

(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  
2022年5月12日(12.05.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/097557 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H01S 1/06* (2006.01) *H03L 7/26* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/039690
- (22) 国際出願日: 2021年10月27日(27.10.2021)
- (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 2020-185571 2020年11月6日(06.11.2020) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3番地1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 平井 義和 (HIRAI Yoshikazu); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). 清瀬 俊 (KIYOSE Shun); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 鎌田 耕一, 外(KAMADA Koichi et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号梅田プラザビル別館8階 Osaka (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, 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,

(54) Title: METAL GAS-SEALED CELL AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 金属ガス封入セル及びその製造方法

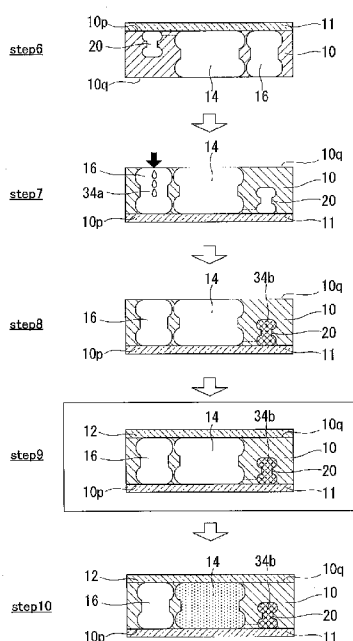


FIG.4B

(57) Abstract: A manufacturing method according to the present invention comprises: attaching a first glass plate (11) to a first surface (10p) of a cell body (10) to form a lid on a gas generation part (20) and a droplet port (16); injecting a raw material solution (34a) of a metal gas through the droplet port (16) in a state where the first glass plate (11) is located below the gas generation part (20) in the vertical direction to introduce the raw material solution (34a) into the gas generation part (20); and vaporizing a solvent contained in the raw material solution (34a) to cause deposition of a solid raw material (34b) of the metal gas in the gas generation part (20).

(57) 要約: 本発明の製造方法は、セル本体(10)の第1面(10p)に第1ガラス板(11)を貼り合わせて、ガス生成部(20)及び滴下口(16)に蓋をすることと、第1ガラス板(11)がガス生成部(20)よりも鉛直方向の下側に位置する状態で滴下口(16)に金属ガスの原料溶液(34a)を注入し、原料溶液(34a)をガス生成部(20)に導入することと、原料溶液(34a)に含まれた溶媒を蒸発させ、金属ガスの固体原料(34b)をガス生成部(20)に析出させることと、を含む。

WO 2022/097557 A1

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)）

## 明 細 書

発明の名称： 金属ガス封入セル及びその製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、金属ガス封入セル及びその製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 高精度な時刻同期を達成できる原子時計、生体磁気を高感度に測定する原子磁気センサなどの様々な原子センサデバイスの小型化に関わる研究開発が世界で進められている。例えばMEMS (Micro Electro Mechanical System) の加工技術によって原子時計の小型化が実現すると、現在の水晶発振器を原子時計に置き換えることが可能となる。スマートフォン、超小型衛星などの様々な機器での原子時計の利用も期待される。

[0003] 原子時計は、アルカリ金属ガスと緩衝ガスを容器に封入したガス封入セルを主要な部品として有する。アルカリ金属として<sup>133</sup>Csを用いる場合、Csの量子力学的な干渉効果であるCPT (Coherent Population Trapping) 共鳴を用いることで、小型かつ省電力でありながら高い精度を有する原子時計を実現できる。原子時計の性能を示す重要な指標の一つとして周波数安定度がある。周波数安定度は、短期安定度と長期安定度とに区別して評価される。短期安定度は、CPT共鳴のQ値とS/N比との積で理論的に決まる。長期安定度は、CPT共鳴の測定条件である励起用半導体レーザの光量と、ガス封入セルの内部における緩衝ガス分圧との両方の経時的な変化で周波数が変動する現象などによって評価する。ゆえに、原子時計の性能を向上させるためには、ガス封入セルを作製する技術が重要となる。

[0004] 特許文献1には、従来のガス封入セルの一例が記載されている。特許文献1に記載されたアルカリ金属セルは、セル内部を有するSi製の部材と、Si製の部材の両面に取り付けられた1対のガラス板と、セル内部に配置されたアルカリ金属原料とを有する。アルカリ金属原料は、固体のCsN<sub>3</sub>である。CsN<sub>3</sub>にUV光又はレーザ光を照射することによって、Cs蒸気とN<sub>2</sub>とが

発生する。

[0005] 特許文献1（図11及び図12）は、いわゆる2チャンバ方式のガス封入セルも開示している。2チャンバ方式のガス封入セルは、アルカリ金属ガスにレーザ光を照射するための光学チャンバと、アルカリ金属原料を仕込むためのチャンバとを有する。2チャンバ方式は、アルカリ金属ガスを簡便に生成可能である、光学チャンバに原料が残らないといったメリットを有しているので、ガス封入セルの主流となりつつある。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2013-38382号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0007]  $CsN_3$ の分解反応を用いたCs蒸気生成法は、純度の高いCs蒸気を生成できるという利点を有する。しかし、固体の $CsN_3$ からCs蒸気を効率的に生成させることは容易では無い。例えば、高真空中で $CsN_3$ を加熱し、 $CsN_3$ の温度が融点の $310^{\circ}C$ 以上に達すると、 $CsN_3$ は、飛散を伴った分解反応を起こす。そのため、 $600^{\circ}C$ 以上 $700^{\circ}C$ 以下の高温で固体の $CsN_3$ を加熱してもCPT共鳴を得るために必要なCs生成量が得られない。ゆえに、通常は、UV照射によってCs蒸気を緩やかに（例えば、24時間かけて）生成させる必要がある。

[0008] 本発明の目的は、化学反応を用いた蒸気生成法を採用しつつ、より効率的かつ短時間で金属ガスを生成させるための技術を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、

第1面、第2面、前記第1面から前記第2面まで延びる貫通孔である滴下口、及び、前記第1面に開口した複数の溝を有するガス生成部を備えたセル本体の前記第1面に第1ガラス板を貼り合わせて、前記ガス生成部及び前記

滴下口に蓋をすることと、

前記第1ガラス板が前記ガス生成部よりも鉛直方向の下側に位置する状態で前記滴下口に金属ガスの原料溶液を注入し、前記原料溶液を前記ガス生成部に導入することと、

前記原料溶液に含まれた溶媒を蒸発させ、前記金属ガスの固体原料を前記ガス生成部に析出させることと、

前記セル本体の前記第2面に第2ガラス板を貼り合わせることと、  
を含む、金属ガス封入セルの製造方法を提供する。

[0010] 別の側面において、本発明は、

第1面、第2面、滴下口、及び、ガス生成部を有するセル本体と、  
前記セル本体の前記第1面に貼り合わされた第1ガラス板と、  
前記セル本体の前記第2面に貼り合わされた第2ガラス板と、  
前記セル本体、前記第1ガラス板及び前記第2ガラス板から選ばれる少なくとも1つに設けられ、前記ガス生成部に連通している光学チャンバと、  
前記光学チャンバに封入された金属ガスと、  
を備え、  
前記ガス生成部は、前記第1面に開口した複数の溝を有し、  
前記滴下口は、前記第1面から前記第2面まで延びている貫通孔を含み、  
かつ、前記ガス生成部に連通している、  
金属ガス封入セルを提供する。

[0011] 別の側面において、本発明は、

第1面、滴下口、及び、ガス生成部を有するセル本体と、  
前記セル本体の前記第1面に貼り合わされたガラス板と、  
前記セル本体及び前記ガラス板から選ばれる少なくとも1つに設けられ、  
前記ガス生成部に連通している光学チャンバと、  
前記光学チャンバに封入された金属ガスと、  
を備え、  
前記ガス生成部は、前記第1面に開口した複数の溝を有し、

前記滴下口は、前記第 1 面に開口し、かつ、前記ガス生成部に連通している、

金属ガス封入セルを提供する。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、より効率的かつ短時間で金属ガスを生成させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る金属ガス封入セルの斜視図である。

[図2]図 2 は、図 1 のII-II線に沿ったセル本体の断面斜視図である。

[図3A]図 3 A は、ガス生成部の部分拡大図である。

[図3B]図 3 B は、溝の構造の他の例を示す部分拡大図である。

[図4A]図 4 A は、金属ガス封入セルの製造方法を示す工程図である。

[図4B]図 4 B は、図 4 A に続く工程図である。

[図4C]図 4 C は、変形例に係る金属ガス封入セルの製造方法を示す工程図である。

[図5]図 5 は、深掘り反応性イオンエッチングによってガス生成部を形成するときの工程順序を示す図である。

[図6A]図 6 A は、原料溶液をガス生成部に導入してセル本体を加熱したときのガス生成部の作用を模式的に示す図である。

[図6B]図 6 B は、第 1 ガラス板によって閉じられていないセル本体を用いて固体原料を析出させるときのガス生成部の作用を模式的に示す図である。

[図7]図 7 は、複数の金属ガス封入セルを含む集合体の平面図である。

[図8]図 8 は、変形例 1 に係る金属ガス封入セルの平面図である。

[図9]図 9 は、変形例 2 に係る金属ガス封入セルの平面図である。

[図10]図 1 0 は、変形例 3 に係る金属ガス封入セルの平面図である。

[図11A]図 1 1 A は、変形例 4 に係る金属ガス封入セルの平面図（上面図）である。

- [図11B]図11Bは、変形例4に係る金属ガス封入セルの底面図である。
- [図11C]図11Cは、変形例4に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図12A]図12Aは、変形例5に係る金属ガス封入セルの平面図（上面図）である。
- [図12B]図12Bは、変形例5に係る金属ガス封入セルの底面図である。
- [図12C]図12Cは、変形例5に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図13A]図13Aは、変形例6に係る金属ガス封入セルの平面図（上面図）である。
- [図13B]図13Bは、変形例6に係る金属ガス封入セルの底面図である。
- [図13C]図13Cは、変形例6に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図14]図14は、変形例7に係る金属ガス封入セルの平面図である。
- [図15]図15は、変形例8に係る金属ガス封入セルの平面図である。
- [図16]図16は、変形例9に係る金属ガス封入セルの平面図である。
- [図17]図17は、変形例10に係る金属ガス封入セルの平面図である。
- [図18]図18は、変形例11に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図19]図19は、変形例12に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図20]図20は、変形例13に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図21A]図21Aは、変形例14に係る金属ガス封入セルのA-A'線に沿った断面図である。
- [図21B]図21Bは、変形例14に係る金属ガス封入セルの平面図（上面図）である。
- [図22A]図22Aは、変形例15に係るセル本体の断面図である。
- [図22B]図22Bは、変形例15に係るセル本体の平面図である。
- [図23]図23は、変形例16に係る金属ガス封入セルの断面図である。
- [図24]図24は、別の構造を有するマイクロチャネルの平面図である。
- [図25]図25は、本発明の第2実施形態に係る金属ガス封入セルの斜視図である。
- [図26]図26は、変形例17に係る金属ガス封入セルの断面図である。

[図27]図27は、60℃、70℃及び80℃での吸光度のグラフを正規化及びフィッティングすることによって得られたグラフである。

[図28]図28は、実施例の金属ガス封入セルのガス生成部の断面SEM像である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。本発明は、以下の実施形態に限定されない。

[0015] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る金属ガス封入セル100の斜視図である。図2は、図1中のII-II線に沿ったセル本体10の断面斜視図である。金属ガス封入セル100は、セル本体10、第1ガラス板11及び第2ガラス板12を有する。セル本体10は、第1面10p及び第2面10qを有する。第1面10p及び第2面10qは、互いに向かい合う面である。第1面10p及び第2面10qは、それぞれ、セル本体10の主面であってもよい。「主面」は、最も広い面積を有する面を意味する。第1面10pに第1ガラス板11が貼り合わされている。第2面10qに第2ガラス板12が貼り合わされている。

[0016] 本実施形態において、第1ガラス板11及び第2ガラス板12は、それぞれ、第1面10pの全面及び第2面10qの全面を覆っている。ただし、このことは必須ではない。第1面10pは、第1ガラス板11によって覆われていない部分を含んでいてもよい。第2面10qは、第2ガラス板12によって覆われていない部分を含んでいてもよい。これらは、後述する他の実施形態及び変形例についても同様である。

[0017] 金属ガス封入セル100の内部には、金属ガス及び緩衝ガスが封入されている。金属ガスは、典型的には、K、Rb、Csなどのアルカリ金属ガスを含む。アルカリ金属ガスを封入すると、CPT共鳴を検出することによって金属ガス封入セル100を原子発振器として機能させることができる。緩衝ガスとしては、不活性ガスが挙げられる。不活性ガスとしては、H<sub>2</sub>ガス、N<sub>2</sub>

ガス、希ガス、これらの混合ガスなどが挙げられる。緩衝ガスは必須ではなく、金属ガスのみが封入されてもよい。

[0018] 第1ガラス板11及び第2ガラス板12のそれぞれは、所定の波長帯の光を十分に透過させる薄いガラス板である。「所定の波長帯の光」は、金属ガス封入セル100を実際に使用するとき照射される光を意味する。例えば、金属ガスがCsガスであるとき、所定の波長帯の光は、Csの吸収波長帯(Cs-D1線、894.6nm)の光である。「十分に透過」とは、例えば、所定の波長帯の光の透過率が90%以上であることを意味する。セル本体10に陽極接合可能なガラス板が第1ガラス板11及び第2ガラス板12として使用されうる。シリコンに陽極接合可能なガラスとしては、ケイ酸ガラス、ホウケイ酸ガラス、アルミノ珪酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラスなどが挙げられる。

[0019] セル本体10は、例えば、シリコン製である。MEMSの加工技術を用いると、1枚のシリコンウエハから複数の金属ガス封入セル100が製造されうる。シリコンはアルカリ金属ガス及び緩衝ガスと反応しにくいので、セル本体10がシリコン製である場合には金属ガス封入セル100の内部雰囲気を実安定に保つことができるとともに、アルカリ金属ガスの蒸気圧を一定に保つことができる。高品質なシリコンウエハを用いることで金属ガス封入セル100の性能の向上も期待できる。さらに、セル本体10がシリコン製である場合、他の接合材料を使用することなくセル本体10に第1ガラス板11及び第2ガラス板12を陽極接合によって貼り合わせることができる。このことも、金属ガス封入セル100の内部雰囲気を安定に保つこと、及び、アルカリ金属ガスの蒸気圧を一定に保つことに貢献する。ただし、セル本体10の材料は特に限定されない。微細加工が可能な材料であれば、セル本体10がステンレス鋼などの金属で作られていてもよく、ガラスで作られていてもよい。セル本体10の形状も特に限定されない。セル本体10は、平面視で板状の形状を有していてもよく、円柱の形状を有していてもよく、直方体の形状を有していてもよい。セル本体10が直方体の形状を有するとは、セ

ル本体 10 を包囲する最小の体積の多面体が直方体であることを意味する。セル本体 10 への第 1 ガラス板 11 及び第 2 ガラス板 12 の接合方法も特に限定されない。接着剤、ガラスフリット、金属材料などの接合材料を用いて第 1 ガラス板 11 及び第 2 ガラス板 12 の少なくとも 1 つがセル本体 10 に貼り合わされてもよい。セル本体 10 と第 1 ガラス板 11 との接合方法がセル本体 10 と第 2 ガラス板 12 との接合方法と異なってもよい。

[0020] セル本体 10 は、光学チャンバ 14、滴下口 16 及びガス生成部 20 を有する。後述するように、光学チャンバ 14 は、第 1 ガラス板 11 及び／又は第 2 ガラス板 12 に設けられていてもよい。光学チャンバ 14 は、セル本体 10、第 1 ガラス板 11 及び第 2 ガラス板 12 から選ばれる少なくとも 1 つに設けられ、ガス生成部 20 に連通している部分でありうる。

[0021] 光学チャンバ 14 は、金属ガスが封入された部分であって、CPT 共鳴を検出するための光の通路である。光学チャンバ 14 は、第 1 面 10 p 及び第 2 面 10 q の少なくとも 1 つに開口している。本実施形態において、光学チャンバ 14 は、セル本体 10 を第 1 面 10 p から第 2 面 10 q まで延びている貫通孔である。貫通孔の断面積は、セル本体 10 の厚さ方向に関して一定であってもよく、変化していてもよい。光学チャンバ 14 としての貫通孔は、セル本体 10 の中心に位置している。ただし、後述するように、第 1 面 10 p 又は第 2 面 10 q にのみ開口した有底孔を光学チャンバとして用いることも可能である。光学チャンバ 14 の形状は特に限定されない。光学チャンバ 14 の形状は、平面視で円形であってもよく、楕円形であってもよく、多角形であってもよい。光学チャンバ 14 の位置も特に限定されず、セル本体 10 の中心からずれた位置に光学チャンバが設けられていてもよい。

[0022] 滴下口 16 は、金属ガスの原料溶液を受け入れるための部分である。滴下口 16 は、第 1 面 10 p から第 2 面 10 q まで延びている貫通孔である。貫通孔である滴下口 16 を設けることによって、ガス生成部 20 に原料溶液を直接導入することを回避できるので、原料溶液によるセル本体 10 の第 1 面 10 p の汚染を防ぐことができる。このことは、金属ガス封入セル 100 の

生産歩留まりを向上させる。滴下口16は、光学チャンバ14から隔てられている。滴下口16は、ガス生成部20に直接又は他のチャンネルを介して間接的に連通している。滴下口16の形状は特に限定されない。滴下口16の平面視での形状は、図示するように多角形であってもよく、円形であってもよく、楕円形であってもよい。第1面10pにおいて、滴下口16の開口面積は、光学チャンバ14の開口面積よりも小さい。このような構造は、金属ガス封入セル100の小型化に資する。ただし、光学チャンバ14及び滴下口16の大きさは特に限定されない。

[0023] ガス生成部20は、金属ガスの原料溶液から金属ガスの固体原料を生成させるとともに、固体原料から金属ガスを生成させるための部分である。ガス生成部20が滴下口16から光学チャンバ14への経路の少なくとも一部を形成していてもよい。ガス生成部20は、第1面10pに開口した複数の溝22を有する。複数の溝22は、有底の溝である。本実施形態において、ガス生成部20は、平面視で光学チャンバ14を包囲する枠の形状を有する。ガス生成部20の一端及び他端は、滴下口16に面している。言い換えれば、枠の形状のガス生成部20の一部を貫く形で滴下口16が設けられている。

[0024] ガス生成部20は、複数の溝22に加え、複数のピラー24を有する。詳細には、ガス生成部20が複数のピラー24を有するように複数の溝22が平面視で格子状に延びている。本実施形態では、複数のピラー24が千鳥パターンで配列するように複数の溝22が形成されている。このような微細構造によれば、金属ガスの固体原料を析出させるべき表面の面積を十分に確保することができる。ピラー24は、平面視で矩形（典型的には正方形）の形状を有している。ただし、ピラー24の形状は特に限定されない。ピラー24の形状は、角柱状であってもよく、円柱状であってもよい。

[0025] 図3Aは、ガス生成部20の部分拡大図である。図3Aに示すように、複数の溝22のそれぞれの幅がセル本体10の厚さ方向DRに沿って周期的に変化している。セル本体10の厚さ方向DRは、第1面10pから第2面1

0 q に向かう方向である。複数の溝 2 2 のそれぞれは、第 1 面 1 0 p における複数の溝 2 2 のそれぞれの開口幅 W よりも幅広の部分をも有する。具体的に、複数の溝 2 2 のそれぞれは、複数の第 1 部分 2 2 a 及び複数の第 2 部分 2 2 b を含む。第 1 部分 2 2 a は、隣り合うピラー 2 4 とピラー 2 4 との距離が長い部分である。第 2 部分 2 2 b は、隣り合うピラー 2 4 とピラー 2 4 との距離が短い部分である。第 1 面 1 0 p から第 2 面 1 0 q に向かって第 1 部分 2 2 a と第 2 部分 2 2 b とが交互に設けられている。溝 2 2 の第 2 部分 2 2 b の幅 W 2 は、例えば、第 1 面 1 0 p における溝 2 2 の開口幅 W に等しい。本実施形態では、7 段の第 1 部分 2 2 a が厚さ方向 D R に沿って設けられている。ただし、第 1 部分 2 2 a 及び第 2 部分 2 2 b の数は特に限定されない。

[0026] 金属ガスの原料溶液から固体原料が生成するとき、固体原料は、ガス生成部 2 0 を構成する微細構造に付着してガス生成部 2 0 にとどまりやすい。また、ガス生成部 2 0 の微細構造は、 $C_s N_3$  などの固体原料の加熱による化学反応を効率化する。比表面積の増加と加熱分解中の固体原料の飛散防止との複合効果により、低い温度であっても固体原料の化学反応で効率的にアルカリ金属ガスを生成できる。

[0027] 第 1 面 1 0 p における溝 2 2 の幅 W は、例えば、 $1 \mu m$  以上  $100 \mu m$  以下である。溝 2 2 の第 1 部分 2 2 a の幅 W 1 は、例えば、 $5 \mu m$  以上  $200 \mu m$  以下である。溝 2 2 の第 2 部分 2 2 b の幅 W 2 は、第 1 面 1 0 p における溝 2 2 の幅 W に概ね等しい。第 1 部分 2 2 a の幅 W 1 及び第 2 部分 2 2 b の幅 W 2 は、第 1 面 1 0 p から第 2 面 1 0 q に向かって徐々に狭くなってもよい。第 1 面 1 0 p におけるピラー 2 4 の一辺 L の長さは、例えば、 $50 \mu m$  以上  $500 \mu m$  以下である。

[0028] ただし、第 1 面 1 0 p における溝 2 2 の幅 W、溝 2 2 の第 1 部分 2 2 a の幅 W 1、及び溝 2 2 の第 2 部分 2 2 b の幅 W 2 の関係は特に限定されない。図 3 B は、溝 2 2 の構造の他の例を示す部分拡大図である。図 3 B に示すように、第 1 面 1 0 p における溝 2 2 の開口部を予めエッチングによって拡張

し、その後、第1部分22a及び第2部分22bが形成されるように後述する反応性イオンエッチングを行ってもよい。この場合、第1面10pにおける溝22の開口幅Wは、第1部分22aの幅W1よりも広く、第2部分22bの幅W2よりも広い。このような構造によれば、CsN<sub>3</sub>などの固体原料が溝22の開口部に堆積したとしてもセル本体10と第1ガラス板11との接合の邪魔になりにくい。

[0029] 図1及び図2に示すように、光学チャンバ14とガス生成部20との間には、両者を連通するマイクロチャネル18が設けられている。本実施形態では、第1面10pに開口した複数の溝のそれぞれがマイクロチャネル18の役割を担う。マイクロチャネル18としての溝の幅は、例えば、ガス生成部20における溝22の幅Wよりも狭い。このような構造は、金属ガスの固体原料又は原料溶液が光学チャンバ14に導入されることを阻止するのに役立つ。マイクロチャネル18としての溝の幅は、例えば、1μm以上30μm以下である。マイクロチャネル18の位置は特に限定されない。本実施形態では、光学チャンバ14を中心として滴下口16の180度反対側にマイクロチャネル18が設けられている。そのため、金属ガスの固体又は液体の原料が光学チャンバ14により導入されにくい。マイクロチャネル18は、1本の溝のみによって構成されていてもよい。

[0030] 次に、金属ガス封入セル100の製造方法を説明する。

[0031] 図4A及び図4Bは、金属ガス封入セル100の製造方法を示す工程図である。詳細には、図4Aは、セル本体10の製造方法を示している。図4Bは、セル本体10を用いて金属ガス封入セル100を製造する方法を示している。

[0032] 図4Aのstep1に示すように、基板10yの一方の面にマスク用の薄膜30を形成する。薄膜30は、Cr、Al、Niなどの金属薄膜であってもよく、シリコン酸化膜であってもよい。薄膜30は、蒸着、スパッタリングなどの気相法によって形成される。基板10yは、例えばシリコンウエハである。1枚の基板10yから複数の金属ガス封入セル100を製造でき

るので、本実施形態の方法は生産性に優れている。基板10yとしてのシリコンウエハは、多結晶ウエハであってもよく単結晶ウエハであってもよい。単結晶ウエハを使用すれば、金属ガス封入セル100の内部雰囲気をより安定に保つことができるとともに、アルカリ金属ガスの蒸気圧をより一定に保つことができる。単結晶ウエハには結晶粒界が無いので、ガス生成部20の微細構造を高い寸法精度で形成しやすい。基板10yが大きければ大きいほど、小型化された金属ガス封入セル100の大量生産が可能である。

[0033] 次に、step 2に示すように、薄膜30の表面にレジスト32を塗布するとともに、フォトリソグラフィ技術を用いてレジスト32をパターニングする。薄膜30を省略してレジスト32を基板10yの上に直接形成してもよい。

[0034] 次に、step 3に示すように、薄膜30の一部をエッチング液で除去して基板10yの表面を露出させる。

[0035] 次に、step 4に示すように、深掘り反応性イオンエッチング (Deep Reactive Ion Etching) によって、光学チャンバ14、滴下口16及びガス生成部20を形成する。本実施形態では、セル本体10を準備するとき、光学チャンバ14、滴下口16及びガス生成部20を深掘り反応性イオンエッチングによって一括に形成する。そのため、少ない工程数でセル本体10を製造することが可能である。光学チャンバ14が第1ガラス板11及び／又は第2ガラス板12に設けられている場合、滴下口16及びガス生成部20がstep 4で形成される。マイクロ流路18もstep 4で形成される。

[0036] 光学チャンバ14、滴下口16及びガス生成部20を一括に形成する場合、ガス生成部20だけでなく、光学チャンバ14の内周面及び滴下口16の内周面にも凹凸が付与される。これに対し、以下の方法によれば、工程数が増加するものの、光学チャンバ14の内周面及び滴下口16の内周面に凹凸が生じにくい。すなわち、ガス生成部20を基板10yの一方の面（第1面）からの深掘り反応性イオンエッチングによって形成する。光学チャンバ14及び滴下口16を基板10yの他方の面（第2面）からの深掘り反応性イ

オンエッチングによって形成する。基板10yを単純に掘り進むだけで、光学チャンバ14及び滴下口16として、平坦な内周面を持つ貫通孔を形成することが可能である。

[0037] 図5は、深掘り反応性イオンエッチングによってガス生成部20を形成するときの工程順序を示す図である。まず、6フッ化硫黄( $\text{SF}_6$ )を用いたエッチングとフッ化炭素( $\text{C}_4\text{F}_8$ )を用いた保護膜の形成とを複数回繰り返して溝を形成する。次に、フッ化炭素を用いて溝の内周面に厚い保護膜36を形成する。次に、6フッ化硫黄を用いて溝の底面の保護膜36を除去し、等方性エッチングを行う。これらの工程を複数回繰り返すことによって、図3Aを参照して説明した微細構造を有するガス生成部20を形成することができる。 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CFI}_3$ などの代替ガスをフッ化炭素の代わりに使用してもよい。

[0038] step5に示すように、薄膜30及びレジスト32を除去することによって、セル本体10が得られる。

[0039] 次に、図4Bのstep6に示すように、セル本体10の第1面10pに第1ガラス板11を貼り合わせて、ガス生成部20の複数の溝22及び滴下口16に蓋をする。本実施形態では、光学チャンバ14も第1面10pに開口しているので、第1ガラス板11によって、光学チャンバ14、ガス生成部20及び滴下口16に蓋がされる。第1ガラス板11とセル本体10とを接合する方法は、陽極接合である。陽極接合では、第1ガラス板11とセル本体10とを重ね合わせ、両者を加熱しながら両者の間に直流電圧を印加する。加熱温度は、例えば、 $150^\circ\text{C}$ 以上 $600^\circ\text{C}$ 以下である。印加電圧は、例えば、 $200\text{V}$ 以上 $1200\text{V}$ 以下である。

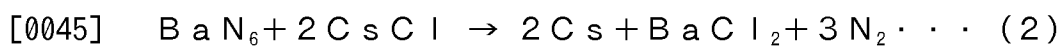
[0040] 平面視での第1ガラス板11の寸法は、セル本体10の第1面10pの寸法に一致していてもよい。第1ガラス板11とセル本体10との貼り合わせによって、ガス生成部20以外の部分におけるセル本体10の第1面10pだけでなく、ガス生成部20の複数のピラー24の上面も第1ガラス板11に接合される。

[0041] 次に、step 7に示すように、第1ガラス板11がガス生成部20よりも鉛直方向の下側に位置する状態で滴下口16に金属ガスの原料溶液34aを注入し、原料溶液34aをガス生成部20に導入する。原料溶液34aは、第2面10qの側から滴下口16に注入される。第1ガラス板11がガス生成部20の底部の役割を果たすので、溝22から原料溶液34aが溢れることは無い。

[0042] 原料溶液34aは、金属化合物を含む溶液である。金属化合物としては、CsN<sub>3</sub>などの金属アジ化物、CsClなどの金属ハロゲン化物が挙げられる。金属化合物は、典型的には、アルカリ金属化合物である。本実施形態では、アルカリ金属化合物の化学反応を用いてアルカリ金属ガスを発生させる。例えば、アルカリ金属がCsであるとき、CsN<sub>3</sub>溶液をセル本体10のガス生成部20に導入して固体のCsN<sub>3</sub>を析出させる。CsN<sub>3</sub>溶液における溶媒は、水などの無機溶媒であってもよく、アルコール、アセトン、アセトニトリルなどの有機溶媒であってもよい。固体のCsN<sub>3</sub>を真空中で加熱すると、以下の化学反応に従ってCs及びN<sub>2</sub>が生成する。金属アジ化物の熱分解によるアルカリ金属生成法は、金属ガス封入セル100の内部のガス圧力などの性能への影響を与える生成物を生じさせることなく、アルカリ金属ガスと緩衝ガスであるN<sub>2</sub>ガスを同時に生成してセル本体10に封入できる利点がある。



[0044] アルカリ金属化合物としては、金属アジ化物に限定されない。例えば、下記式(2)に示すように、CsClとBaN<sub>6</sub>とを反応させることによってCsガスを発生させることができる。ただし、金属アジ化物の熱分解によるアルカリ金属生成法は、アルカリ金属及びN<sub>2</sub>以外の副生成物を生じさせず、副生成物がガス圧力に影響を及ぼさないという利点を有する。



[0046] 次に、step 8において、原料溶液34aに含まれた溶媒を蒸発させ、金属ガスの固体原料34bをガス生成部20に析出させる。具体的には、セ

セル本体 10 を加熱することによって溶媒を蒸発させる。セル本体 10 の加熱は、セル本体 10 をホットプレート上に配置したり、セル本体 10 を加熱炉で処理したりすることによって達成されうる。

[0047] 図 6 A は、原料溶液 34 a をガス生成部 20 に導入してセル本体 10 を加熱したときのガス生成部 20 の作用を模式的に示す図である。図中の矢印は、原料溶液 34 a 及び原料溶液 34 a から生じた蒸気の流れを示している。図 6 A に示すように、本実施形態の製造方法によれば、ガス生成部 20 の溝 22 が第 1 ガラス板 11 によって閉じられているので、原料溶液 34 a がガス生成部 20 の外部に溢れない。注入した原料溶液 34 a のほぼ全量から固体原料 34 b を生じさせることができるので、十分な量の固体原料 34 b をガス生成部 20 に析出させることができる。

[0048] 固体原料 34 b をガス生成部 20 に析出させるときのセル本体 10 の加熱温度は、例えば、25℃以上 315℃以下である。本実施形態によれば、比較的高い温度でセル本体 10 を加熱して原料溶液 34 a が沸騰したとしても、原料溶液 34 a がガス生成部 20 から溢れる可能性は低い。「加熱温度」は、セル本体 10 が置かれる周囲温度である。ホットプレートを使用する場合には、加熱温度は、ホットプレートの表面温度である。加熱炉を使用する場合には、加熱温度は、加熱炉の内部の温度である。

[0049] なお、図 6 B は、第 1 ガラス板 11 によって閉じられていないセル本体 10 を用いて固体原料 34 b を析出させるときのガス生成部 20 の作用を模式的に示す図である。第 1 ガラス板 11 が無く、溝 22 が外部に向かって開放している場合、溝 22 から原料溶液 34 a が溢れることがある。そのため、予め過剰量の原料溶液 34 a をガス生成部 20 に注入する必要がある。また、マイクロピペットなどの機器を用いてガス生成部 20 に原料溶液 34 a を直接注入する必要がある。この工程は非常に煩雑である。さらに、金属ガスの固体原料 34 b がセル本体 10 の表面に付着する。固体原料 34 b が第 1 ガラス板 11 とセル本体 10 との陽極接合の妨げになるので、ガス生成部 20 から溢れた固体原料 34 b は除去されなければならない。もとより、ガス

生成部20に析出する固体原料34bの量が不足する。本実施形態の方法によれば、こうした不利益を回避することができる。

[0050] 次に、step 9において、セル本体10の第2面10qに第2ガラス板12を貼り合わせる。平面視での第2ガラス板12の寸法は、セル本体10の第2面10qの寸法に一致していてもよい。第2ガラス板12とセル本体10とを接合する方法も、陽極接合である。陽極接合では、第2ガラス板12とセル本体10とを重ね合わせ、両者を加熱しながら両者の間に直流電圧を印加する。加熱温度は、例えば、150℃以上300℃以下である。印加電圧は、例えば、200V以上1200V以下である。step 9の工程は、真空中、又は、希ガス、N<sub>2</sub>ガスなどの不活性ガス雰囲気下で行われる。真空度は、例えば、 $1 \times 10^{-3}$ Pa以上 $1 \times 10^{-7}$ Pa以下である。

[0051] 最後に、step 10において、固体原料34bから金属ガスを生成させ、光学チャンバ14に金属ガスを導入する。具体的には、セル本体10を加熱することによって固体原料34bから金属ガスを生成させる。セル本体10の加熱は、セル本体10をホットプレート上に配置したり、セル本体10を加熱炉で処理したりすることによって達成されうる。金属ガスを生成させるときのセル本体10の加熱温度は、例えば、250℃以上400℃以下である。なお、セル本体10を加熱することに代えて、UV照射によって固体原料34bを分解させて金属ガスを生成させたり、レーザー光の照射によって固体原料34bを分解させて金属ガスを生成させたりしてもよい。

[0052] セル本体10を加熱して金属ガスを生成させる場合、セル本体10の第2面10qへの第2ガラス板12の貼り合わせは、セル本体10を加熱して金属ガスを生成させるときの加熱温度未満で実施することが望ましい。詳細には、セル本体10の第2面10qへの第2ガラス板12の貼り合わせは、固体原料34bの分解温度未満の温度で実施することが望ましい。第2面10qに第2ガラス板12を貼り合わせる際にセル本体10の温度を固体原料34bの分解温度未満に保つと、固体原料34bからガスが発生することを防止でき、金属ガス封入セル100の内部の圧力の上昇を防ぐことができる。

これにより、金属ガス封入セル100の破損を防止できる。特に、真空中では金属ガス封入セル100の内部と外部との間の圧力差が大きくなりやすいので、第2ガラス板12をセル本体10に貼り合わせる際にガスの発生を防ぐことには意義がある。また、固体原料34bの分解温度未満の温度を維持すれば、アルカリ金属ガス又は飛散した固体原料34bによって陽極接合の接合面（第2面10q）が汚染される心配もない。

[0053] 以上の工程を経て、本実施形態の金属ガス封入セル100が得られる。固体原料34bの一部は、未分解のままガス生成部20に残留する。つまり、金属ガス封入セル100は、ガス生成部20に付着した金属ガスの固体原料34bを有している。本実施形態によれば、固体原料34b以外の部材又は材料が金属ガス封入セル100の内部に存在しない。そのため、金属ガス封入セル100の内部雰囲気を実安定に保つことができるとともに、アルカリ金属ガスの蒸気圧を一定に保つことができる。固体原料34bがガス生成部20に残留しているので、経時劣化によって光学チャンバ14における金属ガスの蒸気圧が低下した場合、金属ガス封入セル100を再加熱することによって、金属ガスを補償することも可能である。

[0054] なお、step10の工程は、金属ガス封入セル100を使用する直前に行ってもよい。つまり、step9までの工程を製造者が実施し、step10の工程だけユーザが実施することも考えられる。

[0055] 図4Cは、変形例に係る金属ガス封入セル100の製造方法を示す工程図である。本変形例におけるstep8までの工程は、図4A及び図4Bを参照して説明した通りである。図4Cのstep9aに示すように、本変形例では、固体原料34bをガス生成部20に析出させたのち、固体原料34bから金属ガスを生成させる。具体的には、セル本体10を加熱することによって固体原料34bから金属ガスを生成させる。このとき、生成した金属ガスが第2ガラス板12の表面に接触して第2ガラス板12の表面に金属薄膜37が堆積するように、セル本体10の第2面10qの上方に第2ガラス板12を配置する。step9aにおける矢印は、生成した金属ガスの流れを

表している。step 9 aの工程は、真空中、又は、希ガス、N<sub>2</sub>ガスなどの不活性ガス雰囲気下で行われる。真空度は、例えば、 $1 \times 10^{-3}$  Pa以上 $1 \times 10^{-7}$  Pa以下である。

[0056] 次に、step 10 aに示すように、セル本体10及び第2ガラス板12をN<sub>2</sub>ガスなどの不活性ガス38の雰囲気下に配置する。

[0057] 次に、step 11 aに示すように、セル本体10の第2面10 qに第2ガラス板12を貼り合わせる。この工程は、図4 Bのstep 9を参照して説明した通りである。

[0058] 最後に、step 12 aにおいて、セル本体10を金属ガス封入セル100の駆動温度に加熱する。これにより、第2ガラス板12の表面の金属薄膜37から光学チャンバ14に金属ガス39が供給される。本変形例によれば、所望の不活性ガスを使用できる、所望のガス比率を達成できる、最適なガス圧力で光学チャンバ14を封止できるといった利点がある。

[0059] 図7は、複数の金属ガス封入セル100を含む集合体200の平面図である。1枚のシリコンウエハから複数の金属ガス封入セル100が得られる。集合体200を所定の切断線に沿って切断することによって、個別の金属ガス封入セル100に分離することができる。図7に示す集合体200には、図1を参照して説明した金属ガス封入セル100と異なる設計の金属ガス封入セルが含まれている。つまり、MEMSの加工技術を用いて1枚のシリコンウエハに互いに異なる設計の複数の金属ガス封入セルを作り込むことも可能である。もちろん、集合体200が単一の設計の金属ガス封入セル100のみを含んでもよい。集合体200を切断する工程は、金属ガスを生成させるためのstep 10の工程(図4 B)の前に行ってもよく、step 10の工程の後で行ってもよい。本実施形態の方法によれば、その選択が可能である。

[0060] 以下、いくつかの変形例について説明する。実施形態と変形例とで共通する要素には同じ参照符号を付し、それらの説明を省略することがある。実施形態及び変形例に関する説明は、技術的に矛盾しない限り、相互に適用され

うる。技術的に矛盾しない限り、実施形態及び変形例は、相互に組み合わされてもよい。

[0061] (変形例)

図8は、変形例1に係る金属ガス封入セル102の平面図である。金属ガス封入セル102において、セル本体10aは、複数の溝を含むマイクロチャンネル18を3組有する。ガス生成部20が平面視で矩形の枠の形状を有している。矩形の枠の一辺に滴下口16が設けられている。他の3辺のそれぞれと光学チャンバ14とを連通するように、マイクロチャンネル18が光学チャンバ14の周囲の3箇所に設けられている。

[0062] 図9は、変形例2に係る金属ガス封入セル104の平面図である。金属ガス封入セル104において、セル本体10bは、2組のマイクロチャンネル18及び複数(2つ)の滴下口16を有している。各滴下口16は、光学チャンバ14の周囲に等角度間隔で配置されている。図9では、滴下口16の数が2つなので、各滴下口16は、平面視で光学チャンバ14を中心として0度の位置と180度の位置とのそれぞれに設けられている。マイクロチャンネル18が90度の位置と270度の位置とのそれぞれに設けられている。このような構造によれば、各滴下口16における $CsN_3$ 水溶液の注入量を減らすことができるので、加熱時に $CsN_3$ 水溶液が滴下口16から漏出しにくい。

[0063] 図10は、変形例3に係る金属ガス封入セル106の平面図である。金属ガス封入セル106において、セル本体10cのガス生成部20aは、第1領域40及び第2領域41を含む。第1領域40における複数のピラー24の配列パターンが第2領域41における複数のピラー24の配列パターンと異なっている。図10に示す例では、第1領域40において、複数のピラー24は、正方格子をなすように配置されている。第2領域41において、複数のピラー24は、千鳥状に配置されている。滴下口16から光学チャンバ14への経路において、第1領域40及び第2領域41がこの順番で並んでいる。複数のピラー24の配列パターンを工夫することによって、金属ガス

の原料溶液 34 a から固体原料 34 b が析出しやすくなったり、固体原料 34 b の分解反応が進行しやすくなったりする。

[0064] 図 11 A は、変形例 4 に係る金属ガス封入セル 108 の平面図（上面図）である。図 11 B は、変形例 4 に係る金属ガス封入セル 108 の底面図である。図 11 C は、変形例 4 に係る金属ガス封入セル 108 の断面図である。金属ガス封入セル 108 において、セル本体 10 d は、第 2 面 10 q に開口したマイクロチャネル 18 を有する。ガス生成部 20 は、第 1 面 10 p に開口している。マイクロチャネル 18 の底部とガス生成部 20 の底部とがセル本体 10 d の内部で連通している。言い換えれば、マイクロチャネル 18 の深さとガス生成部 20 の深さとの合計がセル本体 10 d の厚さを超えている。これにより、マイクロチャネル 18 を通じて、ガス生成部 20 と光学チャンバ 14 とが連通している。例えば、第 1 面 10 p 側から深掘り反応性イオンエッチングによってガス生成部 20 を形成する。第 2 面 10 q 側から深掘り反応性イオンエッチングによって光学チャンバ 14、滴下口 16 及びマイクロチャネル 18 を形成する。これにより、セル本体 10 d が得られる。

[0065] 図 12 A は、変形例 5 に係る金属ガス封入セル 110 の平面図（上面図）である。図 12 B は、変形例 5 に係る金属ガス封入セル 110 の底面図である。図 12 C は、変形例 5 に係る金属ガス封入セル 110 の断面図である。金属ガス封入セル 110 において、セル本体 10 e は、第 1 面 10 p 及び第 2 面 10 q の両面に開口したマイクロチャネル 18 を有する。つまり、本変形例において、マイクロチャネル 18 は、貫通孔である。光学チャンバ 14、滴下口 16 及びマイクロチャネル 18 が貫通孔であるとき、セル本体 10 e の製造が容易である。

[0066] 図 13 A は、変形例 6 に係る金属ガス封入セル 112 の平面図（上面図）である。図 13 B は、変形例 6 に係る金属ガス封入セル 112 の底面図である。図 13 C は、変形例 6 に係る金属ガス封入セル 112 の断面図である。金属ガス封入セル 112 において、セル本体 10 f は、第 1 面 10 p に開口したマイクロチャネル 18 を有する。マイクロチャネル 18 の深さは、例え

ば、 $10\ \mu\text{m}$ 以下である。マイクロチャンネル18は、深さよりも十分に広い幅を有する。本変形例において、マイクロチャンネル18は、幅広の浅い溝である。

[0067] このように、ガス生成部20と光学チャンバ14とを連通するものである限り、マイクロチャンネル18の配置及び形状は特に限定されない。また、マイクロチャンネルは、第1ガラス板11に設けられていてもよいし、セル本体と第1ガラス板11との両方にマイクロチャンネルが設けられていてもよい。

[0068] 図14は、変形例7に係る金属ガス封入セル114の平面図である。金属ガス封入セル114において、セル本体10gは、滴下口16とガス生成部20との間に位置して両者を連通させる接合部44を有する。接合部44は、例えば、第1面10pに開口した溝を含む。セル本体10gに示すように、滴下口16とガス生成部20とが接合部44を介して間接的に連通していてもよい。

[0069] 図15は、変形例8に係る金属ガス封入セル116の平面図である。金属ガス封入セル116において、セル本体10hのマイクロチャンネル18は、滴下口16を介して、光学チャンバ14とガス生成部20とを連通している。マイクロチャンネル18としての溝の幅及び深さを適切に定めることによって、原料溶液34aが滴下口16から光学チャンバ14に直接侵入することを阻止しつつ、金属ガス及び緩衝ガスを光学チャンバ14に送ることが可能である。

[0070] 図16は、変形例9に係る金属ガス封入セル118の平面図である。金属ガス封入セル118において、セル本体10iは、マイクロチャンネル18とガス生成部20との間に位置する追加のチャンバ48を有する。追加のチャンバ48は、例えば、貫通孔であり、ガス生成部20から漏れた液体又は固体の $\text{CsN}_3$ がマイクロチャンネル18を経て光学チャンバ14に侵入することを阻止する役割を担う。滴下口16とガス生成部20とが接合部44を介して連通している。本変形例のように、光学チャンバ14がガス生成部20によって包囲されていなくてもよい。

[0071] 図17は、変形例10に係る金属ガス封入セル120の平面図である。金属ガス封入セル120において、セル本体10jは、有底孔で構成された光学チャンバ141を有する。光学チャンバ141としての有底孔の底部には光を反射させる傾斜部141pが設けられている。傾斜部141pの表面は鏡面である。あるいは、傾斜部141pの表面に光の反射率を高めるための金属膜が設けられていてもよい。光は、第1ガラス板11を透過して光学チャンバ141に進み、傾斜部141pで反射を繰り返し、再び第1ガラス板11を透過して金属ガス封入セル120の外部へと進む。

[0072] 図18は、変形例11に係る金属ガス封入セル122の断面図である。金属ガス封入セル122は、セル本体10k、第1ガラス板51及び第2ガラス板12を備えている。第1ガラス板51は、光学チャンバ14を有する。光学チャンバ14に金属ガスが封入されている。第1ガラス板51の光学チャンバ14は、マイクロチャネル18を介してガス生成部20に連通している。光学チャンバ14の深さは、金属ガス封入セル122の厚さ方向に垂直な面内方向に照射されたレーザ光が光学チャンバ14を通過しうるように調整されている。第1ガラス板51は、直方体、円柱などの形状を有するガラスキューブであってもよい。

[0073] 金属ガス封入セル122の厚さ方向をZ方向と定義したとき、第1面10p及び第2面10qに平行な面がX-Y平面である。X-Y平面におけるX軸方向及びY軸方向の両方向にレーザ光を照射することによって、金属ガス封入セル122を光ポンピング方式による原子磁気センサに適用することも可能である。

[0074] 図19は、変形例12に係る金属ガス封入セル124の断面図である。金属ガス封入セル124も光学チャンバ14を有する第1ガラス板61を備えている。第1ガラス板61は、ドーム状の凸部61aを有する。ドーム状の凸部61aによって、光学チャンバ14として機能する空間が確保されている。

[0075] 図18及び図19から理解できるように、本明細書において「ガラス板」

は、必ずしもセル本体よりも薄いガラス板に限定されない。また、ガラス板が光学チャンバのための凸部又は凹部を有していてもよい。

[0076] 図20は、変形例13に係る金属ガス封入セル126の断面図である。金属ガス封入セル126は、セル本体10m、第1ガラス板11及び第2ガラス板52を備えている。第2ガラス板52は、光学チャンバ14を有する。

[0077] 図1、図19及び図20から理解できるように、光学チャンバ14の位置は特に限定されない。光学チャンバ14は、セル本体、第1ガラス板及び第2ガラス板から選ばれる少なくとも1つに設けられていてもよい。例えば、光学チャンバ14の一部が第1ガラス板に設けられ、光学チャンバ14の残部がセル本体に設けられていてもよい。ただし、光学チャンバ14がセル本体10に設けられている場合(図1)、金属ガス封入セル100の薄肉化が容易である。ガラス板を加工する手間も省略できる。

[0078] 図21Aは、変形例14に係る金属ガス封入セル128のA-A'線に沿った断面図である。図21Bは、変形例14に係る金属ガス封入セル128の平面図(上面図)である。金属ガス封入セル128は、セル本体10n、第1ガラス板11及び第2ガラス板62を備えている。第2ガラス板62は、光学チャンバ14を有する。第1面10p及び第2面10qに平行な面内方向において光学チャンバ14と滴下口16とが重なり合っている。本変形例では、第2面10qにおいて光学チャンバ14と滴下口16とが重なり合っている。金属ガス封入セル128を平面視したとき、光学チャンバ14の内側に滴下口16が収まっている。セル本体10nにはマイクロチャネルが設けられていない。滴下口16がガス生成部20から光学チャンバ14への経路を兼ねている。このような構造によれば、マイクロチャネルを省略することができる。

[0079] 金属ガス封入セル128の製造方法は、図4A及び図4Bを参照して説明した通りである。すなわち、セル本体10nの第1面10pに第1ガラス板11を貼り合わせ、滴下口16に金属ガスの原料溶液34aを注入して原料溶液34aをガス生成部20に導入する。原料溶液34aに含まれた溶媒を

蒸発させ、金属ガスの固体原料34bをガス生成部20に析出させる。セル本体10nの第2面10qに第2ガラス板62を貼り合わせる。固体原料34bから金属ガスを生成させ、光学チャンバ14に金属ガスを導入する。

[0080] 図22Aは、変形例15に係るセル本体10sの断面図である。図22Bは、変形例15に係るセル本体10sの平面図である。セル本体10sには、滴下口16（図1）が設けられておらず、光学チャンバ14が滴下口を兼ねている。つまり、光学チャンバ14を通じて、金属ガスの原料溶液34aをガス生成部20に導入することも可能である。滴下口が省略されるため、セル本体10sは簡素な構造を有する。図22Aにおける矢印は、原料溶液34aの流れを示している。

[0081] 図23は、変形例16に係る金属ガス封入セル130の断面図である。金属ガス封入セル130は、セル本体10t、第1ガラス板71及び第2ガラス板12を備えている。本変形例では、セル本体10tからマイクロチャンネル18が省略されている代わりに、第1ガラス板71にマイクロチャンネル18が設けられている。ただし、マイクロチャンネル18は、セル本体10tと第1ガラス板71との両方に設けられていてもよい。

[0082] 図24は、別の構造を有するマイクロチャンネル81の平面図である。図24に示す例において、マイクロチャンネル81の幅は一定でない。マイクロチャンネル81は、第1部分18a及び第2部分18bを有する。第1部分18aの幅は、第2部分18bの幅よりも狭い。このような構造によれば、金属ガスの原料溶液34aが光学チャンバ14に侵入することを防止しやすい。マイクロチャンネル81は、複数の第1部分18a及び複数の第2部分18bを有していてもよい。

[0083] マイクロチャンネルの深さは任意である。すなわち、マイクロチャンネルは、互いに異なる深さを有する複数の部分を有していてもよい。例えば、図24に示すマイクロチャンネル81において、第1部分18aの深さが第2部分18bの深さと異なってもよい。

[0084] （第2実施形態）

図25は、本発明の第2実施形態に係る金属ガス封入セル300の斜視図である。金属ガス封入セル300は、セル本体310及びガラス板11を有する。セル本体310は、第1面10p及び第2面10qを有する。第1面10pにガラス板11が貼り合わされている。セル本体310は、光学チャンバ141、滴下口316及びガス生成部20を有する。セル本体310は、貫通孔を有さない。第1面10pにのみガラス板11が貼り合わされている。光学チャンバ141及び滴下口316は、いずれも第1面10pにのみ開口している有底孔である。光学チャンバ141の構造は図17を参照して説明した通りである。滴下口316は、ガス生成部20に連通している。滴下口316を通じてガス生成部20に原料溶液34aを供給することが可能である。本実施形態では、ガス生成部20の一部が滴下口316を兼ねているとも言える。

[0085] 金属ガス封入セル300は、例えば、以下の方法によって製造されうる。

[0086] まず、セル本体310を作製する。貫通孔が無いことを除き、セル本体310の作製方法は、先に説明したセル本体10の作製方法と同じである。次に、滴下口316に金属ガスの原料溶液34aを注入し、原料溶液34aをガス生成部20に導入する。マイクロピペットなどの機器を使ってガス生成部20に原料溶液34aを直接導入してもよい。次に、原料溶液34aに含まれた溶媒を蒸発させ、金属ガスの固体原料34bをガス生成部20に析出させる。次に、セル本体310の第1面10pに陽極接合によってガラス板11を貼り合わせる。ガラス板11の貼り合わせは、真空中又は不活性ガス雰囲気下で行われる。最後に、固体原料34bから金属ガスを生成させ、光学チャンバ141に金属ガスを導入する。

[0087] 図26は、変形例17に係る金属ガス封入セル302の断面図である。金属ガス封入セル302は、セル本体312及びガラス板71を備えている。セル本体312は、ガス生成部20を有する。ガラス板71に光学チャンバ14が設けられている。セル本体312とガラス板71との接合面である第1面10pに平行な面内方向において、光学チャンバ14とガス生成部20

とが重なり合っている。本変形例では、第1面10pにおいて光学チャンバ14とガス生成部20とが重なり合っている。セル本体312にはマイクロチャンネル及び滴下口が設けられていない。本変形例によれば、マイクロチャンネル及び滴下口を省略可能である。また、第2ガラス板も省略可能である。

[0088] (その他)

その他の許容される構造は、例えば、以下の通りである。

[0089] 光学チャンバ14とガス生成部20とがマイクロチャンネル18を介することなく直接連通していてもよい。マイクロチャンネル18は必須ではない。

[0090] 光学チャンバ14、滴下口16、マイクロチャンネル18及びガス生成部20のそれぞれが貫通孔によって形成されていてもよい。この場合、ガス生成部20を構成する溝22の一部が貫通孔に置き換えられる。

## 実施例

[0091] <実施例>

図4A及び図4Bを参照して説明した方法に従って、図1及び図2を参照して説明した金属ガス封入セルを製造した。

[0092] 電子線蒸着装置 (EB1200、キャノンアネルバ社製) を用い、基板としてのシリコン単結晶ウエハの上にエッチングマスクとしてのCr薄膜を形成した。次に、Cr薄膜の上にレジスト (OFPR-800 54cp、東京応化工業社製) をスピコートで塗布し、高速マスクレス露光装置 (D-light DL-1000GS/KCH、ナノシステムソリューションズ社製) を用いて露光を行った。現像液 (SD-1、トクヤマ社製) を用い、開口部を有するレジストパターンを形成した。次に、Cr薄膜をCrエッチング液 (エスクリーンS-24、佐々木化学薬品社製) でエッチングし、レジストと同じパターンをCr薄膜に付与した。その後、レジストを除去した。深掘り反応性イオンエッチング装置 (RIE-800PB-KU、サムコ社製) を用い、基板の深掘りエッチングを行った。反応性イオンエッチングの終了後、基板を洗浄し、エッチングマスクとしてのCr薄膜を除去した。これにより、光学チャンバ、ガス生成部、滴下口及びマイクロチャンネルを有するセル本体を得た。

[0093] ウエハ接合装置（WAP-100、ボンドテック社製）を用い、セル本体の第1面に第1ガラス板を陽極接合によって貼り合わせた。第1ガラス板として、厚さ0.3mmのホウケイ酸ガラスを用いた。陽極接合は、400℃、印加電圧1kVの条件で実施した。次に、第1ガラス板が下側に位置するようにセル本体の姿勢を保ち、4.0μLのCsN<sub>3</sub>水溶液をセル本体の滴下口に注入してガス生成部に浸透させた。CsN<sub>3</sub>水溶液におけるCsN<sub>3</sub>（Sigma-Aldrich社製）の濃度は2.0mg/μLであった。次に、セル本体を80℃のホットプレートの上に置いてCsN<sub>3</sub>水溶液の水を蒸発させた。次に、ウエハ接合装置を用い、10<sup>-5</sup>Paの真空下にて、セル本体の第2面に第2ガラス板を陽極接合によって貼り合わせた。第2ガラス板として、厚さ0.3mmのホウケイ酸ガラスを用いた。陽極接合は、250℃、印加電圧1kVの条件で実施した。貼り合わせの前に、O<sub>2</sub>イオン及びN<sub>2</sub>ラジカルによってセル本体の第2面及び第2ガラス板の表面を活性化させた。最後に、第1ガラス板、セル本体及び第2ガラス板の組を330℃から340℃に加熱してCsN<sub>3</sub>の分解反応を進行させ、CsガスとN<sub>2</sub>ガスを発生させた。このようにして、実施例の金属ガス封入セルを得た。実施例の金属ガス封入セルの平面視での形状は正方形であった。その寸法は8mm×8mm×2.1mmであった。

[0094] [吸光測定]

紫外可視近赤外分光光度計（V-650、日本分光社製）を用い、CsのD2線（852.1nm）付近の波長の光を実施例の金属ガス封入セルに照射して吸光度を測定した。測定は、金属ガス封入セルを室温から80℃まで段階的に加熱しながら行った。結果を図27に示す。なお、CPT共鳴が生じるのはD1線（894.6nm）であるが、ここでは吸光現象の観察によるCs蒸気圧の上昇が観察できれば十分であるため、D2線で測定を行った。

[0095] 図27は、60℃、70℃及び80℃での吸光度のグラフを正規化及びフィッティングすることによって得られたグラフである。図27に示すように、温度の上昇とともにピークが鋭くなっており、金属ガス封入セルの内部のCs蒸気圧の上昇が確認された。

[0096] Cs生成時はCsN<sub>3</sub>の加熱分解の温度である330℃程度に金属ガス封入セルの全体が加熱され、十分な量のCsガスが生成されている。そのため、室温からCs原子時計の駆動温度である80℃程度では、Csガスの蒸気圧は飽和蒸気圧となっている。金属ガス封入セルの温度が室温から80℃に上昇するに従い飽和蒸気圧が上昇することで、Csガスの蒸気圧が上昇し、吸光度も上昇する。

[0097] [断面SEM観察]

実施例の金属ガス封入セルのガス生成部に残留した固体のCsN<sub>3</sub>の状態を確かめるために、金属ガス封入セルの縦断面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した。

[0098] 図28は、実施例の金属ガス封入セルのガス生成部の断面SEM像である。図28に示すように、金属ガス封入セルの完成後もガス生成部には固体原料（実施例ではCsN<sub>3</sub>）が残留していた。固体原料は、ガス生成部をなす溝の底部に多く存在していた。溝の開口部に近い位置において、固体原料は、ピラーの表面にうっすらと付着していた。つまり、固体原料は、大きく分けて、(i) 複数の溝の底部を埋めるように互いに隣り合うピラーにまたがって存在する第1残部と、(ii) ピラーの表面を被覆している第2残部とを含んでいた。

### 産業上の利用可能性

[0099] 本発明の金属ガス封入セルは、原子時計、磁気センサ、慣性センサなどに有用である。

## 請求の範囲

- [請求項1] 第1面、第2面、前記第1面から前記第2面まで延びる貫通孔である滴下口、及び、前記第1面に開口した複数の溝を有するガス生成部を備えたセル本体の前記第1面に第1ガラス板を貼り合わせて、前記ガス生成部及び前記滴下口に蓋をすることと、
- 前記第1ガラス板が前記ガス生成部よりも鉛直方向の下側に位置する状態で前記滴下口に金属ガスの原料溶液を注入し、前記原料溶液を前記ガス生成部に導入することと、
- 前記原料溶液に含まれた溶媒を蒸発させ、前記金属ガスの固体原料を前記ガス生成部に析出させることと、
- 前記セル本体の前記第2面に第2ガラス板を貼り合わせることと、
- を含む、金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項2] 前記ガス生成部が複数のピラーを有する、
- 請求項1に記載の金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項3] 前記セル本体を準備するとき、前記ガス生成部及び前記滴下口を深掘り反応性イオンエッチングによって一括に形成する、
- 請求項1又は2に記載の金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項4] 前記セル本体がシリコン製である、
- 請求項1から3のいずれか1項に記載の金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項5] 前記原料溶液は、金属化合物を含む溶液である、
- 請求項1から4のいずれか1項に記載の金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項6] 前記固体原料から前記金属ガスを生成させ、前記ガス生成部に連通している光学チャンバに前記金属ガスを導入することをさらに含む、
- 請求項1から5のいずれか1項に記載の金属ガス封入セルの製造方法。
- [請求項7] 前記セル本体を250℃以上400℃以下に加熱することによって

前記固体原料から前記金属ガスを生成させる、

請求項6に記載の金属ガス封入セルの製造方法。

[請求項8]

前記セル本体の前記第2面への前記第2ガラス板の貼り合わせは、前記固体原料から前記金属ガスを生成させるときの前記セル本体の加熱温度未満で実施される、

請求項1から7のいずれか1項に記載の金属ガス封入セルの製造方法。

[請求項9]

前記セル本体は、前記第1面及び前記第2面の少なくとも1つに開口している光学チャンバをさらに備えている、

請求項1から8のいずれか1項に記載の金属ガス封入セルの製造方法。

[請求項10]

第1面、第2面、滴下口、及び、ガス生成部を有するセル本体と、前記セル本体の前記第1面に貼り合わされた第1ガラス板と、前記セル本体の前記第2面に貼り合わされた第2ガラス板と、前記セル本体、前記第1ガラス板及び前記第2ガラス板から選ばれる少なくとも1つに設けられ、前記ガス生成部に連通している光学チャンバと、

前記光学チャンバに封入された金属ガスと、  
を備え、

前記ガス生成部は、前記第1面に開口した複数の溝を有し、前記滴下口は、前記第1面から前記第2面まで延びている貫通孔を含み、かつ、前記ガス生成部に連通している、  
金属ガス封入セル。

[請求項11]

前記光学チャンバが前記セル本体に設けられ、前記第1面及び前記第2面の少なくとも1つに開口している、  
請求項10に記載の金属ガス封入セル。

[請求項12]

第1面、滴下口、及び、ガス生成部を有するセル本体と、前記セル本体の前記第1面に貼り合わされたガラス板と、

前記セル本体及び前記ガラス板から選ばれる少なくとも1つに設けられ、前記ガス生成部に連通している光学チャンバと、  
前記光学チャンバに封入された金属ガスと、  
を備え、  
前記ガス生成部は、前記第1面に開口した複数の溝を有し、  
前記滴下口は、前記第1面に開口し、かつ、前記ガス生成部に連通している、  
金属ガス封入セル。

[請求項13] 前記光学チャンバが前記セル本体に設けられ、前記第1面に開口している、  
請求項12に記載の金属ガス封入セル。

[請求項14] 前記ガス生成部に付着した前記金属ガスの固体原料をさらに備えた、  
請求項10から13のいずれか1項に記載の金属ガス封入セル。

[請求項15] 前記ガス生成部が複数のピラーを有し、  
前記固体原料は、前記複数の溝の底部を埋めるように互いに隣り合う前記ピラーにまたがって存在する第1残部と、前記ピラーの表面を被覆している第2残部とを含む、  
請求項14に記載の金属ガス封入セル。

[請求項16] 前記光学チャンバと前記ガス生成部とを連通するマイクロチャネルをさらに備えた、  
請求項10から15のいずれか1項に記載の金属ガス封入セル。

[図1]

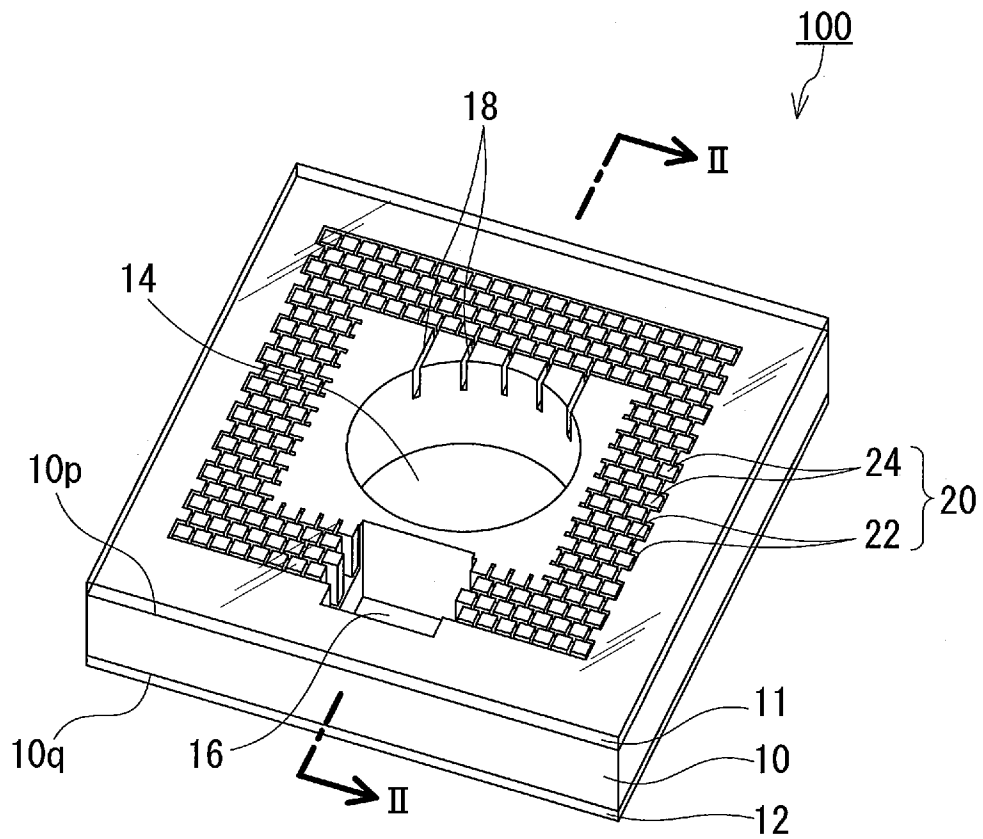


FIG.1

[図2]

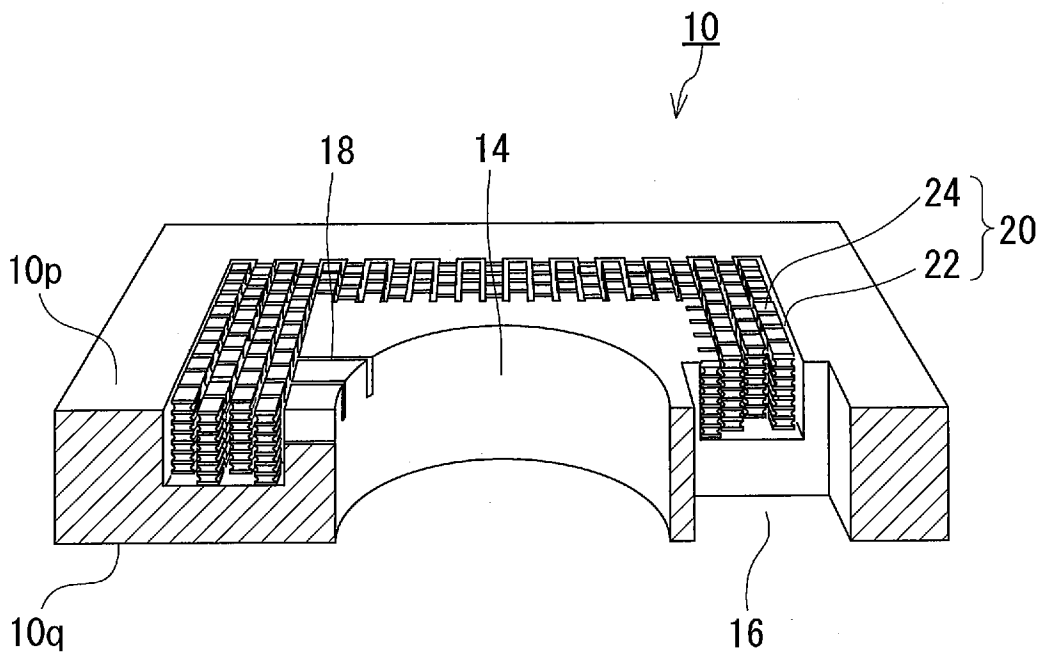


FIG.2

[図3A]

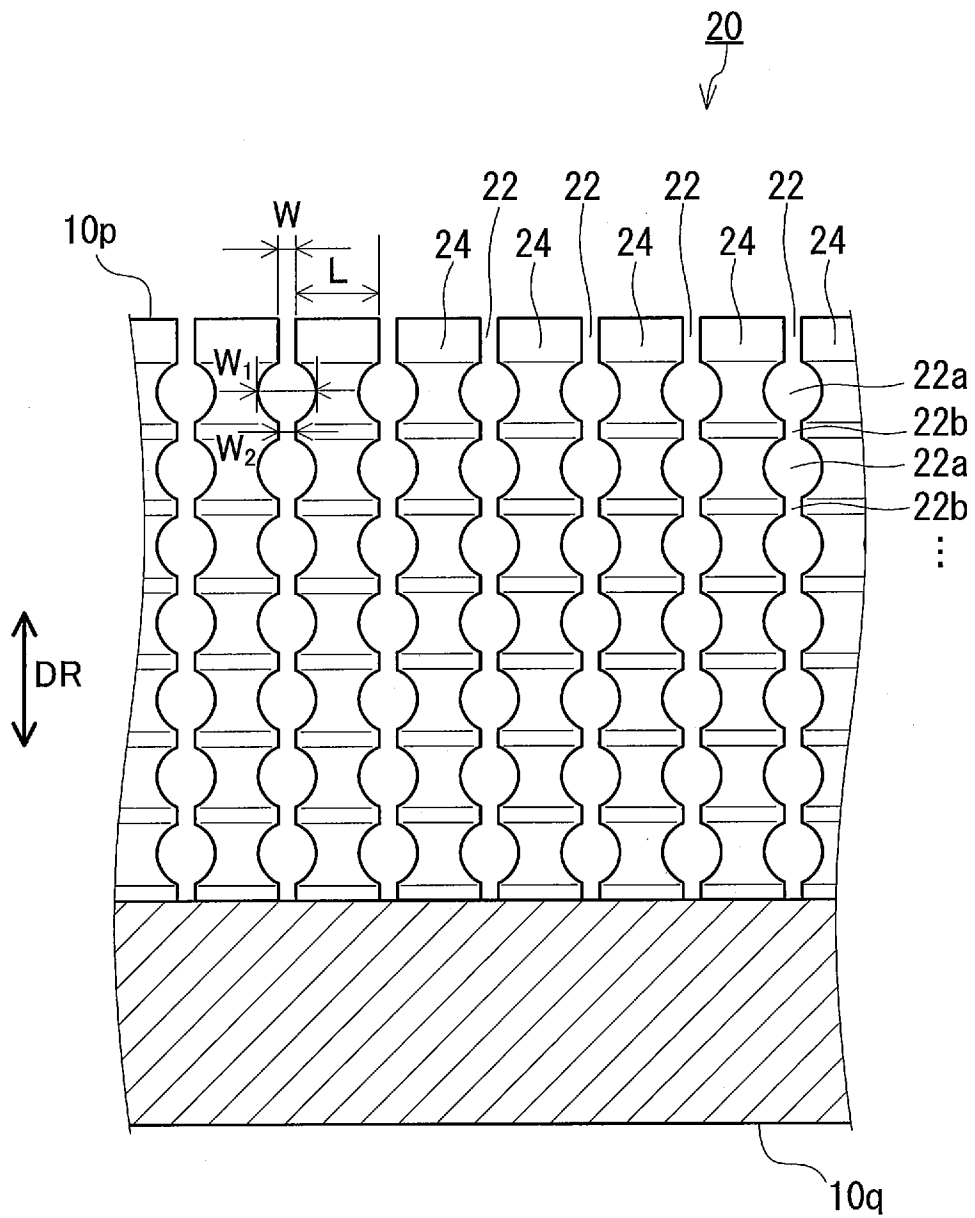


FIG.3A

[図3B]

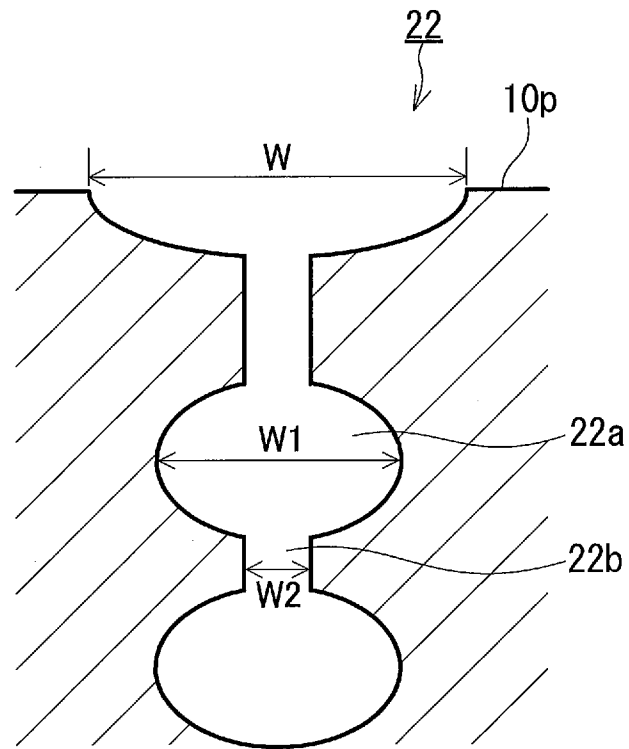
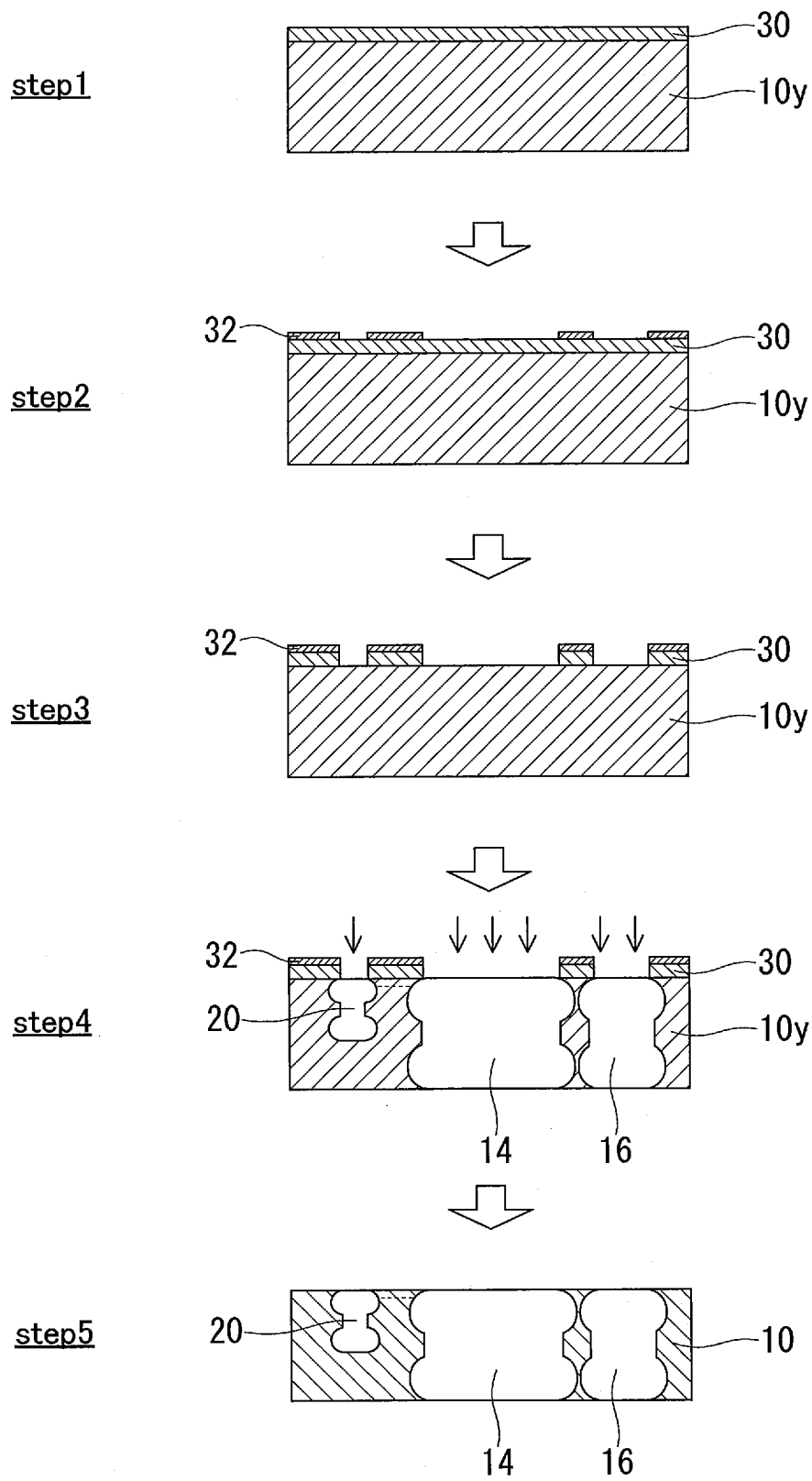


FIG.3B

[FIG.4A]



[図4B]

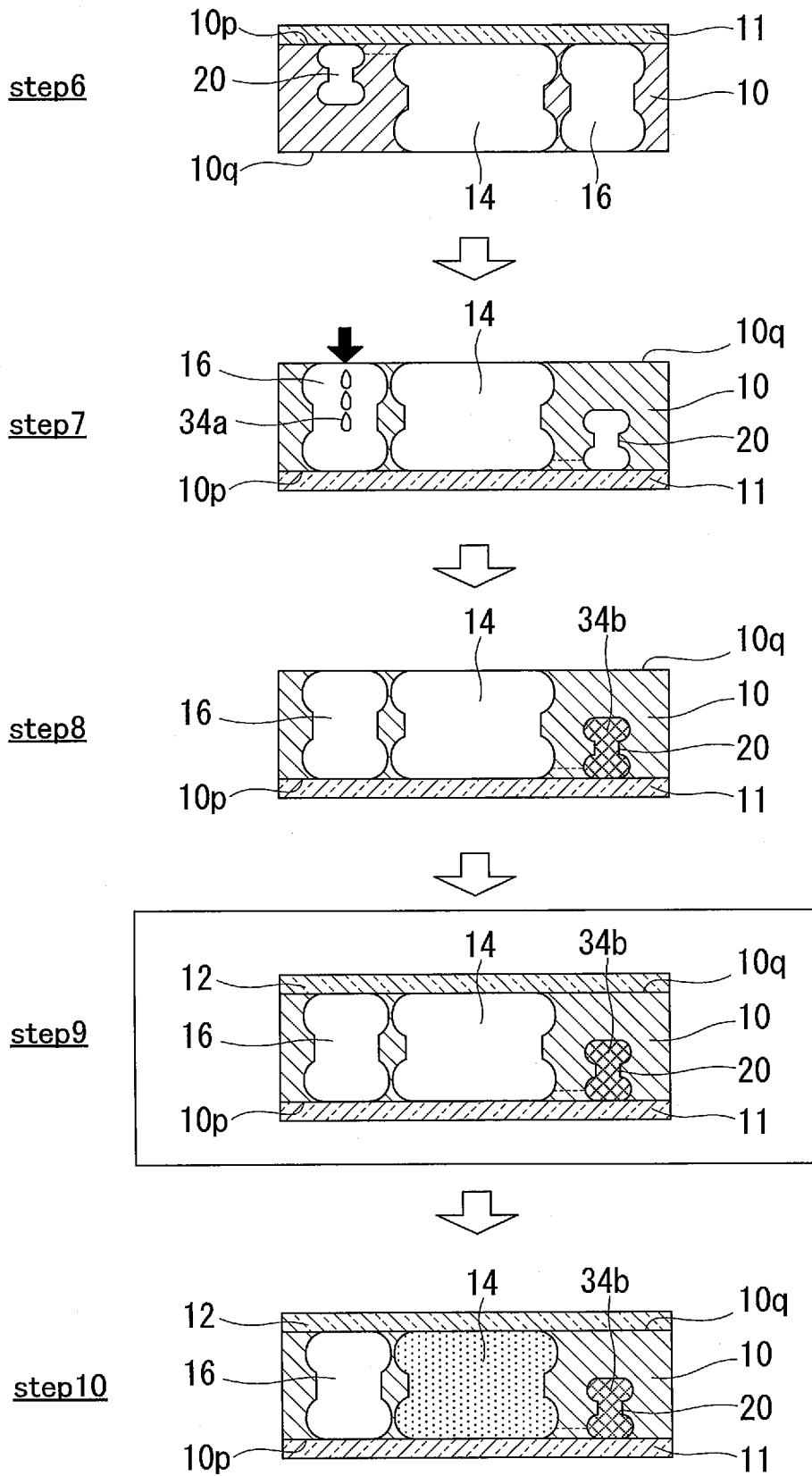
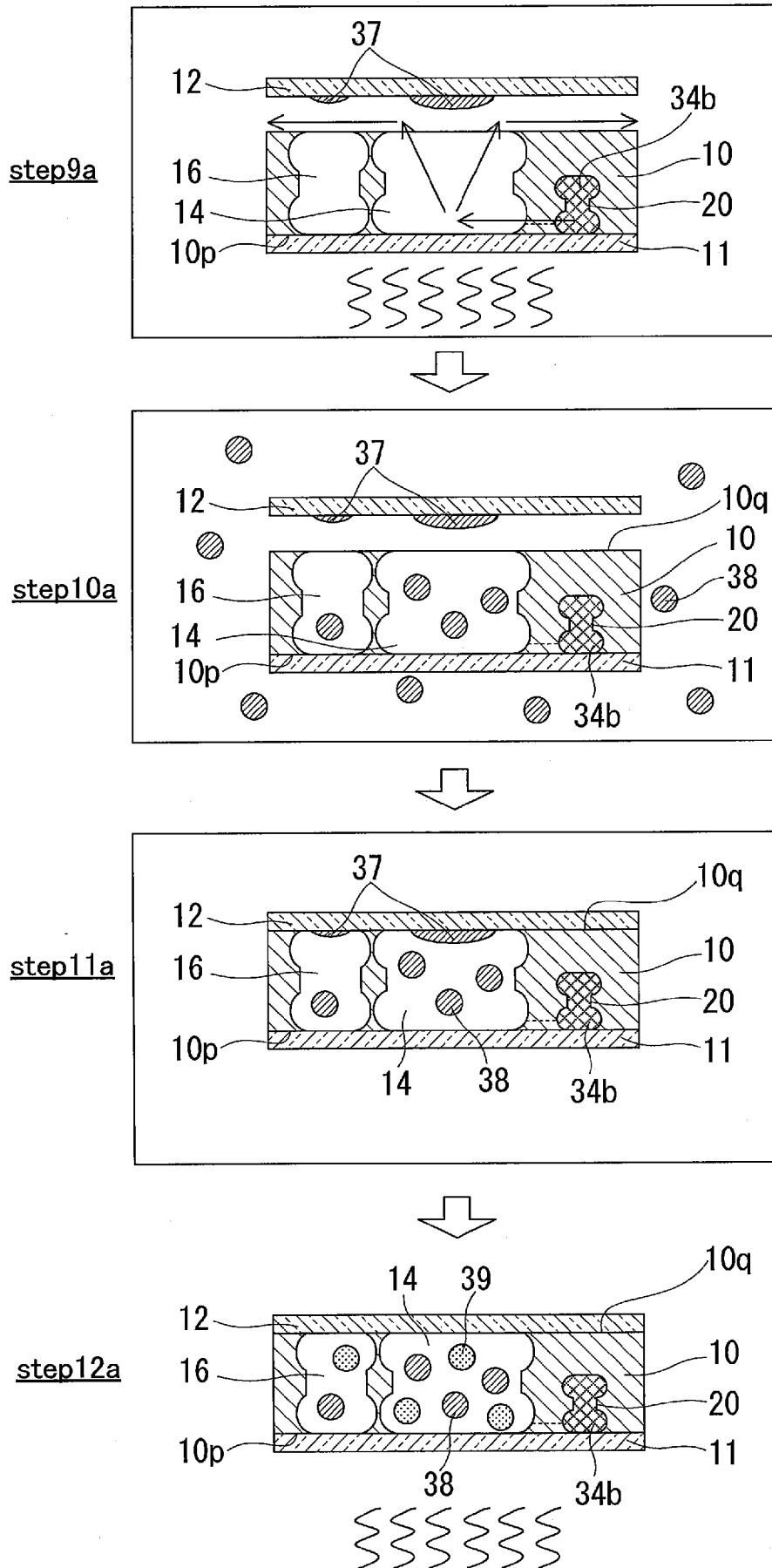


FIG.4B

[図4C]



[図5]

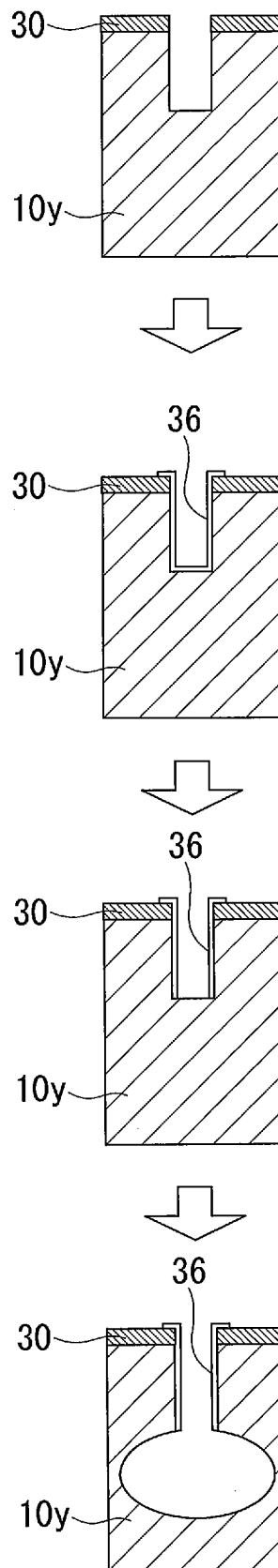


FIG.5

[図6A]

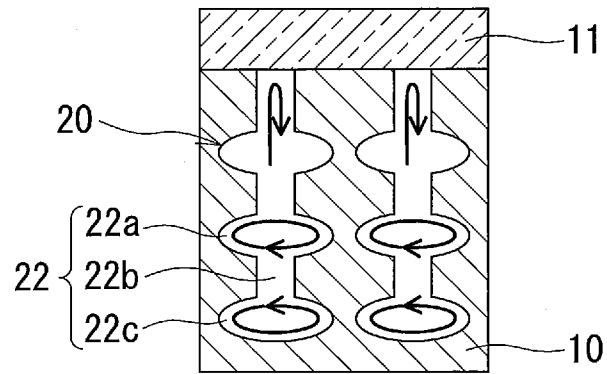


FIG.6A

[図6B]

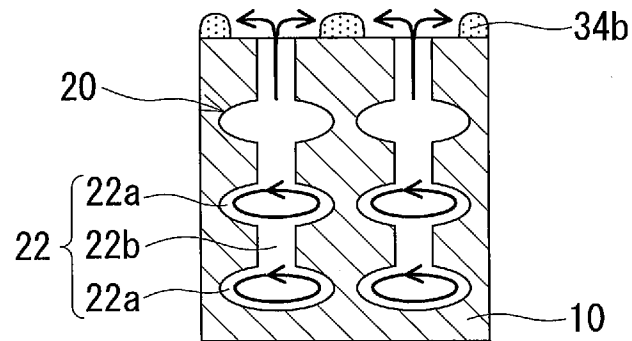


FIG.6B

[図7]

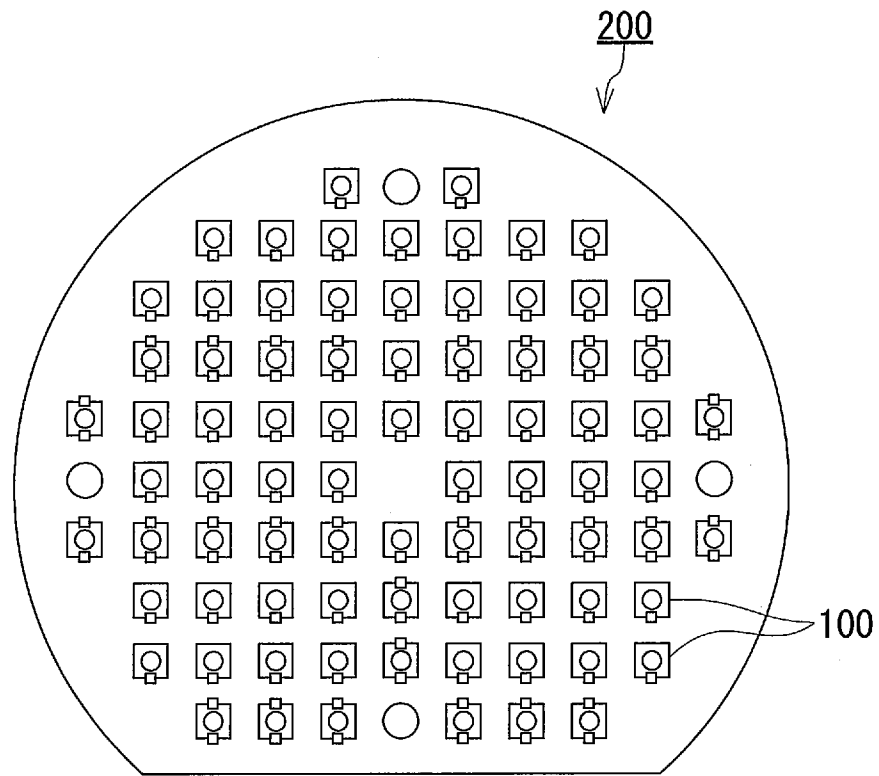


FIG. 7

[図8]

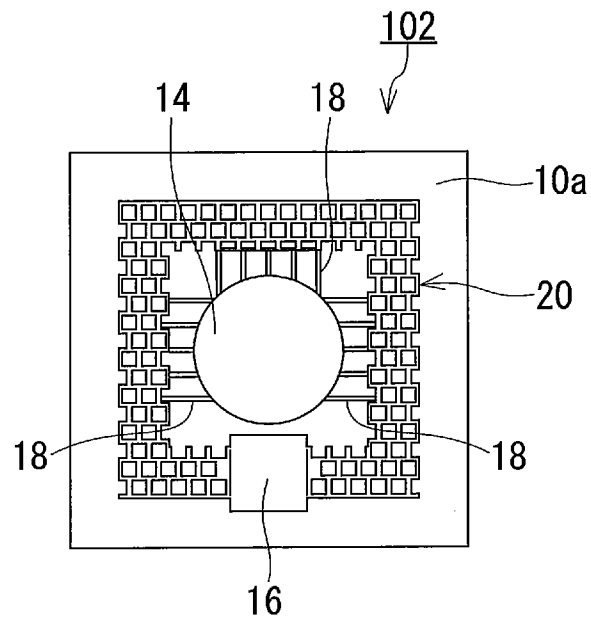


FIG. 8

[図9]

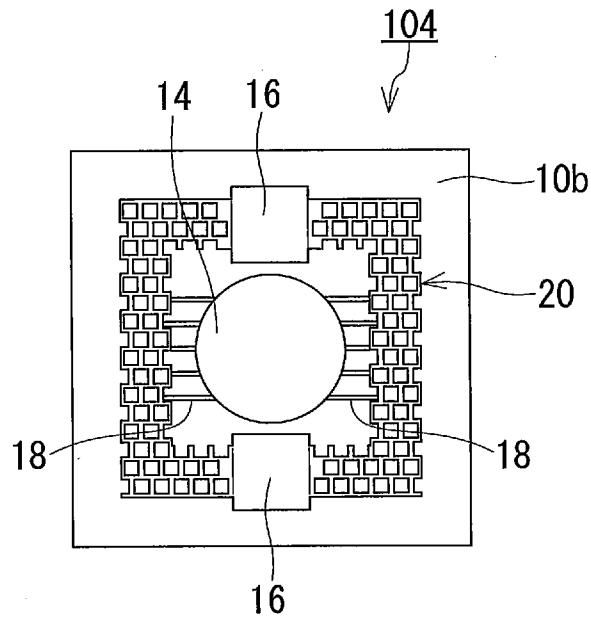


FIG.9

[図10]

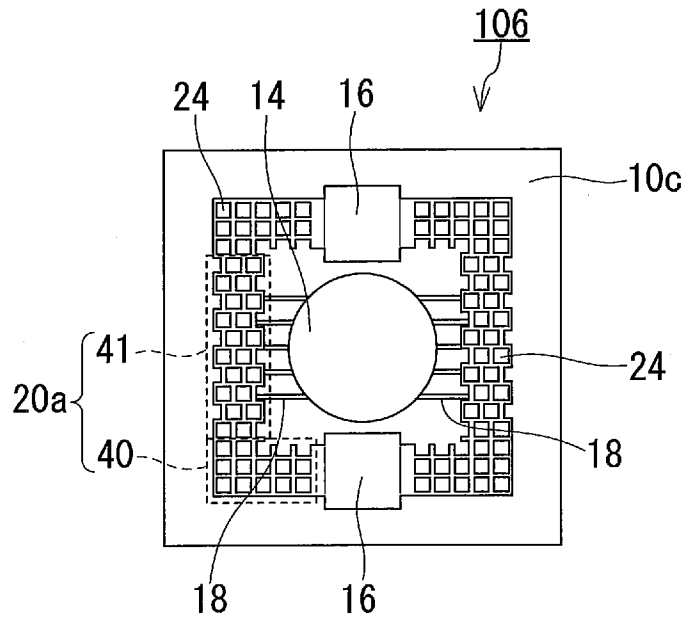


FIG.10

[FIG.11A]

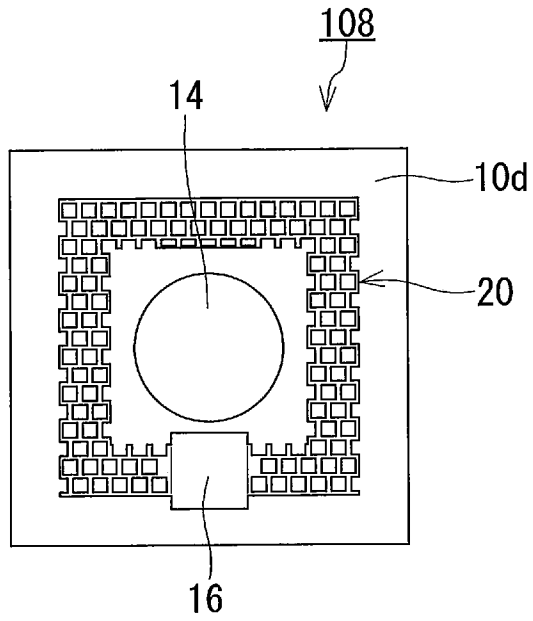


FIG.11A

[FIG.11B]

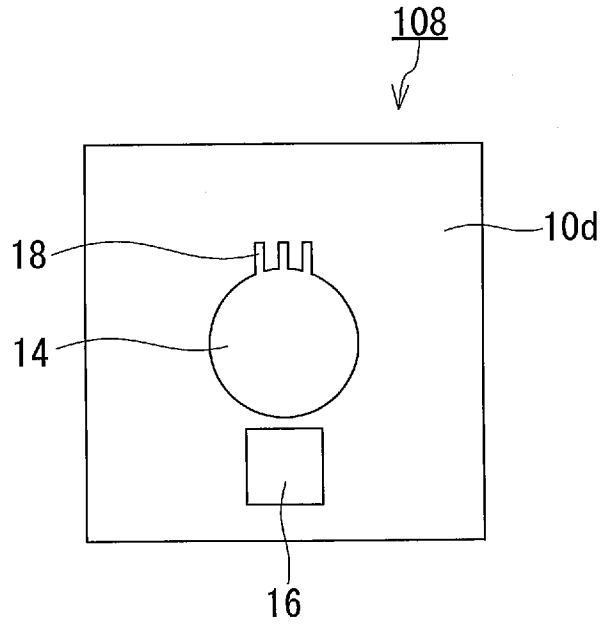


FIG.11B

[図11C]

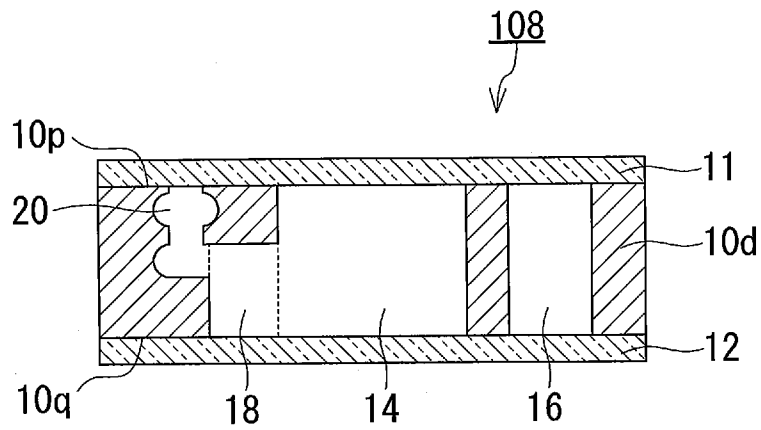


FIG.11C

[図12A]

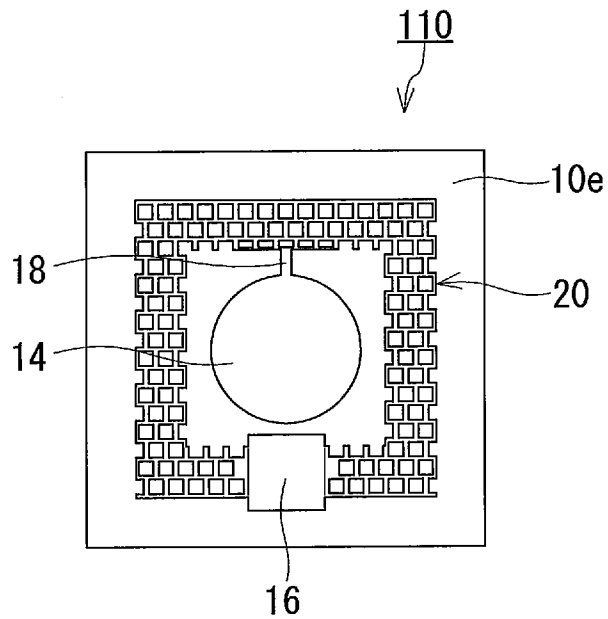


FIG.12A

[図12B]

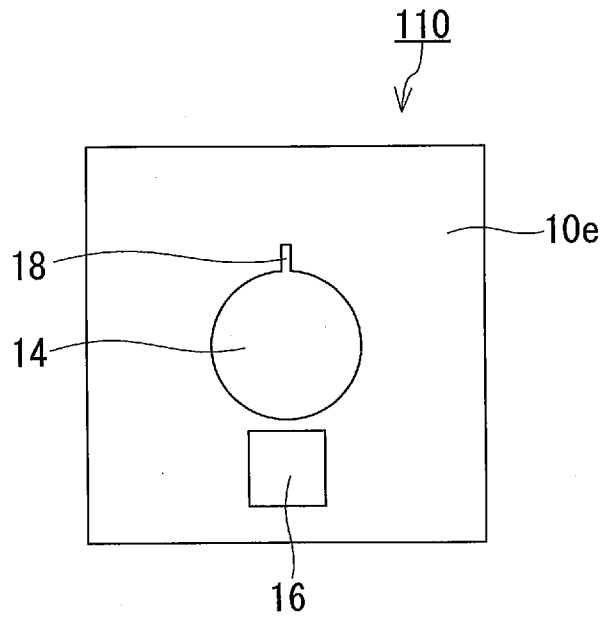


FIG.12B

[図12C]

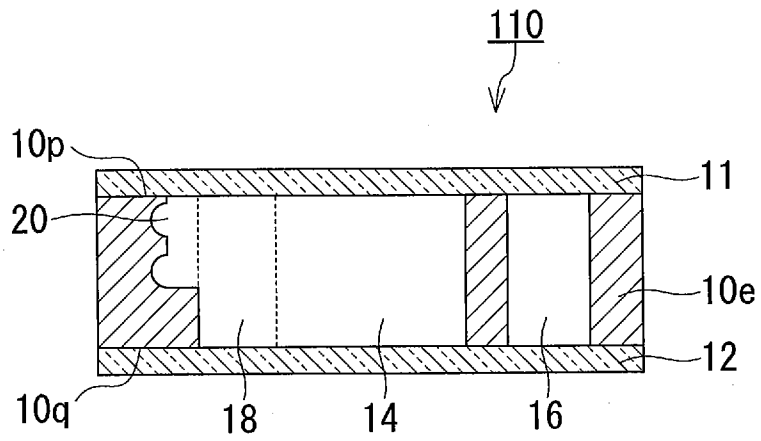



FIG.12C

[ 13A]

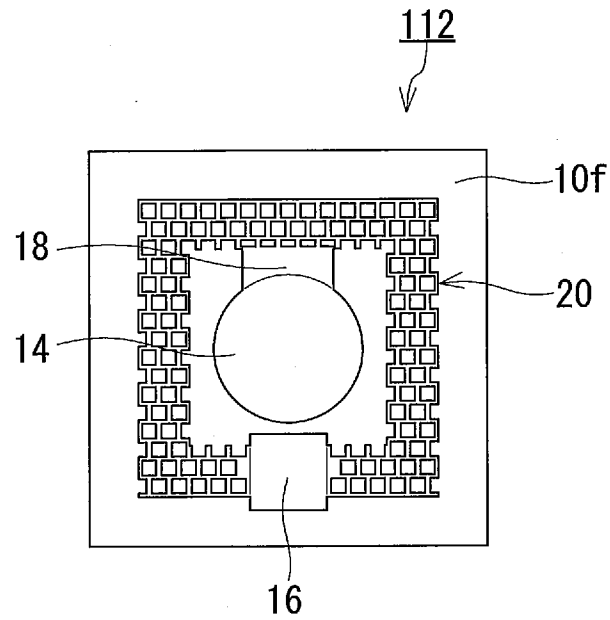



FIG. 13A

[ 13B]

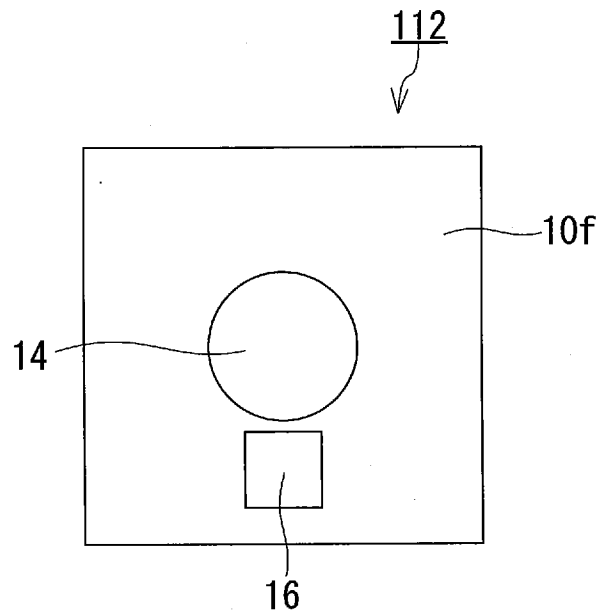


FIG. 13B

[図13C]

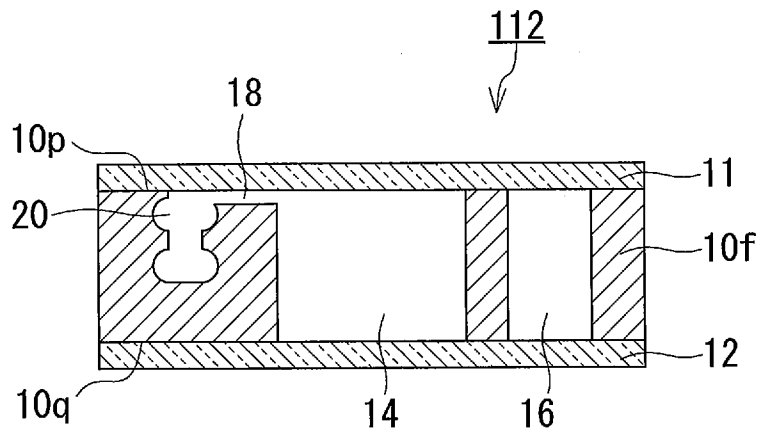


FIG.13C

[図14]

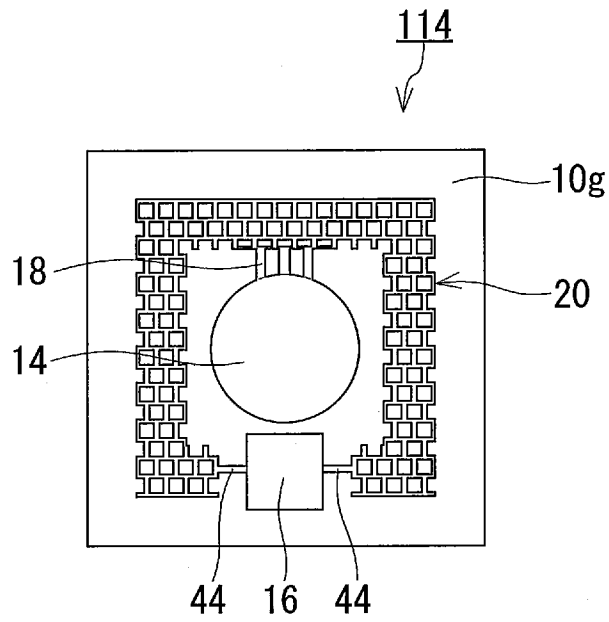


FIG.14

[図15]

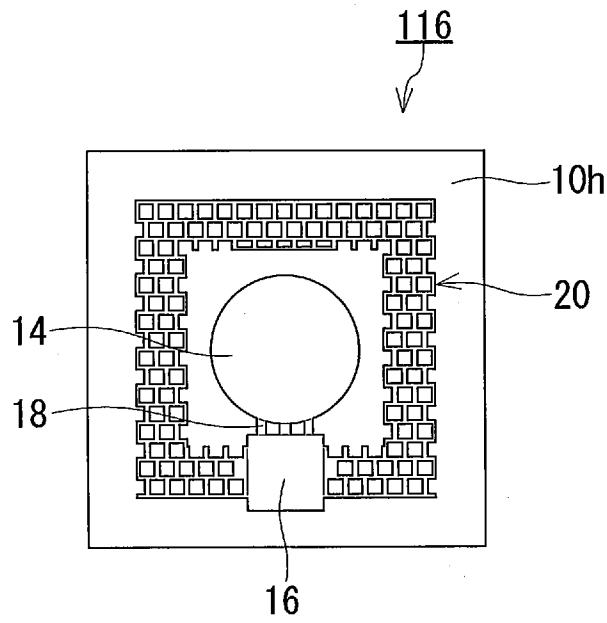


FIG.15

[図16]

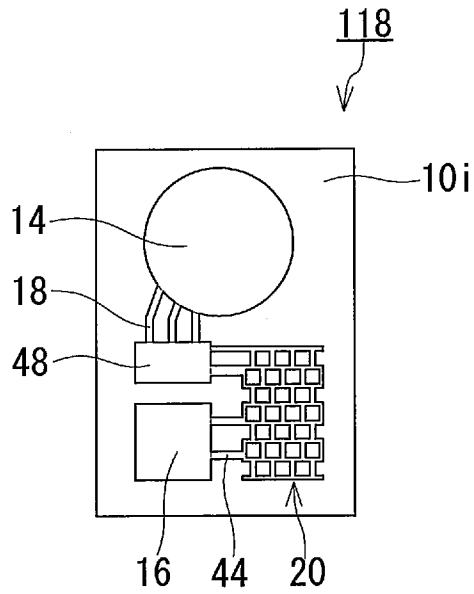


FIG.16

[図17]

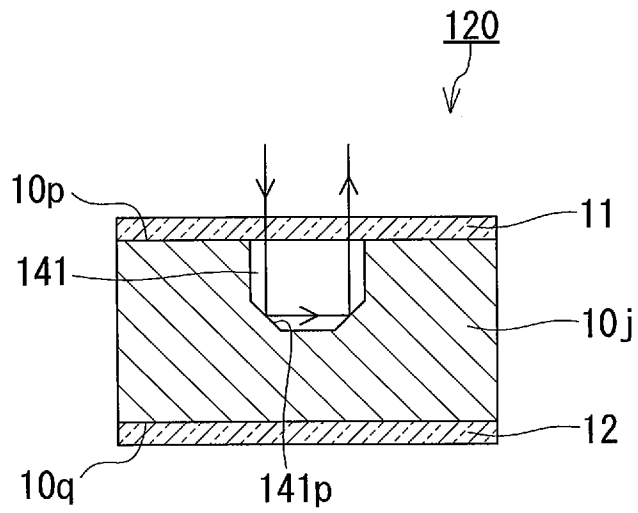


FIG.17

[図18]

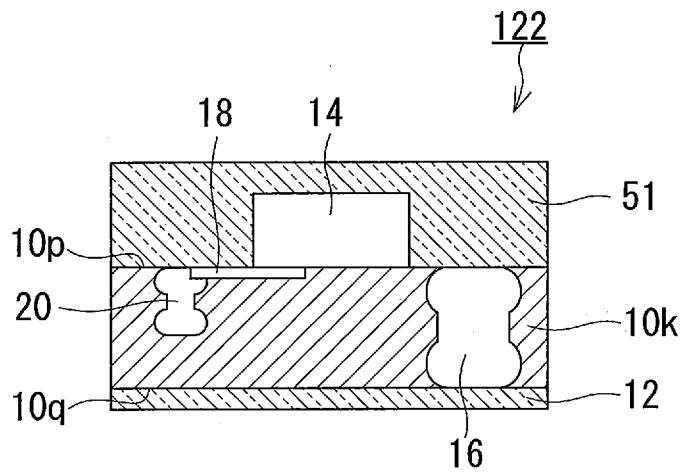


FIG.18

[図19]

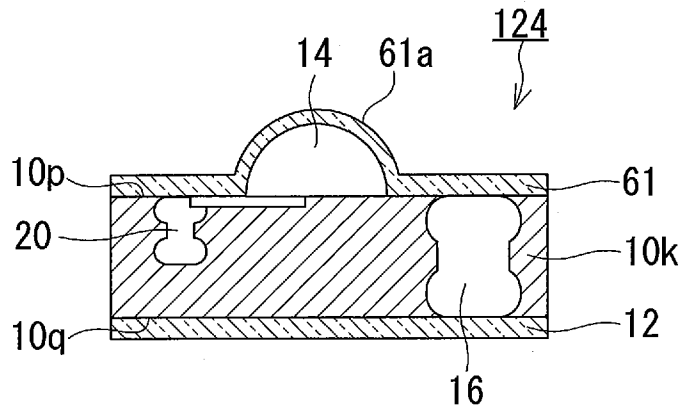


FIG.19

[図20]

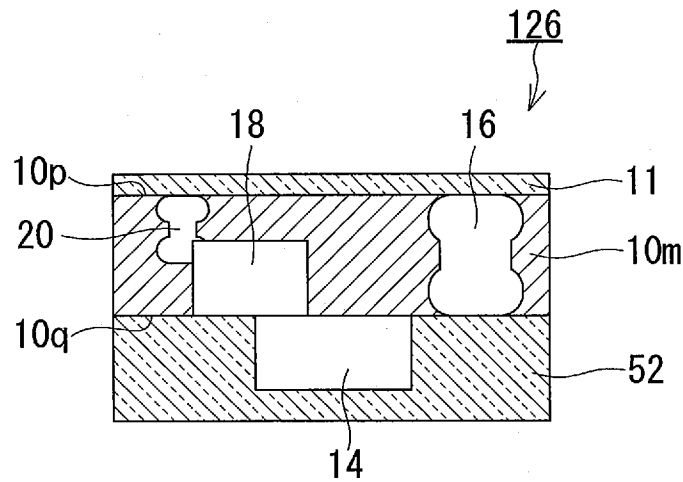


FIG.20

[図21A]

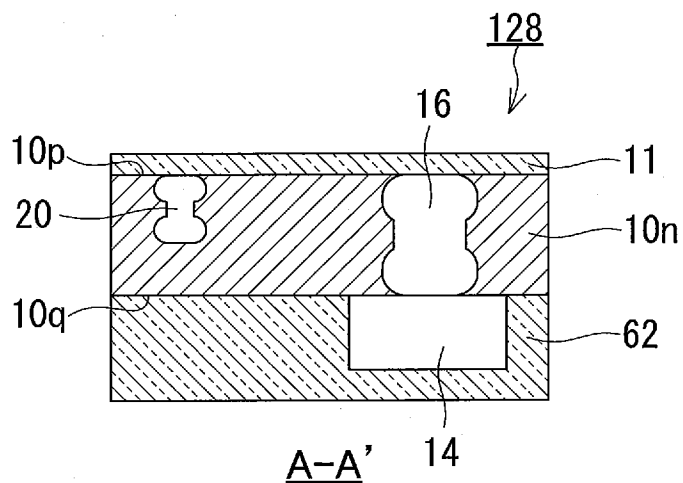


FIG.21A

[FIG. 21B]

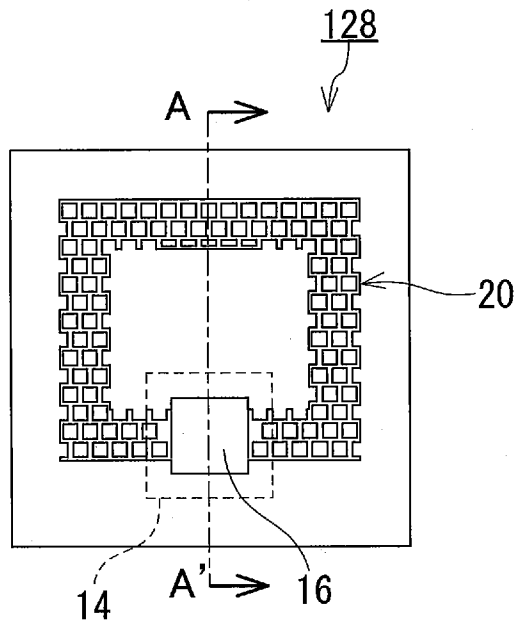


FIG. 21B

[FIG. 22A]

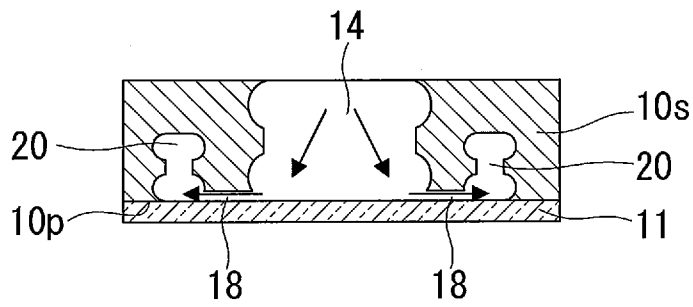


FIG. 22A

[FIG.22B]

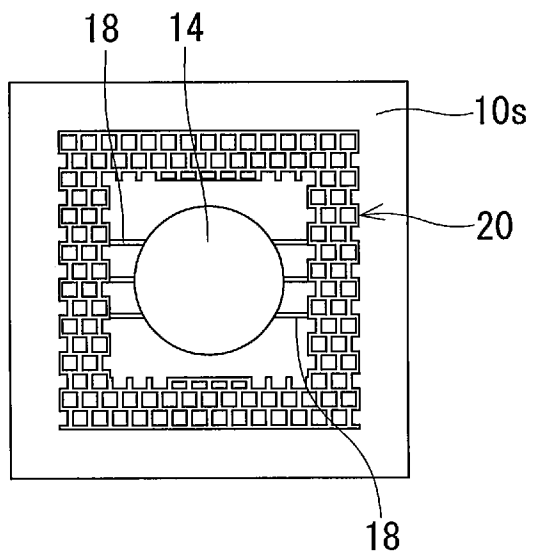


FIG.22B

[FIG.23]

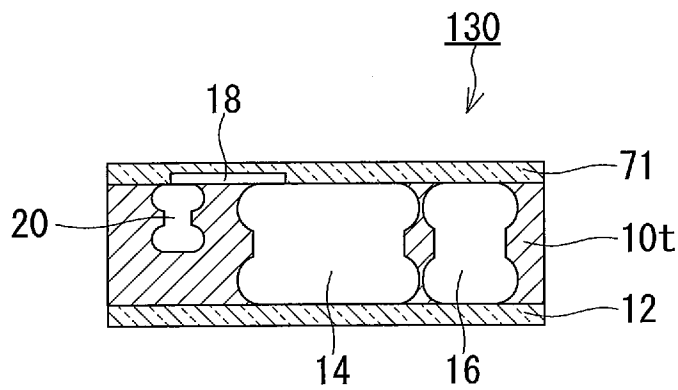


FIG.23

[FIG.24]

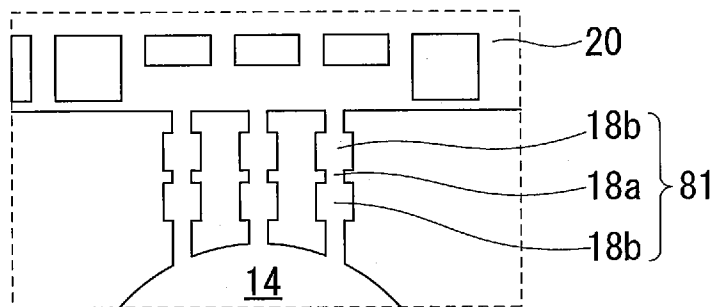


FIG.24

[図25]

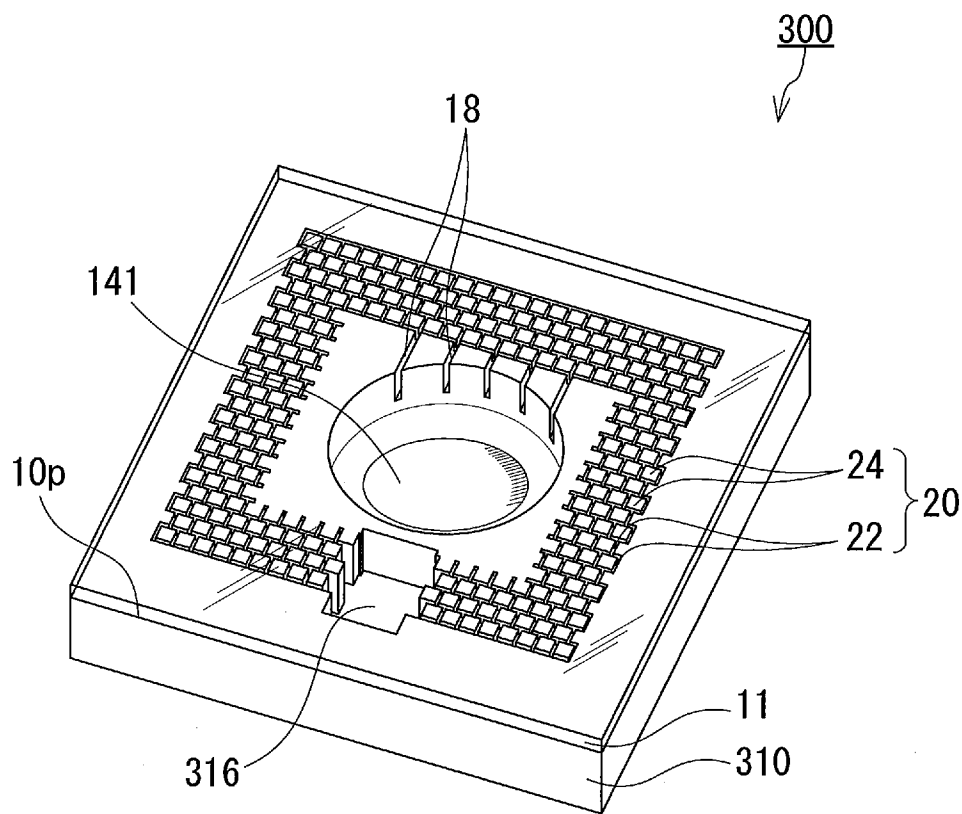


FIG.25

[図26]

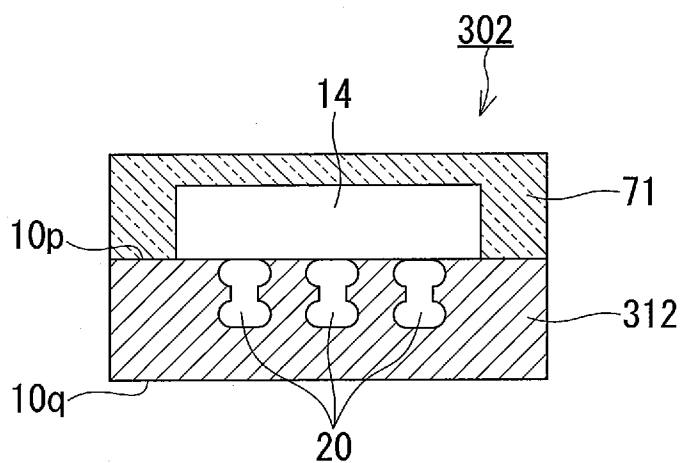


FIG.26

[図27]

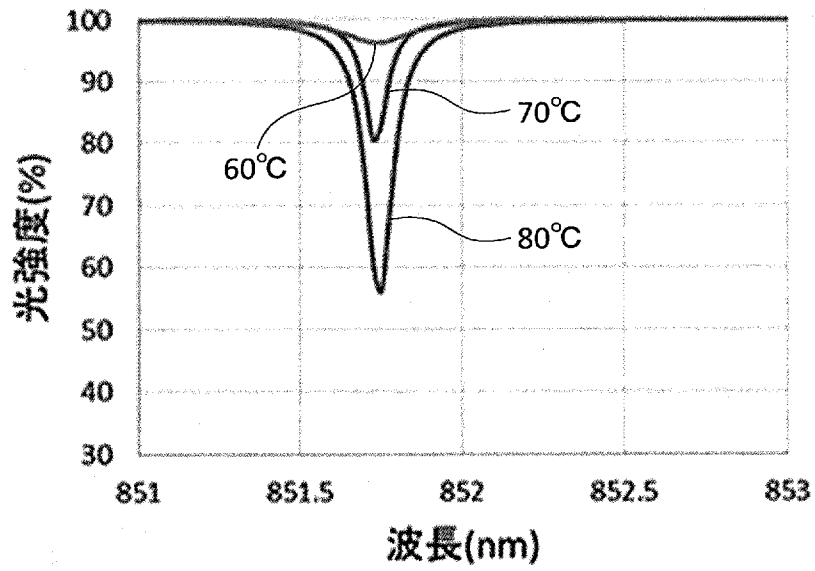


FIG.27

[図28]

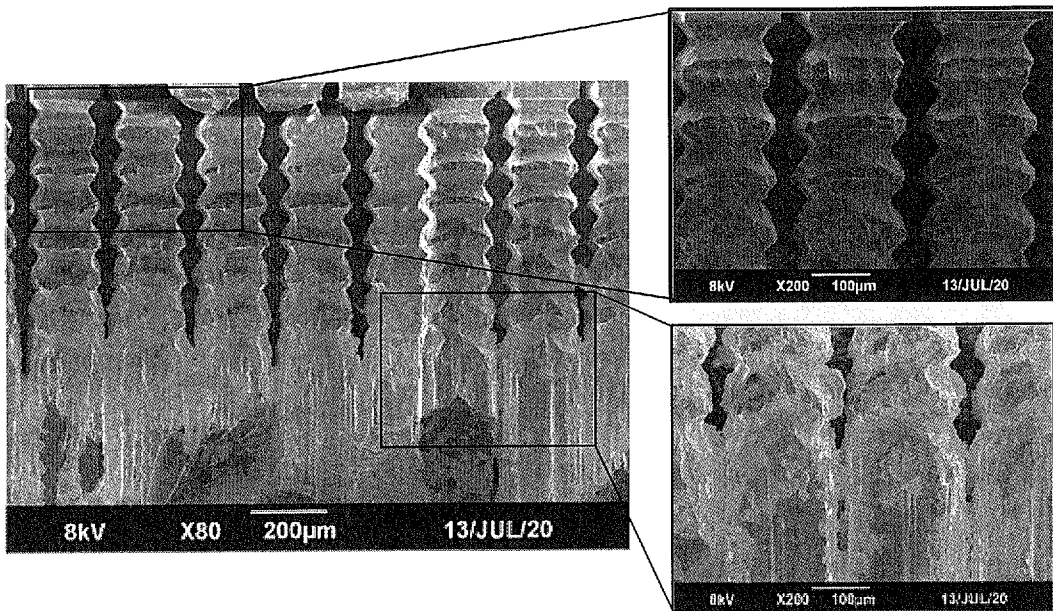


FIG.28

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2021/039690**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01S 1/06</b> (2006.01)i; <b>H03L 7/26</b> (2006.01)i FI: H01S1/06; H03L7/26		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S1/06; H03L7/26		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0027908 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 29 January 2015 (2015-01-29) entire text, all drawings	1-16
A	US 2015/0028866 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 29 January 2015 (2015-01-29) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2015-046535 A (RICOH CO LTD) 12 March 2015 (2015-03-12) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2016-092465 A (SEIKO EPSON CORP) 23 May 2016 (2016-05-23) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2016-207695 A (SEIKO EPSON CORP) 08 December 2016 (2016-12-08) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2018-163910 A (SEIKO EPSON CORP) 18 October 2018 (2018-10-18) entire text, all drawings	1-16
<input 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 <b>06 January 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 January 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/039690**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2015/0027908	A1	29 January 2015	CN	104345032	A	
US	2015/0028866	A1	29 January 2015	CN	104345634	A	
JP	2015-046535	A	12 March 2015	(Family: none)			
JP	2016-092465	A	23 May 2016	(Family: none)			
JP	2016-207695	A	08 December 2016	US	2016/0308543	A1	
				entire text, all drawings			
				CN	106059580	A	
JP	2018-163910	A	18 October 2018	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 1/06(2006.01)i; H03L 7/26(2006.01)i FI: H01S1/06; H03L7/26		
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）） H01S1/06; H03L7/26 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	US 2015/0027908 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 29.01.2015 (2015-01-29) 全文, 全図	1-16
A	US 2015/0028866 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 29.01.2015 (2015-01-29) 全文, 全図	1-16
A	JP 2015-046535 A (株式会社リコー) 12.03.2015 (2015-03-12) 全文, 全図	1-16
A	JP 2016-092465 A (セイコーエプソン株式会社) 23.05.2016 (2016-05-23) 全文, 全図	1-16
A	JP 2016-207695 A (セイコーエプソン株式会社) 08.12.2016 (2016-12-08) 全文, 全図	1-16
A	JP 2018-163910 A (セイコーエプソン株式会社) 18.10.2018 (2018-10-18) 全文, 全図	1-16
<input 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 06.01.2022	国際調査報告の発送日 18.01.2022	
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） 大西 孝宣 2K 6006 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	

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/JP2021/039690

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2015/0027908 A1	29.01.2015	CN 104345032 A	
US 2015/0028866 A1	29.01.2015	CN 104345634 A	
JP 2015-046535 A	12.03.2015	(ファミリーなし)	
JP 2016-092465 A	23.05.2016	(ファミリーなし)	
JP 2016-207695 A	08.12.2016	US 2016/0308543 A1 全文,全図	
		CN 106059580 A	
JP 2018-163910 A	18.10.2018	(ファミリーなし)	