態においては、ダクトが形成されていない。

[0079] かかる構成のガスセンサ素子1は、ポンプセルによってチャンバ4内の酸素濃度を所定の値に保つように、ポンプセルの電極間に電圧を印加する。参照セルにおいては、チャンバ4内の酸素濃度に応じた起電力が生じる。本形態のガスセンサ素子1においては、参照セルに生じる起電力が一定となるように、ポンプセルを作動させる。このときにポンプセルに流れる電流値を基に、被測定ガス中の酸素濃度を測定する。

[0080] 上述のようなガスセンサ素子1においても、チャンバ4における突出角部43の頂点433が、積層方向Zにおけるチャンバ4の中心4Cよりもヒータ5に近い側に配置されている。

その他は、実施形態1と同様である。本形態においても、実施形態1と同様の作用効果を得ることができる。

[0081] 本開示は上記各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。

[0082] 本開示は、実施形態に準拠して記述されたが、本開示は当該実施形態や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせ

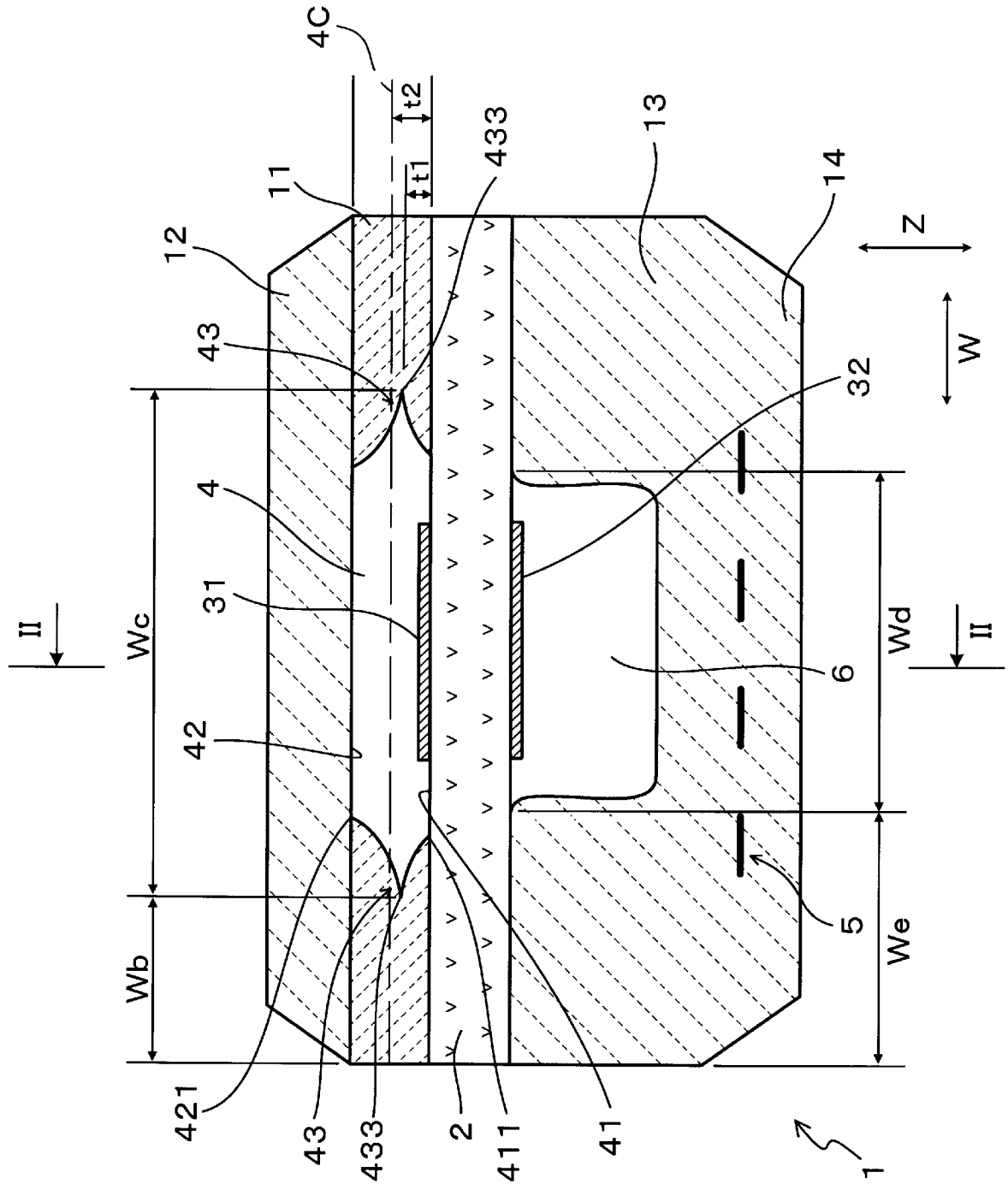
や形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のセラミック層を積層してなる積層型のガスセンサ素子（1）であって、
- 酸素イオン伝導性を有する固体電解質体（2）と、
- 該固体電解質体の両主面に設けられた測定電極（31）及び基準電極（32）と、
- 上記測定電極に面し被測定ガスを導入するチャンバ（4）と、
- 上記固体電解質体を加熱するヒータ（5）と、を有し、
- 上記チャンバは、上記ガスセンサ素子の長手方向（Y）に直交する断面において、長手方向及び積層方向（Z）の双方に直交する幅方向（W）に突出した突出角部（43）を有し、
- 該突出角部の頂点（433）は、積層方向における上記チャンバの中心（4C）よりも上記ヒータに近い側に配置されている、ガスセンサ素子。
- [請求項2] 長手方向に直交する断面において、少なくとも一部の上記突出角部の角度（ α ）は 30° 以下である、請求項1に記載のガスセンサ素子。
- [請求項3] 上記基準電極に面し基準ガスが導入されるダクト（6）を有し、積層方向において上記ダクトを挟んで上記固体電解質体と反対側に上記ヒータが配されており、上記チャンバは上記ダクトよりも幅方向の寸法が大きい、請求項1又は2に記載のガスセンサ素子。
- [請求項4] 上記チャンバの幅 W_c と、上記ダクトの幅 W_d とは、 $1 < W_c / W_d \leq 1.73$ を満たす、請求項3に記載のガスセンサ素子。
- [請求項5] 上記突出角部は、積層方向における両側において、同一材料に面して形成されている、請求項1～4のいずれか一項に記載のガスセンサ素子。

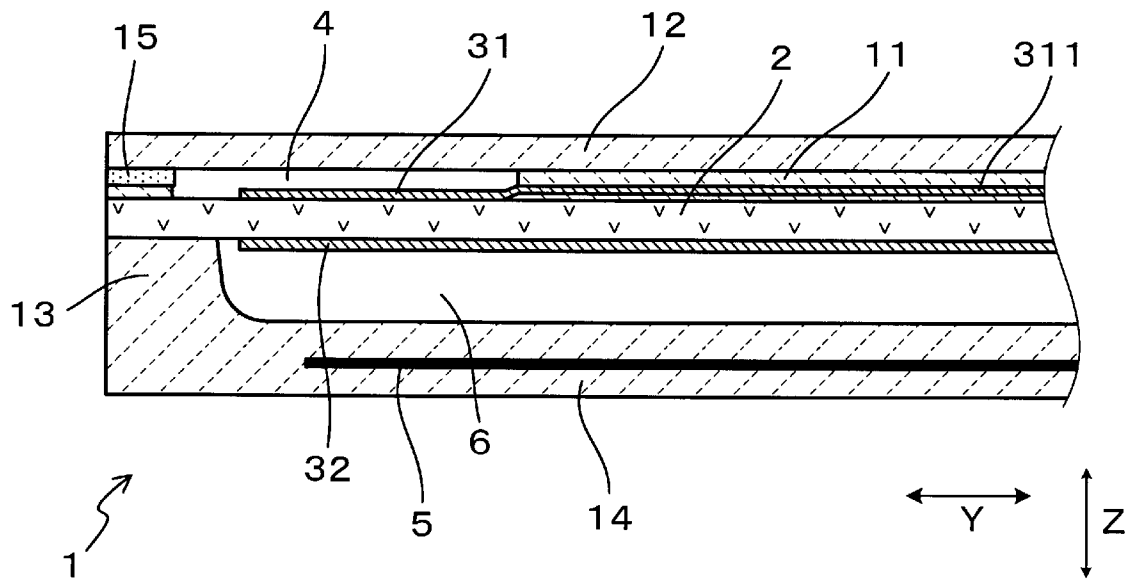
[図1]

(図1)



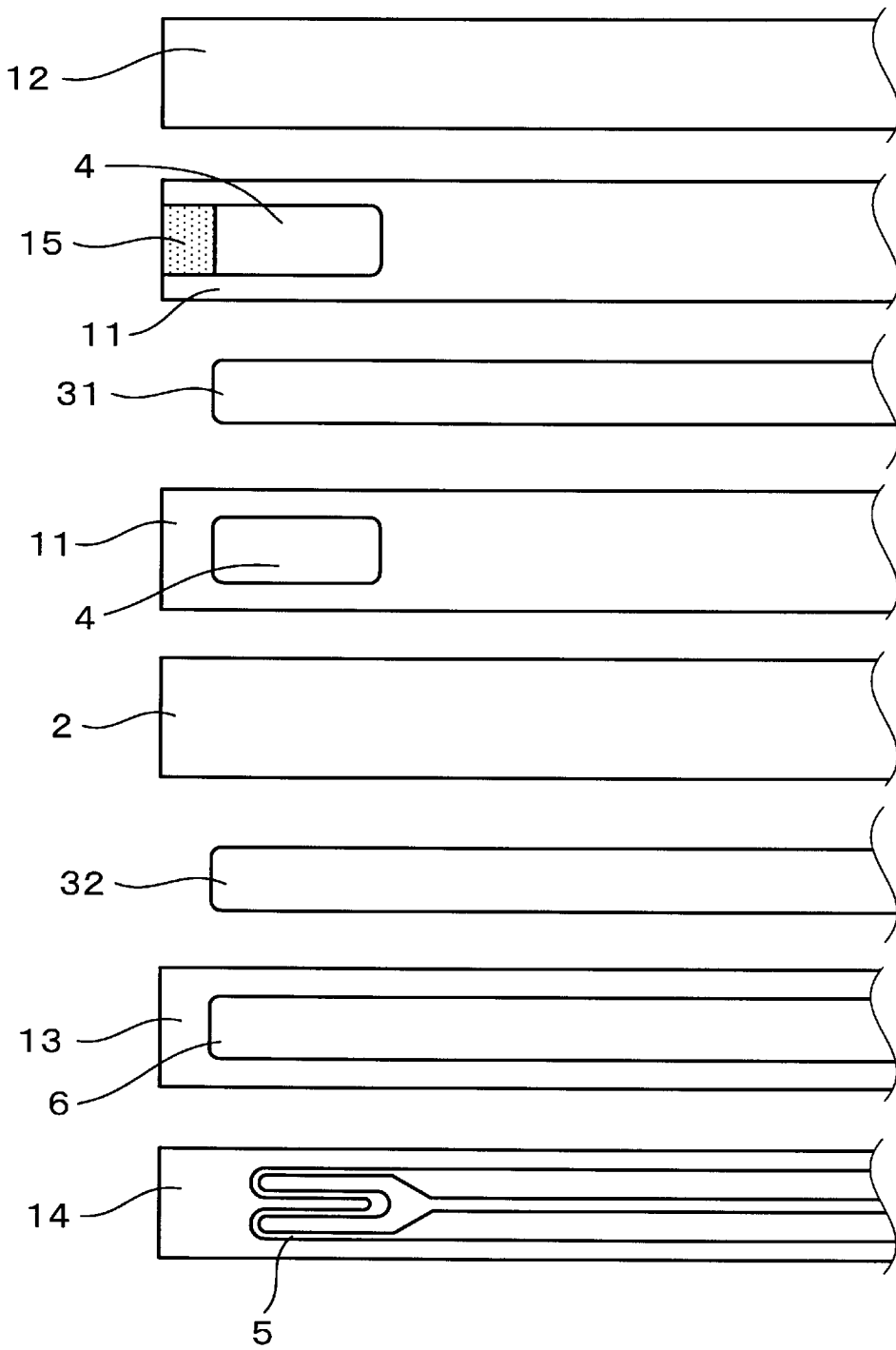
[図2]

(図2)



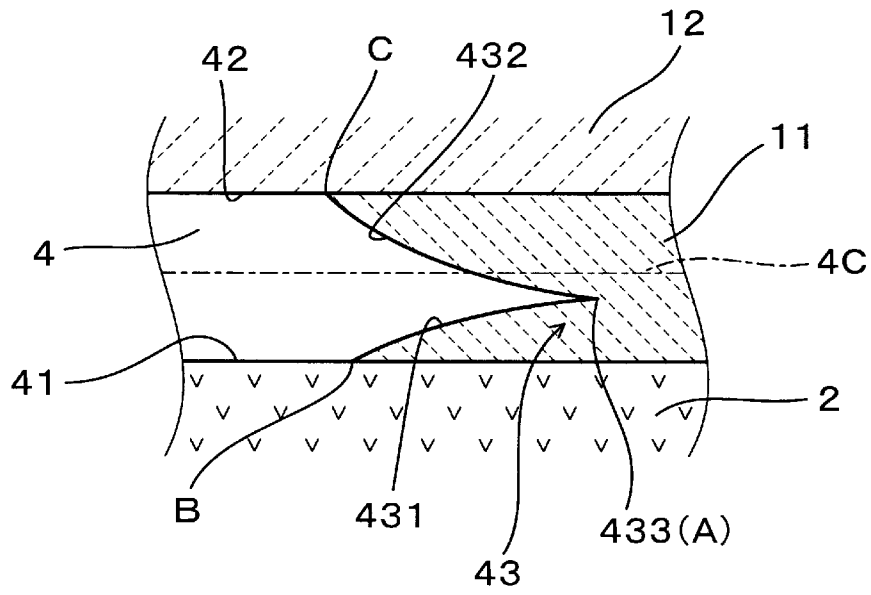
[図3]

(図 3)



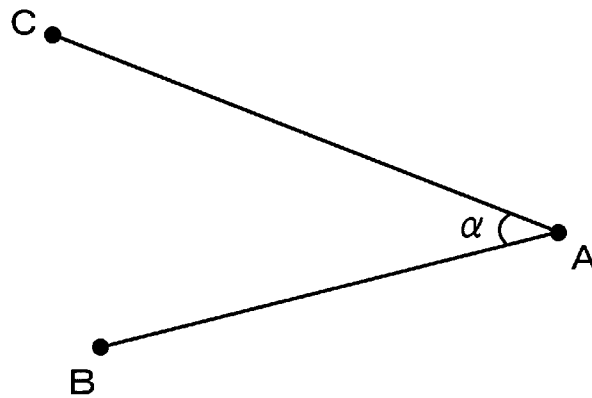
[図4]

(図4)



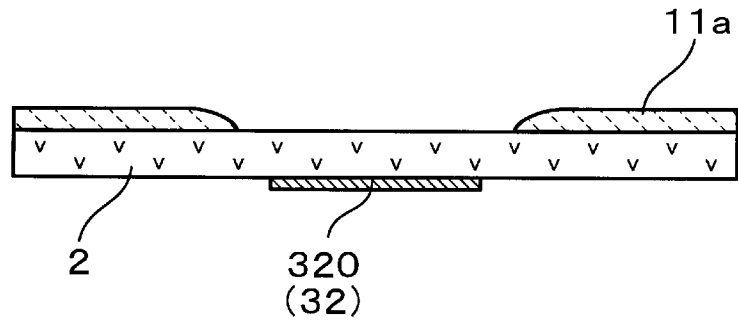
[図5]

(図5)



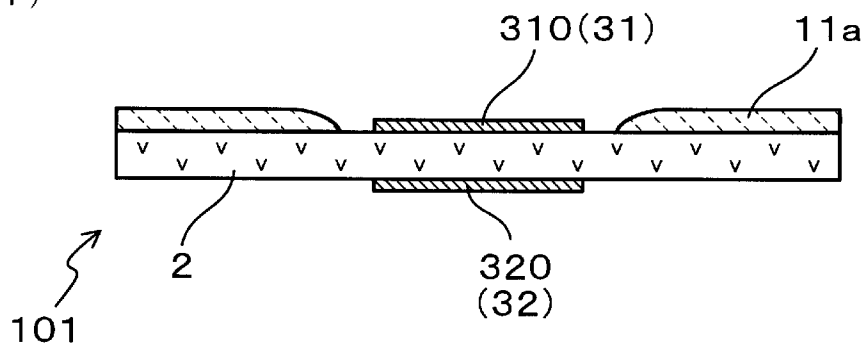
[図6]

(図 6)



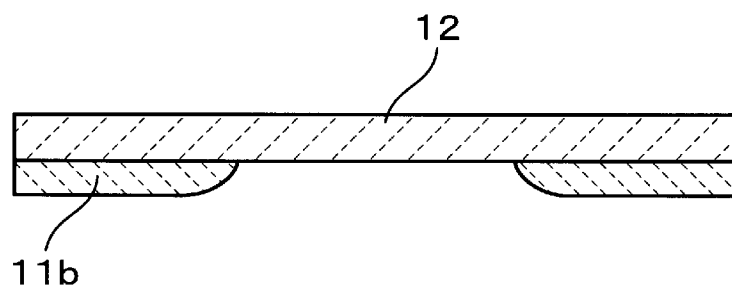
[図7]

(図 7)



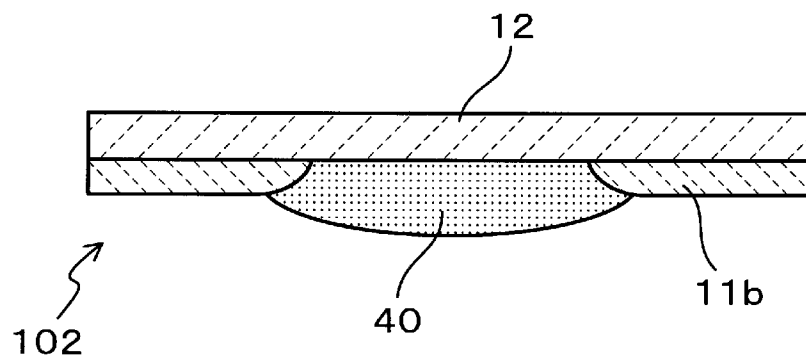
[図8]

(図 8)



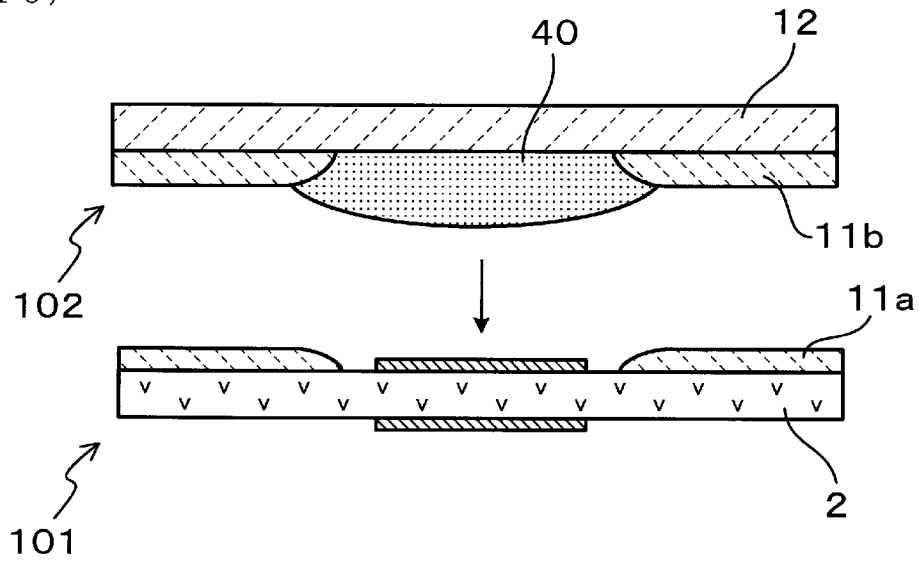
[図9]

(図 9)



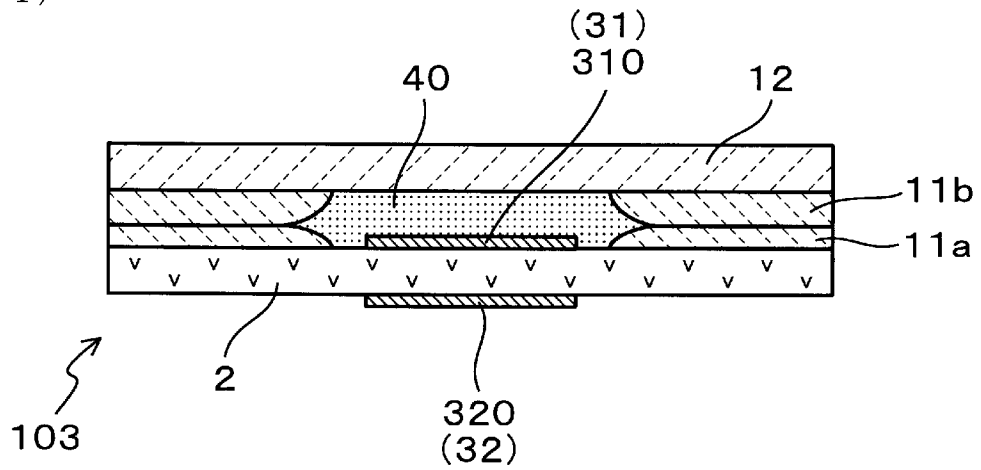
[図10]

(図10)



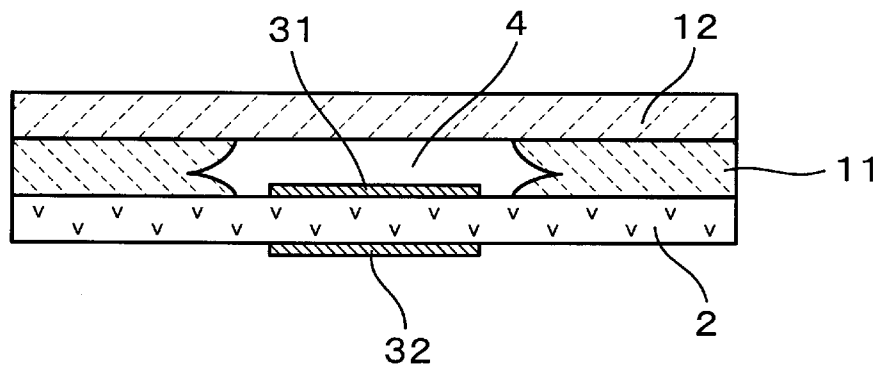
[図11]

(図11)



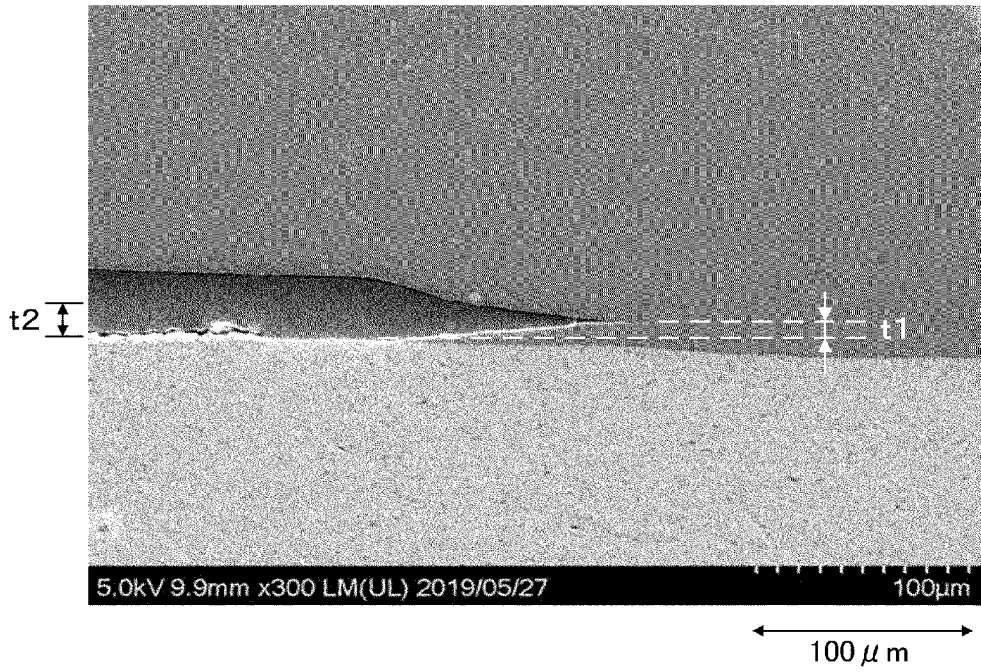
[図12]

(図12)



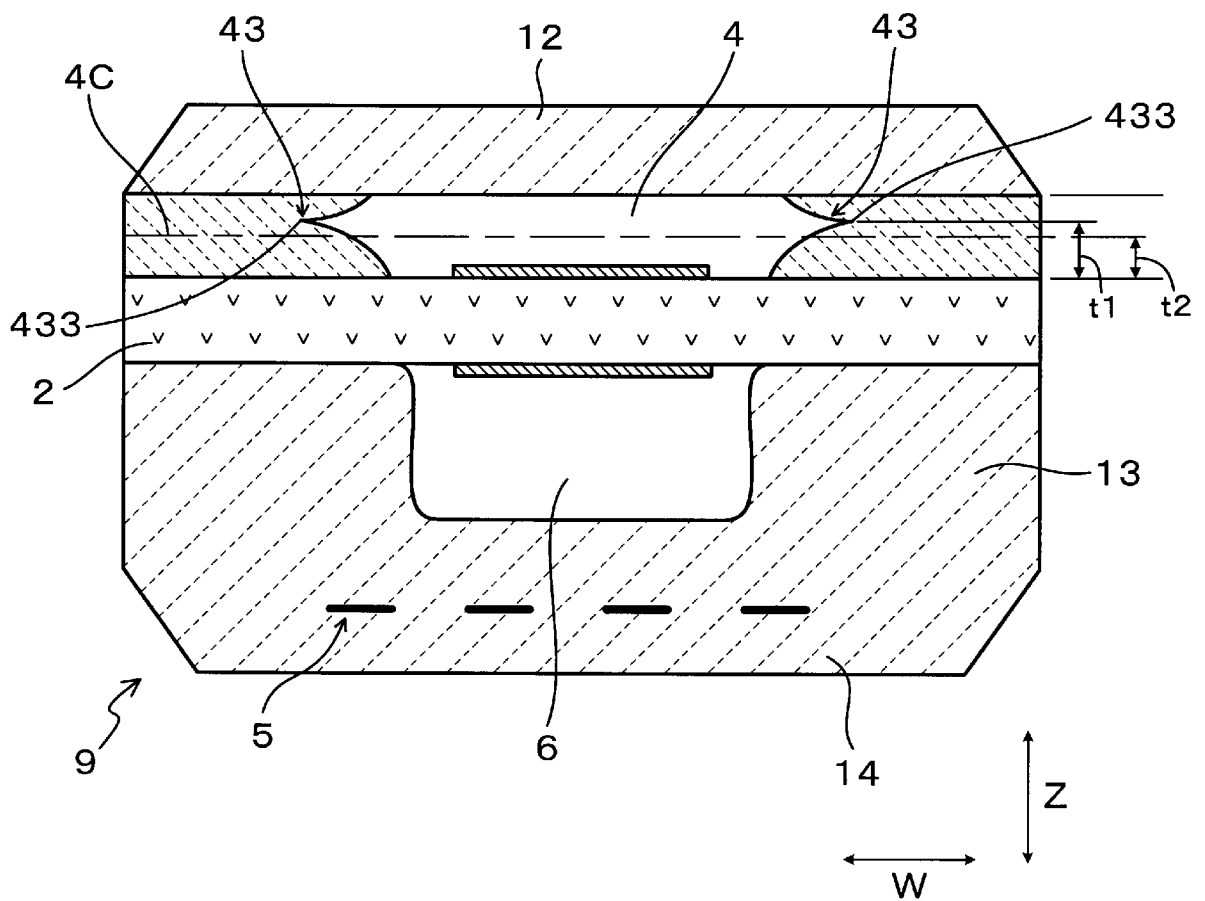
[図13]

(図13)



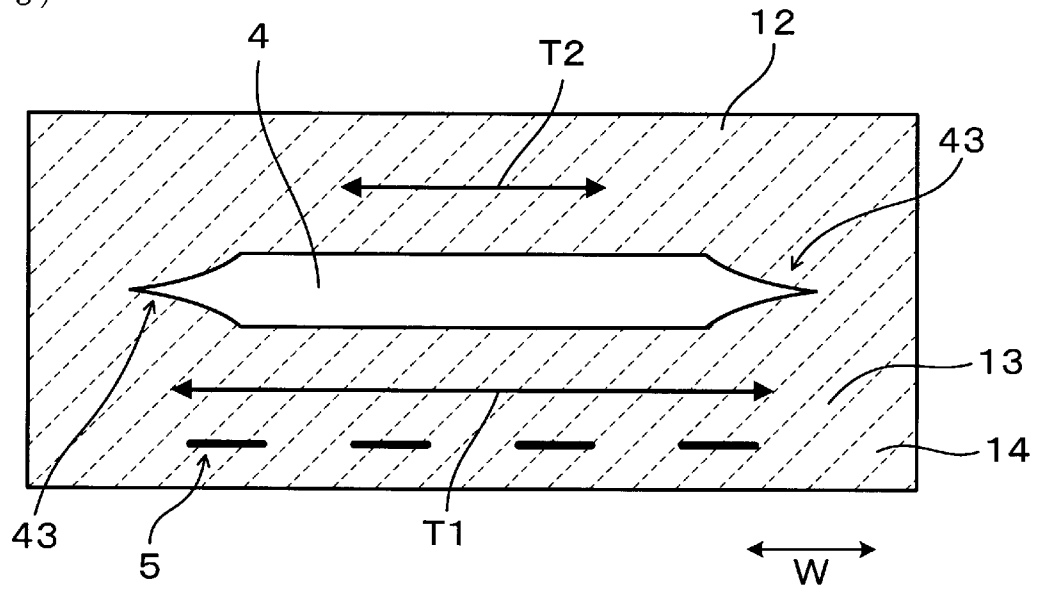
[図14]

(図14)



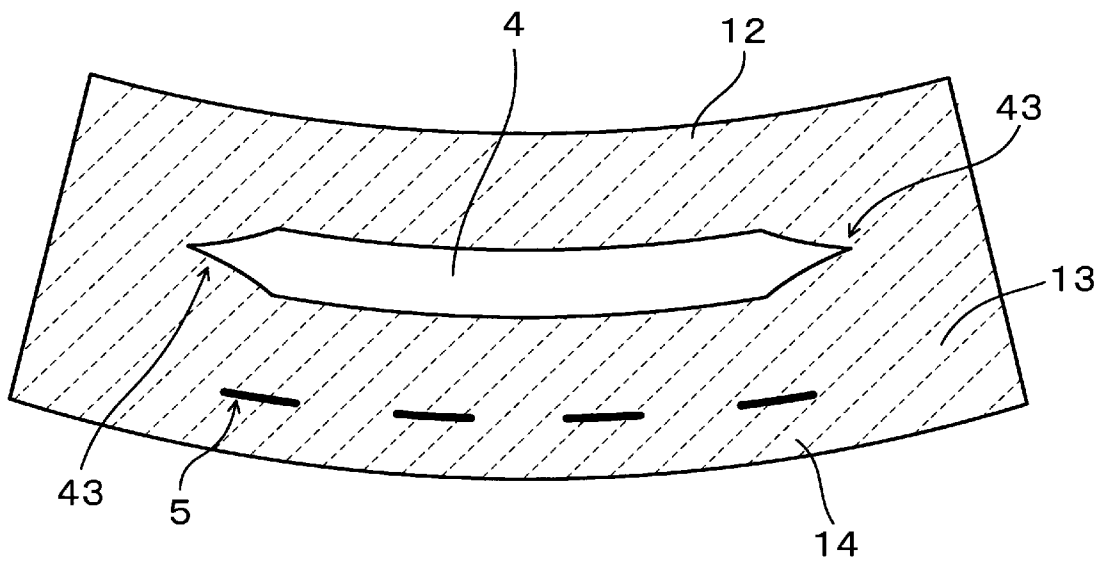
[図15]

(図15)



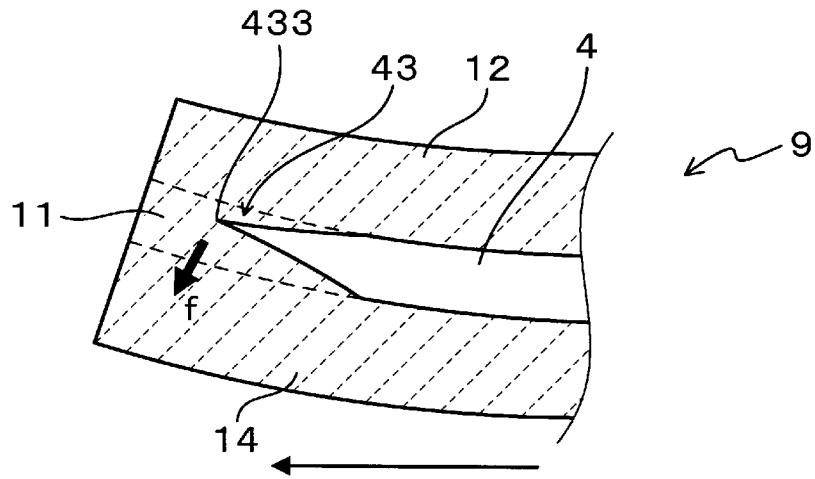
[図16]

(図16)



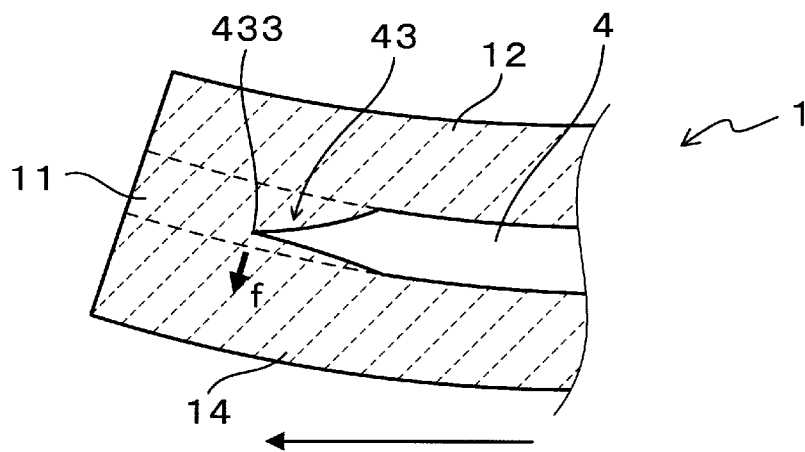
[図17]

(図17)



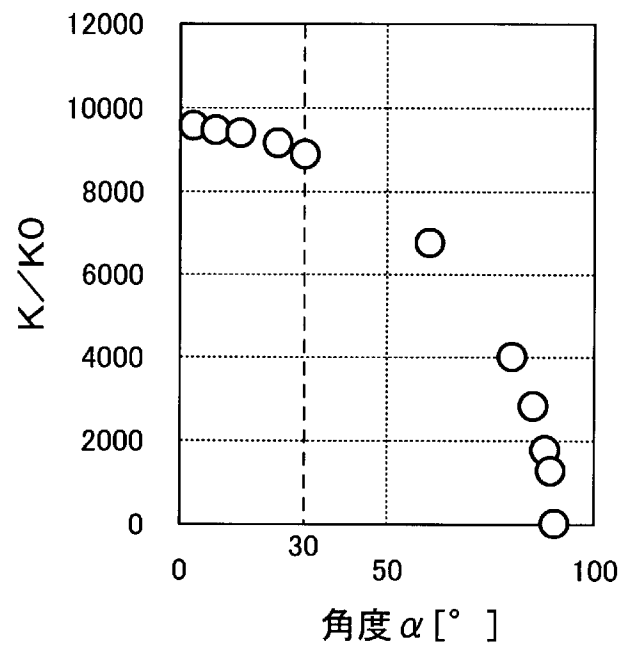
[図18]

(図18)



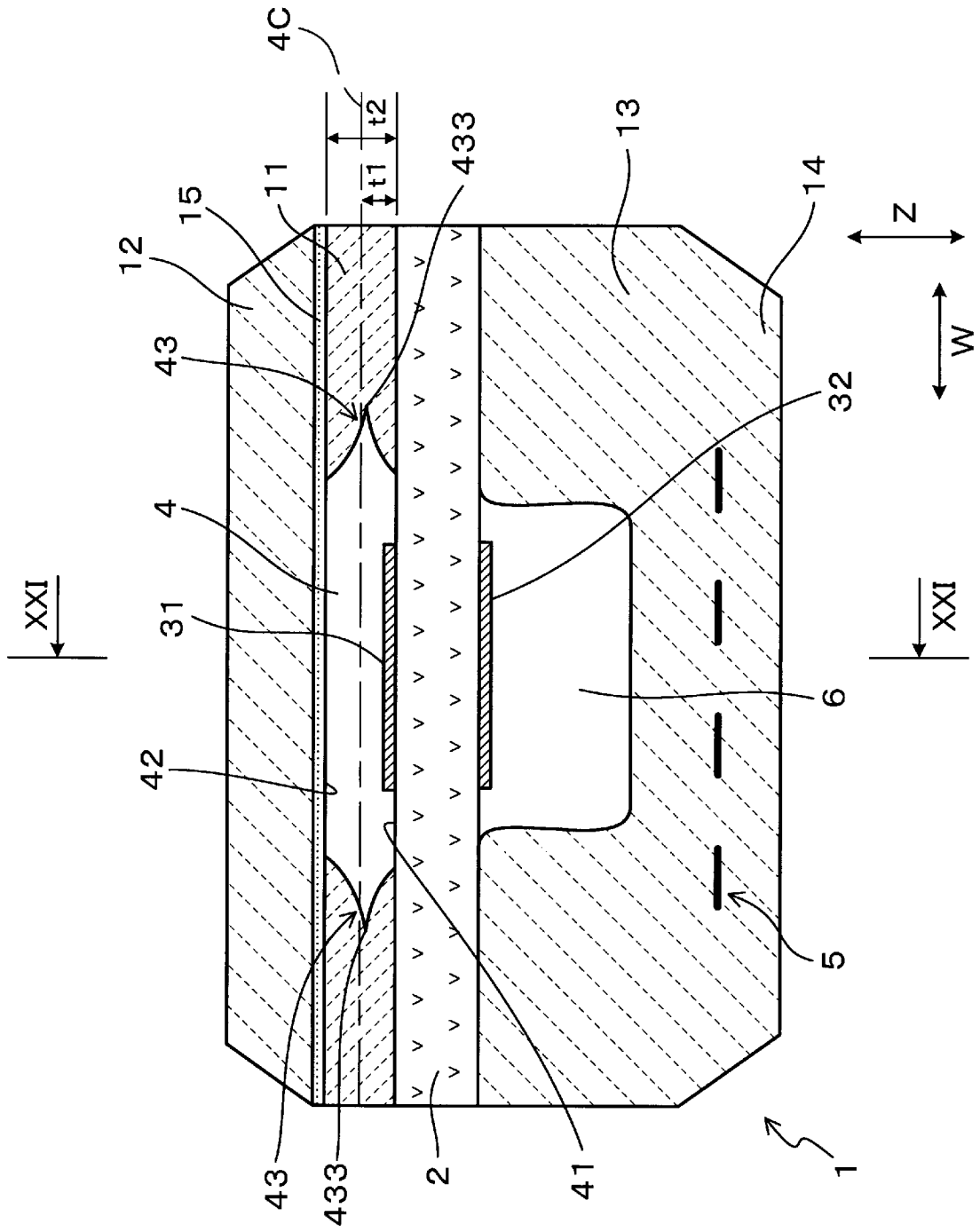
[図19]

(図 19)



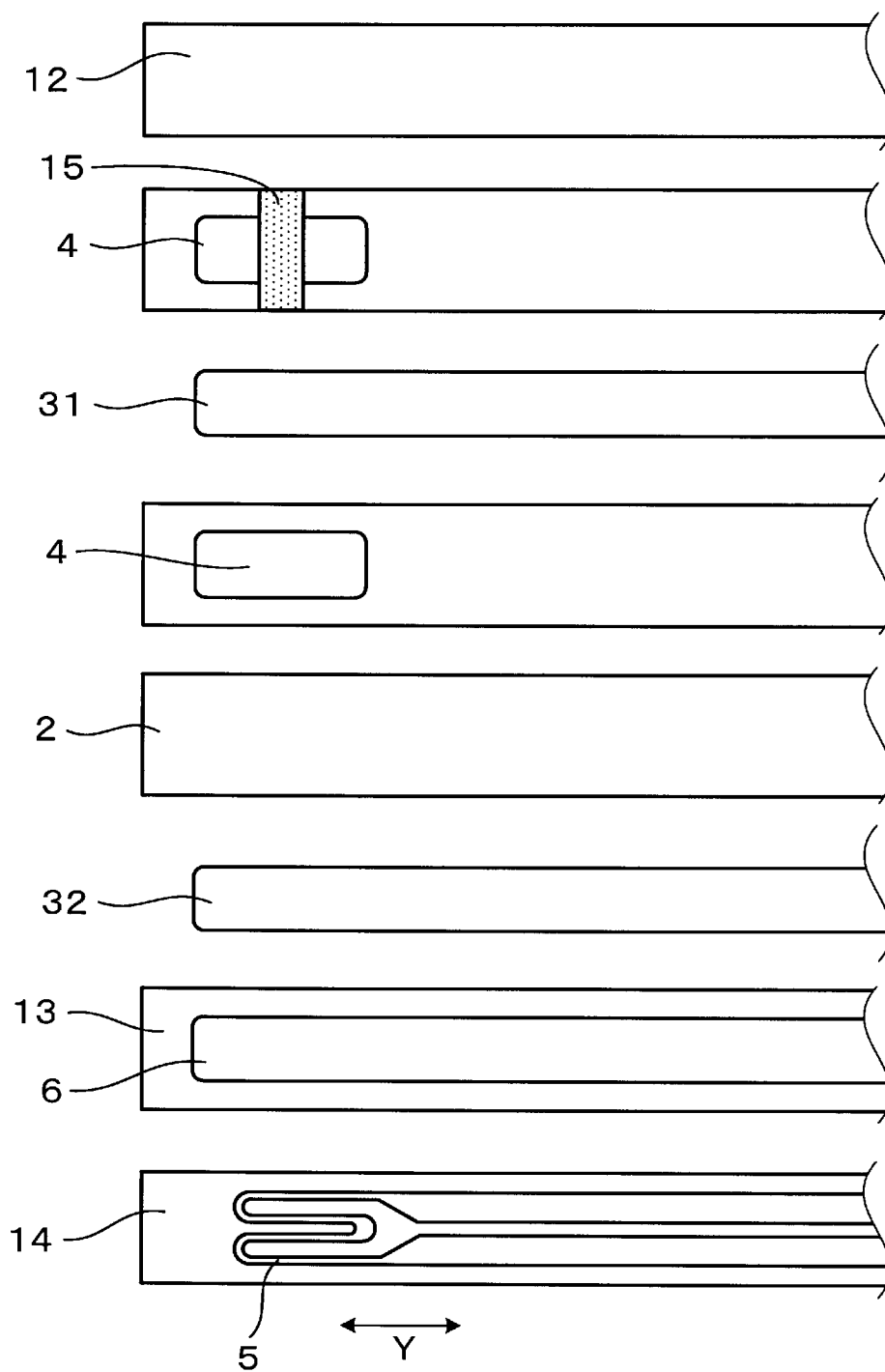
[図20]

(図20)



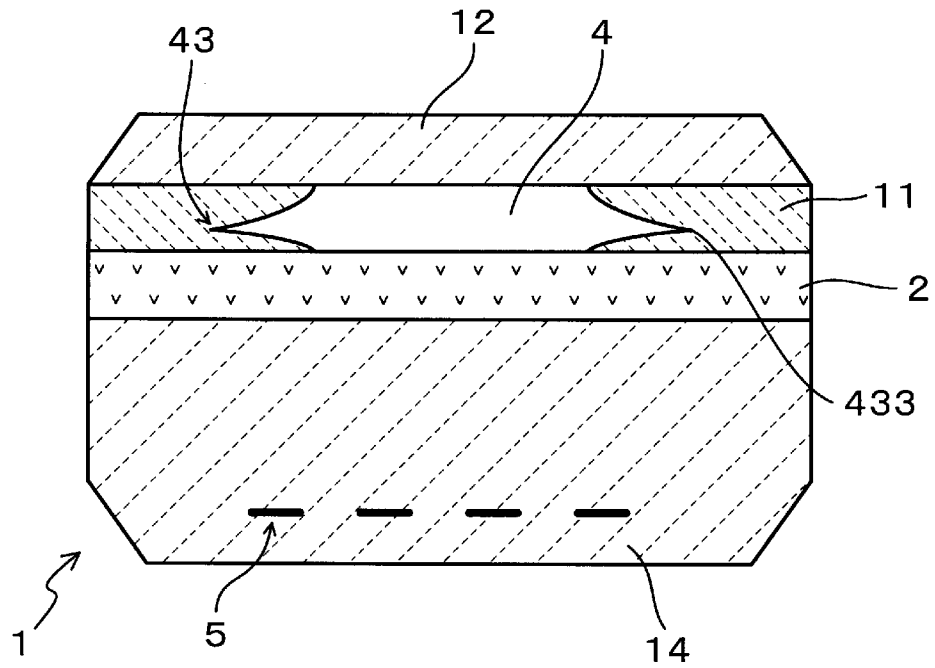
[図22]

(図 2 2)



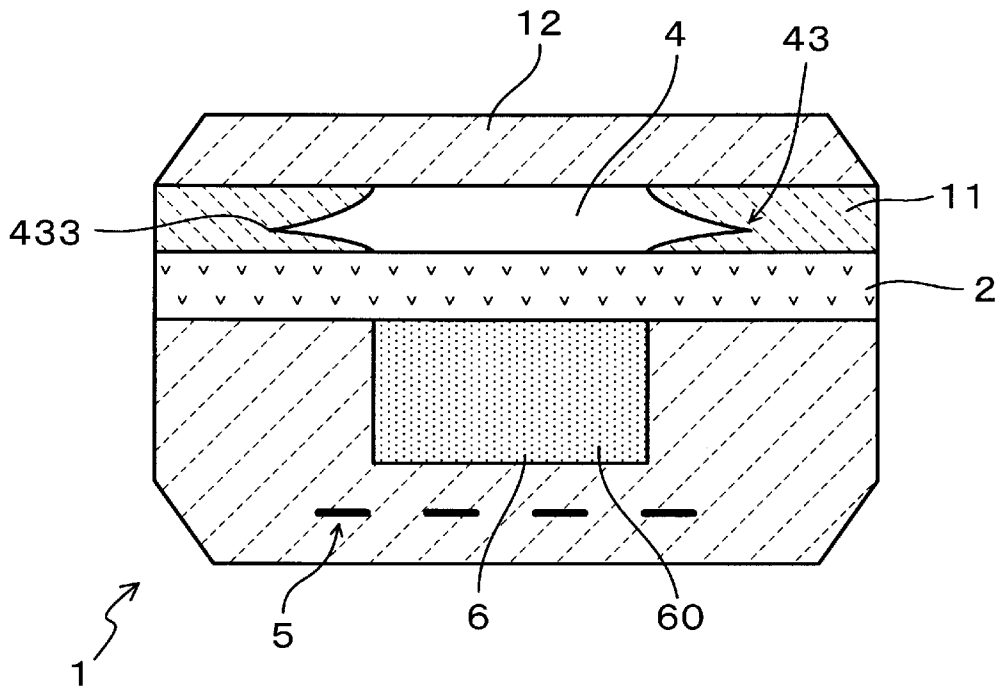
[図23]

(図 2 3)



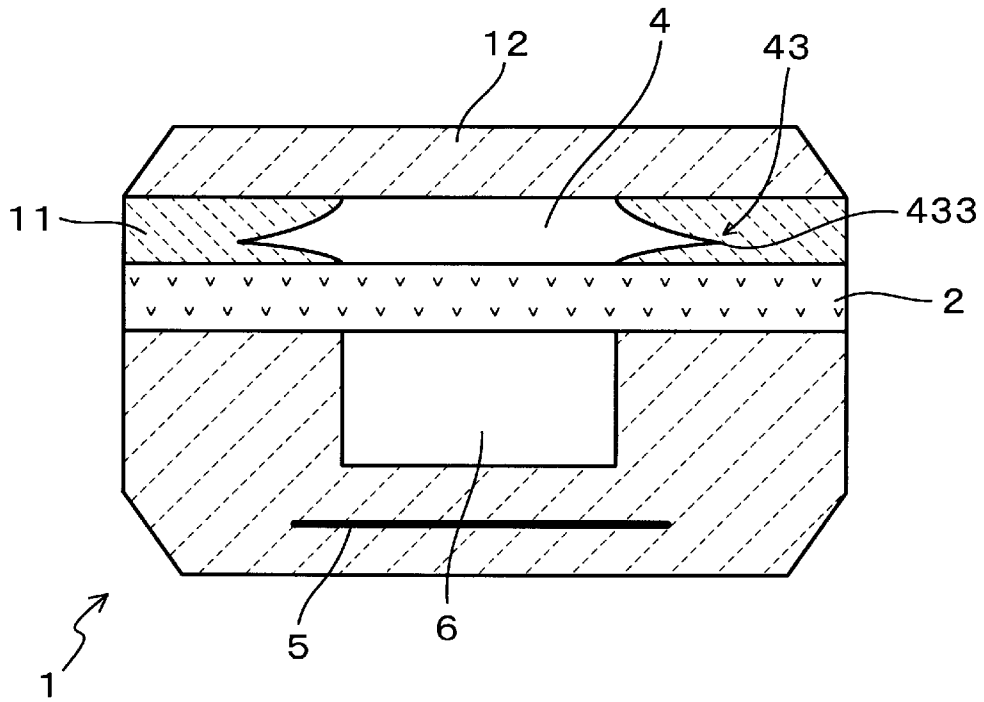
[図24]

(図 2 4)



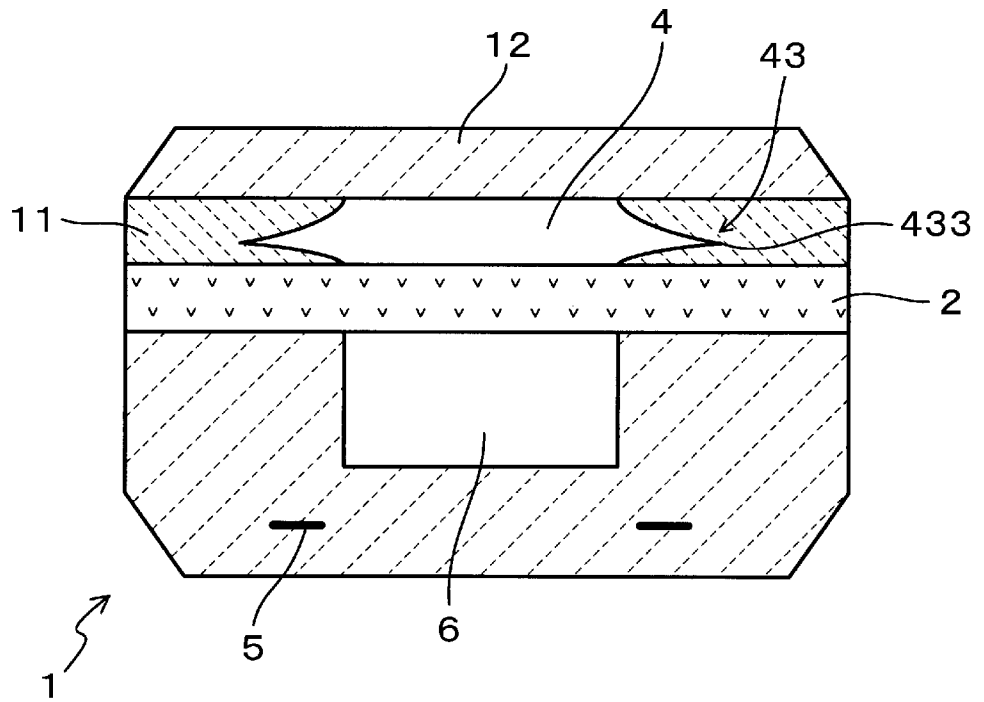
[図25]

(図 2 5)



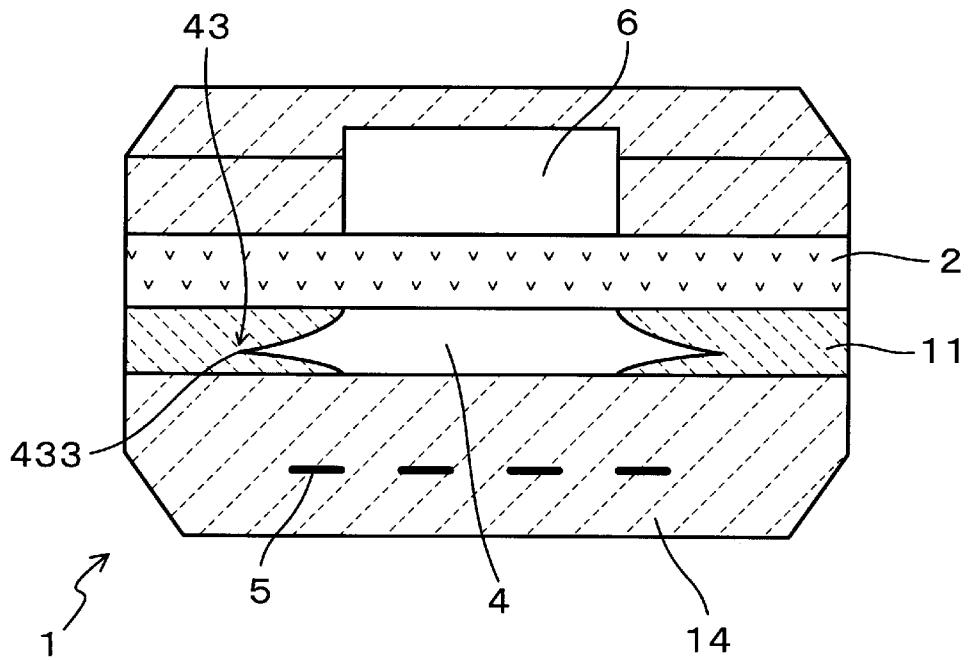
[図26]

(図 2 6)



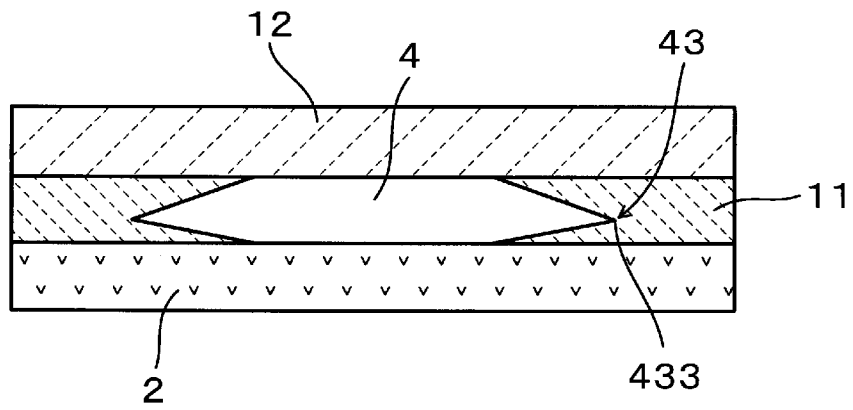
[図27]

(図 27)



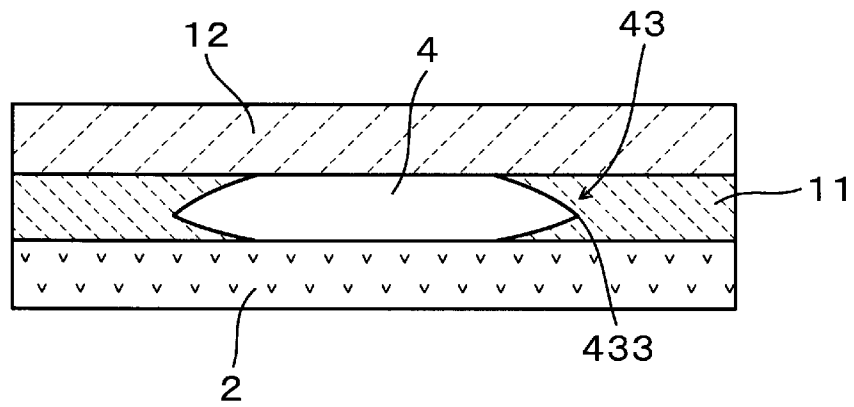
[図28]

(図 28)



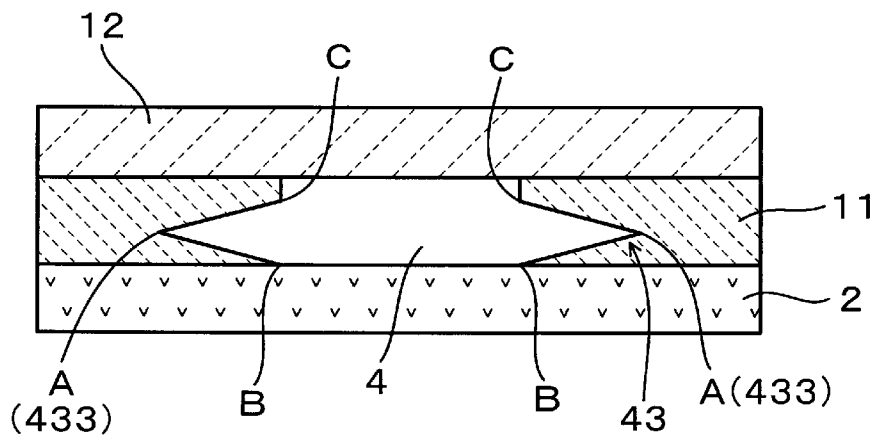
[図29]

(図 29)



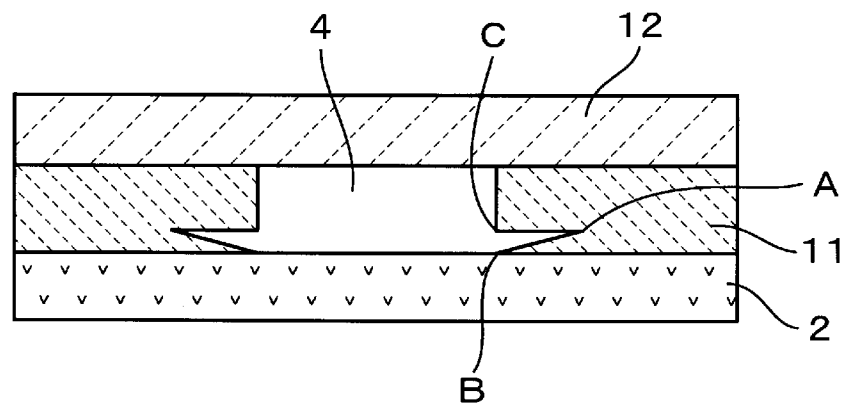
[図30]

(図 30)



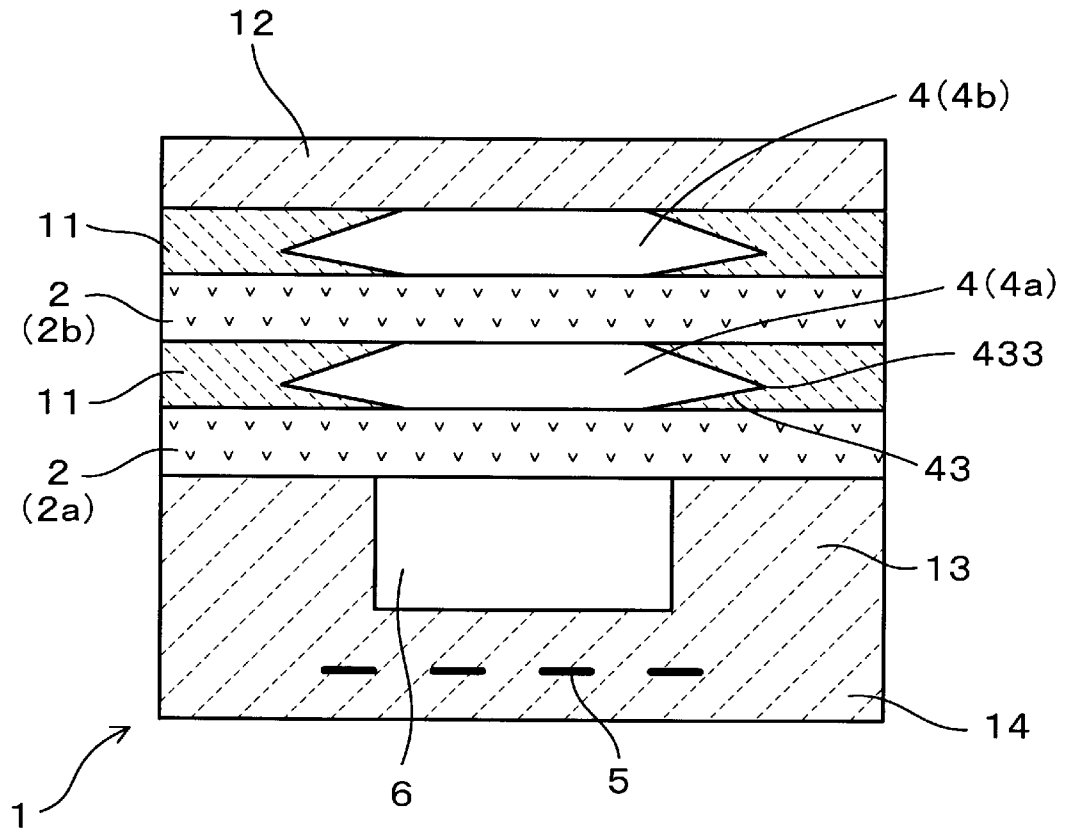
[図31]

(図 31)



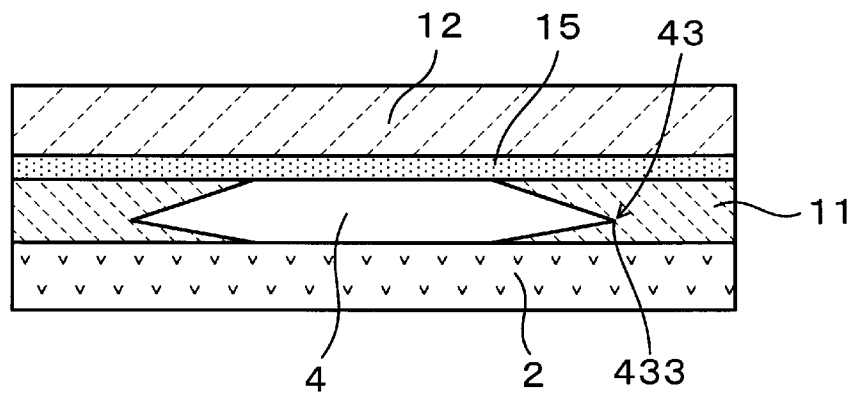
[図32]

(図32)



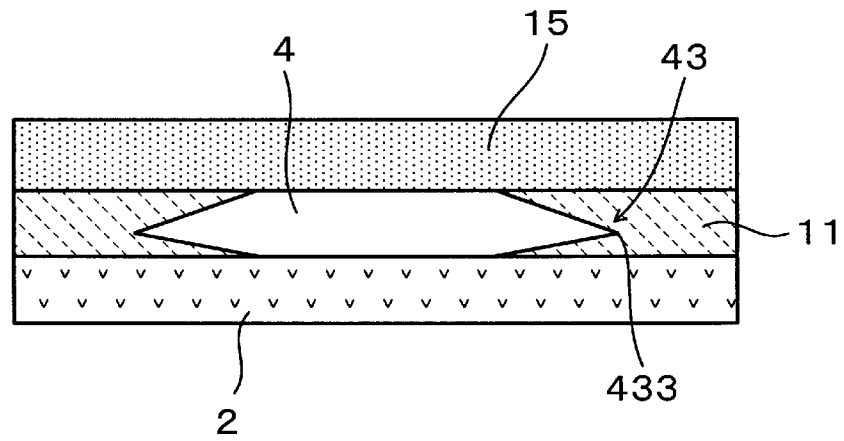
[図33]

(図33)



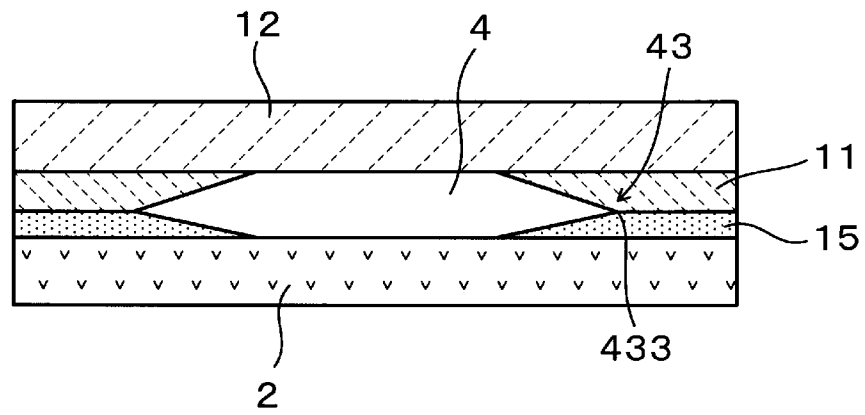
[図34]

(図34)



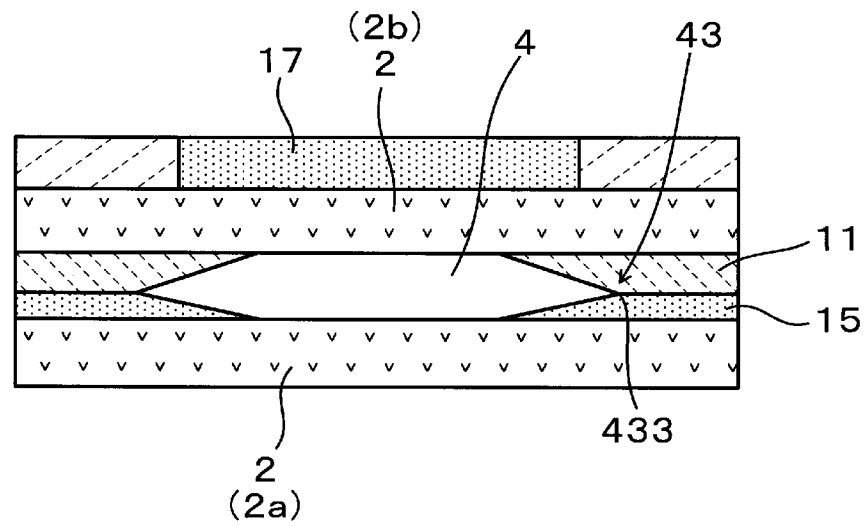
[図35]

(図35)



[図36]

(図36)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/002165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01N 27/409(2006.01)i; G01N 27/41(2006.01)i FI: G01N27/41 325D; G01N27/409 100; G01N27/41 325J According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																										
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N27/409; G01N27/41 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																										
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2010-261727 A (DENSO CORP.) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0023]-[0042], fig. 1-13</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2007-248219 A (DENSO CORP.) 27 September 2007 (2007-09-27) paragraphs [0043]-[0047], [0052], fig. 6-7, 10</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2006/0151466 A1 (DIEHL, Lothar) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraph [0033], fig. 2</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2000-65782 A (DENSO CORP.) 03 March 2000 (2000-03-03) fig. 1</td> <td>3-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2006-30165 A (DENSO CORP.) 02 February 2006 (2006-02-02) fig. 1</td> <td>3-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2018-185234 A (DENSO CORP.) 22 November 2018 (2018-11-22) fig. 1, 7</td> <td>3-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012-247390 A (DENSO CORP.) 13 December 2012 (2012-12-13) entire text, all drawings</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	JP 2010-261727 A (DENSO CORP.) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0023]-[0042], fig. 1-13	1-5	Y	JP 2007-248219 A (DENSO CORP.) 27 September 2007 (2007-09-27) paragraphs [0043]-[0047], [0052], fig. 6-7, 10	1-5	Y	US 2006/0151466 A1 (DIEHL, Lothar) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraph [0033], fig. 2	1-5	Y	JP 2000-65782 A (DENSO CORP.) 03 March 2000 (2000-03-03) fig. 1	3-5	Y	JP 2006-30165 A (DENSO CORP.) 02 February 2006 (2006-02-02) fig. 1	3-5	Y	JP 2018-185234 A (DENSO CORP.) 22 November 2018 (2018-11-22) fig. 1, 7	3-5	A	JP 2012-247390 A (DENSO CORP.) 13 December 2012 (2012-12-13) entire text, all drawings	1-5
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																								
Y	JP 2010-261727 A (DENSO CORP.) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0023]-[0042], fig. 1-13	1-5																								
Y	JP 2007-248219 A (DENSO CORP.) 27 September 2007 (2007-09-27) paragraphs [0043]-[0047], [0052], fig. 6-7, 10	1-5																								
Y	US 2006/0151466 A1 (DIEHL, Lothar) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraph [0033], fig. 2	1-5																								
Y	JP 2000-65782 A (DENSO CORP.) 03 March 2000 (2000-03-03) fig. 1	3-5																								
Y	JP 2006-30165 A (DENSO CORP.) 02 February 2006 (2006-02-02) fig. 1	3-5																								
Y	JP 2018-185234 A (DENSO CORP.) 22 November 2018 (2018-11-22) fig. 1, 7	3-5																								
A	JP 2012-247390 A (DENSO CORP.) 13 December 2012 (2012-12-13) entire text, all drawings	1-5																								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.																								
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																								
Date of the actual completion of the international search 29 March 2021 (29.03.2021)		Date of mailing of the international search report 06 April 2021 (06.04.2021)																								
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.																								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/002165

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-7610 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 15 January 2015 (2015-01-15) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2009-250555 A (DENSO CORP.) 29 October 2009 (2009-10-29) entire text, all drawings	1-5
A	US 2004/0140213 A1 (KANTERS JOHANNES) 22 July 2004 (2004-07-22) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application no.

PCT/JP2021/002165

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2010-261727 A	18 Nov. 2010	(Family: none)	
JP 2007-248219 A	27 Sep. 2007	US 2007/0214865 A1 paragraphs [0081]- [0094], [0119], fig. 6-7, 10	
US 2006/0151466 A1	13 Jul. 2006	DE 102007011806 A1	
JP 2000-65782 A	03 Mar. 2000	DE 102004060291 A1 US 6340419 B1 fig. 1	
JP 2006-30165 A	02 Feb. 2006	DE 19938416 A1 US 2005/0274615 A1 fig. 1	
JP 2018-185234 A	22 Nov. 2018	DE 102005027225 A1 US 2020/0057018 A1 fig. 1, 7	
JP 2012-247390 A	13 Dec. 2012	WO 2018/199101 A1 CN 110546493 A	
JP 2015-7610 A	15 Jan. 2015	(Family: none) US 2014/0353155 A1 entire text, all drawings	
JP 2009-250655 A	29 Oct. 2009	DE 102014107471 A1	
US 2004/0140213 A1	22 Jul. 2004	(Family: none) DE 10252712 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 27/409(2006.01)i; G01N 27/41(2006.01)i FI: G01N27/41 325D; G01N27/409 100; G01N27/41 325J		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01N27/409; G01N27/41 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-261727 A (株式会社デンソー) 18.11.2010 (2010 - 11 - 18) [0023]-[0042]、第1-13図	1-5
Y	JP 2007-248219 A (株式会社デンソー) 27.09.2007 (2007 - 09 - 27) [0043]-[0047]、[0052]、第6-7、10図	1-5
Y	US 2006/0151466 A1 (DIEHL LOTHAR) 13.07.2006 (2006 - 07 - 13) [0033]、第2図	1-5
Y	JP 2000-65782 A (株式会社デンソー) 03.03.2000 (2000 - 03 - 03) 第1図	3-5
Y	JP 2006-30165 A (株式会社デンソー) 02.02.2006 (2006 - 02 - 02) 第1図	3-5
Y	JP 2018-185234 A (株式会社デンソー) 22.11.2018 (2018 - 11 - 22) 第1、7図	3-5
A	JP 2012-247390 A (株式会社デンソー) 13.12.2012 (2012 - 12 - 13) 全文、全図	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 29.03.2021	国際調査報告の発送日 06.04.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 黒田 浩一 2J 9218 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-7610 A (日本特殊陶業株式会社) 15.01.2015 (2015 - 01 - 15) 全文、全図	1-5
A	JP 2009-250655 A (株式会社デンソー) 29.10.2009 (2009 - 10 - 29) 全文、全図	1-5
A	US 2004/0140213 A1 (KANTERS JOHANNES) 22.07.2004 (2004 - 07 - 22) 全文、全図	1-5

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/002165

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-261727 A	18.11.2010	(ファミリーなし)	
JP 2007-248219 A	27.09.2007	US 2007/0214865 A1 [0081]-[0094]、 [0119]、第6-7、1 0図 DE 102007011806 A1	
US 2006/0151466 A1	13.07.2006	DE 102004060291 A1	
JP 2000-65782 A	03.03.2000	US 6340419 B1 第1図 DE 19938416 A1	
JP 2006-30165 A	02.02.2006	US 2005/0274615 A1 第1図 DE 102005027225 A1	
JP 2018-185234 A	22.11.2018	US 2020/0057018 A1 第1, 7図 WO 2018/199101 A1 CN 110546493 A	
JP 2012-247390 A	13.12.2012	(ファミリーなし)	
JP 2015-7610 A	15.01.2015	US 2014/0353155 A1 全文、全図 DE 102014107471 A1	
JP 2009-250655 A	29.10.2009	(ファミリーなし)	
US 2004/0140213 A1	22.07.2004	DE 10252712 A1	