

(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
2012年2月9日(09.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/017504 A1

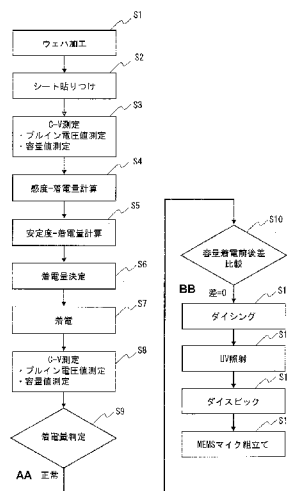
- (51) 国際特許分類:
H04R 29/00 (2006.01) H04R 19/04 (2006.01)
H01L 29/84 (2006.01) H04R 31/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/006410
- (22) 国際出願日: 2010年10月29日(29.10.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-178082 2010年8月6日(06.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小倉 洋(OGURA, Hiroshi). 金原 太郎(KINBARA, Taro). 竹内 祐介(TAKEUCHI, Yusuke).
- (74) 代理人: 中島 司朗. 外(NAKAJIMA, Shiro et al.); 〒5310072 大阪府大阪市北区豊崎三丁目2番1号淀川5番館6F 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: MANUFACTURING METHOD FOR MICROPHONE

(54) 発明の名称: マイクロホンの製造方法

[図3]



S1 WAFER PROCESSING
S2 SHEET ATTACHMENT
S3, S8 C-V MEASUREMENT
S3, S8 PULL-IN VOLTAGE VALUE MEASUREMENT
S3, S8 CAPACITY VALUE MEASUREMENT
S4 SENSITIVITY-CHARGE QUANTITY CALCULATION
S5 STABILITY-CHARGE QUANTITY CALCULATION
S6 CHARGE QUANTITY DETERMINATION
S7 CHARGING
S9 ASSESS CHARGE QUANTITY
S10 COMPARISON OF DIFFERENCE OF CAPACITY BEFORE AND AFTER CHARGING
S11 DICING
S12 UV RADIATION
S13 DICE-PICKING
S14 MEMS MICROPHONE ASSEMBLY
AA NORMAL
BB DIFFERENCE=0

(57) Abstract: A microphone has a first electrode, and a second electrode which is formed so as to face the first electrode across a hollow portion, wherein the first electrode is a parallel-plate-type provided with an electret layer. The manufacturing method for a microphone of the present invention contains a first step (S3) for measuring a capacity value and a bias voltage between the first electrode and the second electrode while applying a sweep to the bias voltage to between the first electrode and the second electrode; a second step (S4) for calculating the relationship between the sensitivity of the microphone and the amount of charge to be supplied to the electret layer on the basis of the measurement result measured at the first step; and a third step (S7) for charging the electret layer on the basis of the result calculated at the second step.

(57) 要約: マイクロホンは、第1の電極と、前記第1の電極に中空部を介して対向するように形成された第2の電極とを有し、前記第1の電極はエレクトレット膜を具備する平行平板型である。このマイクロホンの製造方法は、第1の電極と第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、第1の電極と第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程(S3)と、第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの感度とエレクトレット膜への着電量との関係を算出する第2の工程(S4)と、第2の工程で算出された結果に基づいて、エレクトレット膜へ着電する第3の工程(S7)とを含む。

WO 2012/017504 A1



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：マイクロホンの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、平行平板構造における容量変化を検知するマイクロホンの製造方法に関するものであり、特にMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を用いて製作されるマイクロホンの製造方法に適用される。

背景技術

[0002] 近年、MEMS技術を用いた容量検知型マイクロホン（以下、単に「MEMSマイク」と呼ぶ。）が実用化されている。このMEMSマイクは、音圧を受けて変位する可動電極と、当該可動電極に対向して配された固定電極とを内部に有するMEMS素子を備え、MEMS素子内の可動電極が音圧を受けて変位した（つまり、可動電極と固定電極との距離が変化した）際に出力される、可動電極と固定電極との間の容量変化を電圧変化として外部へと出力している。

[0003] 出力電圧をより大きくするために、例えば可動電極と固定電極との間に電圧が供給される。両電極への電圧の供給方法としては、可動電極と固定電極との間でない外部より電圧を供給する方法（例えば特許文献1）や、可動電極と固定電極との間に電荷を蓄積できるエレクトレット膜を配置する方法（例えば特許文献2，3）等がある。

[0004] MEMSマイクの感度は、音圧1[Pa]をマイク（MEMS素子）に与えたときのMEMSマイクからの出力電圧により算出され、例えばマイク出力電圧が10[mV]であれば、そのマイク感度は-40[dB]となる。

[0005] MEMSマイクの感度はマイクの組立状態で音圧を加えることで測定しているため、MEMS素子単体での感度測定ができない。音圧を加えることなく、MEMSマイクの感度を推定する方法としては、MEMS素子の可動電極のスティフネス（可動電極の剛さ、動きにくさを示し、単位は[N/m]である。）と、可動電極と固定電極の距離を求め、これらから感度を推定する方

法がある。

- [0006] ただし可動電極のスティフネスは、直接測定することができない物理量であるため、MEMSマイクの可動電極の共振周波数（単位は[Hz]である。）を測定することで可動電極のスティフネスを算出している。
- [0007] また、容量検知型のMEMSマイクにおいては、可動電極と固定電極間を与える電圧を上げていくとマイク感度が良く（高く）なるものの、電圧を与えすぎると、静電引力の作用により、可動電極が固定電極に吸着してしまい、マイクとして機能しなくなる。
- [0008] 上記のような電極間の吸着現象は、MEMS技術を用いたMEMSマイクに留まらず、例えば従来のエレクトレットコンデンサーマイク（ECM）などの平行平板コンデンサ型マイクにも発生する現象である。
- [0009] 従来の平行平板コンデンサ型マイクにおいては、この電極間の吸着を防ぐため、可動電極と固定電極との間を与える電圧を制限する「安定度」と呼ばれる概念が導入されている（例えば特許文献4）。
- [0010] ただしこの安定度も、可動電極のスティフネスと、可動電極と固定電極間の距離とを計測して算出する必要がある。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特許第4338395号
特許文献2：特許第4264103号
特許文献3：特開2009-164539号公報
特許文献4：特開2001-339796号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、音圧を加えることなくMEMSマイクの感度や安定度を推定するために、可動電極の共振周波数（スティフネス算出のため）や可動電極と固定電極間の距離を測定するのが非常に困難であるという課題がある。

- [0013] つまり、可動電極の共振周波数は、可動電極の上部にある固定電極を除去した後、可動電極の共振周波数をレーザードップラー振動計で測定するか、MEMS素子単体を真空チャンバーに入れて測定した素子のインピーダンスに基づいて算出する必要がある。
- [0014] また、MEMS素子の可動電極と固定電極との間の距離を求めるためには、走査型白色光干渉法や位相シフト干渉法の機能を有する顕微鏡を用いて測定する必要がある。
- [0015] 本発明は、上記を鑑みてなされたものであり、MEMS素子を破壊することなく、あるいは特殊機能を有する顕微鏡を使用することなく、可動電極のスティフネスと、可動電極と固定電極との間の距離を算出し、MEMSマイクの感度と安定度を把握することを目的としている。
- [0016] さらに本発明は、ウェハ状態で各MEMS素子の可動電極のスティフネスと、可動電極と固定電極との間の距離の算出を実施可能であり、かつウェハ状態でMEMSマイクの感度と安定度の算出を可能とし、本手法をMEMSマイク製造工程に組み入れ、可動電極と固定電極とを備える平行平板型のマイクを高品質で製造することができるマイクロホンの製造方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0017] 本発明に係るマイクロホンの製造方法は、第1の電極と、前記第1の電極に中空部を介して対向するように形成された第2の電極とを有し、前記第1の電極はエレクトレット膜を具備する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、前記第1の電極と前記第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程と、前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの感度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第2の工程と、前記第2の工程で算出された結果に基づいて、前記エレクトレット膜へ着電する第3の工程とを含むことを特徴としている。
- [0018] また、第1の電極と、前記第1の電極に中空部を介して対向するように形

成された第2の電極とを有し、前記第1の電極はエレクトレット膜を具備する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、前記第1の電極と前記第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程と、前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの安定度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第2の工程と、前記第2の工程で算出された結果に基づいて、前記エレクトレット膜へ着電する第3の工程とを含むことを特徴としている。

[0019] あるいは、第1の電極と、前記第1の電極の上方に中空部を介して形成された第2の電極とを有する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、前記第1の電極と前記第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程と、前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの感度又は安定度を算出する第2の工程とを含むことを特徴としている。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、マイクロホンを破壊することなく、あるいは特殊機能を有する顕微鏡を使用することなく、第1の電極のスティフネスと、第1の電極と第2の電極との間の距離を算出し、マイクロホンの感度や安定度を把握することができる。

[0021] さらに、ウェハ状態でマイクロホンの第1の電極のスティフネスと、第1の電極と第2の電極との間の距離の算出が可能となり、さらにはウェハ状態でマイクロホンの感度や安定度の算出を可能となる。したがって、本手法をマイクロホンの製造工程に組み入れると、第1の電極と第2の電極とを備える平行平板型のマイクを高品質で製造することができる。

[0022] また、前記第3の工程を行う前に、前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの安定度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第4の工程を更に含み、前記第3の工程は、前記第4の工程

で算出された結果にも基づくことを特徴としている。これによって、マイクロホンの感度と安定度とに基づいた着電量を算出でき、高品質なマイクロホンを製造できる。

[0023] また、前記第 3 の工程の後に、第 1 の電極と第 2 の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第 5 の工程を有し、前記第 5 の工程で測定された測定結果に基づいて、前記エレクトレット膜への着電量を求める第 6 の工程と、前記第 5 の工程で測定された測定結果に基づいて、着電前後の前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値を比較する第 7 の工程とを含むことを特徴としている。これによって、エレクトレット膜に対して所望の着電が行われたかの判断が可能となり、高品質なマイクロホンの製造が可能となる。

[0024] また、前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、前記第 6 の工程又は前記第 7 の工程の結果に基づいてチップを選別する工程を更に有することを特徴としている。これにより、所望の性能を有するマイクロホンのみを得ることが可能となる。

[0025] また、前記第 3 の工程の後、再度、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第 4 の工程と、前記第 3 の工程の着電量と前記 4 の工程の測定結果よりマイクロホンの安定度を算出する第 5 の工程とを含むことを特徴としている。これにより、所望の安定度を有するマイクロホンを得ることができる。

[0026] また、前記第 4 の工程で測定された測定結果に基づいて、前記エレクトレット膜への着電量を求める第 6 の工程と、前記第 4 の工程で測定された測定結果に基づいて、着電前後の前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値を比較する第 7 の工程とを更に含むことを特徴としている。これにより、所望の着電が行われたマイクロホンを得ることができる。

[0027] また、前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されて

おり、前記第 6 の工程及び／又は前記第 7 の工程の結果に基づいてチップを選別する工程を更に有することを特徴としている。これにより、所望の性能を有するマイクロホンを得ることができる。

[0028] また、前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、前記シリコン基板に形成された第 1 のマイクロホンに対して前記第 3 の工程を行っているのと同時に、前記シリコン基板に形成された第 2 のマイクロホンに対して前記第 1 又は前記第 4 の工程を行っていることを特徴としている。これにより、生産効率の高い製造ラインが構築できる。

[0029] また、前記第 1 の工程と前記第 3 の工程は同一の装置を用いて実施されることを特徴としている。これにより、生産効率の高い製造ラインが構築できる。

[0030] また、前記マイクロホンは空孔部を有するシリコン基板を有しており、前記エレクトレット膜は前記中空部に面して形成されていることを特徴としている、あるいは、前記第 1 の電極の上方に第 2 の電極が形成されていることを特徴としている。

[0031] また、前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、前記各工程は、前記シリコン基板をダイシングする前に行われることを特徴としている。これにより、所望の性能を有するチップのみ選別することができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の第 1 の実施の形態における MEMS マイクの構成を示す図。

[図2]本発明の第 1 の実施の形態における MEMS 素子の構成を示す図。

[図3]本発明の第 1 の実施の形態における MEMS マイク製造工程フローを示す図。

[図4]本発明の第 1 の実施の形態における MEMS 素子とウェハの関係を示す図。

[図5]本発明の第 1 の実施の形態における C-V 測定を実施する装置例を示す図。

[図6]本発明の第1の実施の形態におけるC-V測定結果を示す図。

[図7]本発明の第1の実施の形態における着電電圧に対するMEMSマイク良品個数の関係を示す図。

[図8]本発明の第1の実施の形態における着電前後のC-V測定結果を示す図。
。

[図9]本発明の第1の実施の形態におけるウェハ内におけるMEMSマイクの感度分布を示す図。

[図10]本発明の第2の実施の形態に係るMEMSマイクの感度分布を示す図。
。

[図11]本発明の第2の実施の形態におけるMEMSマイク製造工程フローを示す図。

[図12]本発明の第2の実施の形態におけるC-V測定と着電とC-V測定を実施する装置例を示す図。

[図13]本発明の第3の実施の形態におけるMEMSマイク製造工程フローを示す図。

[図14]本発明の第3の実施の形態に係るMEMSマイクの感度分布を示す図。
。

発明を実施するための形態

[0033] 本発明で使用している、材料、数値は好ましい例を例示しているだけであり、この形態に限定されることはない。また、本発明の技術的思想の範囲を逸脱しない範囲で、適宜変更は可能である。また、他の実施の形態との組み合わせは、矛盾が生じない範囲で可能である。

<第1の実施の形態>

以下、本発明の第1の実施の形態について、図1～図9を参照し、詳細に説明する。

1. MEMSマイクの構成

(1) 全体

図1は、本発明の第1の実施の形態におけるMEMSマイクの構成を示す

概略図である。(a)は、MEMSマイクの斜視図であり、金属ケースが開封された状態を示しており、(b)は、金属ケースが封止されたMEMSマイクの断面図である。

[0034] 同図の(a)において、1は金属ケース、2はFR-4などの樹脂基板やセラミックを材料とする基板、3はMEMS技術で製作される容量検知型のMEMS素子(音圧変化を容量変化として検知する)、4は容量検知型のMEMS素子3の容量変化を電流あるいは電圧変化として電気信号に変換するIC部、5はMEMS素子3とIC部4を電氣的に接続する金属ワイヤを表している。

[0035] 基板2には図示していないが、電気信号伝送用の配線が、基板2の表面あるいは内部に形成されており、基板2の底面において、外部の他の基板と電氣的接続および構造体としての接続がなされる。

[0036] なお、MEMS素子3、IC部4等を搭載する基板2を金属ケース1で覆い、電氣的および構造体として接続を実施したものを、MEMSマイク6とする。

(2) MEMS素子

図2は、図1で示したMEMS技術で作成される容量検知型のMEMS素子3の詳細図であり、(a)は断面図、(b)は平面図を示す。

[0037] 同図の(a)において、8はシリコン基板、9はシリコン基板8に設けられた空孔部、10は下部電極(本発明の「第1の電極」に相当する。)、11は電荷を蓄積するエレクトレット膜で、12は音圧を受けて可動する可動電極であり、下部電極10とエレクトレット膜11より構成される。なお、下部電極10も可動電極とすることもある。

[0038] 13は下部電極10と対向して固定された上部電極(本発明の「第2の電極」に相当する。)であり、この上部電極は可動せず固定電極として作用する。14は固定電極13に設けられた音孔である。15a、15b、15cは、絶縁膜であり、MEMS素子3の構造体の一部を構成している。

[0039] 16は、可動電極12と固定電極13との間に設けられた空孔(中空部)

である。下部電極 10 と固定電極 13 とは、中空部 16 を介して平行に配されており、これにより平行平板コンデンサを形成している。空孔内 16 に存在する空気は、音孔 14 を介し、MEMS 素子 3 の外部（MEMS マイク 6 のパッケージ内部空間）の空気と一体となっている。

[0040] 同図の (b) に示す 10a は、下部電極 10 と電氣的に接続する電気パッド、13a は固定電極 13 と電氣的に接続する電気パッドを示しており、図 5 で説明する C-V 測定が、電気パッド 10a、13a にプローブを接続することにより実施される。

2. MEMS 素子の動作説明

MEMS 素子 3 は、図 1 の (b) で示した基板 2 の空孔部 7 に音圧（音）が加わると、可動電極 12 が可動（変位）し、図 2 の (a) に示す可動電極 12 と固定電極 13 との距離 (d_i) が変化する。これにより平行平板コンデンサの容量値 (C) が変化する。

[0041] このコンデンサの容量変化は、金属ワイヤ 5 を介して IC 部 4 に送出され、IC 部 4 において容量変化を例えば電圧変化として電気信号に変換して MEMS マイク 6 から外部へと出力される。このように MEMS 素子 3 は、音圧変化を容量変化に変換するトランスデューサ（音響変換器）として機能する。

[0042] ここで、MEMS 素子 3 の可動電極 12 と固定電極 13 との間（以下、単に「電極間」ともいう。）に電荷 (Q) を蓄えておくと、音圧による可動電極 12 と固定電極 13 との距離 (d_i) の変化を電圧 (V) の変化として出力することが可能となる。

[0043] 可動電極 12 と固定電極 13 との間を、以下、単に「電極間」ともいい、可動電極 12 と固定電極 13 との距離 (d_i) を、以下、単に「電極間距離 (d_i) 」ともいう。

[0044] 電極間に電荷 (Q) を蓄えるために、可動電極 12 に電荷を注入できるエレクトレット膜 11 を形成しておき、エレクトレット膜 11 に電荷を蓄える方法（この方法を、エレクトレット方式と呼ぶ。）を採用している。なお、

本方法以外に、外部電源を用意して電荷を供給する方法（この方法を、チャージポンプ方式とする。）がある。

3. 製造方法

（１）概略

図３は、本実施例におけるMEMSマイクの製造方法である工程フローを示している。

[0045] 本実施の形態に係るMEMSマイク６は、後述のシリコンウェハ（以下、単に「ウェハ」ともいう。）１６を加工する工程Ｓ１、工程Ｓ１で加工されたウェハ１６をシートに貼り付ける工程Ｓ２、後述するプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m を測定する工程Ｓ３、工程Ｓ３で求めたプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m とからMEMS素子３の感度と着電量の関係式を算出する工程Ｓ４、工程Ｓ３で求めたプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m とからMEMS素子３の安定度と着電量の関係式を算出する工程Ｓ５、工程Ｓ４と工程Ｓ５とから算出したMEMS素子３の感度と安定度からエレクトレット膜１１への着電量を決定する工程Ｓ６、エレクトレット膜１１に着電を実施する工程Ｓ７、着電後にプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m を測定する工程Ｓ８、工程Ｓ８で得られたプルイン電圧値 V_{PI} より実際の着電量を求め、工程Ｓ６で設定された着電量と差異がないことを確認する工程Ｓ９、工程Ｓ８で測定された容量値 C_m が、工程Ｓ３で測定された容量値 C_m と差異がないことを確認する工程Ｓ１０、ウェハ１６をダイシングする工程Ｓ１１、紫外線を照射する工程Ｓ１２、MEMS素子３をダイスピックする工程Ｓ１３、MEMSマイク６の組立工程Ｓ１４からなるマイクの製造方法である。

以下に各工程について詳しく説明する。

（２）工程Ｓ１

工程Ｓ１は、ウェハ加工工程である。

[0046] 図４は、MEMS素子３がシリコンウェハ１６に多数存在することを示す図である。

MEMS素子３は、シリコン基板に半導体プロセス技術を用いて複数形成さ

れる。なお、MEMS素子3は、シリコンウェハ16からダイシングされたものを言うが、便宜上、ダイシングされる前のシリコンウェハ中に存する、素子に相当するものもMEMS素子3という。

(3) 工程S2

工程S2は、ウェハ16をシートに貼り付ける工程である。

[0047] 本工程では、張力を有する状態でリングフレームに固定された粘着性シート上に、上記MEMS素子3が多数形成されたシリコンウェハ16が貼り付けられる。ここでは、シリコンウェハ16は、図2の(a)中の8で示すシリコン基板表面のうち振動膜及び固定膜が形成されていない方の面が粘着性シートに接触する状態で貼り付けられる。

[0048] これにより、本工程以降で実施されるプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m とを測定する(この測定を、以下、「C-V測定」ともいう。)工程S3において、プローバーのステージ上にシリコンウェハ16が吸着固定された際に、可動電極12等の破損を防止することができる。

[0049] なお、粘着性シートは、一方面(一主面)のみが粘着性を有するシートであり、例えば紫外光を照射することにより粘着性を低下させることができるようになっている。

(4) 工程S3

工程S3は、各MEMS素子3についてC-V測定を行い、C-V測定結果からMEMS素子3のプルイン電圧値 V_{PI} と、容量値 C_m を決定する工程である。

[0050] 図5は、各MEMS素子3をプローバーでC-V測定を実施する形態を示している。

[0051] 同図において、複数のMEMSマイク素子3が存在しているシリコンウェハ16は、市販のプローバー上に設置され(図示せず)、プローバーの機構により、シリコンウェハ16は、X、Y、Zの3方向に移動可能となっている。

[0052] 17はプローブカードを表しており、プローブカード17内には、C-V

測定を実施する18のユニットが配置されている。ユニット18には、MEMS素子3の中に配置されている電気パッド10aおよび13aに電氣的接続を行うプローブ針19が配置されている。このプローブ針19によって、電気パッド10a、13aを介してMEMS素子3の容量 C_m とプルイン電圧 V_{PI} を測定する。

[0053] 図6は、MEMS素子3の可動電極12につながるパッド（図2（b）の10aである。）と固定電極13につながるパッド（図2（b）の13aである。）間にバイアス電圧（V）を掃引印加しながら、可動電極12と固定電極13間の容量値（C）の測定（C-V測定）を実施したときに現れるグラフを示している。

[0054] 図6に示すグラフにおいて、横軸は掃引印加する電圧（V）で、縦軸は容量（C、単位は[F]である。）である。得られるグラフは、電圧=0[V]を境とし、プラス（+）側の電圧とマイナス（-）側の電圧とが左右対称となっている。

[0055] ここで、電圧=0[V]のときの容量値（C）がMEMS素子3の容量値 C_m である。MEMS素子3の容量値 C_m は測定した容量値（C）の最小値を示すが、プラス（+）側の電圧あるいはマイナス（-）側の電圧の絶対値が大きくなると、容量値（C）も大きくなる。

[0056] これは、可動電極12と固定電極13間のバイアス電圧が大きくなることにより、可動電極12と固定電極13間の静電引力が強まり、可動電極12と固定電極13との電極間距離が縮まるため、可動電極12と固定電極13間の容量値が大きくなることに起因する。

[0057] プルイン電圧（Pull-In Voltage）は、図6中の「 V_{PI-1} 」あるいは「 V_{PI-2} 」と記載した電圧値である。プルイン電圧 V_{PI} は、可動電極12と固定電極13との間に供給するバイアス電圧（V）に対し、電圧を0[V]から掃引印加していったときに得られる容量値（C）が急激に変化する電圧値を指す。容量値（C）が急激に変化する理由は、可動電極12が静電引力により固定電極13への接触を開始するためである。

[0058] 工程 S 3 では、シリコンウェハ 1 6 に存在する複数の MEMS 素子 3 すべてに対し、C-V 測定が実施され、それぞれのプルイン電圧 V_{PI} と容量値 C_m が測定される。

(5) 工程 S 4

工程 S 4 は、プルイン電圧値 V_{PI} と容量値 C_m より、感度と着電量との関係式を求める工程である。

[0059] MEMS マイク 6 の感度は、基準圧力 1 [Pa] を加えたときの出力と定義されていることに対し、本実施例は基準圧力を与えず電氣的測定結果より MEMS マイク 6 の感度を求めている。つまり、本実施例では、電氣的測定結果より算出される値をも感度と定義する。

[0060] MEMS マイク 6 の感度 (V_{out}) は、以下の式を用いて求められる。

[0061] [数1]

$$V_{out} = V_m \cdot \frac{C_m}{(C_m + C_{st} + C_{in})} \cdot G$$

[0062] ここで、 V_m は MEMS 素子 3 の開放端出力、 C_m は MEMS 素子 3 の平行平板コンデンサの容量、 C_{st} は MEMS 素子 3 の寄生容量、 C_{in} は MEMS 素子 3 へ接続する IC 部 4 の寄生容量、 G は IC 部 4 のゲインである。

[0063] 式 (1) で、 C_{st} 、 C_{in} 、 G が既知であるとき、MEMS 素子 3 の開放端出力 V_m と MEMS 素子 3 の平行平板コンデンサの容量 (値) C_m を把握できれば、MEMS マイク 6 の感度を求めることができ、本実施例では C_{st} 、 C_{in} 、 G は、実施の形態には記載しない別工程の測定により既知とすることができるため、ここでは既知とする。

[0064] 基準圧力 1 [Pa] を与えたときの MEMS 素子 3 の開放端出力 (電気パッド 1 0 a、1 3 a 間の出力) V_m は式 (2) で表せられる。

[0065] [数2]

$$V_m = \frac{E_b \cdot S}{d_i \cdot (s_0 + s_b)}$$

[0066] ここで、 E_b は、可動電極12と固定電極13との間の電圧（単位は[V]である。）であり、エレクトレット型のMEMSマイクの場合、MEMS素子3内のエレクトレットに蓄える電荷量（電圧）である。

[0067] また、 S_b は、背気室のスティフネスであり、図2（a）で示したMEMSマイク6におけるシリコン基板8に設けられた空孔9の体積に起因する物理量（単位は[N/m]である。）で、MEMSマイク6の形状が決定されていることから定数となる。

[0068] S は、MEMS素子3の可動電極12の面積であるため、MEMS素子3の形状が決定されていることから、定数となる。

[0069] 従って式（2）において、MEMS素子3およびMEMSマイク6の形状が定まっている場合、開放端出力 V_m を求める際の変数となるのは E_b 、 d_i 、 S であり、これらの値を把握できれば、開放端出力 V_m が求まり、さらに式（1）で示したMEMSマイク6の感度 V_{out} を求めることができる。

[0070] しかしながら、可動電極12と固定電極13との間の距離 d_i については、可動電極12と固定電極13との間を犠牲層エッチングすることにより、可動電極12と固定電極13との間に空間を生じさせ、その空間の垂直方向（電極の膜厚方向でもある。）の距離が可動電極12と固定電極13との距離 d_i となるため、犠牲層エッチングのバラツキにより、同一ウェハ16内でもウェハ16内に形成されたMEMS素子3毎（チップ毎）に寸法がばらつき、MEMS素子3毎（チップ毎）によって可動電極12と固定電極13との距離 d_i が異なっている。

[0071] なお、MEMS素子3の可動電極12と固定電極13との距離 d_i の把握（測定）は、従来、査型白色光干渉法や位相シフト干渉法の機能を有する顕微鏡を用いた独立工程の検査が必要であった。

[0072] また、可動電極12のスティフネス S_o は、可動電極12の膜厚のばらつきを起因とし、MEMS素子3毎（チップ毎）にばらつきがある。

[0073] なお、MEMS素子3の可動電極12のスティフネス S_o は、直接の測定が困難であるため、従来、可動電極（12）の上部に位置する固定電極（13）を除去し、レーザードップラー振動計を用いて可動電極の共振周波数 f_o を測定し、式（3）の関係式より、求めている。

[0074] [数3]

$$f_o = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{S_o}{M_o}}$$

[0075] ここで、 M_o は可動電極の質量（単位は[kg]である。）である。

[0076] 一方、本発明の意図の1つは、MEMS素子3を破壊したり、別工程での独立した検査を行ったりすることなく、ウェハ状態でMEMS素子3の開放端出力 V_m およびMEMSマイク6の感度 V_{out} を求めることにある。

[0077] 本実施の形態では、開放端出力 V_m およびMEMSマイク6の感度 V_{out} を求める際の d_i 、 S_o の把握については、図5で示したC-V測定を実施することにより行う（工程S3である。）。

[0078] まず、MEMS素子3の可動電極12と固定電極13との間の距離 d_i を算出する方法について説明する。

[0079] MEMS素子3の可動電極12と固定電極13との間の距離 d_i と可動電極12と固定電極13の間の容量値 C_m （可動電極12と固定電極13の間の静電引力がないときの容量値）は、可動電極12と固定電極13が平行平板コ

ンデンサであることから、以下の式が成り立つ。

[0080] [数4]

$$C_m = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}{d_i}$$

[0081] ここで、 ε_r は、可動電極 1 2 と固定電極 1 3 間の絶縁体の比誘電率である。MEMS マイク 6 の場合、可動電極 1 2 と固定電極 1 3 間の絶縁体は空気であるので、 $\varepsilon_r = 1$ で定数である。

[0082] また、 ε_0 は真空の誘電率であり、 $8.85 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$ の定数である。S は MEMS 素子 4 の形状が決定されている場合は定数である。

[0083] したがって、可動電極 1 2 と固定電極 1 3 との間の距離 d_i は、工程 S 3 により測定した容量値 C_m と、式 (4) とにより算出できる。

[0084] 可動電極 1 2 のスティフネス S を算出する方法について説明する。

[0085] プルイン電圧 V_{PI} は、MEMS マイク 6 のような平行平板型コンデンサの形態に留まらず、片持ち梁構造あるいは両持ち梁構造などのコンデンサ型センサでも計測される電圧値であるが、本実施の形態に係る MEMS マイク 6 のような振動膜（可動電極 1 2 である。）の膜周辺部が固定された形態においては、以下のような関係式が成り立つ。

[0086] [数5]

$$V_{PI} = \sqrt{\frac{8 \cdot s_0 \cdot d_i^3}{27 \cdot \varepsilon_0 \cdot S}}$$

[0087] ここで、 S_0 はMEMS素子3の可動電極12のスティフネス（可動電極の剛さ、動きにくさを示す。単位は[N/m]である。）、 d_i はMEMS素子3の可動電極12と固定電極13との間の距離（単位は[m]である。）、 ϵ_0 は真空の誘電率（定数であり、 8.85×10^{-12} [F/m]である。）、 S はMEMS素子3の可動電極12の面積（単位は[m²]である。）である。

[0088] 式（5）において、 d_i が式（4）により既知である。従って、可動電極12のスティフネス S_0 は、工程S3で測定したプルイン電圧 V_{PI} と、式（5）とにより算出できる。

[0089] 式（2）で示したMEMS素子3の開放端出力 V_m は、上記により S 、 d_i 、 S_0 、 S_b が既知となるため、MEMS素子3の着電量 E_b が決定されれば、決定（算出）される。

[0090] MEMSマイクの感度 V_{out} と着電量 E_b の関係式は、MEMS素子3の開放端出力 V_m および式（1）を用いることで、MEMSマイク6を組み立てることなく、ウェハ16の状態で求めることが可能である。

（6）工程S5

工程S5は、工程S3で測定したプルイン電圧値 V_{PI} と容量値 C_m とより、安定度と着電量の関係式を求める工程である。

[0091] 背景技術で説明した「安定度（ μ と表す）」は、可動電極12のスティフネス S_0 を、静電界に基づいて可動電極12に発生する負のスティフネス S_n （単位は[N/m]）にて除した値として与えられ（式（6））、安定度 μ が1よりも大きいことが可動電極12の安定条件となる。またこの安定度 μ は大きな値ほど望ましい。

[0092] 可動電極12に発生する負のスティフネス S_n は、式（7）として与えられており、可動電極12の面積 S 、可動電極12と固定電極13との間の距離 d_i 、可動電極12と固定電極13との間の電圧 E_b 、真空の誘電率 ϵ_0 （定数）の関数となっている。

[0093] 従って、所望の安定度 μ （例えば安定度2以上）を確保したMEMS素子3を製造する場合、可動電極12のスティフネス S_0 、可動電極12の面積 S

、可動電極 1 2 と固定電極 1 3 との距離 d_i 、可動電極 1 2 と固定電極 1 3 間の電圧 E_b の物理的数値の同定が必要となる。

[0094] [数6]

$$\mu = \frac{S_0}{S_n}$$

[0095] [数7]

$$S_n = \frac{\varepsilon_0 \cdot S \cdot E_b^2}{d_i^3}$$

[0096] 式 (6) は、式 (5) の関係式を用いると、式 (8) のように表現できる。

[0097] [数8]

$$\mu = \frac{S_0}{S_n} = \frac{27}{8} \cdot \frac{V_{PI}^2}{E_b^2}$$

[0098] 本実施の形態によれば、MEMS 素子 3 の C-V 測定を実施することによりプルイン電圧値 V_{PI} が同定できるので、安定度 μ を定めたとき、可動電極

12と固定電極13間の電圧 E_b がどのような値となるべきかを求めることができる。

[0099] たとえば安定度 μ を2よりも大きくすると規定したとき、式(8)は、式(9)となり、MEMS素子3の着電量 E_b の条件が定まる。

[0100] [数9]

$$E_b^2 < \frac{27}{8} \cdot \frac{V_{PI}^2}{2}$$

[0101] なお、工程S4と工程S5は工程S3の後にどちらを先に行ってもよく、同時に行っても良い。

(7) 工程S6

工程S6は、着電電圧を変化させたときのMEMSマイク6の感度 V_{out} と安定度 μ を求め、安定度 μ と感度 V_{out} を加味した歩留まりが最大となる着電電圧 E_b を決定する工程である。

[0102] エレクトレット型のMEMSマイク6は、MEMS素子3に内蔵するエレクトレット膜11に電荷を蓄積させることが特徴であり、着電量(電荷蓄積量)を任意に調整することが可能で、この着電量が可動電極12と固定電極13間の着電電圧 E_b に相当し、着電量及び着電電圧に「 E_b 」をそのまま使用する。

[0103] 着電量 E_b を大きくすることによりMEMSマイク6の感度 V_{out} を高めることができるが、着電量 E_b を大きくし過ぎると、静電引力の作用により可動電極12が固定電極13に吸着する現象が生じてしまう。このため、着電量

E_b の決定には安定度 μ 確保の制約が発生する。

[0104] 図 7 は、MEMS 素子 3 に着電する着電量 E_b に対する、MEMS マイク 6 の感度 V_{out} を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりと、MEMS マイク 6 の安定度 μ を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりの関係を示したものである。

[0105] なお、MEMS マイク 6 の歩留まりを判断する感度 V_{out} 、安定度 μ の閾値が、あらかじめ定まっており、この閾値に基づいて合否を判断している。また、感度 V_{out} および安定度 μ についての閾値は、所望の MEMS マイク 6 の規格に適合する値である。

[0106] 図 7 の関係は、ウェハ 16 上のすべての MEMS 素子 3 に対して、工程 S4 および工程 S5 の関係を利用して着電量 E_b を変化させたときの各 MEMS マイク 6 の感度 V_{out} と MEMS 素子 3 の安定度 μ とを算出し、算出した感度 V_{out} と安定度 μ が上述の感度 V_{out} および安定度 μ の閾値以上か否かにより品質の合否を判断して、ウェハ 16 全体での歩留まりを計算してプロットしたものである。

[0107] 図 7 で示すように、MEMS 素子 3 に着電する着電量（着電電圧） E_b を上げれば MEMS マイク 6 の感度 V_{out} を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりは増加するが、安定度 μ を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりは低下する。

[0108] 逆に、MEMS 素子 3 に着電する着電量（電圧） E_b を下げれば、安定度 μ を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりは増加するが、感度 V_{out} を基準とした場合の MEMS マイク 6 の歩留まりは低下する。

[0109] 本実施の形態では、上記を鑑み、MEMS 素子 3 に着電する着電電圧 E_b を安定度 μ と感度 V_{out} を加味した歩留まりが最大となる着電電圧 E_b とする。

[0110] 具体的には、工程 S4 で求めた感度 V_{out} と着電量の関係式と工程 S5 で求めた安定度 μ と着電量の関係式とから、着電量 E_b を変化させたときの MEMS マイク 6 の感度 V_{out} と安定度 μ を求めて良品を判断し（図 7 の状態）、安定度 μ と感度 V_{out} を加味した歩留まりが最大となる（図 7 における、安定度

を基準とした場合の歩留まりを示す線分と感度を基準とした場合の歩留まりを示す線分とが交差する) 着電電圧 E_b を一義的に決定している。

(8) 工程 S 7

3 工程 S 7 は、各 MEMS 素子 3 に対し着電を実施する工程である。

[0111] 着電は、たとえば、コロナ放電を利用した着電装置を用いて行われる。具体的には、MEMS 素子 3 のパッド 10a と 13a に図 5 に示したプローブ針 19 をあて、下部電極 10 と固定電極 13 との間に工程 S 6 で決定した着電電圧 E_b に相当する電位 (着電を実施したい電位) を与え、少なくとも 1 回のコロナ放電を実施して、MEMS 素子 3 に対して個別に実施することにより、エレクトレット膜 11 を着電させる。

(9) 工程 S 8

工程 S 8 は、着電後の各 MEMS 素子 3 に対して、工程 S 3 と示した同様な方法で C-V 測定を実施し、着電電圧 E_b 、プルイン電圧 V_{PI} 、容量値 C_m の算出を実施する工程である。工程 S 8 により図 8 で示した着電実施後の C-V のグラフを得る。

(10) 工程 S 9

工程 S 9 は、所望の着電が各 MEMS 素子 3 に実施したことを確認する工程である。

[0112] 工程 S 8 で得られた着電実施後の C-V カーブより着電量を測定し、設定された着電量と差異がないことを確認する。

[0113] ここでは、着電量の測定は、着電実施後の C-V カーブにおいて容量値 (C) が容量値 C_m をとる電圧と、着電実施前の未着電の C-V カーブにおいて容量値 (C) が容量値 C_m をとる電圧との差を求めることで行う。

[0114] つまり、着電実施後の C-V カーブにおけるプルイン電圧 V_{PI-1} [V] と、 V_{PI-2} [V] との中央の電圧値 [V] と 0 [V] との差の電圧が着電電力 E_b と一致するかで判断している。

[0115] なお、着電量が設定された着電量と異なる MEMS 素子 3 であった場合は、その MEMS 素子 3 は不良とする。

[0116] また、工程S 9において、ウェハ1 6の各MEMS素子3の開放端出力 V_m をコンター図等で出力し、ウェハ1 6の出来栄を確認することも可能である。

[0117] 図9は、シリコンウェハ1 6の各MEMS素子3の開放端出力 V_m をコンター図にした例である。

[0118] 同図により、例えばシリコンウェハ1 6内のMEMS素子3の開放端出力 V_m のバラツキを確認することができる。なお、各MEMS素子3の開放端出力 V_m だけでなくMEMSマイクの V_{out} や容量値 C_m 、およびプルイン電圧 V_{PI} も同様に、コンター図にして可視化できることは言うまでもない。

(1 1) 工程S 1 0

工程S 1 0は、工程S 8で測定されたMEMS素子3の容量値が、着電前後で差異がないことを確認する工程である。具体的には、着電前後の容量値 C_m の差で判断している。

[0119] MEMS素子3が、工程S 8のC-V測定実施の際に可動電極1 2と固定電極1 3とが吸着現象を起こすと、容量値 C_m は、着電前後でその値が異なる。なお、着電前後で容量値 C_m が異なるMEMS素子は不良とする。

[0120] このような構成をとれば、不良のあるMEMS素子3を、後工程のダイスピックを行う工程S 1 3で、ダイスピックを行わなくすることができるため、不良MEMS素子3がMEMSマイク6を組み立てる工程S 1 4へ供給されないので、組立て部材の抑制が図れ、製造コストの低減が図れる。

(1 2) 工程S 1 1

工程S 1 1は、シリコンウェハ1 6上の各MEMS素子3を、ダイシングすることにより、個片に分離する工程である。

(1 3) 工程S 1 2

工程S 1 2は、工程S 2でシリコンウェハ1 6に貼付けた粘着性シートの粘着力を弱めるために、紫外光(UV)を粘着性シートに照射する工程である。粘着性シートの粘着力を弱めることで、次工程のピックアップを容易できる。

(14) 工程S13

工程S13は、MEMS素子3をピックアップする工程である。

[0121] この工程S13では、着電量 E_b が正常であり、かつ着電前後の着電前後のプルイン電圧 V_{PI} および容量値 C_m に異常がないMEMS素子3（本発明の「チップ」に相当する。）のみをピックアップする。

(15) 工程S14

工程S14は、MEMSマイクの組立工程であり、図1で示した状態にMEMSマイクを組上げる。

(16) まとめ

工程S1から工程S14をシリコンウェハ16毎に実施することにより、MEMSマイク6の組立後のMEMSマイク6の感度 V_{out} と安定度 μ が保証されたMEMS素子3のみをMEMSマイク6として組立てることができる。

[0122] これにより、感度 V_{out} と安定度 μ が保証されていないMEMS素子3をも組立てる場合と比べて、組立て部材の抑制、MEMSマイク6の良品可否選別の工数低減など、MEMSマイク6の製造におけるコスト低減を図ることができる。

[0123] また、本実施の形態によると、従来のようにマイクの感度 V_{out} と安定度 μ をそれぞれ異なる測定方法により求めるのではなく、工程S3という一つの測定ステップから感度 V_{out} と安定度 μ との両方を算出することができる。

[0124] さらに、このような構成によれば、着電前のMEMS素子3のC-V測定検査、エレクトレットへの着電および着電量測定、着電後のC-V測定検査とが1台の設備で実施可能であるため、生産効率の高いMEMSマイク6の製造ラインが構築できる。

<第2の実施の形態>

以下、本発明の第2の実施の形態について、図10～図12を参照し、詳細に説明する。

[0125] 本発明の第1の実施の形態では、MEMSマイク6の感度 V_{out} と安定度 μ

とを加味した良品が最大となるように着電量を決定したが、本実施の形態では、予め規定したマイク感度 V_{out} になるように着電量の決定を行い、その後、安定度 μ が規格内のものを選別するMEMSマイク製造方法を提供する。

[0126] 図10の(a)は、1枚のシリコンウェハ16に対して、着電量を一定にしたときに作製される各MEMSマイク感度 V_{out} のばらつき分布を示している。

[0127] 1枚のシリコンウェハ16に対して着電量を一定にした場合、感度 V_{out} の分布において、感度中心値を中心として、感度が高い(図中の「感度高」である。)ものと感度が低い(図中の「感度低」である。)ものが一定の幅を持つ。

[0128] これに対し、1枚のシリコンウェハ16の各MEMS素子3の着電量を調整すれば、図10の(b)で示すような、図10(a)と比べてMEMSマイク6の感度 V_{out} のばらつきの小さい(感度 V_{out} の分布において、感度中心値を中心として、感度高ものと感度低ものが持つ一定の幅が小さい)MEMSマイク6の製造方法が実現できる。

[0129] その理由は、式(1)で示したごとく、MEMSマイク6の感度 V_{out} とMEMS素子3の開放端出力 V_m とは比例関係にあり、式(2)で示したごとく開放端出力 V_m は、可動電極12のスティフネス S_0 と可動電極12と固定電極13間の距離 d_1 とを把握することができれば、エレクトレット膜11への着電量 E_b を調整することで所望の値とすることができるからである。

[0130] 例えば、MEMSマイク6の感度 V_{out} を -42 [dB] (電圧値では 8 [mV])である。)とするために、MEMS素子3の開放端出力 V_m を -40 [dB] (電圧値では 10 [mV])である。)とすればよいことが分かっているれば、MEMS素子3のC-V測定を実施することで、MEMS素子3ごとに可動電極12のスティフネス S_0 と可動電極12と固定電極13間の距離 d_1 の把握が可能である。

[0131] 従って、開放端出力 V_m を -40 [dB]とする着電量 E_b が決定され、この決定に基づいて実際に着電を行えば、開放端出力 V_m が -40 [dB]であるM

EMS素子3を製作でき、そのMEMS素子3を使えばマイク感度 V_{out} が $-42[dB]$ であるMEMSマイク6を組立てることができる。

[0132] 図11は、第2の実施の形態におけるMEMSマイクの製造方法である工程フローを示している。

[0133] 第1の実施の形態における図4で示した工程フローと異なる点は、図11には、工程S4の後に図4で示した工程S5がなく、そのかわりに、工程S10の後に工程S101が存在するところである。

[0134] 図11の工程フローにおいて、工程S1および工程S2は、図4と示した工程と同一である。工程S3のC-V測定を実施し、プルイン電圧 V_{PI} と可動電極12と固定電極13間の容量値 C_m を測定する行為は、図4と同一であるが、本実施の形態では、使用するプローバーの形態が異なる。

[0135] 図12は、本実施例の各MEMS素子3をプローバーでC-V測定を実施する形態を示している。図12においては、20はプローブカードを表し、着電前にC-V測定を実施するユニット21と、着電をおこなうユニット22と、着電後のC-V測定を実施するユニット23とがプローブカード20に配置されている。

[0136] 各ユニットのプローブ針19が、異なるMEMS素子3に配置されている電気パッド10aおよび13aに電氣的接続ができるよう配置されている。MEMS素子3は、図12中の矢印の方向に移動するため、1つのMEMS素子3に注目すると、この3組のユニット21、22、23が、順番に（着電前のC-V測定→着電→着電後のC-V測定）実施されることとなる。

[0137] 図11の工程フローによれば、工程S3のC-V測定は、図12のユニット21により実施され、工程S4で、工程S3で測定したプルイン電圧値 V_{PI} と容量値 C_m より、MEMSマイク6の感度 V_{out} と着電量 E_b との関係式を求め、工程S6においてMEMS素子3の開放端出力 V_m が所望の値になるよう着電量 E_b が決定され、工程S7において図12のユニット22でエレクトレット膜11に着電を行い、工程S8において着電後のC-V測定を図12のユニット23で実施することになる。

- [0138] その後、工程S 9において着電量が正常になされたことを確認し、工程S 1 0においてMEMS素子3毎の着電後の容量値 C_m の比較を実施し、着電前後で差が0とそれ以外のものが分別される。
- [0139] その後、工程S 1 0 1で、安定度 μ が規定以上（図1 1では安定度6以上と記載している）のものを選別する。これは、図4でいう工程S 5と同様に安定度 μ と着電量 E_b の関係を求めるが、工程S 8で実際に測定された着電量から具体的に安定度を算出している点で異なる。
- [0140] そして、ウェハ1 6をダイシングする工程S 1 1、粘着性シートの粘着力を弱めるためにUV照射を行う工程S 1 2を実施した後、工程S 1 3で、着電量が正常であり、かつ着電前後の着電前後のプルイン電圧 V_{PI} および容量値 C_m に異常がなく、かつ安定度 μ が規定以上のMEMS素子3のみをピックアップし、最後に、工程S 1 4にてMEMSマイク6を図1で示した形態に組立てる。
- [0141] 以上に示したMEMSマイクの6製造工程（製造方法）を実施することで、感度バラツキの小さいMEMSマイク6を高歩留まりで製造できる。また、このような構成によれば、着電前のMEMS素子3のC-V測定および検査、着電、着電量測定、着電後のC-V測定検査とを略同時に行うことができるので、生産効率の高いMEMSマイク6の製造ラインが構築できる。
- [0142] なお、本実施の形態では、MEMSマイク6の感度 V_{out} およびMEMS素子3の開放端出力 V_m のばらつき低減をはかることができる製造方法を示したが、MEMSマイク6の安定度 μ に注目し、安定度 μ が規定値以上になる着電量を決めMEMSマイクを製造する方法にも、同様な手法（例えば図1 1において、工程S 4の代わりに工程S 5を行い、工程S 1 0 1の代わりに工程S 4に相当する工程を行う。）で実現可能である。

<第3の実施の形態>

以下、本発明の第3の実施の形態について、図1 3、図1 4を参照し、詳細に説明する。

- [0143] 本発明の第1の実施および第2の実施の形態では、エレクトレット型のM

EMSマイク6の製造方法を示したが、本実施の形態では、MEMS素子の可動電極（本実施の形態では、可動電極は下部電極10及び本発明の「第1の電極」に相当し、以下、可動電極の符号に「10」を用いる。）10と固定電極13（本発明の「第2の電極」に相当する。）との間の電圧の供給方法として外部より電圧を供給する方式のMEMSマイク（チャージポンプ方式と呼ばれる）の製造方法を提供する。なお、MEMS素子の構成としては、図2（a）のエレクトレット膜11が存在しない形態であり、符号等は、第1の実施の形態と同様とする。

[0144] 図13は、本実施例におけるMEMSマイク6の製造方法である工程フローを示している。

[0145] 同図の工程S1から工程S3まで、工程S11から工程S14までの各工程は、図4、図11で示した工程と同様である。

[0146] 図13のS201の工程は、MEMS素子6の開放端出力と、得られた開放端出力よりMEMSマイク6の感度 V_{out} を計算する工程である。

[0147] チャージポンプ式のMEMSマイク6は、MEMS素子3の外部にあるICから電圧の供給を受けるが、ICの供給電圧値は一義的な値である。ICの供給電圧値はMEMS素子3の供給電圧（着電電圧に相当する。） E_b として扱えるので、式（2）で示したMEMS素子3の開放端出力 V_m と、式（1）で示したMEMSマイク6の感度 V_{out} は、工程S3で実施されたC-V測定による可動電極10のスティフネス S および可動電極10と固定電極13間の距離 d_i の把握により計算で求められる。

[0148] 図14は、一般的なMEMSマイク6の感度分布を示すもので、横軸をMEMSマイク6の感度 V_{out} 、縦軸をMEMSマイク6の個数とした感度分布例である。一般のMEMSマイク6の製造においては、生産するMEMSマイク6の感度 V_{out} において規格幅があり、感度上限以上、あるいは感度下限以下のMEMSマイク6を市場に供給できない。

[0149] これに対し、工程S202では、MEMSマイク6の感度 V_{out} が規格内にあるもののみを選別している。なお、MEMSマイク6の感度 V_{out} を計算す

る工程S201で、図14で示した感度分布グラフを作成・出力することによって、感度 V_{out} が規格外のMEMSマイク6の個数を把握できるとともに、MEMSマイク6の製造における工程能力把握や、さらには工程能力の改善のためのデータとすることが可能となる。

[0150] また、感度分布グラフは、図9で示したようなコンター図としても良い。MEMSマイク6を組立てることなくMEMS素子3の状態で販売する場合、客先でMEMS素子3をピックアップすることになり、MEMS素子3と対応付けたコンター図の作成は客先でのMEMS素子ピックアップ可/不可のデータ提供とすることができる。

[0151] 図13の工程S203と工程S204の工程は、安定度 μ を計算し、規定内の安定度 μ （図中では安定度6以上）のもののみを選別する工程である。安定度 μ の算出は、エレクトレット型MEMSマイクと同様な方法で達成できる。

[0152] 図13の工程S11以降の工程を実施することにより、チャージポンプ方式のMEMSマイク6の感度 V_{out} と安定度 μ が保証されたMEMSマイク6の組立てが実施される。

[0153] 上記のような構成によれば、従来実施されていなかったウェハレベルでのMEMS素子3の全数検査が可能となり、不良なMEMS素子3がMEMSマイク6の組立工程に供給されないので、組立て部材の抑制が図れ、製造コストの低減が図れる。

産業上の利用可能性

[0154] 本発明は、MEMSマイクの製造方法として有用である。

符号の説明

- [0155]
- 1 金属ケース
 - 2 基板
 - 3 MEMS素子
 - 4 IC部
 - 6 MEMSマイク

- 1 0 下部電極
- 1 1 エレКТレック膜
- 1 2 可動電極

請求の範囲

[請求項1]

第1の電極と、前記第1の電極に中空部を介して対向するように形成された第2の電極とを有し、前記第1の電極はエレクトレット膜を具備する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、

前記第1の電極と前記第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程と、

前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの感度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第2の工程と、

前記第2の工程で算出された結果に基づいて、前記エレクトレット膜へ着電する第3の工程とを含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項2]

請求項1に記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記第3の工程を行う前に、前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの安定度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第4の工程を更に含み、

前記第3の工程は、前記第4の工程で算出された結果にも基づくことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項3]

請求項2記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記第3の工程の後に、

第1の電極と第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第5の工程を有し、

前記第5の工程で測定された測定結果に基づいて、前記エレクトレット膜への着電量を求める第6の工程と、

前記第 5 の工程で測定された測定結果に基づいて、着電前後の前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値を比較する第 7 の工程とを含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項 4]

請求項 3 に記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、

前記第 6 の工程又は前記第 7 の工程の結果に基づいてチップを選別する工程を更に有することを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項 5]

請求項 1 に記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記第 3 の工程の後、再度、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第 4 の工程と、

前記第 3 の工程の着電量と前記 4 の工程の測定結果よりマイクロホンの安定度を算出する第 5 の工程とを含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項 6]

請求項 5 に記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記第 4 の工程で測定された測定結果に基づいて、前記エレクトロット膜への着電量を求める第 6 の工程と、

前記第 4 の工程で測定された測定結果に基づいて、着電前後の前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値を比較する第 7 の工程とを更に含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項 7]

請求項 6 に記載のマイクロホンの製造方法であって、

前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、

前記第 6 の工程及び／又は前記第 7 の工程の結果に基づいてチップ

を選別する工程を更に有することを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項8] 請求項5に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、
前記シリコン基板に形成された第1のマイクロホンに対して前記第3の工程を行っているのと同時に、前記シリコン基板に形成された第2のマイクロホンに対して前記第1又は前記第4の工程を行っていることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項9] 請求項1に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記第1の工程と前記第3の工程は同一の装置を用いて実施されることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項10] 請求項1に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記マイクロホンは空孔部を有するシリコン基板を有しており、
前記エレクトレット膜は前記中空部に面して形成されていることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項11] 請求項10に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記第1の電極の上方に第2の電極が形成されていることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項12] 請求項1に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、
前記各工程は、前記シリコン基板をダイシングする前に行われるこ

とを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項13] 第1の電極と、前記第1の電極に中空部を介して対向するように形成された第2の電極とを有し、前記第1の電極はエレクトレット膜を具備する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、

前記第1の電極と前記第2の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第1の電極と前記第2の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第1の工程と、

前記第1の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの安定度と前記エレクトレット膜への着電量との関係を算出する第2の工程と、

前記第2の工程で算出された結果に基づいて、前記エレクトレット膜へ着電する第3の工程とを含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項14] 請求項13に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記第1の工程と前記第3の工程は同一の装置を用いて実施されることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

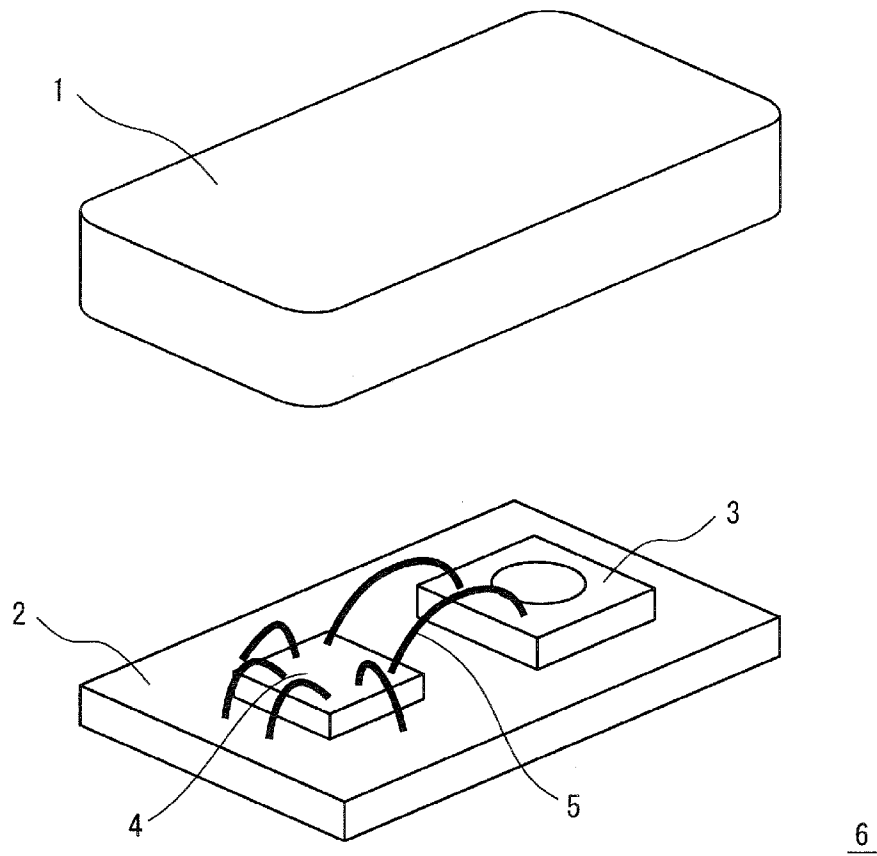
[請求項15] 請求項13に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記マイクロホンは空孔部を有するシリコン基板を有しており、
前記エレクトレット膜は前記中空部に面して形成されていることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[請求項16] 請求項15に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記第1の電極の上方に第2の電極が形成されていることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

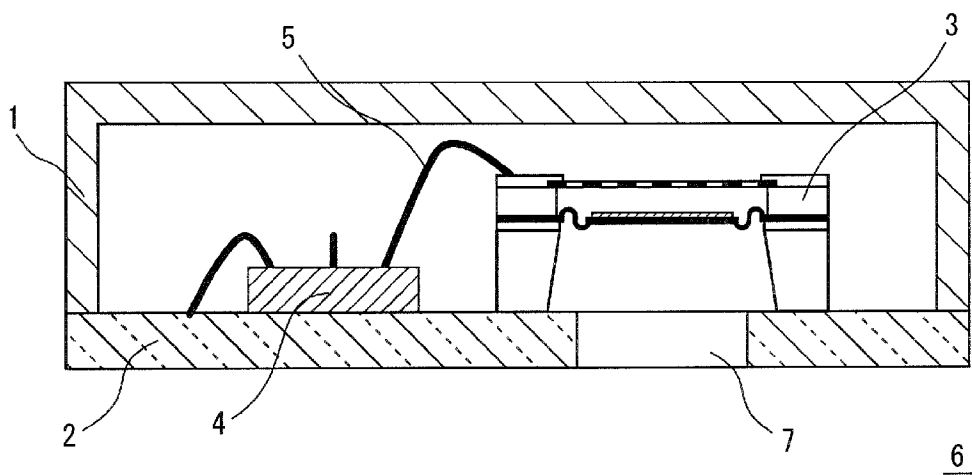
- [請求項17] 請求項 1 3 に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、
前記各工程は、前記シリコン基板をダイシングする前に行われることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。
- [請求項18] 第 1 の電極と、前記第 1 の電極の上方に中空部を介して形成された第 2 の電極とを有する平行平板型のマイクロホンの製造方法であって、
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間にバイアス電圧を掃引印加しながら、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の容量値とバイアス電圧とを測定する第 1 の工程と、
前記第 1 の工程で測定された測定結果に基づいて、マイクロホンの感度又は安定度を算出する第 2 の工程とを含むことを特徴とする、マイクロホンの製造方法。
- [請求項19] 請求項 1 8 に記載のマイクロホンの製造方法であって、
前記平行平板型のマイクロホンはシリコン基板上に複数形成されており、
前記各工程は、前記シリコン基板をダイシングする前に行われることを特徴とする、マイクロホンの製造方法。

[図1]

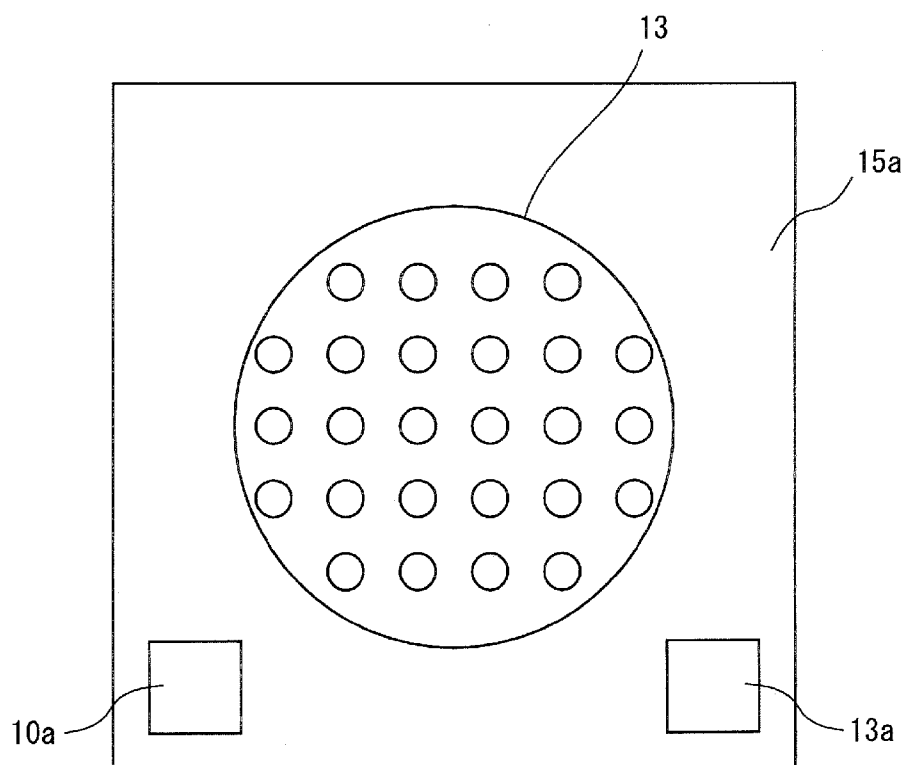
(a)



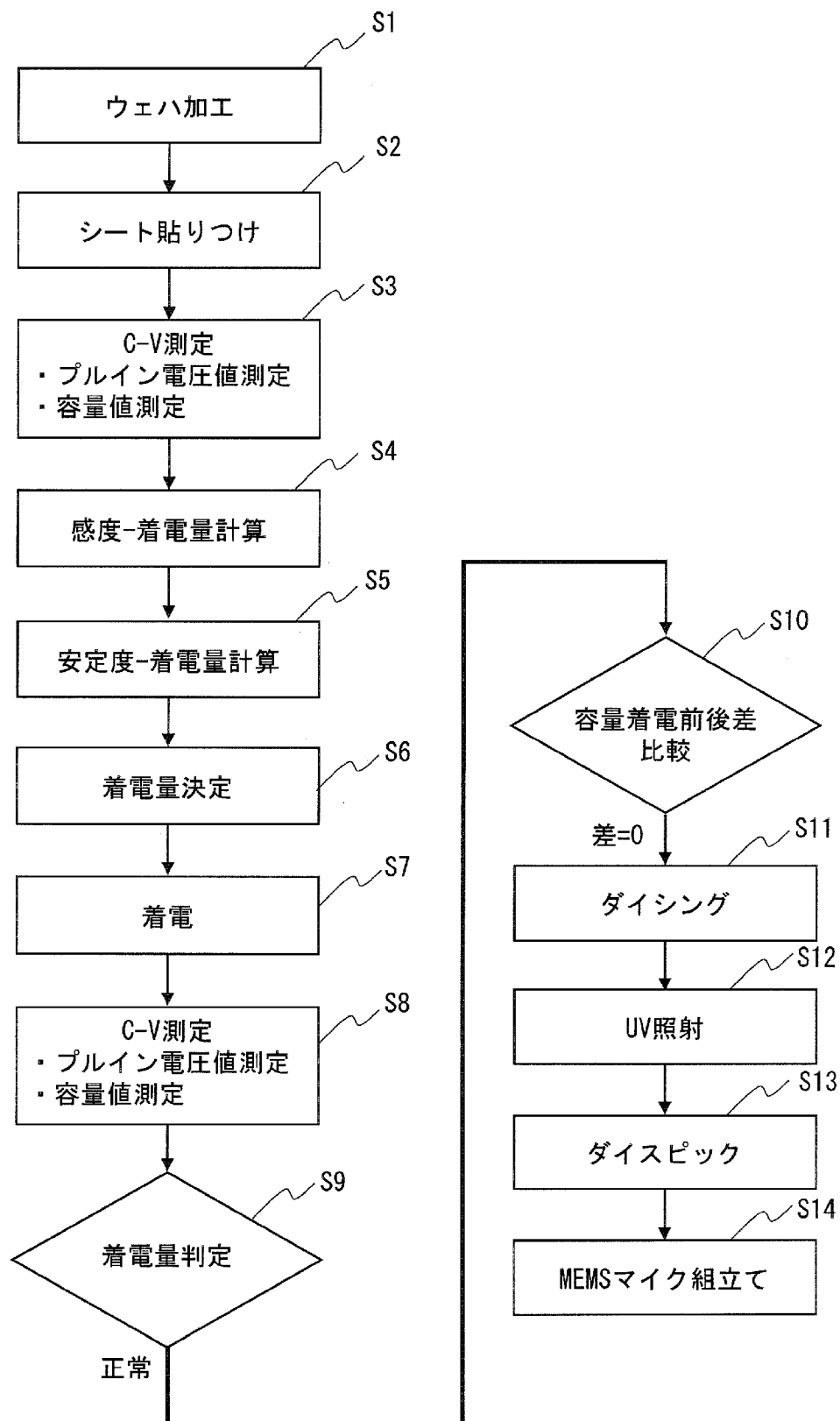
(b)



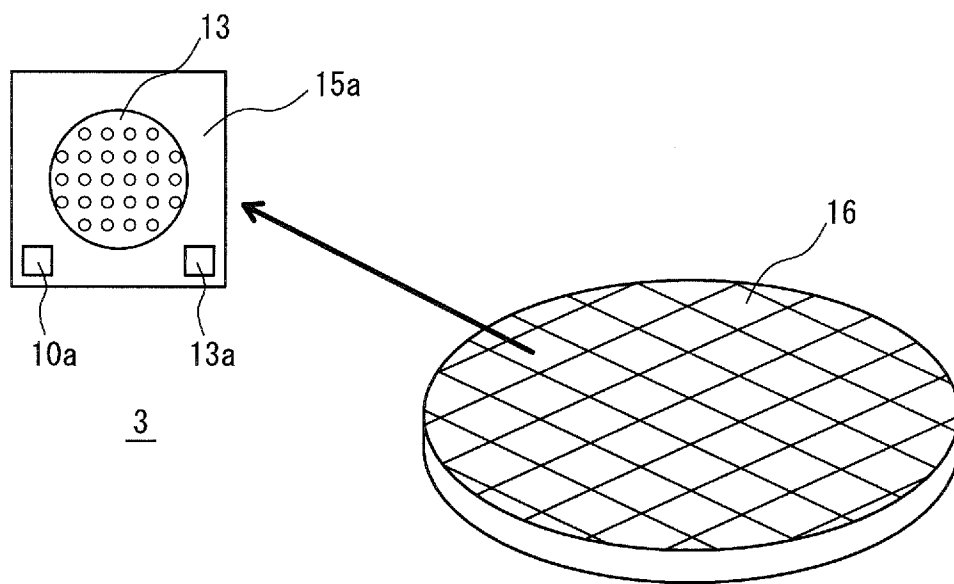
(a)



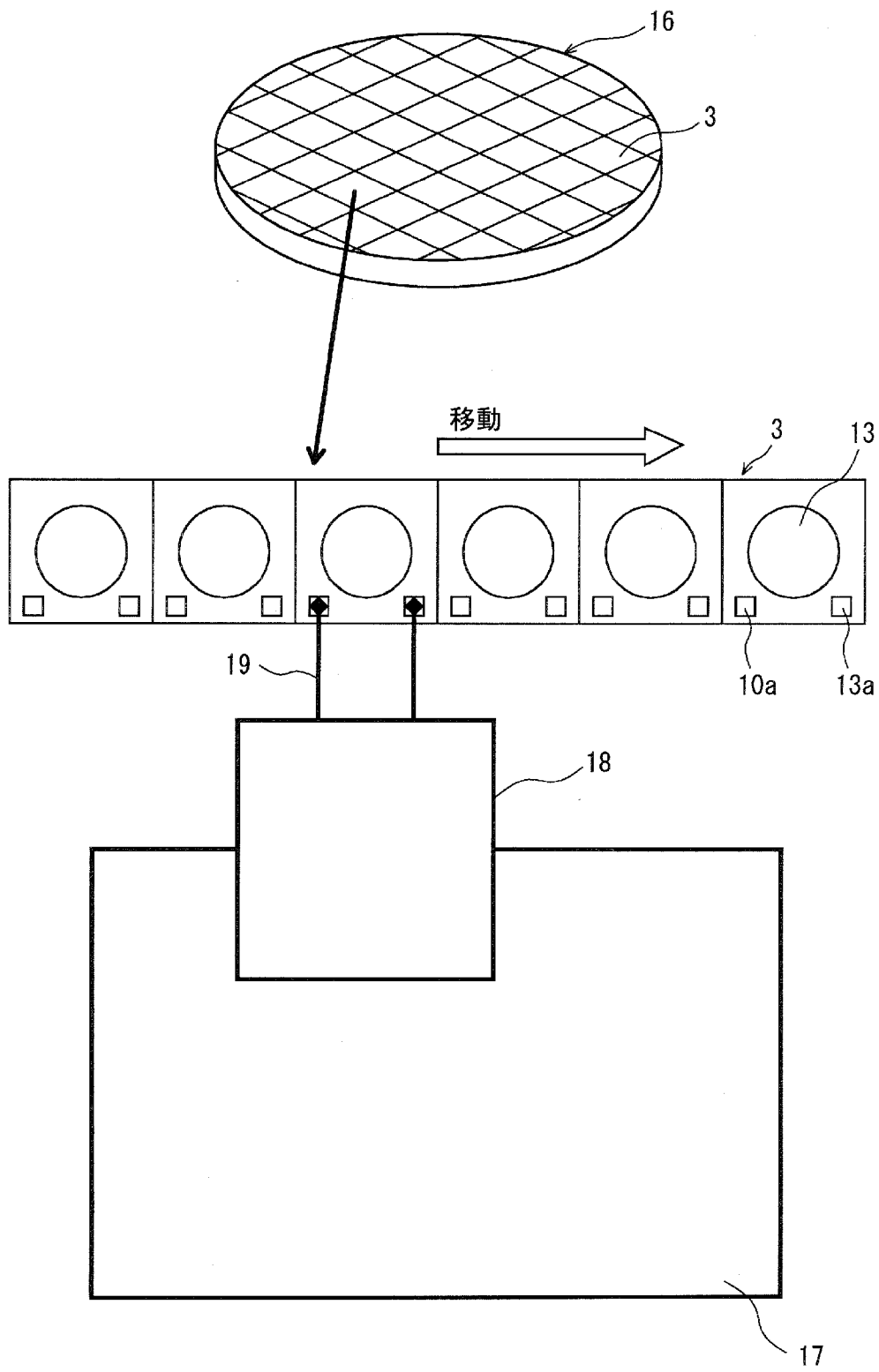
[図3]



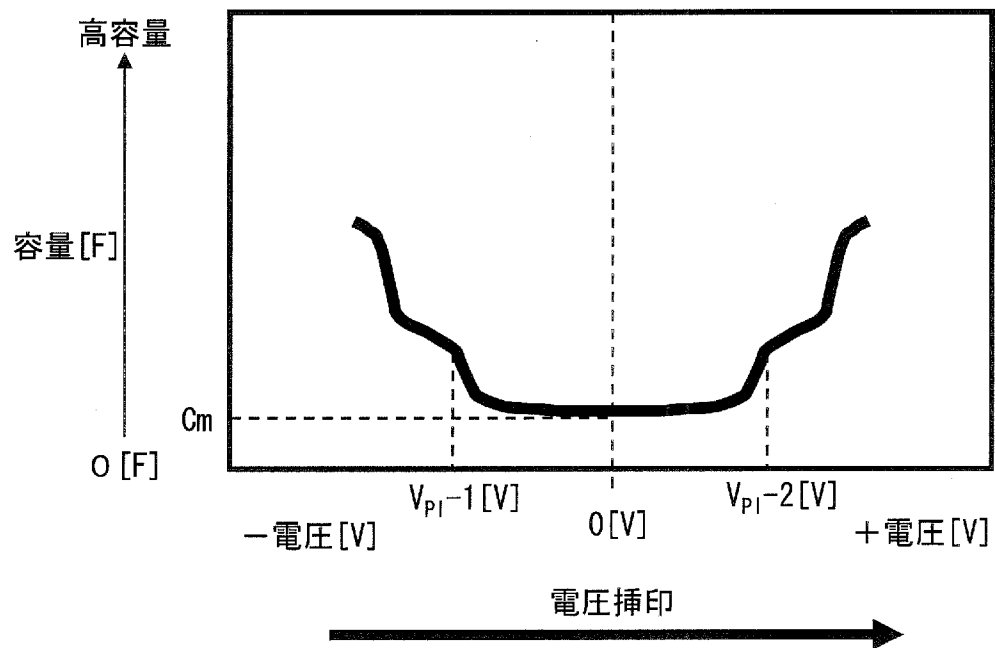
[図4]



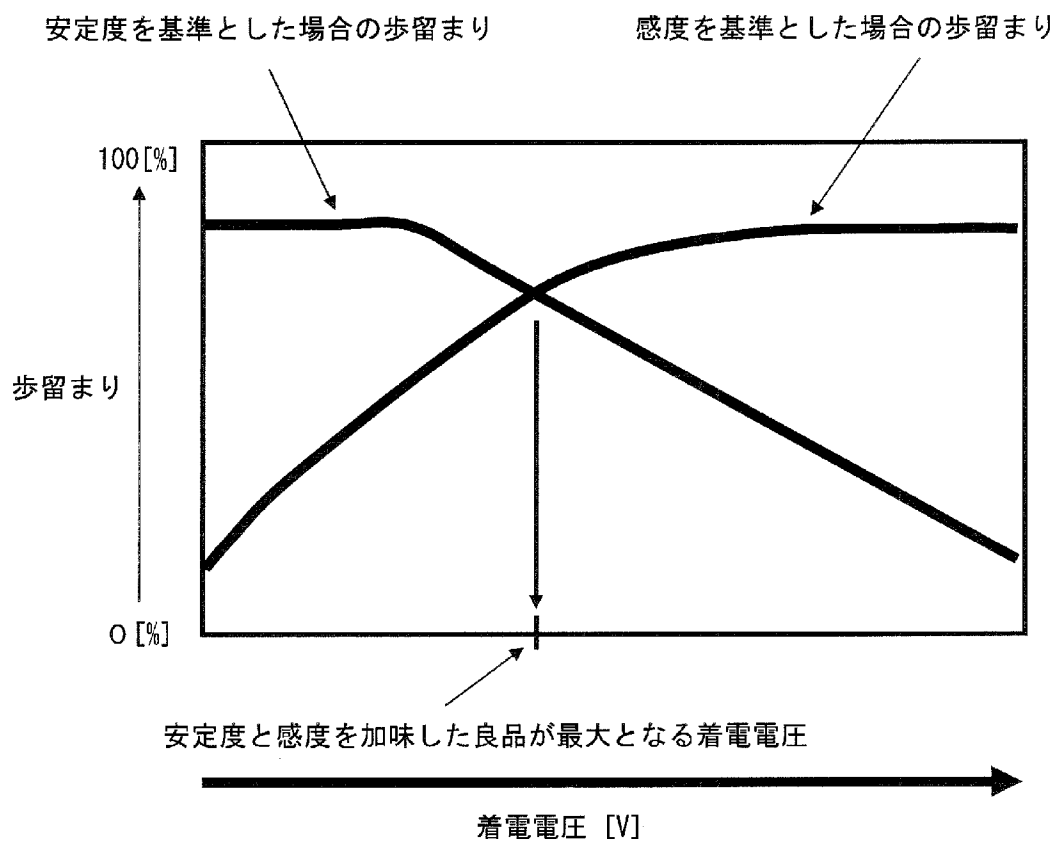
[図5]



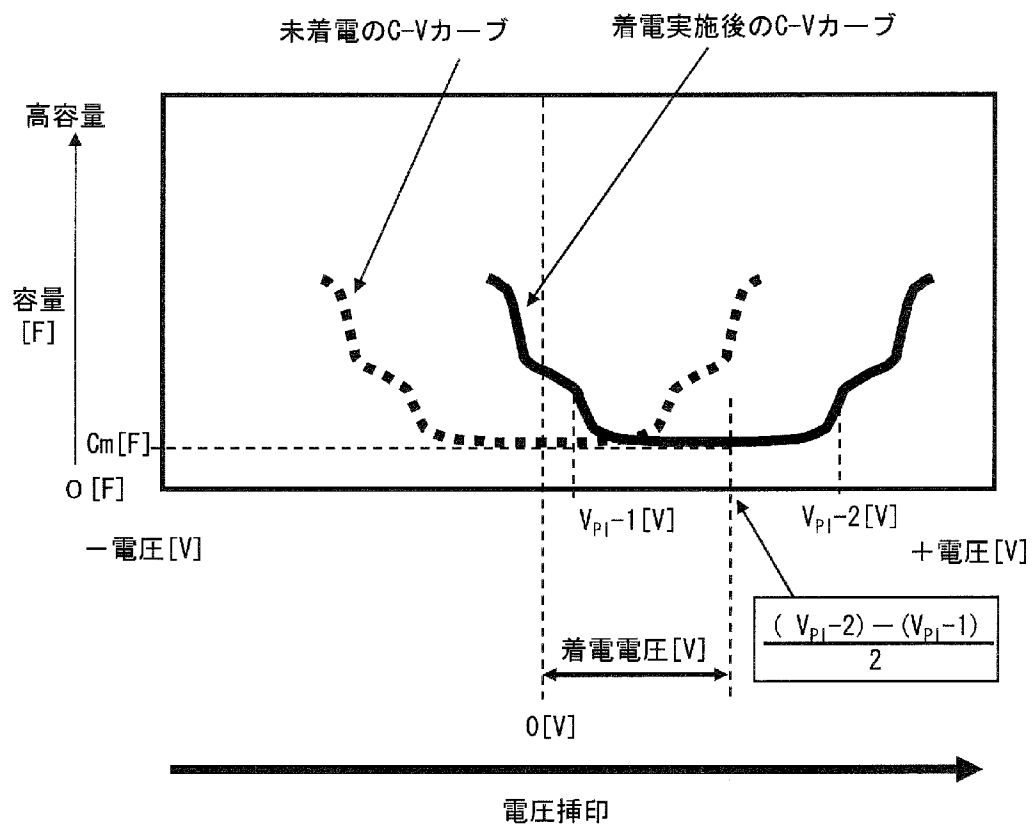
[図6]



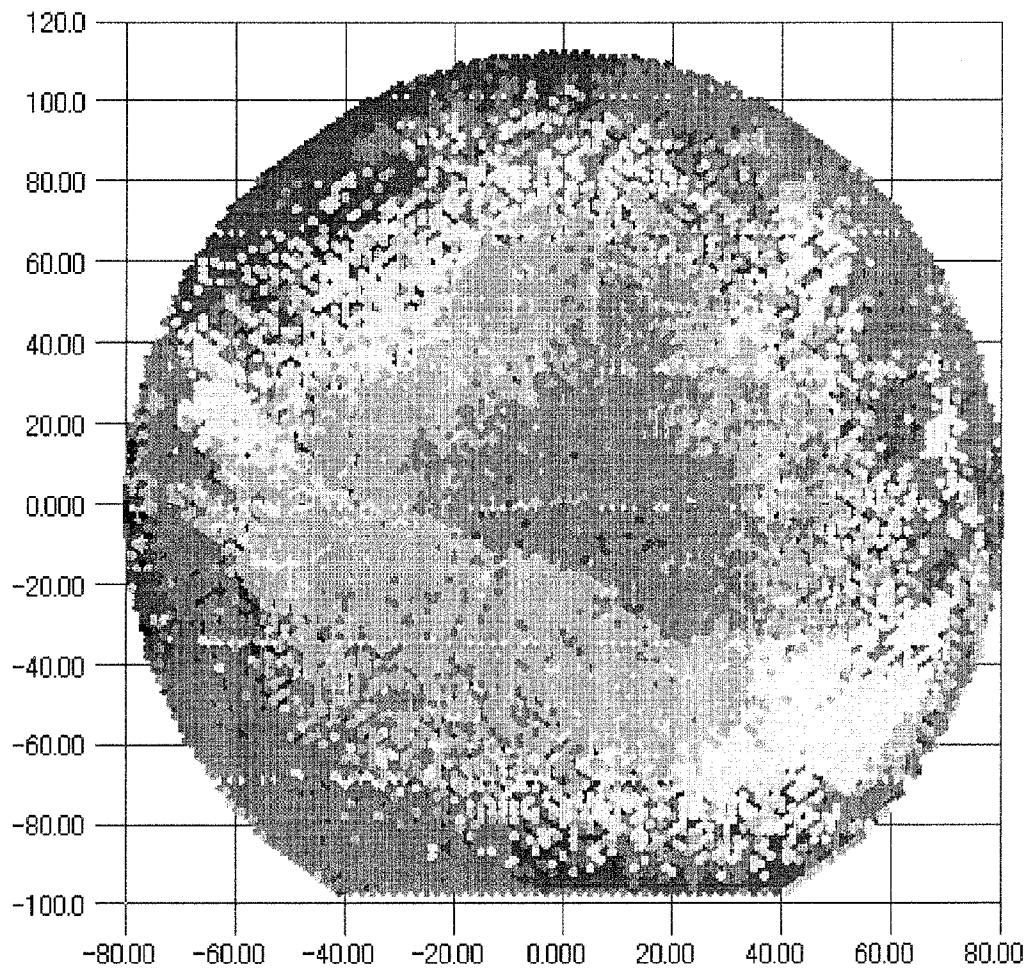
[図7]



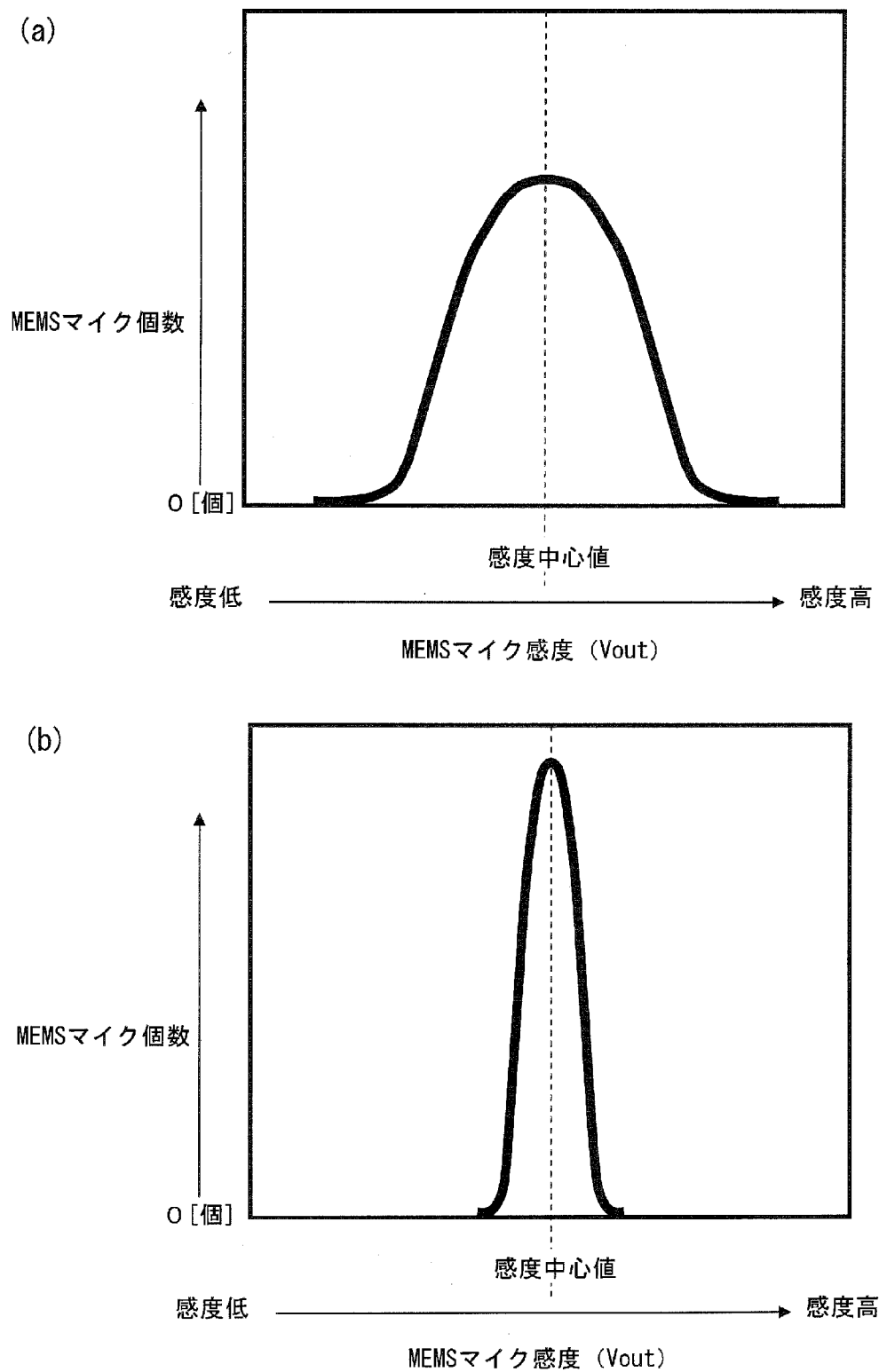
[図8]



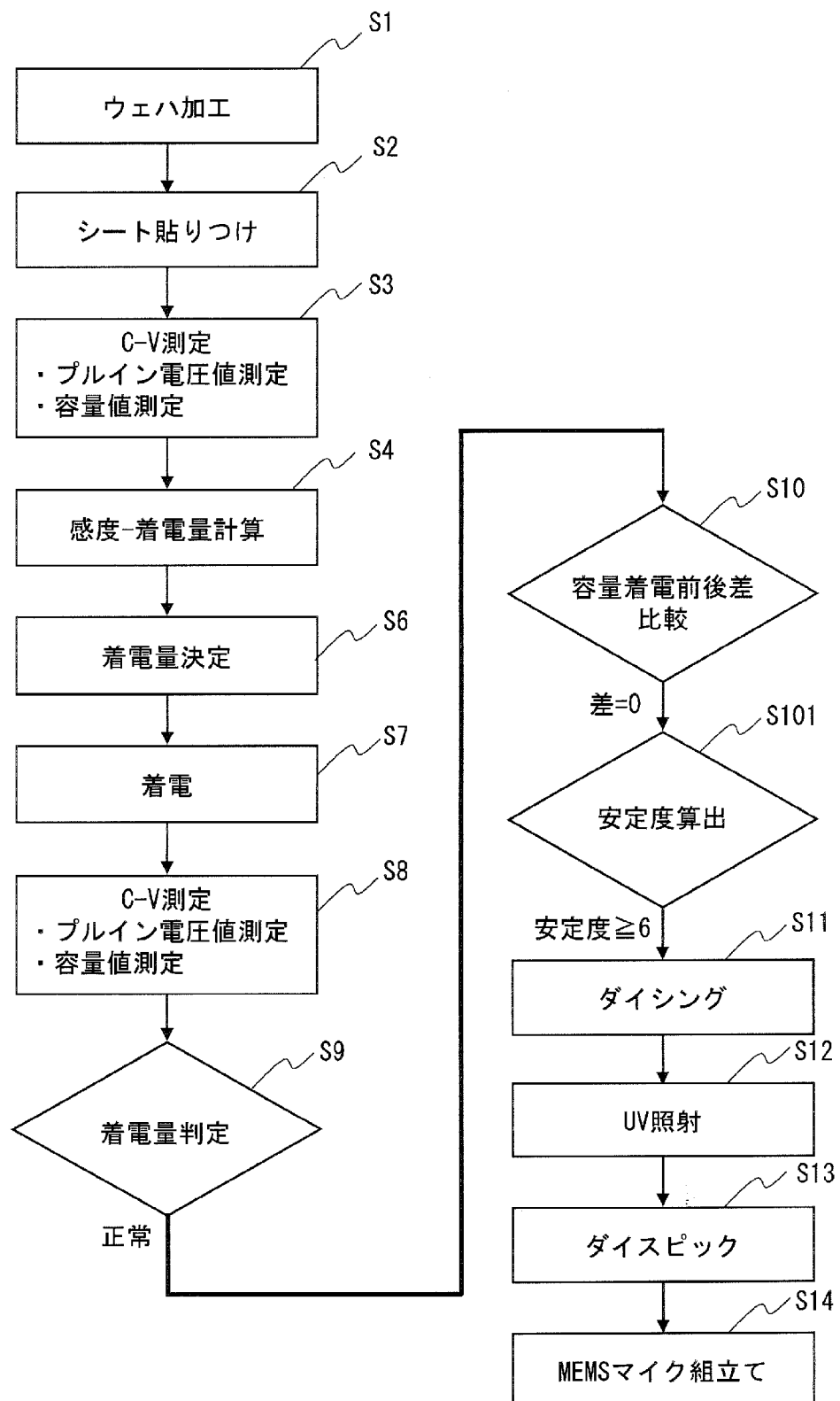
[図9]



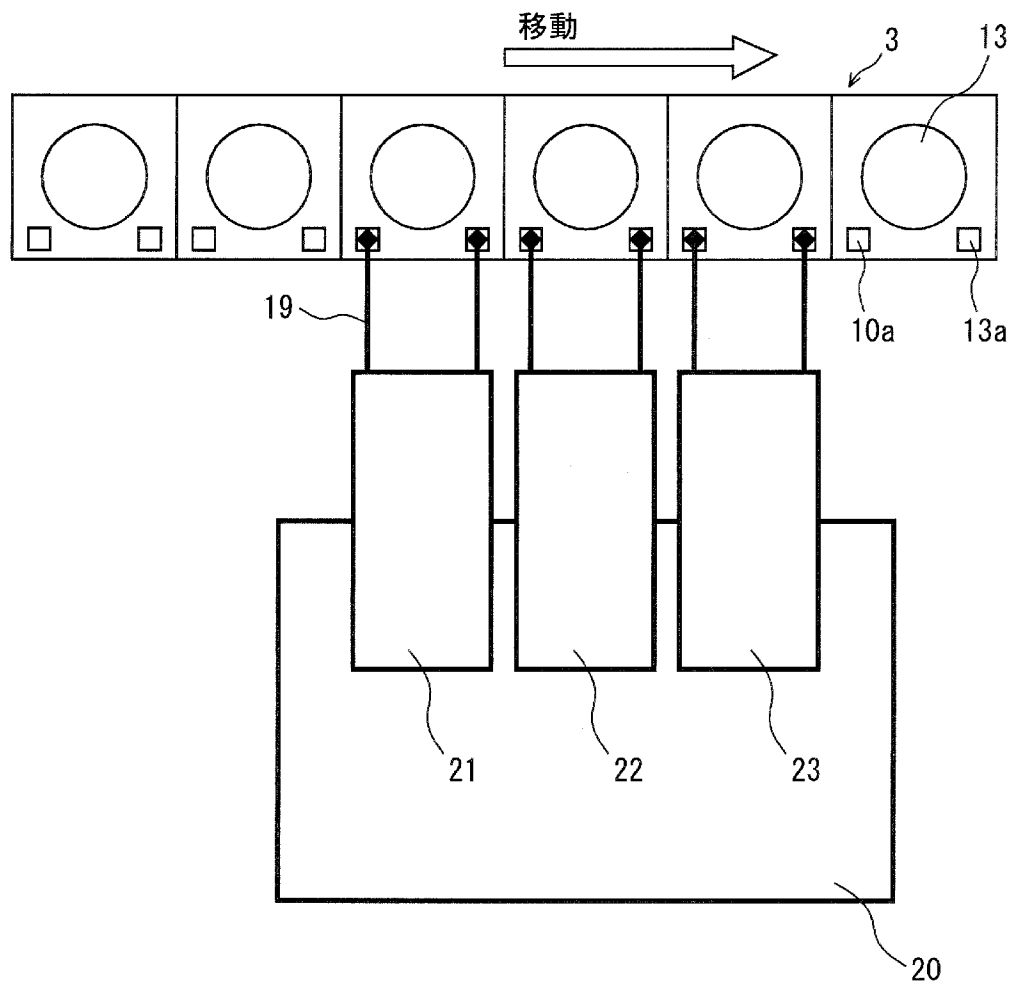
[図10]



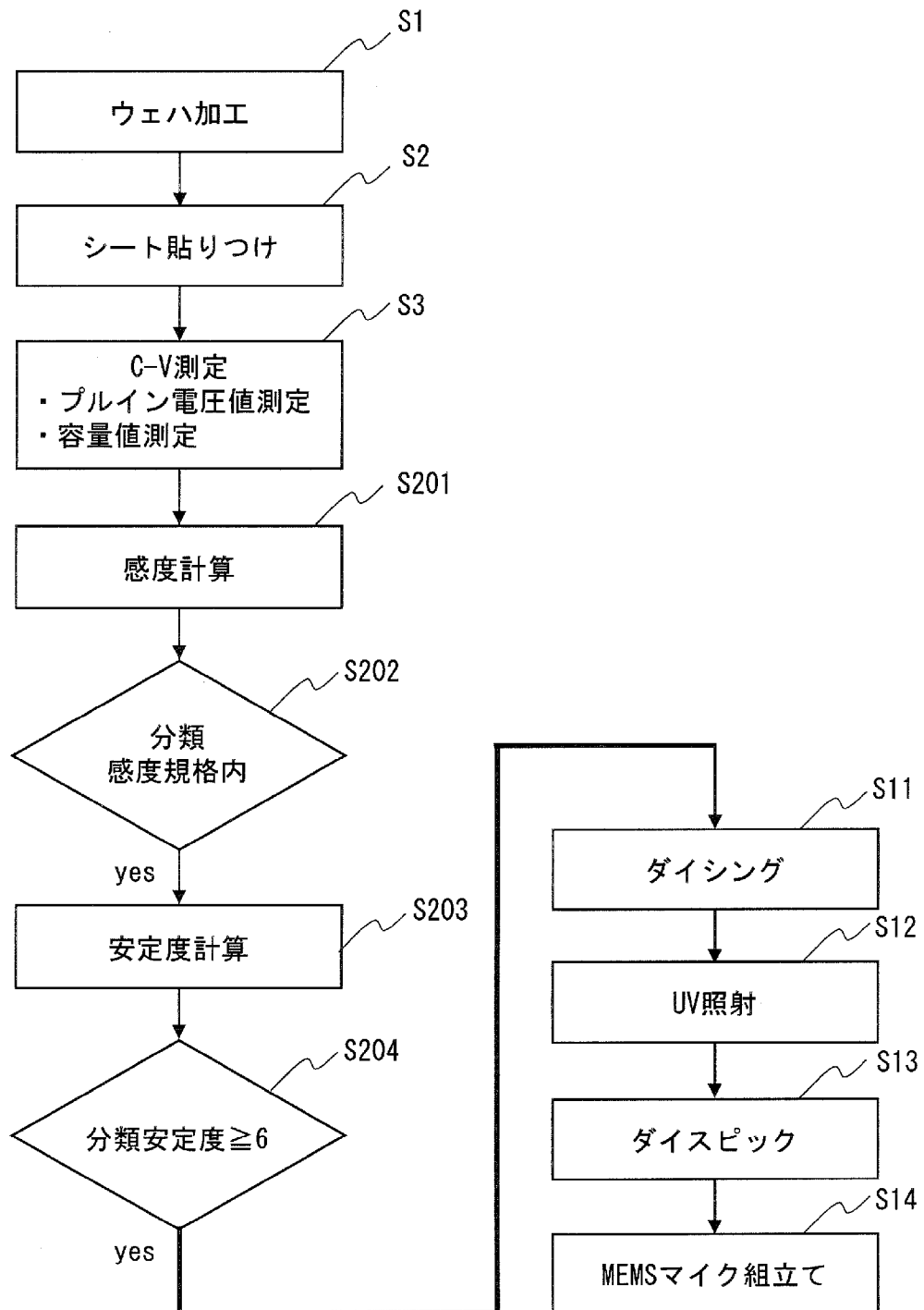
[図11]



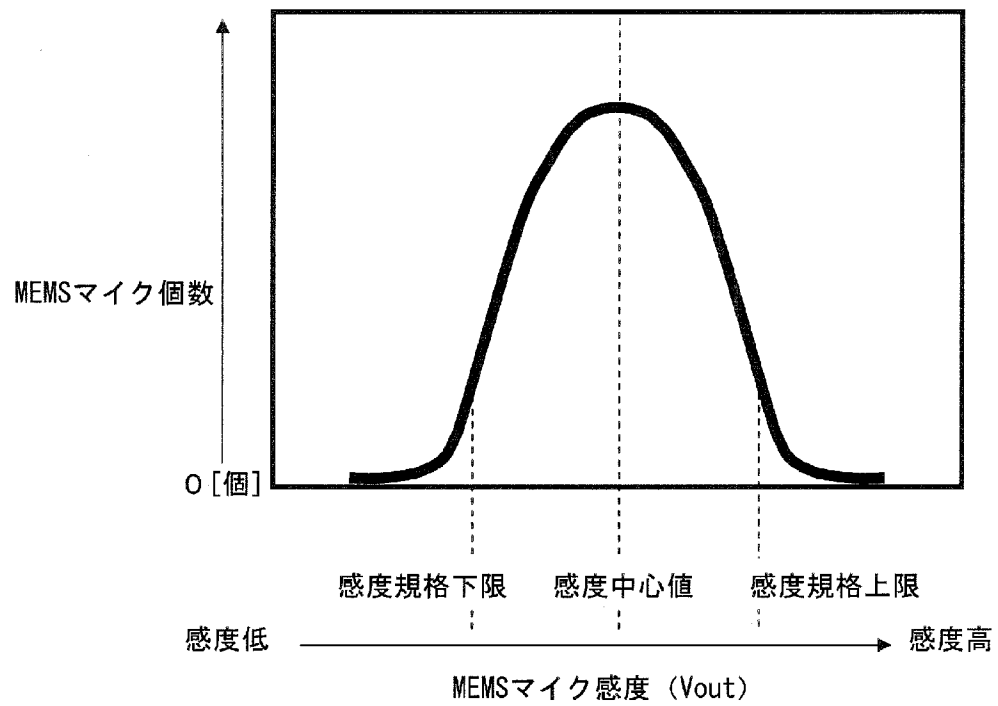
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/006410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R29/00(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i, H04R19/04(2006.01)i, H04R31/00(2006.01)i

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)

H04R29/00, H01L29/84, H04R19/04, H04R31/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-177404 A (Panasonic Corp.), 06 August 2009 (06.08.2009), paragraphs [0006], [0031] to [0060]; fig. 1 to 15 (Family: none)	18, 19 1-17
Y A	JP 2009-124387 A (Panasonic Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), paragraphs [0024] to [0027]; fig. 4 & US 2009/0119905 A1	18, 19 1-17
A	JP 2009-260884 A (Nippon Hoso Kyokai), 05 November 2009 (05.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

24 January, 2011 (24.01.11)

Date of mailing of the international search report

01 February, 2011 (01.02.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04R29/00(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i, H04R19/04(2006.01)i, H04R31/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H04R29/00, H01L29/84, H04R19/04, H04R31/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 A	JP 2009-177404 A（パナソニック株式会社）2009.08.06, 【0006】、【0031】－【0060】及び第1－15図（ファミリーなし）	18, 19 1-17
Y A	JP 2009-124387 A（パナソニック株式会社）2009.06.04, 【0024】－【0027】及び第4図 & US 2009/0119905 A1	18, 19 1-17
A	JP 2009-260884 A（日本放送協会）2009.11.05, 全文及び全図面（ファミリーなし）	1-17

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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矛盾するものではなく、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

2 4 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

5 Z

3 6 5 4

境 周一

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 9 1