

(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
2019年5月23日(23.05.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/097769 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 29/02 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)
G01N 29/024 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/028452

(22) 国際出願日: 2018年7月30日(30.07.2018)

(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 2017-220689 2017年11月16日(16.11.2017) JP

(71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 小高 貴浩 (ODAKA Takahiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 磯部 敦 (ISOBE Atsushi); 〒1008280 東

京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 青稜特許業務法人(SEIRYO I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目24番2号 Tokyo (JP).

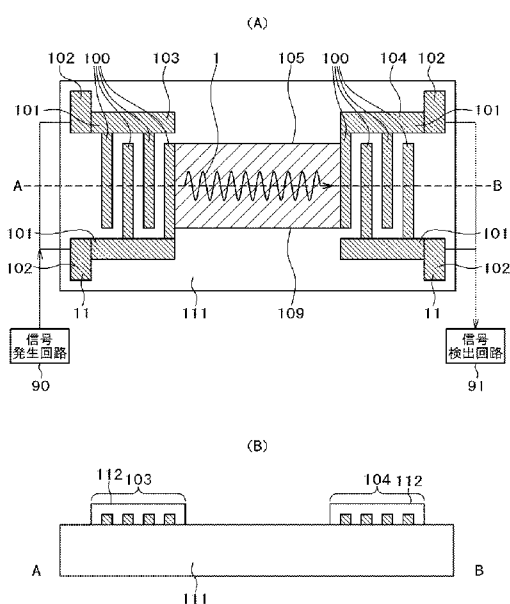
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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, SM, ST, SV, 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,

(54) Title: SOLID MICROPARTICLE MASS MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 固体微粒子質量測定装置

【図1】



90 Signal generation circuit
91 Signal detection circuit

(57) Abstract: This solid microparticle mass measurement device includes: a solid microparticle adherence region (109) which is disposed at a surface elastic wave propagation region (105) and to which solid microparticles are caused to adhere; and a solid microparticle adherence amount detection unit (signal detection circuit) (91) which detects the adherence amount of solid microparticles adhered to the solid microparticle adherence region.

(57) 要約: 本発明の固体微粒子質量測定装置は、表面弾性波伝搬領域(105)に設けられ固体微粒子を付着させる固体微粒子付着領域(109)と、固体微粒子付着領域に付着した固体微粒子の付着量を検出する固体微粒子付着量検出部(信号検出回路)(91)とを有する。



WO 2019/097769 A1

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)）

明 細 書

発明の名称： 固体微粒子質量測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、固体微粒子質量測定装置に関する。

背景技術

[0002] ディーゼルエンジンなどの内燃機関の排気ガスには、煤などの固体微粒子、いわゆるPM (Particle Matter) が含まれるが、この固体微粒子による大気汚染が世界的に問題となっている。

[0003] 排気ガスに含有し大気に排出される固体微粒子の量を制御するために、内燃機関の排気ガス管に微粒子センサを取り付け、固体微粒子の排出量を制御する試みがなされている。

[0004] このような微粒子センサに関連する技術として、例えば、特許文献1、2がある。特許文献1、2では、セラミック基板に楕型の電極を設け、電極間にバイアスを印加し、電極間に付着した固体微粒子の抵抗値を測定することにより排気ガス中に含有する固体微粒子を検出している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-226832号公報

特許文献2：特開平8-88533号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献1、2に記載された微粒子センサにおいては、電極間に付着した固体微粒子により電極間が導通しないと固体微粒子の付着量を測定できない。このため、特許文献1、2では微量な固体微粒子を高感度に検出することは困難である。

本発明の目的は、気体中に含まれる固体微粒子の含有量を高感度に検出することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様の固体微粒子質量測定装置は、気体中に含まれる固体微粒子の含有量を測定する固体微粒子質量測定装置であって、圧電基板と、前記圧電基板の一端に設けられ、表面弾性波を励起する入力電極と、前記圧電基板の他端に設けられ、前記入力電極で励起されて前記圧電基板上の表面弾性波伝搬領域を伝搬する前記表面弾性波を受信する出力電極と、前記表面弾性波伝搬領域に設けられ、前記固体微粒子を付着させる固体微粒子付着領域と、前記固体微粒子付着領域に付着した前記固体微粒子の付着量を検出する固体微粒子付着量検出部と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様によれば、気体中に含まれる固体微粒子の含有量を高感度に検出することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施例1の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。
[図2]実施例2の固体微粒子質量測定装置の他の構成を示す図である。
[図3]実施例3の固体微粒子質量測定装置の他の構成を示す図である。
[図4]実施例4の固体微粒子質量測定装置の他の構成を示す図である。
[図5]表面弾性波の伝搬速度低下率と固体微粒子（PM）の表面弾性波伝搬路への付着量（PM厚さ）との関係を示す図である。
[図6A]表面弾性波素子に設けた格子状電極への固体微粒子の付着状態を示す図である。
[図6B]格子状電極の構成を示す図である。
[図7]格子状電極を設けた表面弾性波素子に固体微粒子が付着した際の感度変化を示す図である。
[図8]実施例5の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。
[図9]実施例5の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。
[図10]楕形電極の一例を示す図である。
[図11]実施例6の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図12]実施例7の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図13]格子のピッチが波長の $1/2$ 以下であることの根拠を示す図である。

[図14]実施例8の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図15]実施例8の固体微粒子質量測定装置の格子状電極の構成を示す図である。

[図16]実施例9の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図17]実施例9の固体微粒子質量測定装置の格子状電極の構成を示す図である。

[図18]実施例9の固体微粒子質量測定装置の格子状電極の他の構成を示す図である。

[図19]実施例10の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図20]実施例10の固体微粒子質量測定装置の他の構成を示す図である。

[図21]実施例10の固体微粒子質量測定装置の動作を示す図である。

[図22]実施例11の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図23]実施例12の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図24]実施例13の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

[図25]実施例13の固体微粒子質量測定装置の動作を示す図である。

[図26]実施例14の固体微粒子質量測定装置の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の実施形態は、表面弾性波素子（SAW）を用いた固体微粒子の固体微粒子質量測定装置に関し、排ガス中に含まれる煤などの固体微粒子の含有量（質量）を高感度に検出する。具体的には、固体微粒子の含有量を見積もるために、圧電基板上に形成した一対の電極により表面弾性波を伝搬させる表面弾性波素子を用い、伝搬路上にイオン化した固体微粒子を収集し付着させる手段を設ける。これにより、大気中に含まれる固体微粒子の含有量（質量）を高精度に検出する。

以下、図面を用いて本発明の実施例について説明する。

実施例 1

[0011] 図1を参照して、実施例1の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

ここで、図1(A)は上面図であり、図1(B)は図1(A)の点線A-Bに沿った断面図である。

[0012] 図1に示すように、固体微粒子質量測定装置は、圧電基板111と、圧電基板111上に表面弾性波1の伝搬路である表面弾性波伝搬領域105を挟んで形成された入力電極103及び出力電極104を有する。

[0013] 入力電極103は、圧電基板111の一端に設けられ表面弾性波1を励起する。出力電極104は、圧電基板111の他端に設けられ入力電極103で励起されて圧電基板111上の表面弾性波伝搬領域105を伝搬する表面弾性波1を受信する。

[0014] 表面弾性波伝搬領域105の全部又は一部には、固体微粒子を付着させる固体微粒子付着領域109が設けられている。入力電極103には、信号発生回路90がGND電極11を介して接続されている。一方、出力電極104には、信号検出回路91がGND電極11を介して接続されている。信号検出回路91は、固体微粒子付着領域109に付着した固体微粒子の付着量を検出する固体微粒子付着量検出部として機能する。

[0015] 信号検出回路91(固体微粒子付着量検出部)は、固体微粒子付着領域109に付着した固体微粒子と表面弾性波1との相互作用により、表面弾性波1が表面弾性波伝搬領域105を伝搬する伝搬速度が変化することにより生じた表面弾性波1の位相の変化を出力電極104で検出することにより、固体微粒子の付着量を検出する。

[0016] 圧電基板111は、圧電性を有する材料を板状に整形された基板である。圧電性を有する材料とは、例えば水晶などがよく知られており、電場を印加すると伸縮する機能を有する。

[0017] 入力電極103及び出力電極104は、表面弾性波1の伝搬方向に対して垂直方向に対向して配置された楕型の電極により形成されるのが好ましい。図1(B)に示すように、入力電極103及び出力電極104は、絶縁膜1

12で被覆されている。

[0018] 図10を参照して、入力電極103及び出力電極104を構成する楕型電極について説明する。

図10(A)に示すように、楕型電極103、104は、複数の電極指100と、複数の電極指100を電氣的に束ねる一对のバスバー101と、バスバー101により電氣的に接続する電気端子102とで構成されている。電気端子102の間に高周波電気信号を印加すると、電極指100と直交する方向に高周波電気信号と同じ周波数の表面弾性波1を励振する。あるいは、伝搬してきた表面弾性波1を表面弾性波1と同じ周波数の高周波電気信号に変換する。このように、楕型の入力電極103は表面弾性波1を励起し、楕型の出力電極104は表面弾性波1を受信する。

[0019] 楕型の入力電極103の電気端子102間に信号発生回路90により高周波電気信号を入力すると、圧電基板1上に電場が誘起されて電極指100に垂直な方向に表面弾性波1が励振される。

[0020] 励振された表面弾性波1は、伝搬路としての表面弾性波伝搬領域105を伝搬し出力電極104に到達する。出力電極104に到達した表面弾性波1は出力電極104で再び高周波電気信号に変換され、出力電極104の電気端子102に高周波電気信号として出力され信号検出回路91により検出される。

[0021] 表面弾性波伝搬領域105内に設けられた固体微粒子付着領域109に固体微粒子が付着すると、表面弾性波1と固体微粒子との相互作用により表面弾性波1の伝搬速度が変化し表面弾性波1の位相が変化する。この位相変化を出力電極104で出力される高周波電気信号の位相変化として検出することにより、固体微粒子の付着を検出することができる。

[0022] なお、実施例1では、図1の入力電極103及び出力電極104として、図1及び図10に示す楕型電極を用いたが、楕形電極の形状はこれに限ったものではなく、表面弾性波素子の特性が固体微粒子量の測定に最適となるように変更してもよい。

[0023] 例えば、図10(A)に示すように、楕型電極を構成する電極指100の電極幅132及び隣接する電極指100間のスペース133を表面弾性波1の波長の1/4で設計する。これにより、各電極で発生あるいは通過する表面弾性波同士が強め合うため低損失での測定が可能となる。

[0024] また、図10(B)で示すスプリット電極を用いると、位相の歪が低減されるため、検出精度を向上することができる。また、スプリット電極を構成する電極指100の電極幅132及び隣接する電極指100間のスペース133を表面弾性波1の波長の1/8で設計する。これにより、低損失での測定が可能となる。

[0025] なお、図10(A)、図10(B)の楕形電極は共に、電極に印加した入力信号により発生した表面弾性波1が電極の両側に伝搬してしまうが、例えば、一方向性電極を用いて表面弾性波1の伝搬方向を一方向に制限する。これにより、出力高周波電気信号のレベルを大きくすることができ、検出精度を向上することが可能となる。

実施例 2

[0026] 図2を参照して、実施例2の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図2に示すように、表面弾性波伝搬領域105の少なくとも一部が重なるように設けられた第1の金属電極106が形成される。固体微粒子付着領域109は、表面弾性波伝搬領域105の内側の第1の金属電極106の表面である。第1の金属電極106の上部には、第1の金属電極106と対向して第2の金属電極107が設けられている。第1の金属電極106と第2の金属電極107との間に電圧を印加することにより第1の金属電極106に固体微粒子を効率良く付着させる。

[0027] 集塵方法としては、DC電界、コロナ放電、熱泳動などがある。図2では、表面弾性波伝搬領域109に、第1の金属電極106と第1の金属電極106の上部に対向して第2の金属電極107を設け、第1の金属電極106と第2の金属電極107の間にDC電圧を印加して第1の金属電極106に

固体微粒子を付着させる。

実施例 3

[0028] 図3を参照して、実施例3の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図3では明示していないが、固体微粒子付着領域109は、表面弾性波伝搬領域105の内側の第1の金属電極106の表面である。圧電体基板111上の固体微粒子付着領域109に付着した固体微粒子は、表面弾性波1と固体微粒子が付着する領域の端部で反射する性質があり、この反射の際に位相が大きくシフトする。

[0029] そこで、実施例3では、図3に示すように、固体微粒子付着領域109として機能する第1の金属電極108として、複数の格子状電極により形成された電極を用いる。固体微粒子は、複数の格子状電極の表面に付着する。

[0030] 図3に示す構成では、固体微粒子付着領域109に付着した固体微粒子の付着する領域を格子状に制限することにより、音速による位相シフト量を増大し固体微粒子の質量の測定感度をさせる。

具体的には、図3に示すように、表面弾性波伝搬領域105に格子状の第1の金属電極108を設け、固体微粒子を含む気体中で金属電極107に電圧を印加し電界を起こし、格子状の第1の金属電極108に固体微粒子を付着させる。

実施例 4

[0031] 図4を参照して、実施例4の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図4に示すように、固体微粒子の浮遊する領域を第2の金属電極107又は格子状電極を構成する第1の金属電極108の近傍に制限するため、板状のマスク113で覆う。

[0032] 尚、図4(B)に示すように、表面弾性波伝搬領域105へ固体微粒子を含む気体を導入するガス導入路201を設けられている。尚、ガス導入路201は本構成に限ったものではなく、その他の構成によってガスを導入して

もよい。

[0033] 図5は、表面弾性波の伝搬速度低下率と固体微粒子（PM）の表面弾性波伝搬路への付着量（PM厚さ）との関係を示す図であり、図11（c）から図13（c）のA-B部の拡大図である。

図5に示すように、金属電極がない場合に比べて、金属電極がある場合は伝搬速度の低下率が増加し、格子状電極の場合はさらに伝搬速度低下率が増加することが分かる。ここで、伝搬速度低下率は位相の変化に対応する。また、両者はPM感度に対応することから、金属電極により感度が向上することが分かる。

[0034] なお、図5に示すように、高周波電気信号の位相変化に対応する固体微粒子の付着質量をあらかじめ測定し検量線を作成すると、電気信号の測定から固体微粒子の付着量（質量）を見積もることが可能になる。

[0035] なお、格子状電極の高さ以上に固体微粒子が付着した場合には、図5に示すように感度が増加する。ここで、図6Aは、図3に示す格子状の第1の金属電極108の点線A～Bにおける断面図であり、図6Bは図3に示す格子状の第1の金属電極108の上面図である。

[0036] 図6A（b）に示すように、格子状の第1の金属電極108に格子状に固体微粒子202が付着する。さらに、固体微粒子が付着すると、図6A（c）、図6A（d）のように、固体微粒子が堆積し格子状の第1の金属電極108を被服する。

[0037] 図7は図6A（a）～（d）のように固体微粒子が付着した際の表面弾性波の位相変化を示したものであり、図7中のA～Dは図6A（a）～（d）にそれぞれ対応している。図6A（a）～（b）のように、固体微粒子が格子状に堆積した場合と図6A（c）～図6（d）のように格子状の第1の金属電極108の高さ以上に固体粒子が付着した場合とで感度が異なる。図7のA～Cの傾きのほうが、図7のC～Dの傾きより大きい。すなわち、格子状に固体微粒子が付着すると、固体微粒子量の検出感度が向上することが分かる。

- [0038] 図3に示す格子状の第1の金属電極108の構成では、検出感度を向上させるために、図6Bに示すように、格子電極の幅115と隣接する格子電極の間隔114を楕型電極で励振される表面弾性波の波長より小さくする。
- [0039] また、付着した固体微粒子の総質量が多くても感度が低下しないように、格子状電極の膜厚を十分厚くする。なお、格子電極のアスペクト比が大きくなりすぎると、格子電極が倒れたり形状の欠陥が生じやすくなったりする。このため、格子電極の形状はプロセスで加工可能な形状であることが必要である。実施例1では、電極幅と高さの比、いわゆるアスペクト比を、たとえば15:1以下で格子電極を作成する。
- [0040] なお、格子電極の幅115と隣接する格子電極の間隔114を表面弾性波の波長の $1/8$ で構成することにより、格子電極を通過する表面弾性波1が干渉し強め合おう。この結果、固体微粒子がより強く相互作用し固体微粒子の検出感度が向上する。
- [0041] なお、実施例1では、入力電極103、出力電極104、第1の金属電極106、第2の金属電極107の電極の材料として白金とチタンとの2層構造を用いた。電極材料は白金やチタンに限ったものでなく、電気信号を通す材料であれば良い。
- [0042] しかし、白金のように高温でも酸化せず、形成した電極と圧電基板111との密着性及び電極の形状が容易に変化しない材料を用いると、高温で動作させることができる。また、高温下で固体微粒子を燃焼させることで、図7のD状態からA状態に戻すことが出来るため（リフレッシュ可能になるため）高感度を維持でき、高精度な測定器を実現できる。
- [0043] また、圧電体基板111として、表面弾性波1の温度特性が変化しない圧電体基板を用いれば、質量測定装置で環境温度変化に対して影響を受けない測定が可能となり高精度な測定器を実現できる。圧電体基板111としては、水晶、ランガサイト（ $La_3Ga_5SiO_{14}$ ）基板などがあるが、温度安定性の良い他の圧電基板を使用しても良い。またアルミニウムナイトライド薄膜、またはScをドープしたアルミニウムナイトライド薄膜を使用して

も良い。これら圧電薄膜を用いる場合、珪素、サファイヤ、アルミナ、ダイヤモンド、炭素化珪素を主原料とする基板上に成膜するとよい。

[0044] 圧電基板 111 が、ランガサイト、アルミニウムナイトライド薄膜、または Sc をドーピングしたアルミニウムナイトライド薄膜、サファイヤ、アルミナ、ダイヤモンド、炭素化珪素のいずれかで構成され、かつ、電極が白金やチタンで構成されている場合、（後術）リフレッシュ動作をさせることができるため、いっそう高精度な測定器を実現できる。

[0045] 尚、固体微粒子は、例えば、炭素を主成分とする。固体微粒子測定装置において、表面弾性波伝搬領域 105 を加熱し固体微粒子付着領域 109 に付着した固体微粒子を燃焼除去する手段を設けても良い。

[0046] 図 1 に示す表面弾性波素子は、以下のプロセス処理により作成した。

圧電体基板 111 の表面を洗浄し、表面の異物等を除去した後、ホトリソグラフィプロセスによりパターンを形成し、電子ビーム蒸着装置により白金パターンを成膜した後、リフトオフプロセスにより楕型電極を形成した。

[0047] 次に、圧電体基板 111 と白金の界面、および、白金電極上には接着層としてチタンの薄膜を形成した。実施例 1 では、楕型電極の保護のため、酸化珪素膜を形成した。

なお、固体微粒子の測定に問題がなければ、表面弾性波 1 の表面弾性波伝搬領域 105 上に形成された酸化珪素膜の除去は必ずしも必要ではない。しかし、固体微粒子を収集するために第 1 の金属電極 106、108 への電圧印加により放電を起こし固体、酸化珪素膜中への電荷蓄積が起こり固体微粒子の付着量が増加する可能性があるため、酸化珪素膜は除去することが望ましい。

実施例 5

[0048] 図 8、図 9 を参照して、実施例 5 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

実施例 5 では、図 8 のように、固体微粒子を測定するための表面弾性波素子を 1 対用い、片方の素子に放電等の固体粒子収集手段により固体粒子を付

着し検出する測定素子 1 2 1 として、片方の素子には固体粒子を付着しないように被覆した素子を参照素子 1 2 2 としてそれぞれ用いる。

[0049] 図 9 は、図 8 の測定用素子と参照素子の、それぞれ A A - B B、C C - D D における断面図である。

図 9 に示すように、測定用素子 1 2 1 には固体微粒子付着領域 1 0 9 に酸化珪素膜 1 1 3 の窓を開口しており、ガスの導入路 2 0 1 を設けている。一方、参照素子 1 2 2 の固体微粒子付着領域 1 0 9 は酸化珪素膜 1 1 3 で完全に覆っている。

[0050] また、実施例 2 のように、同じ素子を一对として用い、たとえば両者の出力信号の差分を用いるなどして固体微粒子を測定することにより、測定における環境の変化による表面弾性波素子の特性変化を補償し正確な測定を行うことができる。なお、対として用いる素子のうち、参照側素子（固体微粒子が付着しない）の表面弾性波伝搬領域 1 0 5 には、必ずしも測定素子（固体微粒子が付着する側）と同じ電極を設ける必要はなく、例えば、測定素子 1 2 1 の表面弾性波伝搬領域 1 0 5 には格子状電極 1 0 7 を、参照素子 1 2 2 の表面弾性波伝搬領域 1 0 5 には金属電極 1 0 6 を設けるなど、両者で異なる電極を設けても良い。

[0051] ただし、測定環境の変化により測定素子 1 2 1 と参照素子 1 2 2 が環境により同じ特性変化を示すような電極構成をとることが望ましいため、実施例 2 では測定素子 1 2 1 と参照素子 1 2 2 とに同じ格子状電極を用いている。

[0052] 参照素子 1 2 2 に固体微粒子が付着せず、測定素子 1 2 1 のみに固体微粒子が付着するように、表面弾性波 1 の漏れ波と被服膜上に付着した堆積物が相互作用しないよう、保護マスク 1 1 3 で参照側電極の被服を行った。

[0053] 参照用素子 1 2 2 の被服材料は何でも良いが、固体微粒子を測定する環境温度及び環境雰囲気において反応、変形等をしにくい材料であることが望ましい。実施例 2 では、酸化珪素膜 1 1 2 で素子表面を被服する。また、楕形電極 1 0 3、1 0 4 については、固体微粒子が付着しないように、固体微粒子付着領域 1 0 9 上に窓を設けた被服板 1 1 3 で覆いマスクとして用いても

良い。

実施例 6

[0054] 図 11 を参照して、実施例 6 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図 11 (A) に示すように、実施例 6 の固体微粒子質量測定装置では、固体微粒子付着領域 109 として、ベタ膜 110 (パターンニングする前の平坦な膜) を用い、固体微粒子 (PM) の集塵方法としては、ベタ膜 110 に DC 電圧 106 (DC bias) を印加する。

[0055] このような構成では、図 11 (B) に示すように、固体微粒子 (PM) は電界にひきつけられて、固体微粒子付着領域 109 としてのベタ膜 110 上に一様に堆積して付着する。図 11 (C) に示すように、A-C では感度が低いことが分かる。

実施例 7

[0056] 図 12 を参照して、実施例 7 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図 12 (A) に示すように、実施例 7 では、実施例 3 (図 3 参照) と同様に、固体微粒子付着領域 109 として機能する第 1 の金属電極 108 として、複数の格子状電極により形成された電極を用いる。固体微粒子は、複数の格子状電極の周辺に付着する。

[0057] 図 12 に示すように、実施例 7 の固体微粒子質量測定装置では、格子状電極 108 の格子のピッチが波長の $1/2$ 以下である。

このような構成では、図 12 (B) に示すように、固体微粒子 (PM) は電界に引き付けられて段差を設けながら堆積する。この段差は表面弾性波 1 (SAW) を停留させる効果がある。段差が大きいほど表面弾性波 1 の停留効果が大きく、音速の低下は位相の回転に対応する。

図 12 (C) に示すように、A-D で実施例 6 より感度が高いことが分かる。

[0058] ここで、格子のピッチが波長の $1/2$ 以下であることの根拠を図 13 に示

す。図13(A)、(B)は、ホイエンスの原理による反射角の見積りを示す。Pは格子のピッチである。以下の数1に示すように、格子に入射した波は、θの方向に反射される。

[0059] [数1]

$$\frac{P}{\lambda_{SAW}} + \frac{P \cos \theta}{\lambda_{SAW}} = 1 \quad \dots\dots (数1)$$

[0060] θが存在する条件 (-1 = < cos θ = < 1) は以下の数2で表させる。

[0061] [数2]

$$0.5 \leq \frac{P}{\lambda_{SAW}} \quad \dots\dots (数2)$$

[0062] 数1及び数2から、Pがλ_{saw}/2未満であれば、回折及び反射されない。

実施例 8

[0063] 図14を参照して、実施例8の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図14(A)、図15に示すように、実施例8の固体微粒子質量測定装置では、実施例7(図12参照)と比べて、格子状電極108が間引かれている。

このような構成では、図14(b)に示すように、固体微粒子(PM)は電界に引き付けられて段差を設けながら堆積する。

図14(C)に示すように、実施例8ではPM付着量が低い領域A-Cで実施例7より感度が高いことが分かる。

実施例 9

[0064] 図16~図18を参照して、実施例9の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図16(A)、図17に示すように、実施例8の固体微粒子質量測定装置では、実施例8(図14参照)と比べて、格子状電極108が間引かれてお

り、かつ一部が塗りつぶされている。

[0065] このような構成では、使用する領域で感度を一定にすることができる。例えば、図14(B)のA～Eの領域を使用したい場合には、格子状電極108の間引き及び塗りつぶしの度合いにより、図16(B)に示すように、領域A～Eで感度を一定にすることができる。

[0066] また、例えば、図14(B)のB～Dの領域を使用したい場合には、格子状電極108の間引き及び塗りつぶしの度合いにより、図16(C)に示すように、領域B～Dで感度を一定にすることができる。

ここで、格子状電極108の間引き及び塗りつぶしの度合いとして、図16に示すパターンや、図17に示すパターンや、図18に示すパターンを適宜選択して使用する。

実施例 10

[0067] 図19、図20を参照して、実施例10の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

実施例2では、図2に示すように、固体微粒子付着領域109は表面弾性波伝搬領域109に設けられた第1の金属電極106により形成される。

実施例10では、図19に示すように、第1の金属電極106に対してヒータ及び抵抗温度計190を配置する。

[0068] このような構成の下、固体微粒子付着領域109として機能する第1の金属電極106をヒータ及び抵抗温度計190により高温（例えば600℃以上）に加熱して、第1の金属電極106に付着した固体微粒子（PM）を除去する。これにより、飽和領域（例えば、図11(C)の領域E）に達したとき、リフレッシュが可能となる。

[0069] 尚、図19では、ヒータ及び抵抗温度計190を一体に形成したが、ヒータと抵抗温度計を分けて形成しても良い。

また、図20に示すように、セラミック基板195に接着層196とSAW素子197を実装し、セラミック基板195と接着層196の間にヒータ及び抵抗温度計190を配置しても良い。

[0070] 次に、図 2 1 のフローチャートを参照して、実施例 1 0 の固体微粒子質量測定装置の動作について説明する。

最初に、センサの出力（位相または遅延時間）を計測（1）する（S 2 1 0）し、PM 付着量の絶対値を求める（S 2 1 1）。

次に、センサの出力を計測（2）する（S 2 1 2）。

次に、センサの出力の計測（2）結果から、飽和状態になっているかを判定する（S 2 1 3）。

[0071] 飽和状態になっている場合には、所望の温度になるように、ヒータ及び抵抗温度計 1 9 0 に通電する（S 2 1 4）。

ヒータ及び抵抗温度計 1 9 0 を通電後、リフレッシュを行い（S 2 1 5）、通電をオフする（S 2 1 6）。

S 2 1 3 で飽和状態になっていない場合には、出力（1）と出力（2）の差から、単位時間当たりの PM 付着量を算出する（S 2 1 7）。

[0072] 最後に、単位時間当たりの PM 付着量を出力（OUT）する（S 2 1 8）。

PM 付着量を係数倍することで、エンジンの PM 排出量が分かる。そして、センサの出力として、図 8 に示す実施例 5 の参照素子 1 2 2 との出力差を使うと、温度依存性の影響を除去できるので好ましい。

実施例 11

[0073] 図 2 2 を参照して、実施例 1 1 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

実施例 1 1 は、図 1 6 に示す実施例 9 の固体微粒子質量測定装置の変形例である。図 2 2 (A) は上面図、図 2 2 (B) は格子状金属電極 1 0 8 の中心近傍の断面図である。

図 2 2 (A)、(B) に示すように、実施例 1 1 の固体微粒子質量測定装置では、金属 2 3 0 の上に絶縁膜 2 2 0 が形成されている。このように、絶縁膜 2 2 0 を形成することにより、耐熱性を向上させて断線を防ぎ、安全にリフレッシュを行うことができる。

実施例 12

[0074] 図 2 3 を参照して、実施例 1 2 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

実施例 1 2 は、図 1 1 に示す実施例 6 の固体微粒子質量測定装置の変形例である。

図 2 3 (A) に示すように、実施例 1 2 の固体微粒子質量測定装置では、圧電基板 1 1 1 (ランガサイト) は長方形である必要はなく、例えば平行四辺形でも良い。

このような構成では、出力電極 1 0 4 を通過した表面弾性波 (S A W) 1 が出力電極 1 0 4 を再通過することを防ぎ感度が安定する。

[0075] ここで、表面弾性波 (S A W) 1 が出力電極 1 0 4 を再通過した場合の感度を図 2 3 (B) に示す。図 2 3 (B) に示すように、再通過した場合の感度は一定しないことが分かる。実施例 1 2 では、再通過した場合の感度が一定になる。

実施例 13

[0076] 図 2 4 を参照して、実施例 1 3 の固体微粒子質量測定装置の構成について説明する。

図 2 4 に示すように、実施例 1 3 の固体微粒子質量測定装置では、反射器 2 4 0 を設けて入出力電極を兼用する。

このような構成では、表面弾性波 1 が固体微粒子付着領域 1 0 9 を 2 回通過するので感度が 2 倍となる。

[0077] 図 2 5 のフローチャートを参照して、実施例 1 3 の固体微粒子質量測定装置の動作について説明する。

最初に、スイッチ 1 (2 4 1)、スイッチ 2 (2 4 2) を信号発生回路 9 0 に接続する (S 2 5 0)。

次に、信号発生回路 9 0 から信号を出力する (S 2 5 1)。

次に、入力電極 (楕型電極) 1 0 3 で表面弾性波 (S A W) 1 を励振する (S 2 5 2)。

次に、表面弾性波（SAW）1が固体微粒子付着領域109を通過して、反射器240で反射され、再度、固体微粒子付着領域109を通過する（S253）。

次に、スイッチ1（241）、スイッチ2（242）を信号検出回路91に接続する（S254）。

次に、信号検出回路91で遅延時間及び位相量を計測する（S255）。

最後に、PM排出量を出力する（S256）。

[0078] このように、実施例13によれば、表面弾性波1が固体微粒子付着領域109を2回通過するので感度を2倍にすることができる。

実施例 14

[0079] 実施例14は、図14に示す固体微粒子質量測定装置と図16に示す固体微粒子質量測定装置とを使用してDPF（Diesel Particulate Filter）を構成する。

[0080] 図26に示すように、図14の低感度PMセンサ262をディーゼルエンジン261とDPF264の間に配置し、図16の高感度PMセンサ263をDPF264の後方に配置する。

このような構成では、PM量が多い場所が低感度になり飽和が難しくなる。一方、PM量が少ない場所が高感度になり高感度センシングが可能になる。

[0081] 上記実施例によれば、伝搬路である表面弾性波伝搬領域105上に固体微粒子を収集し付着させる固体微粒子付着領域109を設けることにより、大気中に含まれる固体微粒子の含有量（質量）を高精度に検出することができる。

符号の説明

[0082] 1 表面弾性波
11 GND電極
90 信号発生回路
91 信号検出回路

- 1 0 0 電極指
- 1 0 1 バスバー
- 1 0 2 電気端子
- 1 0 3 楕型電極
- 1 0 4 楕型電極
- 1 0 5 表面弾性波伝搬領域
- 1 0 6 金属電極
- 1 0 7 金属電極
- 1 0 8 格子状金属電極
- 1 0 9 固体微粒子付着領域
- 1 1 1 圧電基板
- 1 1 2 絶縁膜
- 1 1 3 固体微粒子付着防止マスク
- 1 1 4 格子状電極の幅
- 1 1 5 格子状電極間の距離
- 1 1 6 固体微粒子付着防止マスクの開口部
- 1 3 2 楕形電極の幅
- 1 3 3 楕形電極間の距離
- 2 0 1 ガス導入路
- 2 0 2 固体微粒子

請求の範囲

- [請求項1] 気体中に含まれる固体微粒子の含有量を測定する固体微粒子質量測定装置であって、
- 圧電基板と、
- 前記圧電基板の一端に設けられ、表面弾性波を励起する入力電極と、
- 、
- 前記圧電基板の他端に設けられ、前記入力電極で励起されて前記圧電基板上の表面弾性波伝搬領域を伝搬する前記表面弾性波を受信する出力電極と、
- 前記表面弾性波伝搬領域に設けられ、前記固体微粒子を付着させる固体微粒子付着領域と、
- 前記固体微粒子付着領域に付着した前記固体微粒子の付着量を検出する固体微粒子付着量検出部と、
- を有することを特徴とする固体微粒子質量測定装置。
- [請求項2] 前記固体微粒子付着量検出部は、
- 前記固体微粒子付着領域に付着した前記固体微粒子と前記表面弾性波との相互作用により、前記表面弾性波が前記表面弾性波伝搬領域を伝搬する伝搬速度が変化することにより生じた前記表面弾性波の位相の変化を前記出力電極で検出することにより、前記固体微粒子の付着量を検出することを特徴とする請求項1に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項3] 前記入力電極及び前記出力電極は、前記表面弾性波の伝搬方向に対して垂直方向に対向して配置された櫛型の電極により形成されていることを特徴とする請求項1に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項4] 前記櫛型の電極は、複数の電極指を有し、
- 前記電極指の幅及び隣接する前記電極指の間の距離は、前記表面弾性波の波長の $1/4$ であることを特徴とする請求項1に記載の固体微粒子質量測定装置。

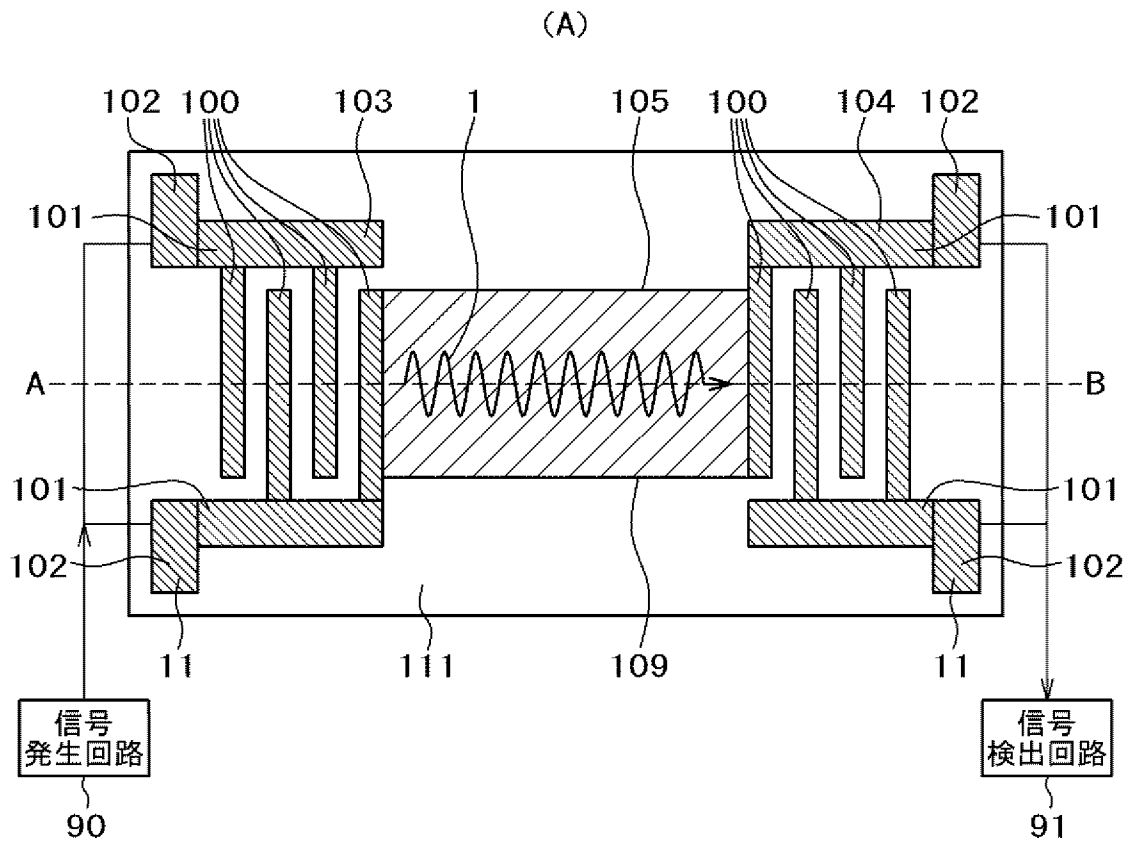
- [請求項5] 前記固体微粒子付着領域は、前記表面弾性波伝搬領域に設けられた第1の金属電極により形成され、
前記第1の金属電極の上部には、前記第1の金属電極と対向して第2の金属電極が設けられ、
前記第1の金属電極と前記第2の金属電極との間に電圧を印加することにより前記第1の金属電極に前記固体微粒子を付着させることを特徴とする請求項1に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項6] 前記第1の金属電極は、複数の格子状電極により形成され、
前記固体微粒子は、複数の前記格子状電極の周辺に付着することを特徴とする請求項5に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項7] 前記格子状電極の幅及び隣接する前記格子状電極の間隔は、前記表面弾性波の波長より小さいことを特徴とする請求項6に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項8] 前記格子状電極の幅及び隣接する前記格子状電極の間隔は、前記表面弾性波の波長の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項7に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項9] 複数の前記格子状電極は間引かれており、
前記固体微粒子は電界に引き付けられて段差を設けながら間引かれた複数の前記格子状電極上に付着することを特徴とする請求項6に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項10] 前記第1の金属電極を加熱することにより前記第1の金属電極に付着した前記固体微粒子を除去するヒータを更に有することを特徴とする請求項6に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項11] 前記固体微粒子付着領域は平坦膜により形成され、
前記固体微粒子は、前記平坦膜に印加されたDCバイアス電圧の電界に引き付けられて前記平坦膜に一様に付着することを特徴とする請求項1に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項12] 前記表面弾性波伝搬領域へ前記固体微粒子を含む前記気体を導入す

る導入路を更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の固体微粒子質量測定装置。

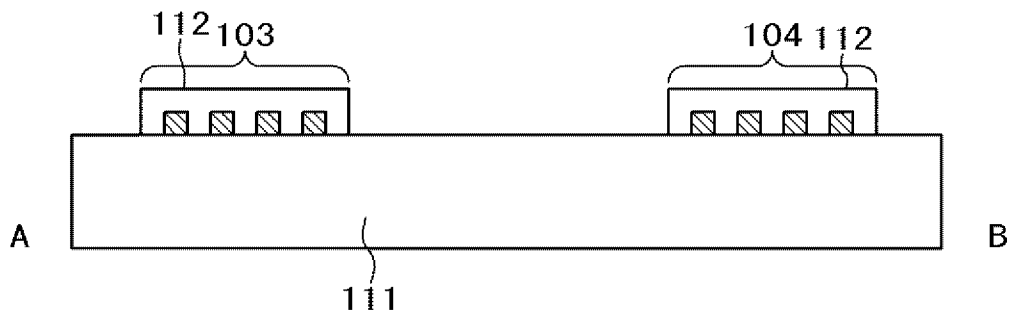
- [請求項13] 請求項 1 に記載された固体微粒子質量測定装置を一对配置し、
一の固体微粒子質量測定装置を測定素子として用い、
他の固体微粒子質量測定装置を参照素子として用い、
前記参照素子の前記固体微粒子付着領域には、前記固体微粒子が付着するのを阻止するためのマスクが設けられ、
前記固体微粒子付着量検出部は、前記測定素子と前記参照素子の前記出力電極でそれぞれ受信される前記表面弾性波の特性を比較することにより、前記固体微粒子の前記付着量を検出することを特徴とする固体微粒子質量測定装置。
- [請求項14] 前記測定用素子の前記固体微粒子付着領域は、絶縁膜の窓が開口されており、
前記参照素子の前記固体微粒子付着領域は、前記絶縁膜で覆われていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の固体微粒子質量測定装置。
- [請求項15] 前記入力電極及び出力電極は、白金とチタンとの 2 層構造により形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の固体微粒子質量測定装置。

[図1]

図 1

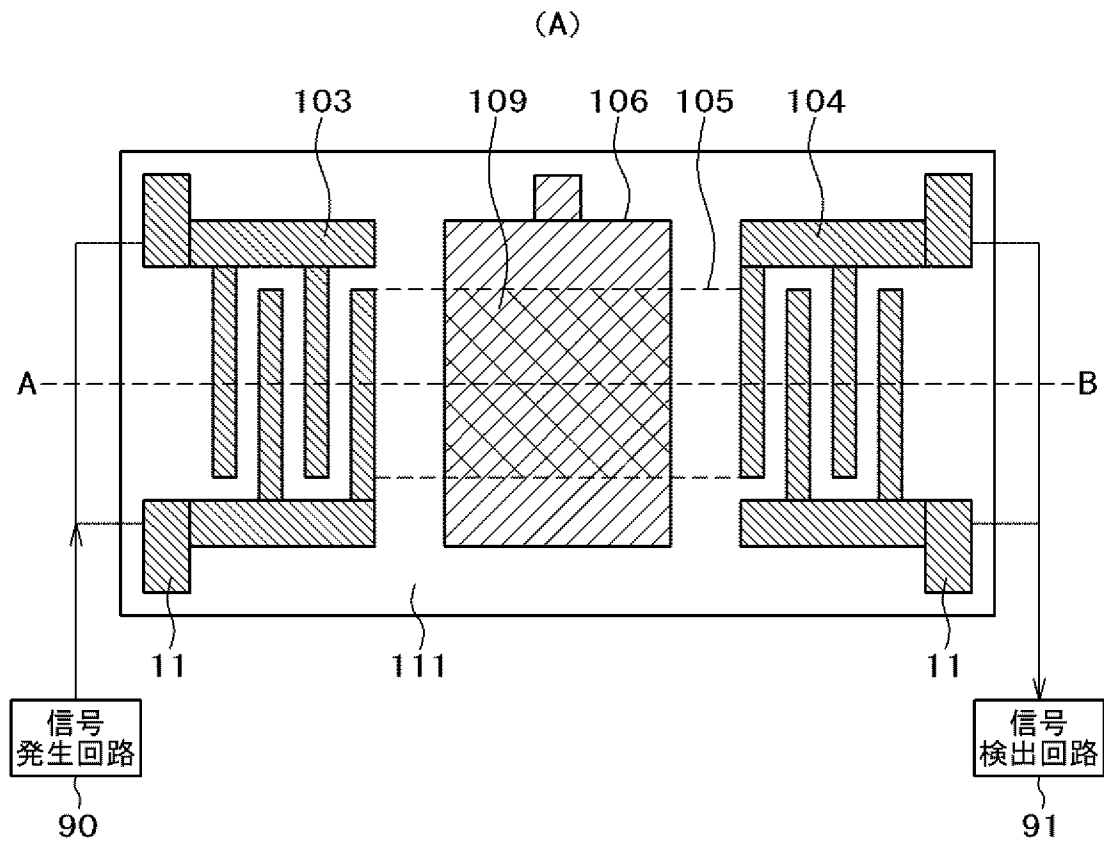


(B)

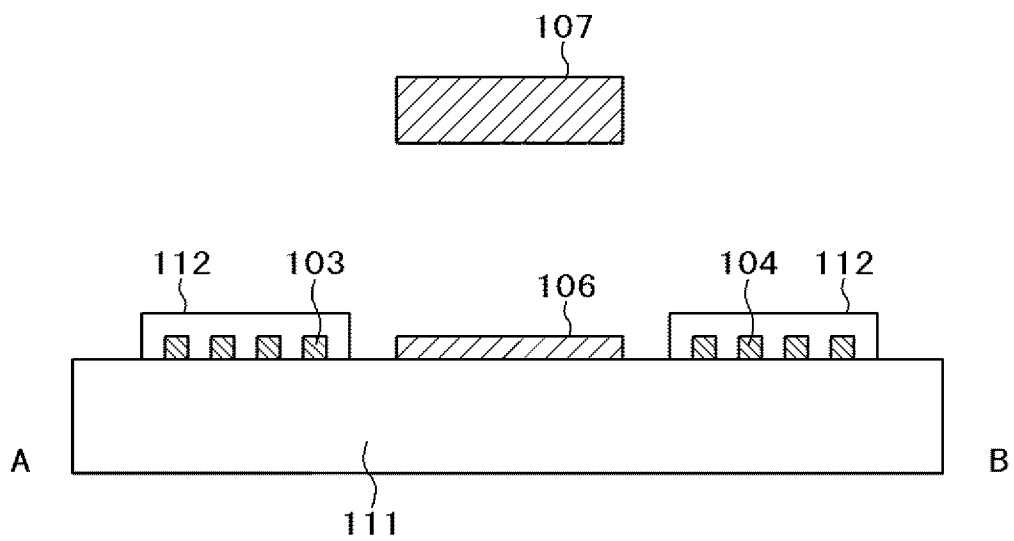


[図2]

図 2

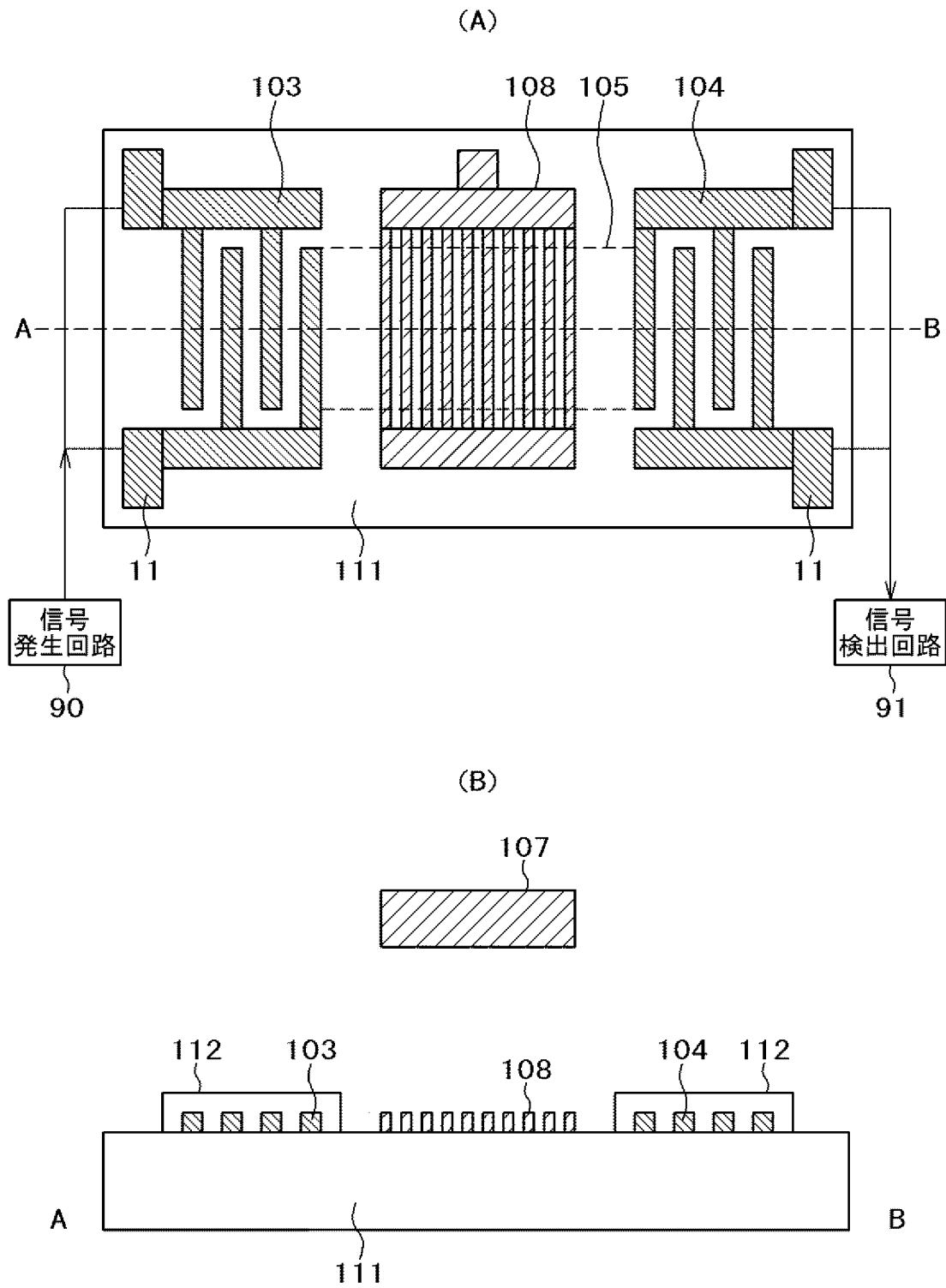


(B)



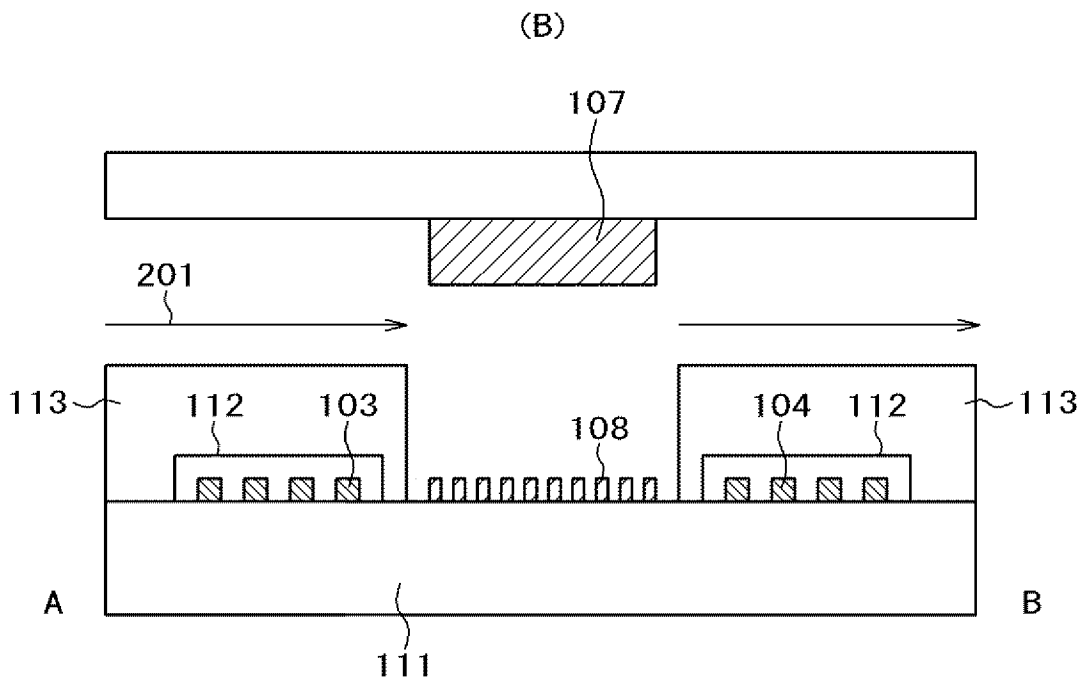
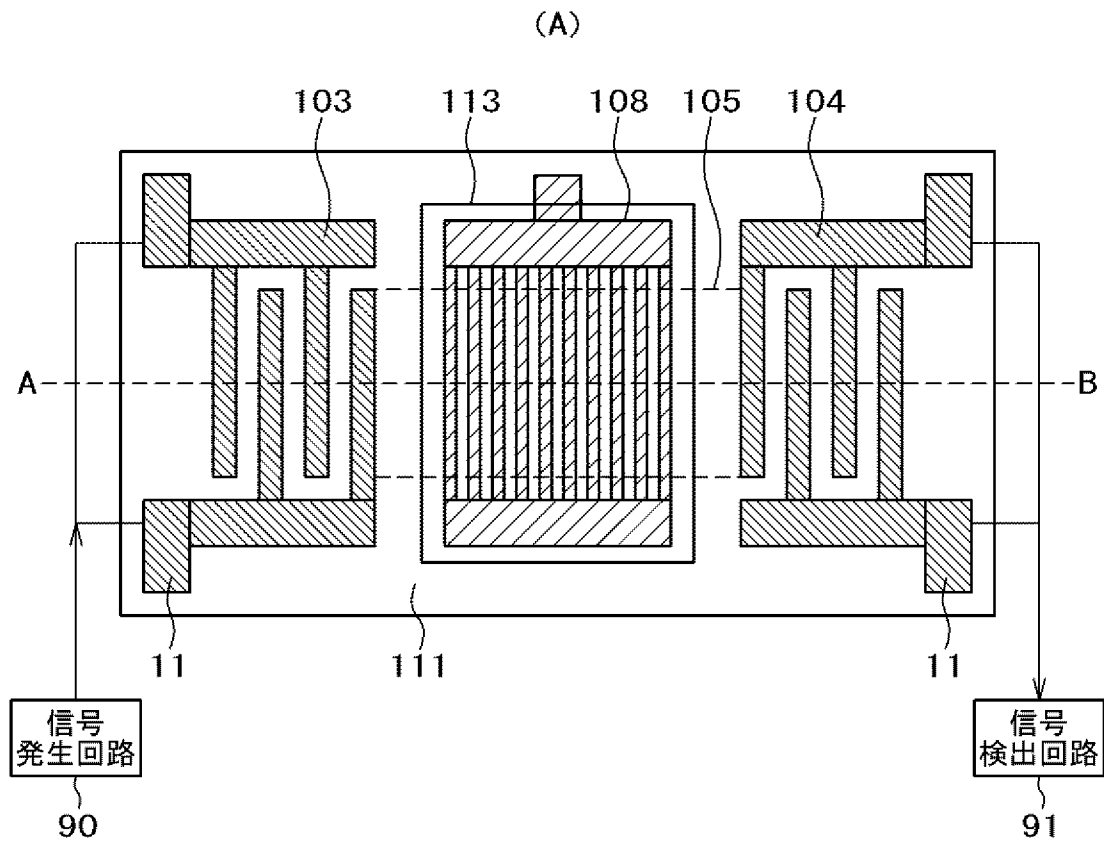
[図3]

図 3



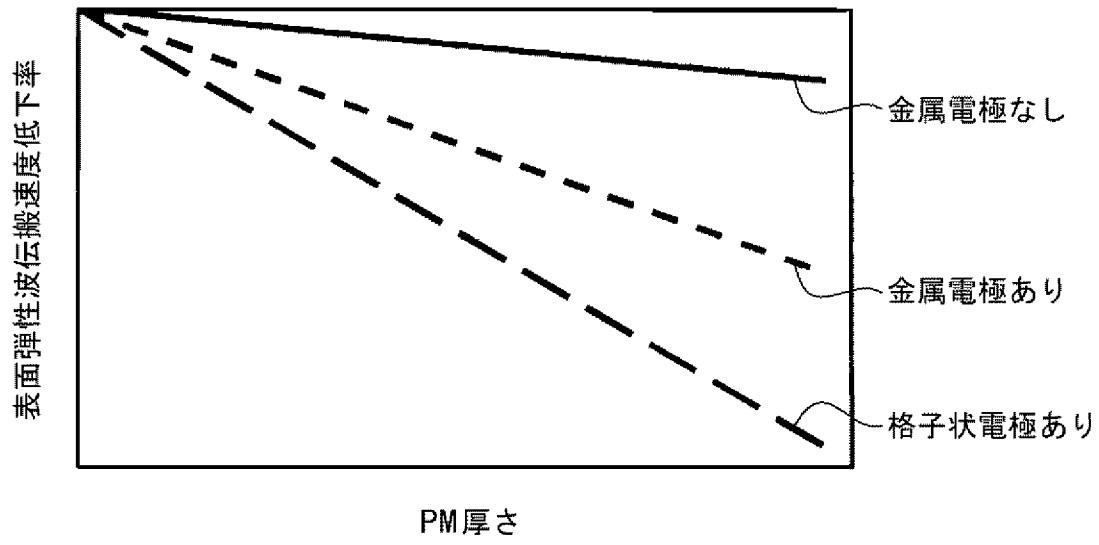
[図4]

図 4



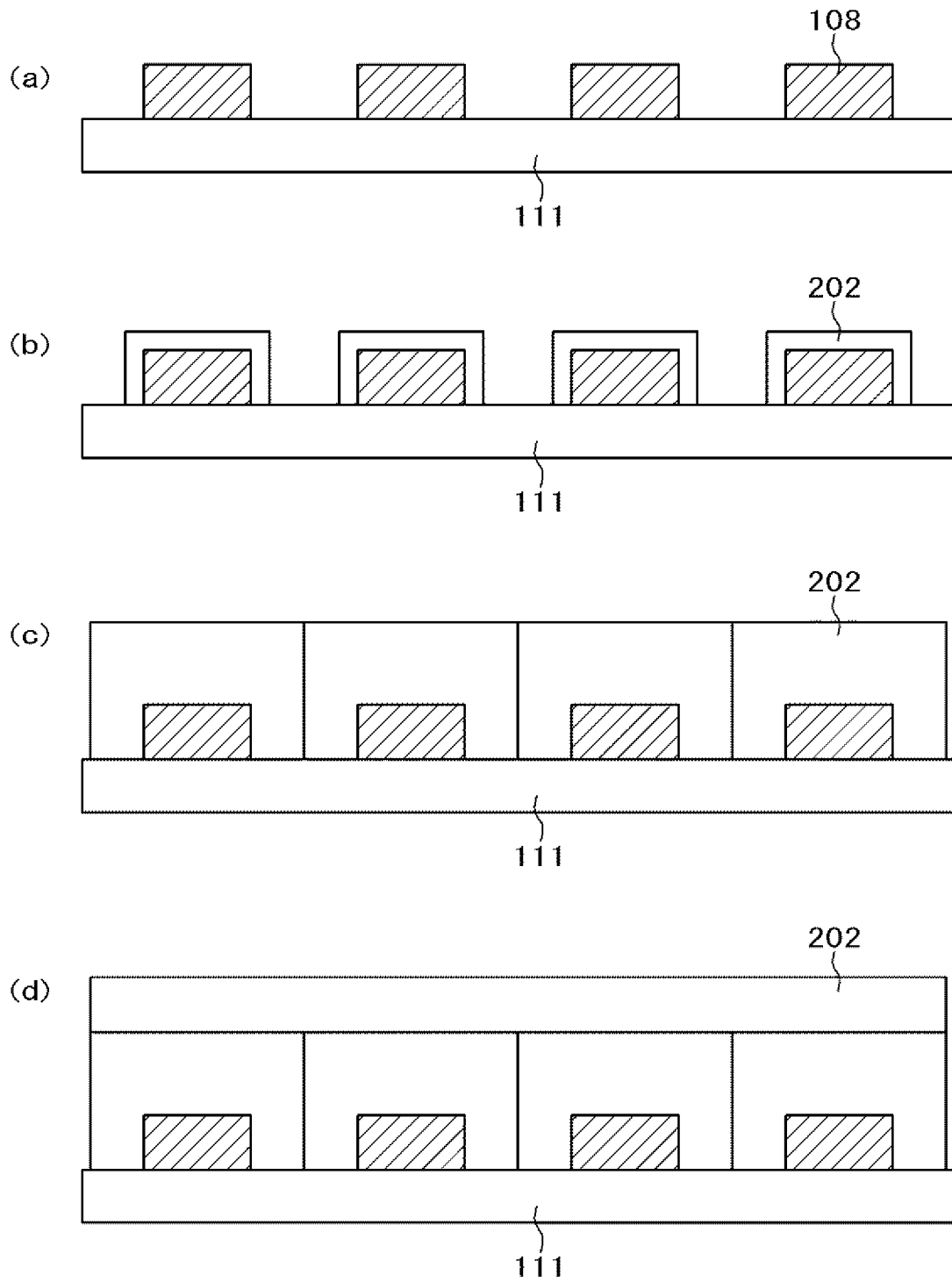
[図5]

図5



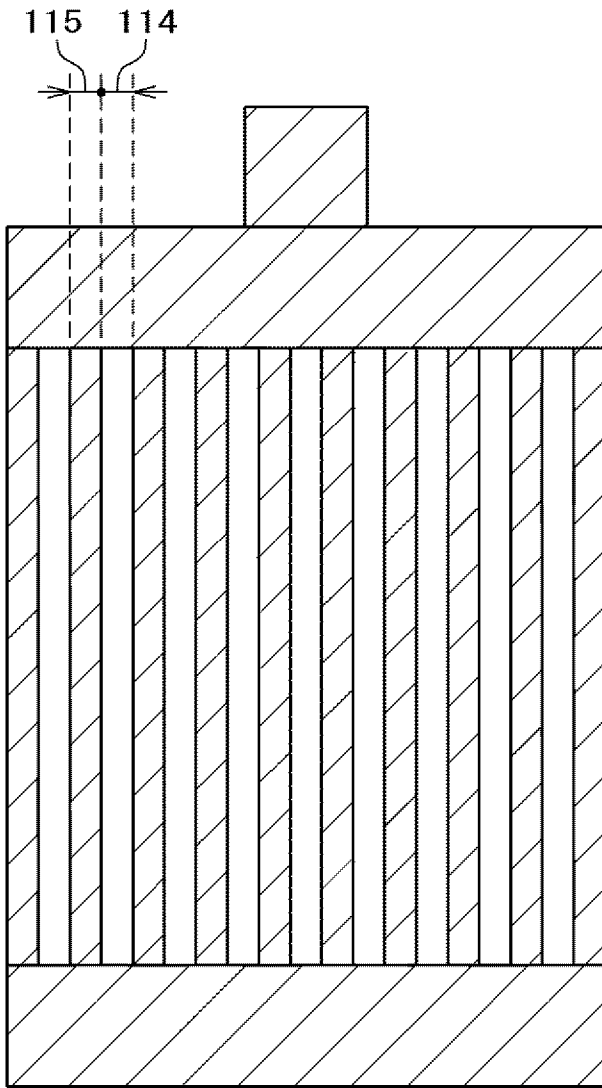
[図6A]

図 6 A



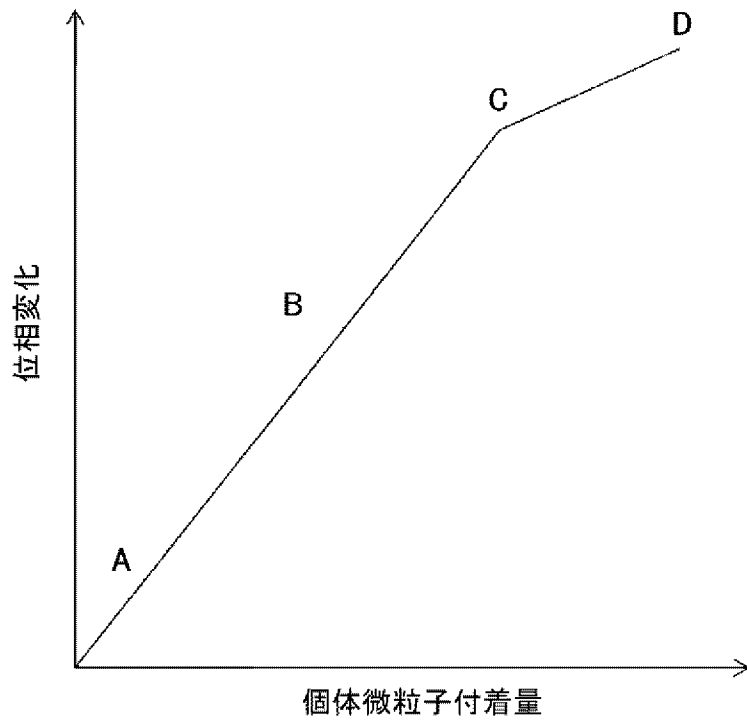
[図6B]

図 6 B



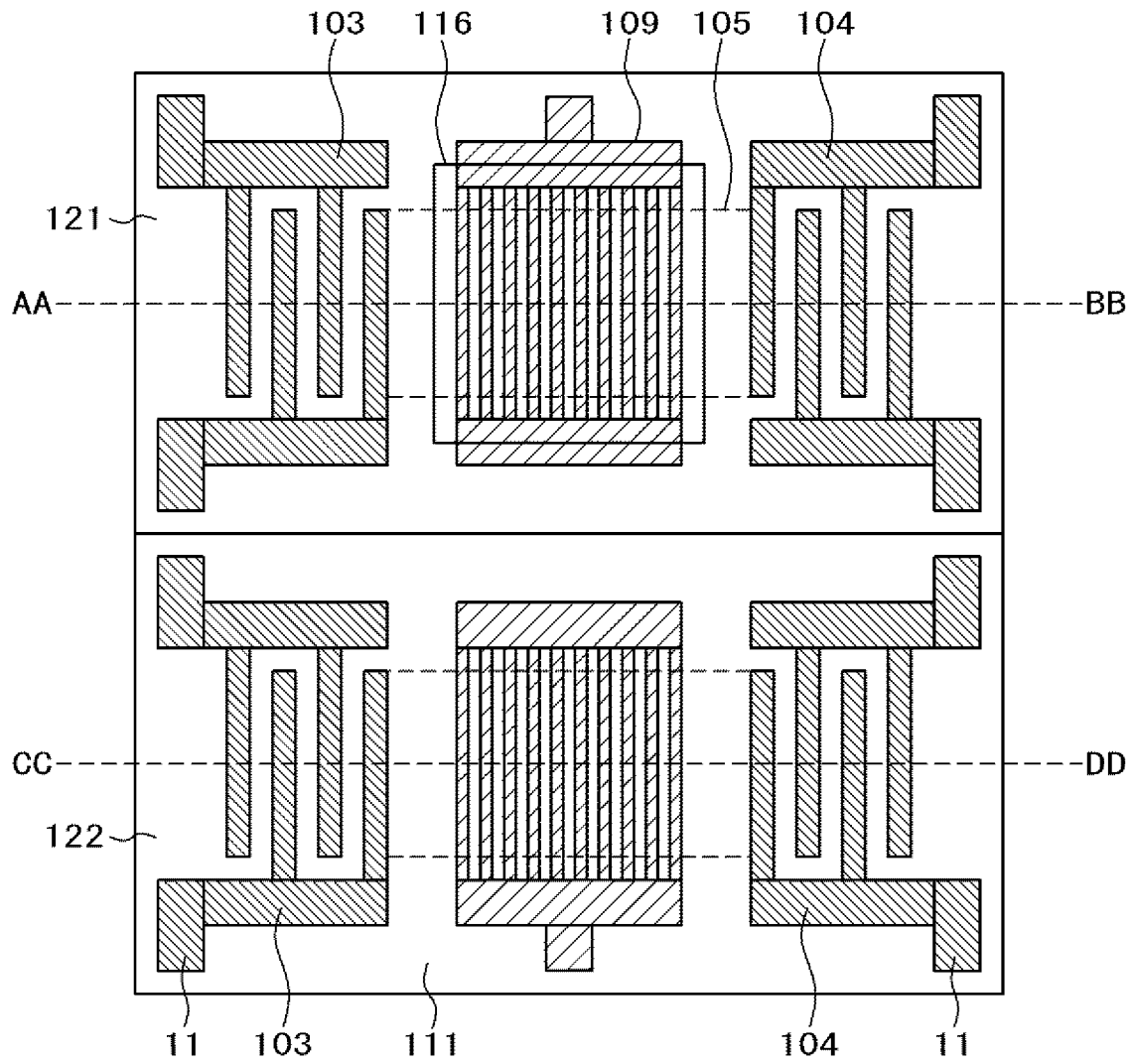
[図7]

図 7



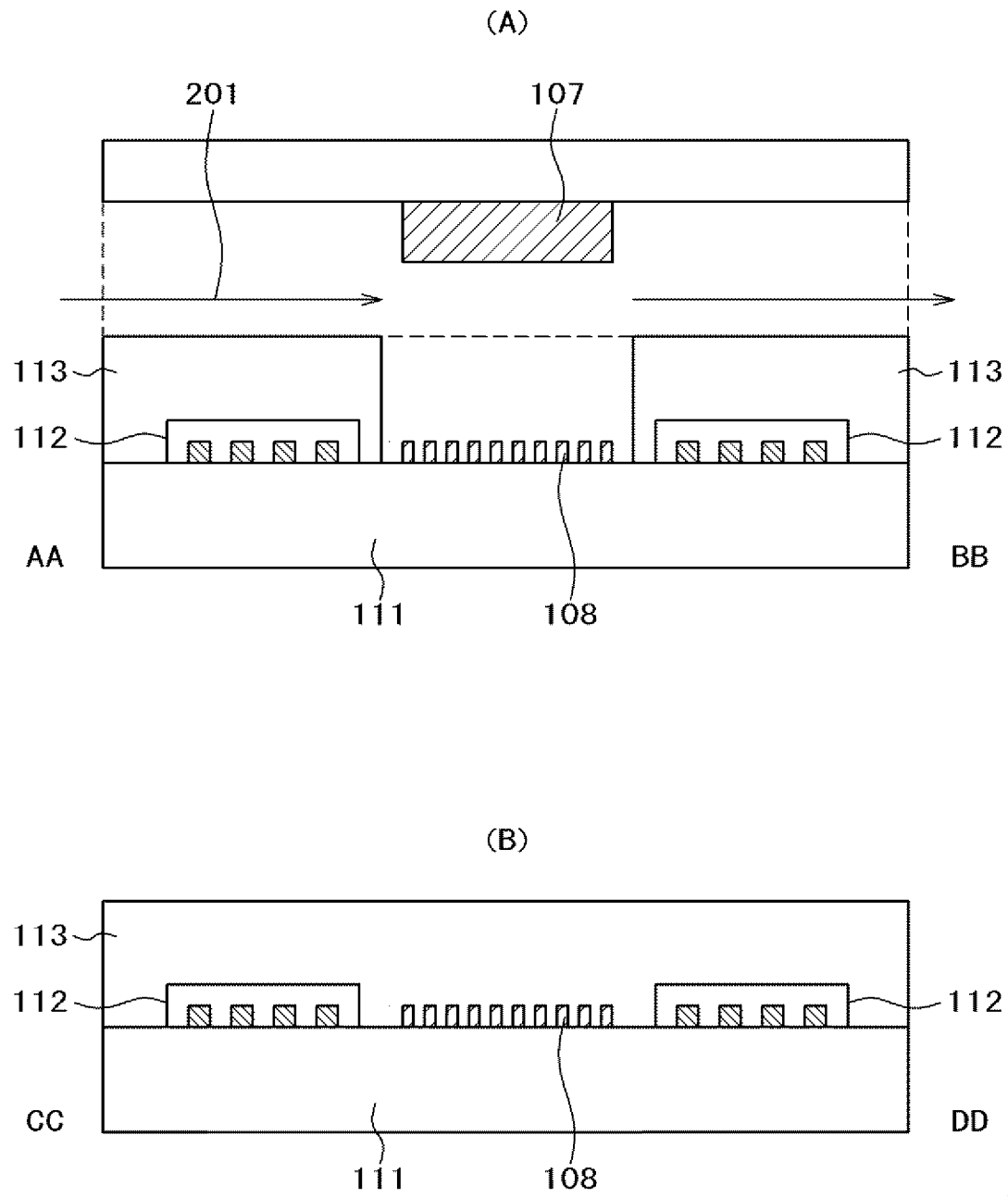
[図8]

図 8



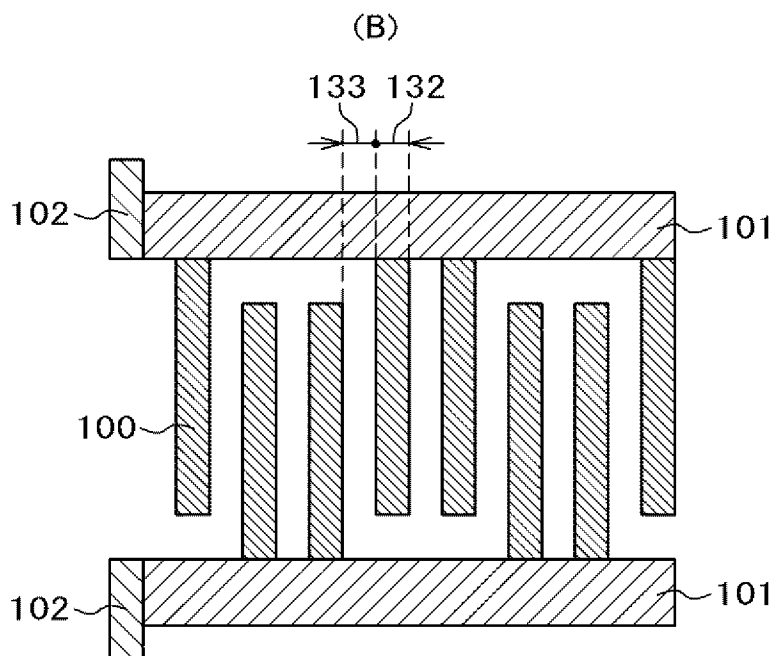
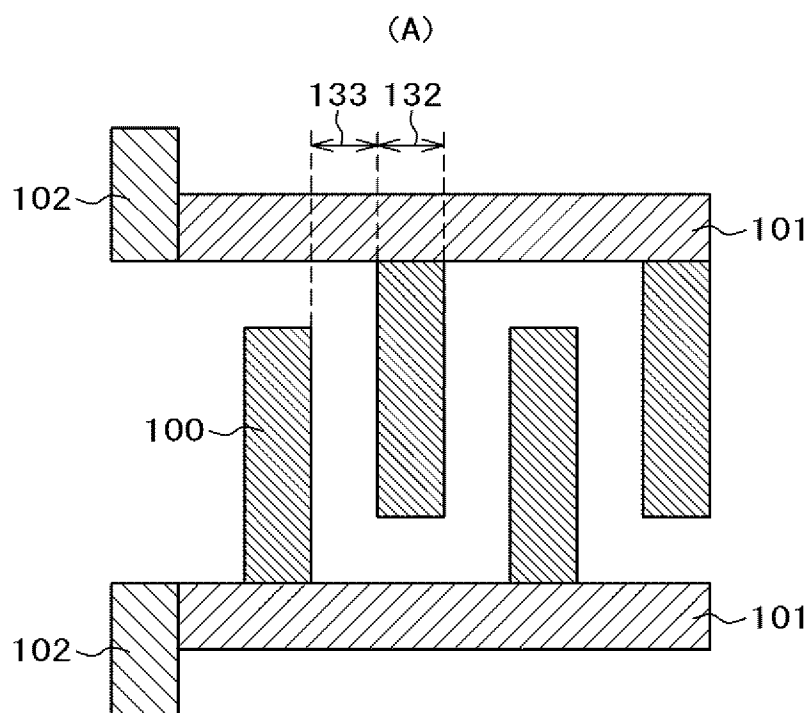
[図9]

図9



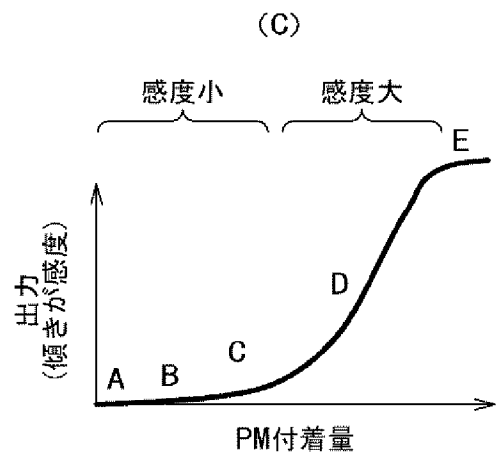
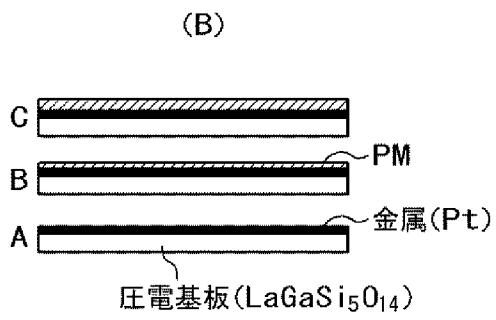
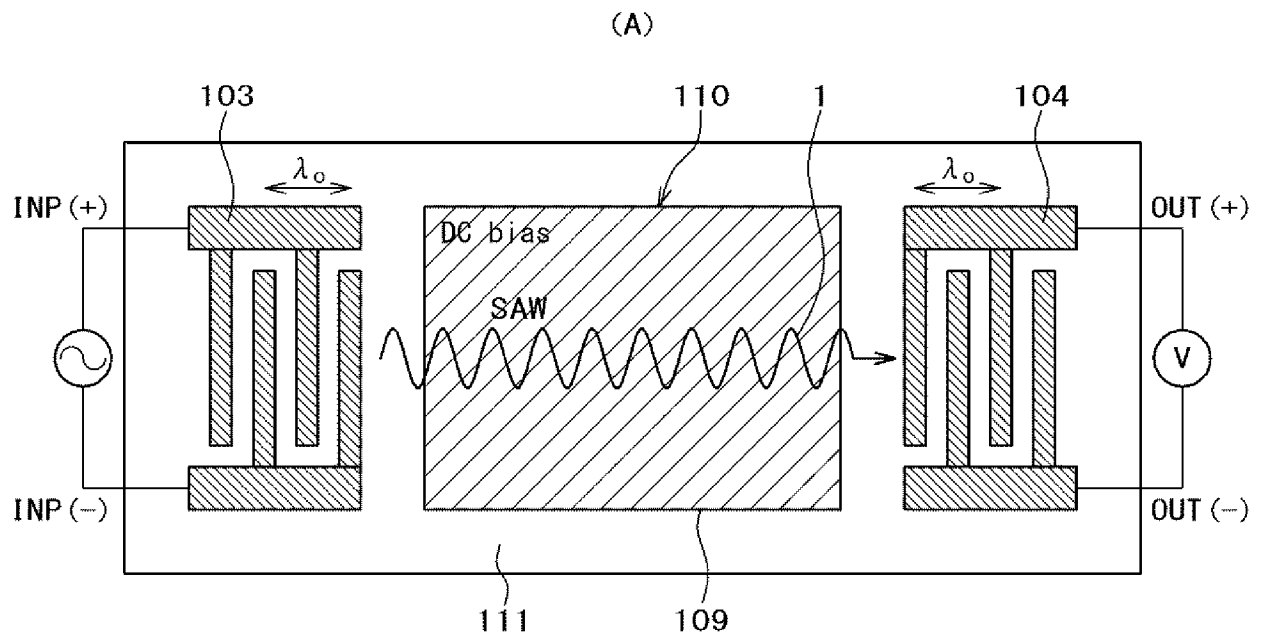
[図10]

図 10



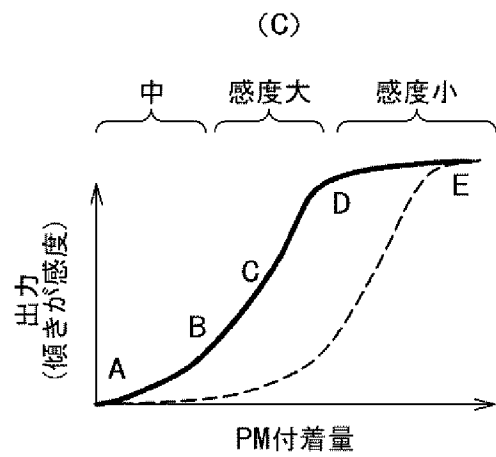
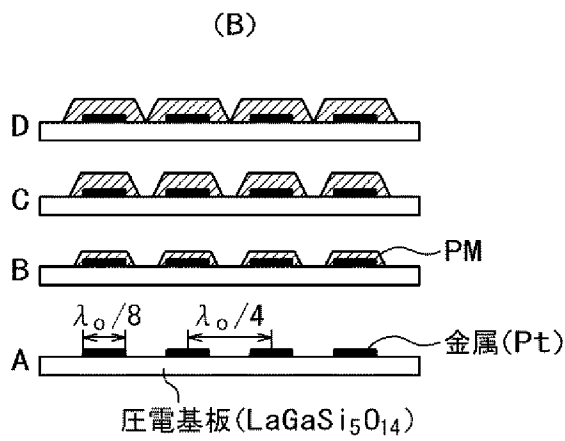
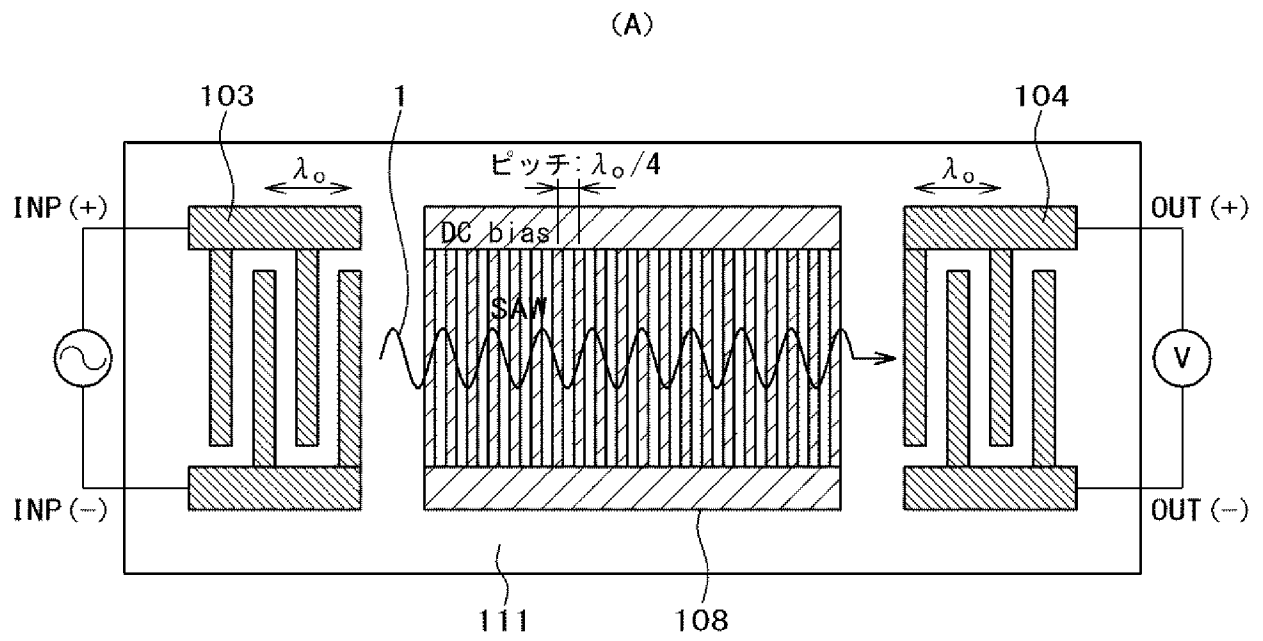
[図11]

図 1 1



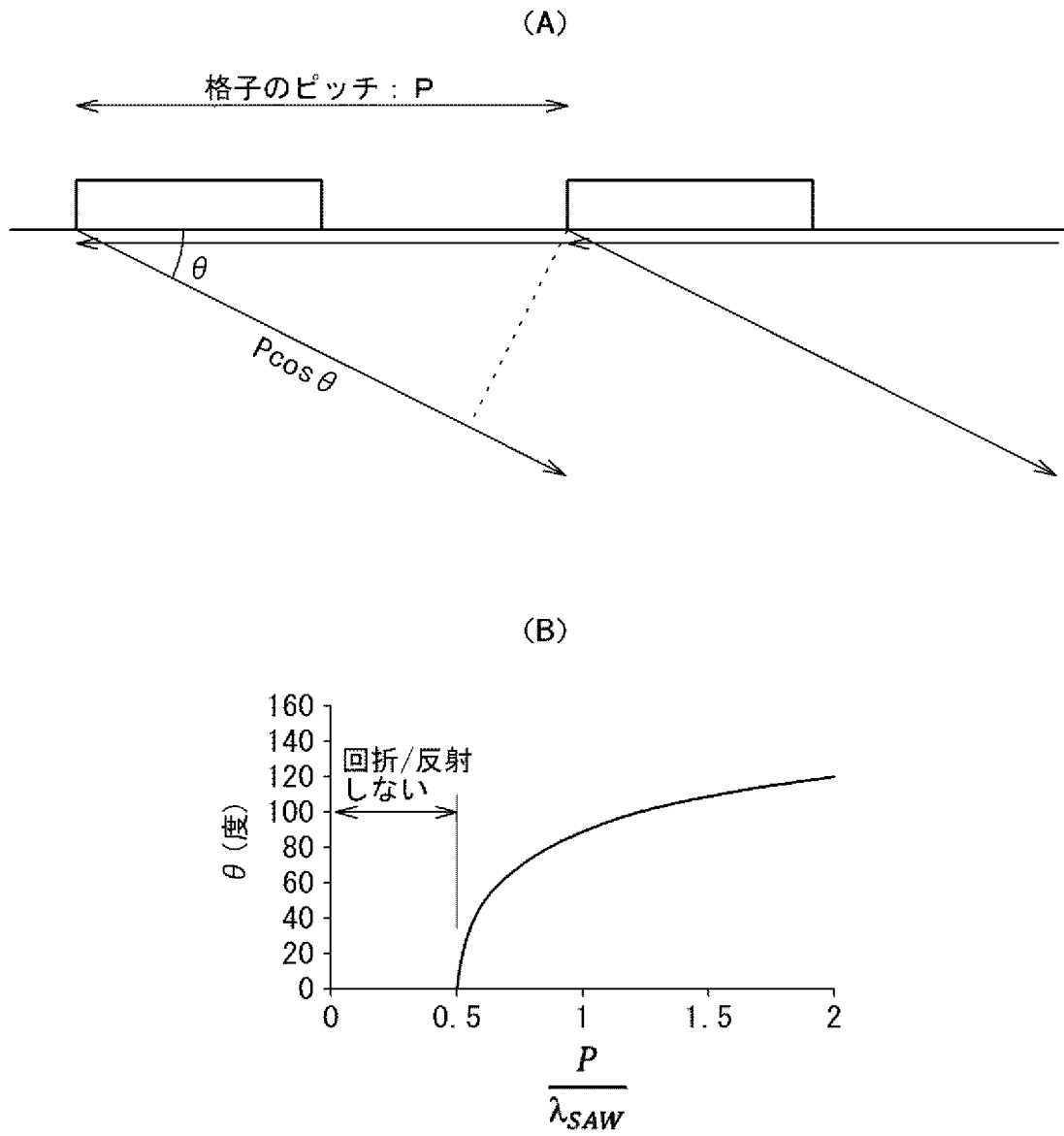
[図12]

図12



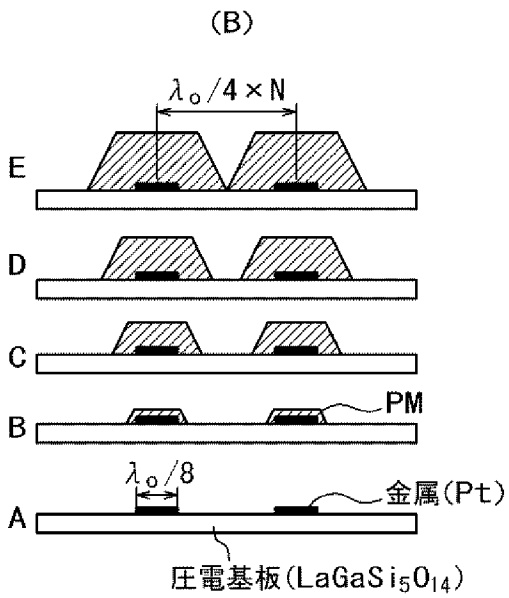
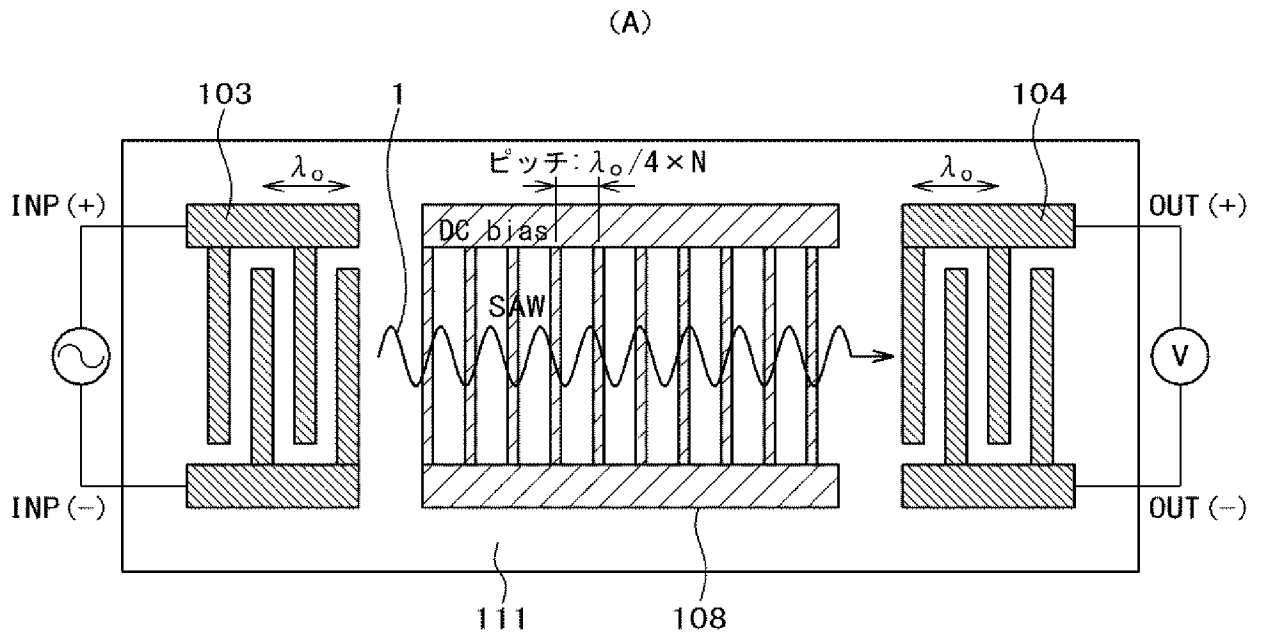
[図13]

図 1 3



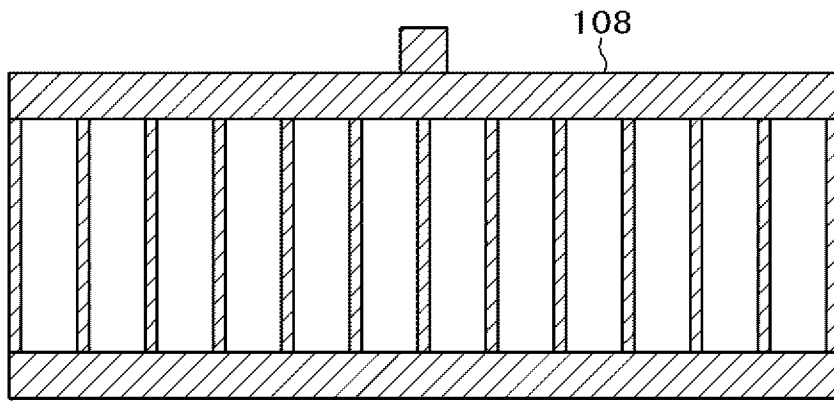
[図14]

図14



[図15]

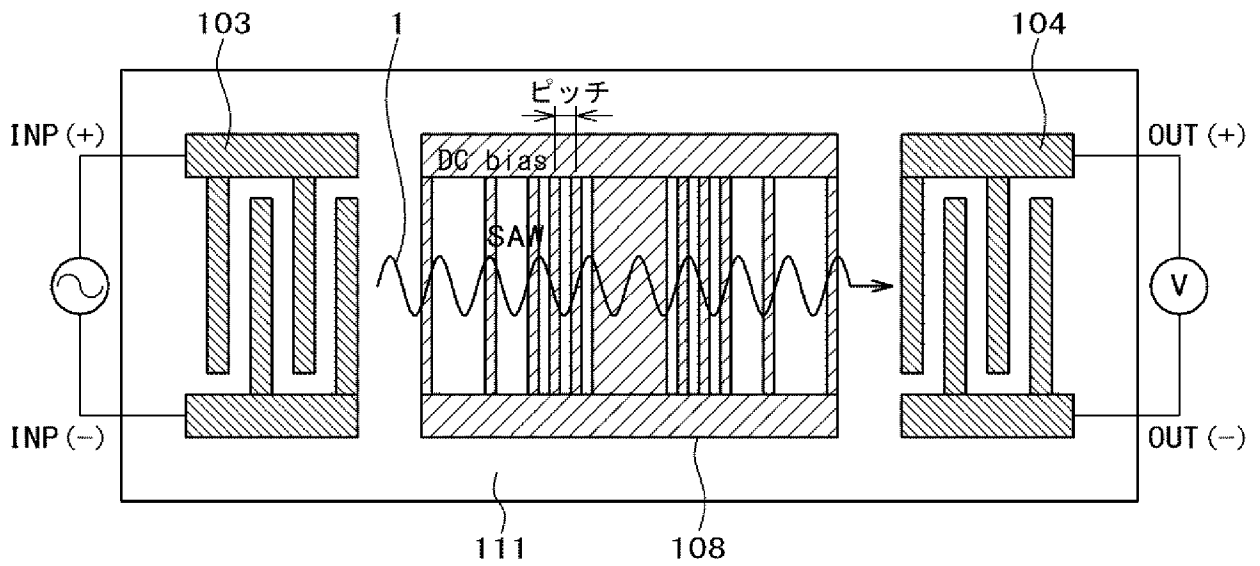
図 1 5



[図16]

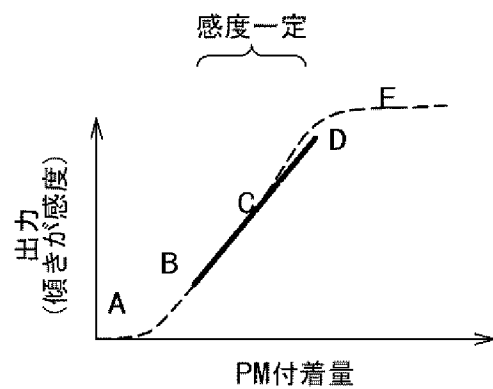
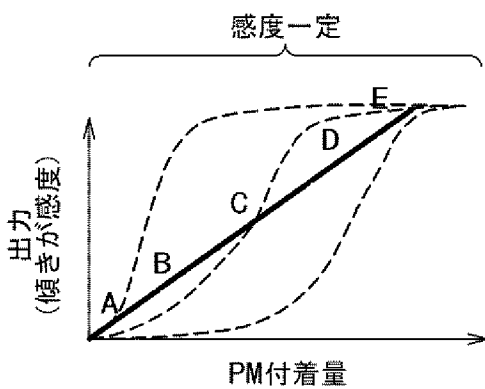
図 1 6

(A)



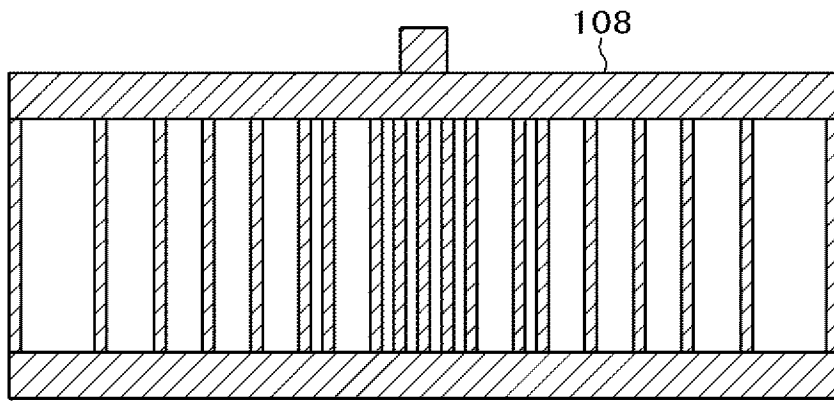
(B)

(C)



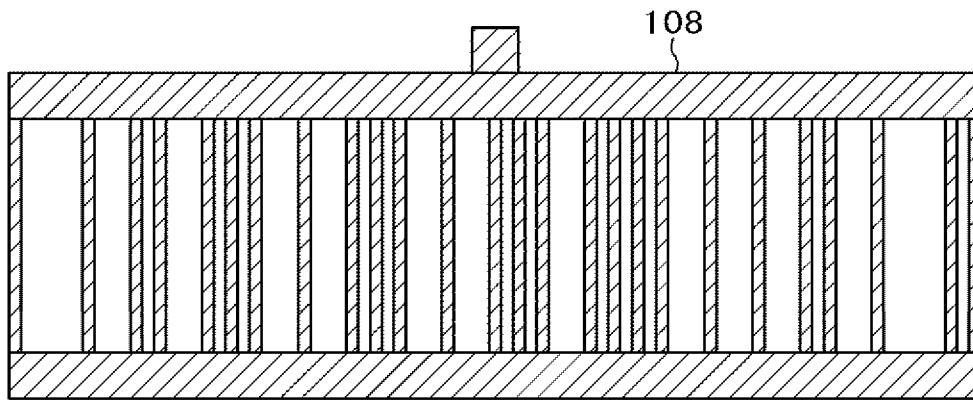
[図17]

図 1 7



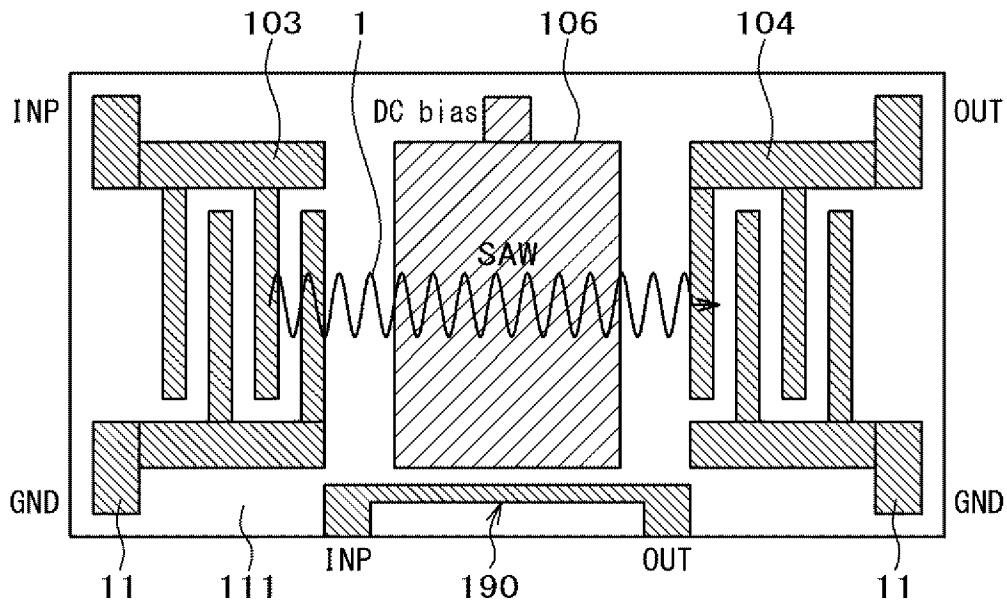
[図18]

図 1 8



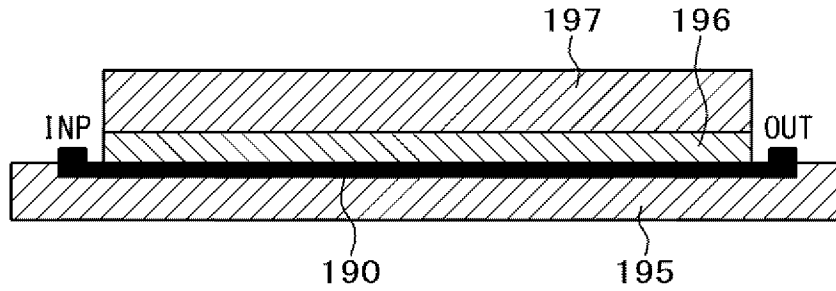
[図19]

図 1 9



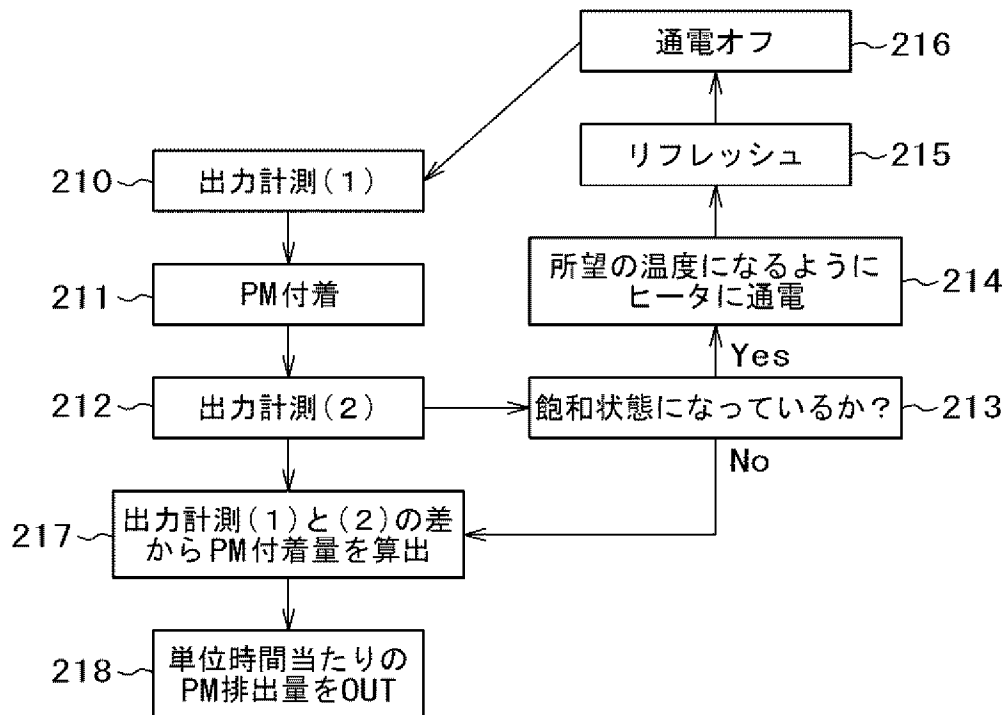
[図20]

図 2 0



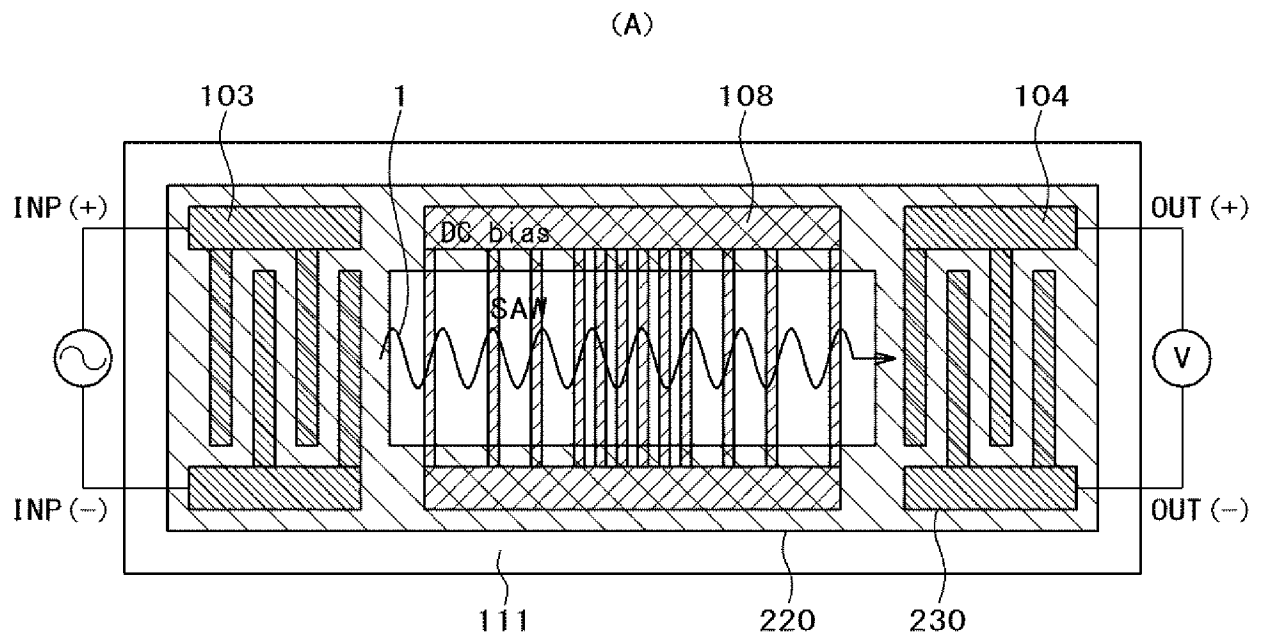
[図21]

図 2 1

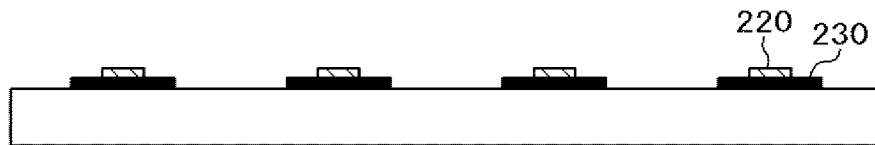


[図22]

図 2 2

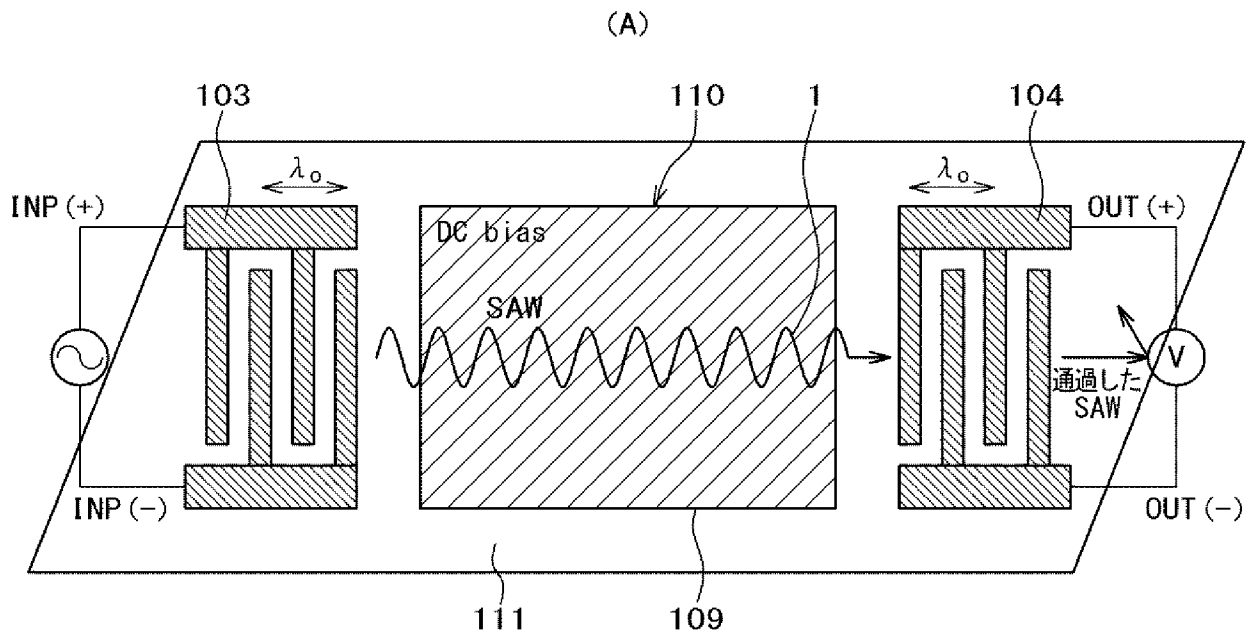


(B)

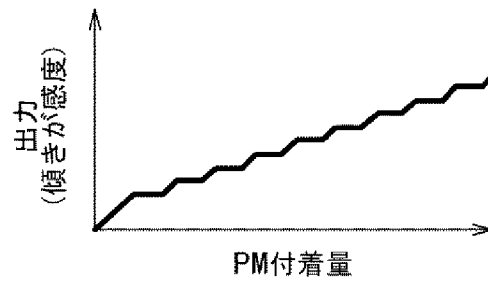


[図23]

図 2 3

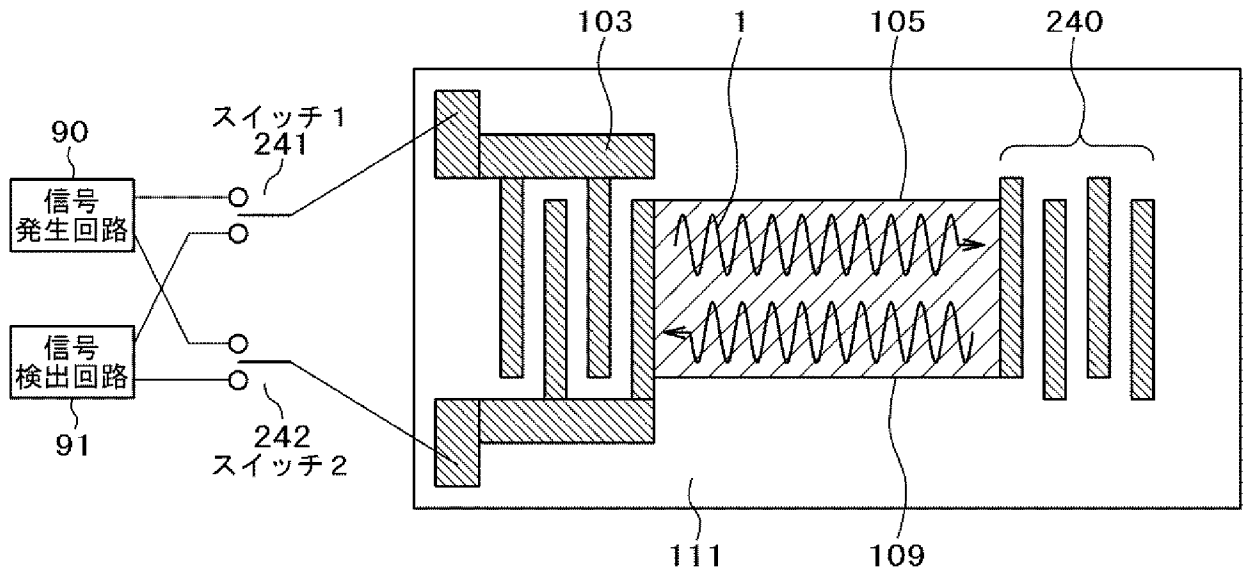


(B)



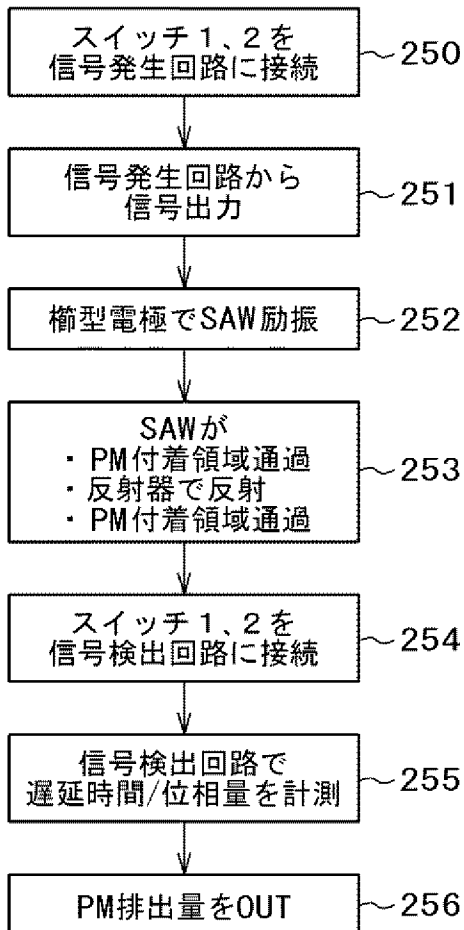
[図24]

図 2 4



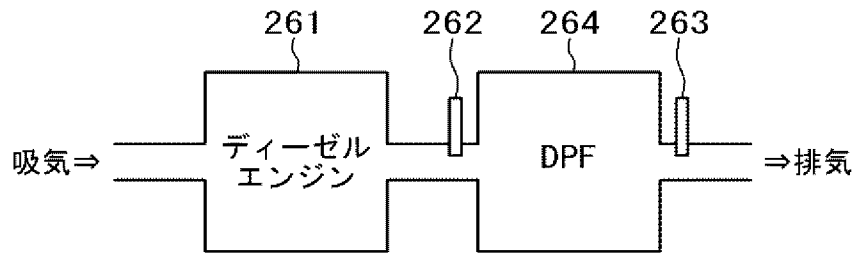
[図25]

図 2 5



[図26]

図 26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/028452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N29/02 (2006.01) i, G01N29/024 (2006.01) i, H03H9/145 (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)

Int.Cl. G01N29/02, G01N29/024, H03H9/145

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X Y	GB 2371362 A (THE NOTTINGHAM TRENT UNIVERSITY) 24 July 2002, abstract, page 4, line 8 to page 8, line 6, page 12, lines 1-30, fig. 1, 3 (Family: none)	1-3, 5, 11-12 4, 6, 7-8, 10, 13-15
Y	JP 2009-109261 A (TAMA TLO KK) 21 May 2009, paragraph [0017], fig. 1 (Family: none)	4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 09.10.2018	Date of mailing of the international search report 23.10.2018
---	--

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/JP2018/028452

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-275503 A (JAPAN RADIO CO., LTD.) 13 November 2008, paragraphs [0018]-[0045], fig. 1 (Family: none)	6-8, 10
Y	JP 2015-210080 A (JAPAN RADIO CO., LTD.) 24 November 2015, paragraphs [0016]-[0031], [0049]-[0059], fig. 1, 8 (Family: none)	13-14
Y	JP 2003-502616 A (ROBERT BOSCH GMBH) 21 January 2003, paragraphs [0018]-[0022], fig. 1 & US 6543274 B1, column 3, line 63 to column 4, line 39, fig. 1 & WO 2000/026658 A1 & DE 19850803 A1	15
A	WO 2013/108608 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 25 July 2013, entire text, all drawings & US 2014/0144237 A1, whole document & EP 2806267 A1	1-15
A	JP 2015-81861 A (FINE CRYSTAL CO., LTD.) 27 April 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2004-69686 A (PARTICLE MEASURING SYSTEMS, INCORPORATED) 04 March 2004, entire text, all drawings & US 2003/0235926 A1, whole document & GB 2390161 A & DE 10328366 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01N29/02(2006.01)i, G01N29/024(2006.01)i, H03H9/145(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（IPC））
 Int.Cl. G01N29/02, G01N29/024, H03H9/145

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 1971-2018年
 日本国実用新案登録公報 1996-2018年
 日本国登録実用新案公報 1994-2018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
X	GB 2371362 A (THE NOTTINGHAM TRENT UNIVERSITY) 2002.07.24, Abstract, Page 4, Line 8- Page 8, Line6, Page 12, Lines 1-30, Figures 1 and 3 (ファミリーなし)	1-3, 5, 11-12
Y		4, 6, 7-8, 10, 13-15
Y	JP 2009-109261 A (タマティーエルオー株式会社) 2009.05.21, 段 落0017、図1 (ファミリーなし)	4

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 09.10.2018

国際調査報告の発送日
 23.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 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） 佐藤 仁美	2W	4073
電話番号 03-3581-1101 内線 3258		

C (続き) . 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 2008-275503 A (日本無線株式会社) 2008. 11. 13, 段落 0018 - 0045、図 1 (ファミリーなし)	6-8, 10
Y	JP 2015-210080 A (日本無線株式会社) 2015. 11. 24, 段落 0016 - 0031、0049-0059、図 1、図 8 (ファミリーなし)	13-14
Y	JP 2003-502616 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング) 2003. 1. 21, 段落 0018-0 022、図 1 & US 6543274 B1 (Column 3, Line 63 - Column 4, Line 39, Figure 1) & WO 2000/026658 A1 & DE 19850803 A1	15
A	WO 2013/108608 A1 (パナソニック I P マネジメント株式会社) 2013. 07. 25, 全文、全図 & US 2014/0144237 A1 (Whole Document) & EP 2806267 A1	1-15
A	JP 2015-81861 A (ファインクリスタル株式会社) 2015. 04. 27, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2004-69686 A (パーティクル、メジュアリング、システムズ、イ ンコーポレーテッド) 2004. 03. 04, 全文、全図 & US 2003/0235926 A1 (Whole Document) & GB 2390161 A & DE 10328366 A1	1-15