

(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
2010年12月23日(23.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号

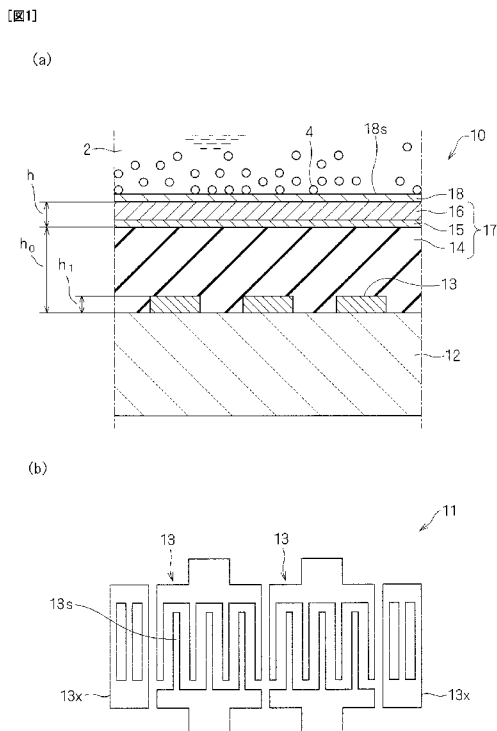
WO 2010/146923 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 5/02 (2006.01) H01L 41/18 (2006.01)
G01N 29/02 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056371
- (22) 国際出願日: 2010年4月8日(08.04.2010)
- (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 2009-145372 2009年6月18日(18.06.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 村田製作所(Murata Manufacturing Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 山本 観照(YAMAMOTO Kansho) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社
- (74) 代理人: 山本俊則(YAMAMOTO Toshinori); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目4番12号 近藤ビル810 新技術特許事務所 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, JP, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: ELASTIC SURFACE WAVE SENSOR

(54) 発明の名称: 弾性表面波センサー



(57) Abstract: Provided is an elastic surface wave sensor wherein a metal membrane is used, thereby permitting the detection sensitivity to be improved. An elastic surface wave sensor (10) is equipped with (a) a piezoelectric substrate (12), (b) IDT electrodes (13) formed on the piezoelectric substrate (12), and (c) a coated membrane (17) formed in such a way as to cover the IDT electrodes (13). The coated membrane (17) comprises (i) an insulating membrane (14) which covers the IDT electrodes (13), (ii) a metal membrane (16) which is formed on the other side of the piezoelectric substrate (12) for the insulating membrane (14) and which has a density higher than that of the insulating membrane (14). As regards the elastic surface wave sensor (10), a mass load on the coated membrane (17) is detected by the IDT electrodes (13).

(57) 要約: 金属膜を利用して検出感度を向上させることのできる弾性表面波センサーを提供する。弾性表面波センサー10は、(a) 圧電基板12と、(b) 圧電基板12上に形成されたIDT電極13と、(c) IDT電極13を覆うように形成された被覆膜17とを備える。被覆膜17は、(i) IDT電極13を覆う絶縁膜14と、(ii) 絶縁膜14の圧電基板12とは反対側に形成され、絶縁膜14の密度よりも密度が大きい金属膜16を含む。弾性表面波センサー10は、被覆膜17上への質量負荷が、IDT電極13により検出される。

WO 2010/146923 A1

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
(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, 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： 弾性表面波センサー

技術分野

[0001] 本発明は弾性表面波センサーに関し、詳しくは、弾性表面波素子の周波数特性が変化することを利用した弾性表面波センサーに関する。

背景技術

[0002] 従来、弾性表面波素子の表面の質量負荷の変化に伴い、弾性表面波素子の周波数特性が変化することを利用した弾性表面波センサーが種々提案されている。

[0003] 例えば、特許文献 1 には、図 7 の概略図に示すように、圧電基板 110 上にそれぞれ形成された測定用弾性波素子 112 と基準用弾性波素子 114 の発振周波数を比較することで、被測定物の濃度を検出する弾性表面波センサーが開示されている。測定用弾性波素子 112 には被測定物に対して吸着性を示す感応膜 116 が形成されており、感応膜 116 が被測定物を吸着することで測定用弾性波素子 112 の発振周波数が増加する。基準用弾性波素子 114 にも感応膜 116 と同じ種類の感応膜 118 が形成されているが、基準用弾性波素子 114 の感応膜 118 は、感応膜 116 が吸着する被測定物に対して吸着性を示さないように不活性化されている。感応膜 116, 118 は、Au 膜を介在させた状態で弾性波素子 112, 114 にそれぞれ形成することができる。

[0004] 特許文献 2 には、図 8 の説明図に示すように、横波用励振部 206、受信部 207 及び縦波励起用の励振部 210, 210 が形成された圧電基板 204 の全面に亘って、厚み 3 μm 程度の SiO_2 膜からなるガイドレイヤー層 212 が形成されており、このガイドレイヤー層 212 上の励振部 206 と受信部 207 との間には、厚み 20 nm のクロム膜と、厚み 100 nm の Au 膜とが順に積層されて固定化用膜 209 が形成された弾性表面波センサー 240 が開示されている。この弾性表面波センサー 240 は、遅延線タイプの

弾性表面波センサーであり、送信用 I D T 2 0 6 a, 2 0 6 b と受信用 I D T 2 0 7 a, 2 0 7 b の間に形成された固定化用膜 2 0 9 が、検出部 2 0 8 になる。すなわち、I D T の上には、検出部が形成されていない。

[0005] 特許文献 3 には、図 9 の要部断面図に示すように、圧電基板 3 0 2 上に表面波励振用の I D T 電極 3 0 3 が形成され、I D T 電極 3 0 3 を覆うように絶縁膜 3 0 6 が形成され、絶縁膜 3 0 6 上に、密着層 3 0 7 を介して、検出対象物質又は検出対象物質と結合する結合物質（以下、これらを「質量負荷物質」と言う。）と反応する反応膜 3 0 8 が形成された弾性表面波センサー 3 0 1 が開示されている。この弾性表面波センサー 3 0 1 は、反応膜 3 0 8 が金属膜であり、金属膜自身が質量負荷物質と反応し、その変化を検出するものである。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献 1：特開 2 0 0 6 - 2 5 8 7 6 7 号公報
特許文献 2：特開 2 0 0 5 - 3 5 1 7 9 9 号公報
特許文献 3：国際公開第 2 0 0 8 / 1 0 2 5 7 7 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献 1、2 に開示された A u 膜は、A u 膜とたんぱく質、D N A 等のチオール基と結合させるための一般的な手法を用いるものであり、A u 膜の膜厚については考慮されていない。特許文献 2 に開示された弾性表面波センサーは、トランスバーサル型であるので、素子そのものが大きいという問題がある。特許文献 3 に開示された弾性表面波センサーは、金属膜を反応膜として使うものである。
- [0008] 特許文献 1 ~ 3 には、金属膜の膜厚や密度を限定することで弾性表面波センサーの感度が向上することについて、開示も示唆もされていない。
- [0009] 本発明は、かかる実情に鑑み、金属膜を利用して検出感度を向上させるこ

とができる弾性表面波センサーを提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明は、上記課題を解決するために、以下のように構成した弾性表面波センサーを提供する。
- [0011] 弾性表面波センサーは、(a) 圧電基板と、(b) 前記圧電基板上に形成されたIDT電極と、(c) 前記IDT電極を覆うように形成された被覆膜とを備える。前記被覆膜は、(i) 前記IDT電極を覆う絶縁膜と、(ii) 前記絶縁膜の前記圧電基板とは反対側に形成され、前記絶縁膜の密度よりも密度が大きい金属膜とを含む。弾性表面波センサーは、前記被覆膜上への質量負荷が、前記IDT電極により検出される。
- [0012] 上記構成において、IDT電極により弾性表面波を励振し、周波数特性を測定することによって、被覆膜上への質量負荷を検出する。このとき、被覆膜自体の質量は変化しない。
- [0013] 上記構成によれば、被覆膜は、圧電基板側に相対的に密度が小さい絶縁膜を含み、圧電基板とは反対側、すなわち表面側に相対的に密度が大きい金属膜を含むため、弾性表面波は圧電基板側よりも圧電基板とは反対側、すなわち被覆膜表面側へのエネルギー集中度が大きくなり、質量負荷を受ける被覆膜表面の弾性表面波による変位量が、被覆膜が絶縁膜のみからなる場合よりも大きくなるようにすることができる。これによって、質量負荷に対する検出感度を向上させることができる。
- [0014] 好ましい一態様は、前記被覆膜の前記圧電基板とは反対側の主面に、検出対象物質又は検出対象物質と結合する結合物質である質量負荷物質と特異的に反応する反応物を含む反応膜が形成されている。
- [0015] この場合、質量負荷物質により反応膜における質量が変化したことを検出する感度は、金属膜の付加により向上させることができる。
- [0016] 好ましい他の態様は、前記被覆膜の前記圧電基板とは反対側の主面に、前記金属膜が露出する。
- [0017] この場合、金属膜上に堆積する質量負荷物質に対する感度は、金属膜の付

加により向上させることができる。

[0018] 好ましくは、前記金属膜は、常温（298 K）における密度が 10 g/cc 、すなわち $10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ を超える金属を主成分とする。

[0019] この場合、金属膜の膜厚を大きくすることなく良好な共振特性を得ることができ、弾性表面波センサーの感度向上が容易である。

[0020] 好ましくは、前記金属膜の膜厚を h とし、前記IDT電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、

$$0.001 \leq h/\lambda \leq 0.06$$

を満たす。

[0021] 弾性表面波センサーの感度を向上させるためには、少なくとも、この条件を満たすことが必要である。

[0022] 好ましくは、前記金属膜の膜厚を h とし、前記IDT電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とし、前記金属膜の規格化膜厚を $y = h/\lambda$ とし、前記金属膜の常温（289 K）における密度を x [g/cc] とすると、

$$y \leq -0.004x + 0.1$$

を満たす。

[0023] この場合、金属膜の密度が大きいほど金属膜の膜厚を小さくすることにより、弾性表面波センサーの感度を向上することができる。すなわち、被覆膜の表面側の質量が大きくなりすぎ、かえって感度が低下することがないようにすることができる。

[0024] 好ましくは、前記金属層がAuからなる。前記金属膜の膜厚を h とし、前記IDT電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、

$$0.003 \leq h/\lambda \leq 0.015$$

を満たす。

[0025] この場合、弾性表面波センサーの感度は、被覆膜が絶縁膜のみからなり金属膜がない場合に対して1.5倍以上であり、共振特性の劣化が小さい。金

属膜がAuからなることで、チオール結合を利用して反応膜を形成することが容易であり、金属膜は溶液中でも安定である。

[0026] 好ましくは、前記IDT電極は、前記金属膜を形成する金属よりも密度が小さい金属を主成分とする。

[0027] この場合、被覆膜の表面側の質量を圧電基板側よりも大きくし、被覆膜の表面側の弾性表面波による変位量を大きくして、検出感度を向上させることができる。

[0028] より好ましくは、前記IDT電極が、Alを主成分とする。

[0029] この場合、IDT電極の形成が容易である。

発明の効果

[0030] 本発明の弾性表面波センサーは、金属膜を利用して検出感度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1] (a) 弾性表面波センサーの構成を模式的に示す要部断面図、(b) 弾性表面波素子の構成を模式的に示す平面図である。(実施例1)

[図2] 弾性表面波センサーの反応膜の構成を模式的に示す断面図である。(実施例1)

[図3] 弾性表面波センサーの構成を模式的に示す要部断面図である。(実施例2)

[図4] 最上層の金属膜の膜厚と感度の関係を示すグラフである。(解析例1)

[図5] 最上層の金属膜の密度と膜厚の関係を示すグラフである。(解析例1)

[図6] 最上層のAu膜の膜厚と感度の関係を示すグラフである。(解析例2)

[図7] 弾性表面波センサーの構成を示す概略図である。(従来例1)

[図8] 弾性表面波センサーの構成を示す説明図である。(従来例2)

[図9] 弾性表面波センサーの構成を示す要部断面図である。(従来例3)

発明を実施するための形態

[0032] 以下、本発明の実施の形態について、図1～図6を参照しながら説明する。

- [0033] <実施例 1> 実施例 1 の弾性表面波センサー 10 の構成について、図 1 及び図 2 を参照しながら説明する。図 1 (a) は、弾性表面波センサー 10 の構成を模式的に示す要部断面図である。図 1 (b) は、弾性表面波素子の構成を模式的に示す平面図である。図 2 は、弾性表面波センサー 10 の反応膜の構成を模式的に示す断面図である。
- [0034] 図 1 (a) に示すように、弾性表面波センサー 10 は、圧電基板 12 上に I D T 電極 13 を含む弾性表面波素子 11 (図 1 (b) 参照) が形成され、I D T 電極 13 を覆うように絶縁膜 14 が形成され、さらにその上に密着層 15、金属膜 16、反応膜 18 が順に形成されている。最上層の反応膜 18 の表面 18 s は露出しており、試料 2 が供給されると試料 2 に接し、試料 2 中の DNA、タンパク質等の質量負荷物質 4 と反応したり吸着、結合したりする。これによって反応膜 18 については質量が変化するが、絶縁膜 14、密着層 15 及び金属膜 16 により形成される被覆膜 17 自体の質量は変化しない。
- [0035] 図 1 (b) に模式的に示すように、弾性表面波素子 11 は、弾性表面波の振動伝搬方向 (図において左右方向) に配置された 2 つの I D T 電極 13 と、その振動伝搬方向両側に配置された反射器 13 x とを有する。I D T 電極 13 は、それぞれ互いに間挿し合う複数本の電極指 13 s を有する一対の楕形電極により構成されている。一方の I D T 電極 13 の一対の楕形電極の間に電圧を印加して弾性表面波を励振し、他方の I D T 電極 13 の一対の楕形電極間の電圧変化によって弾性表面波を検出する。弾性表面波は、反射器 13 x の間に閉じ込められる。絶縁膜 14 (図 1 (a) 参照) は、I D T 電極 13 及び反射器 13 x を覆うように形成されている。
- [0036] 絶縁膜 14、密着層 15 及び金属膜 16 による被覆膜 17 は、圧電基板 12 側に相対的に密度が小さい絶縁膜 14 を含み、圧電基板 12 とは反対側、すなわち表面側に相対的に密度が大きい金属膜 16 を含むため、弾性表面波は表面側へのエネルギー集中度が大きくなり、被覆膜 17 の表面側に形成された反応膜 18 の弾性表面波による変位量が、被覆膜 17 が絶縁膜 14 のみ

からなり、金属膜16を含まない場合よりも、大きくなるようにすることができる。これによって、質量負荷物質と反応膜18との反応による質量負荷の変化に対する検出感度を向上させることができる。

[0037] 弾性表面波センサー10は、例えば、 36° 回転Y板X伝搬のLiTaO₃等の圧電基板12上に、Au膜によりIDT電極13が形成され、その上に、絶縁膜14としてSiO₂膜が形成される。詳しくは後述するが、絶縁膜14のSiO₂膜は、膜厚を h_0 、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、規格化された膜厚 h_0/λ が0.05~0.4程度となるように形成されることが好ましい。

[0038] 絶縁膜14の上には、膜厚が10nm程度のTiなどの密着層15を介して、金属膜16が形成される。金属膜16は、Au、Pt、Ag、Ta等の常温(293K)における密度が10g/ccを超える金属材料を用いて形成される。詳しくは後述するように、密着層15及び金属膜16は、厚みを h 、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、規格化された膜厚 h/λ が0.001以上、0.06以下になるように形成されることが好ましい。

[0039] 金属膜16の上には、検出したいタンパク質やDNAなどの質量負荷物質を特異的に吸着するタンパク質やDNA等で形成された反応膜18が形成される。図2に模式的に示すように、反応膜18は、例えば、金属膜16に固定された抗体19であり、質量負荷物質4は、抗体19と結合する抗原である。

[0040] 弾性表面波センサー10は、試料2に含まれている質量負荷物質4が反応膜18に結合して質量負荷が変化すると周波数特性(例えば共振周波数)が変化することによって、質量負荷物質4を検出することができる。

[0041] <実施例2> 実施例2の弾性表面波センサー10aの構成について、図3を参照しながら説明する。図3は、弾性表面波センサー10aの構成を模式的に示す要部断面図である。

[0042] 実施例2の弾性表面波センサー10aは、実施例1の弾性表面波センサー

10と略同様に構成されている。以下では、実施例1と同じ構成部分には同じ符号を用い、実施例1との相違点を中心に説明する。

- [0043] 図3に示すように、実施例2の弾性表面波センサー10aは、実施例1と同じく、圧電基板12上にIDT電極13を含む弾性表面波素子11が形成され、IDT電極13を覆うように絶縁膜14が形成され、さらにその上に密着層15、金属膜16が順に形成されているが、実施例1と異なり、反応膜は形成されていない。すなわち、金属膜16が最上層になり、金属膜16の表面16sが露出している。
- [0044] 弾性表面波センサー10aは、最上層の金属膜16の表面16sに、試料2に含まれている質量負荷物質4が堆積すると周波数特性が変化することによって、質量負荷物質4を検出することができる。
- [0045] 弾性表面波センサー10aは、例えば、36°回転Y板X伝搬のLiTaO₃等の圧電基板12上に、Au膜によりIDT電極13が形成され、その上に、絶縁膜14としてSiO₂膜が形成される。詳しくは後述するが、絶縁膜14のSiO₂膜は、膜厚を h_0 、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、規格化された膜厚 h_0/λ が0.05~0.4程度となるように形成されることが好ましい。
- [0046] 絶縁膜14の上には、膜厚が10nm程度のTiなどの密着層15を介して、金属膜16が形成される。金属膜16は、Au、Pt、Ag、Ta等の常温(293K)における密度が10g/ccを超える金属材料を用いて形成される。詳しくは後述するように、密着層15及び金属膜16は、厚みを h 、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、規格化された膜厚 h/λ が0.001以上、0.06以下になるように形成されることが好ましい。
- [0047] 金属膜16の上には、質量負荷物質4として、酵素・基質反応によって生成された沈殿物などが堆積する。例えば、酵素にはALP(アルカリホスファターゼ)、基質にはBCIP/NBTを用いる。
- [0048] <解析例1> 次に、弾性表面波センサー10, 10aの解析結果について

て説明する。

- [0049] 実施例1のように反応膜18に質量負荷物質4が結合する場合も、実施例2のように金属膜16上に質量負荷物質4が堆積する場合も、弾性表面波センサーの表面の質量を増加させることになるため、いずれの場合も、最上層の金属膜に質量が付加される解析モデルを用いて解析することができる。
- [0050] 解析モデルにおいて、圧電基板12は 36° 回転Y板X伝搬のLiTaO₃基板、IDT電極13はAu膜、絶縁膜14はSiO₂膜とした。IDT電極13(Au膜)の膜厚を h_1 とすると $h_1/\lambda=0.03$ 、絶縁膜14(SiO₂膜)の膜厚を h_0 とすると $h_0/\lambda=0.3$ とした。 λ は、IDT電極13(Au膜)の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長である。密着層15や反応膜18の厚みは、金属膜16に比べて十分に小さいため、無視した。
- [0051] 図4のグラフは、金属膜16の材料(AI、Ag、Ta、Au)と膜厚 h を変えたときの感度 $\Delta f/f_0$ を示すグラフである。AIの密度は 10 g/cc よりも小さい。Ag、Ta、Auの密度は、いずれも 10 g/cc を超えており、SiO₂よりも密度が大きい。 λ は、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長である。 f_0 は初期共振周波数であり、 Δf は初期共振周波数 f_0 に対する共振周波数 f_1 の変動量であり、 $\Delta f=f_1-f_0$ である。共振周波数 f_1 は、解析モデルにおいて、最上層の金属膜16上に質量負荷が追加されたときの共振周波数である。すなわち、実施例1の弾性表面波センサー10において試料2中に含まれる質量負荷物質4が反応膜18と結合したとき、あるいは、実施例2の弾性表面波センサー10aにおいて金属膜16上に質量負荷物質4が堆積したときの共振周波数である。
- [0052] 図4から、金属膜16の付加により、弾性表面波センサー10、10aの表面上への質量負荷に対する検出感度を向上させることができる。すなわち、実施例1の弾性表面波センサー10では、金属膜16の付加により、質量負荷物質4により反応膜18における質量が変化したことを検出する感度を

向上させることができる。実施例2の弾性表面波センサー10aでは、金属膜16の付加により、センサー表面（金属膜16の表面16s）上に質量負荷物質4が堆積することによる質量変化を検出する感度を向上させることができる。

[0053] 図4に示したように、金属膜16の材料がAlの場合には、金属膜16の膜厚を大きくしても、感度は向上しない。

[0054] しかしながら、金属膜16の材料が 10 g/cc を超える密度のAg、Ta、Auの場合、金属膜16の膜厚が小さい間は、金属膜16の膜厚が大きくなるほど、感度が向上する。さらに金属膜16の膜厚が大きくなると、かえって感度が低下してしまい、金属膜16の膜厚を大きくしても感度向上効果が得られない状態となる。これは、金属膜16の膜厚が大きくなりすぎると共振特性が劣化するためである。図4において、金属膜16の材料がAg、Ta、Auの場合については、弾性表面波センサーとして好適に用いることができる金属膜16の膜厚の範囲をプロットしている。

[0055] 図5は、図4においてプロットした金属膜16がAg、Ta、Auの場合について、金属膜16の膜厚の好ましい範囲の最大値と金属膜16の密度との関係を示している。図5の縦軸は、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長 λ で規格化された金属膜16の膜厚 $y = h / \lambda$ を示す。図5の横軸は、金属膜16の金属の常温における密度 x [g/cc]を示している。

[0056] 図5において、プロットされた各点は、実線80よりも下の領域に含まれることから、金属膜16は、その密度 x と膜厚 y が実線80よりも下の領域に含まれるように形成されることが好ましい。この実線80は、

$$y = -0.004x + 0.1$$

により表わされる。

[0057] また、金属膜16の密度 x が小さくなるほど、感度を上げるためには金属膜16の膜厚 y を大きくする必要がある。しかしながら、金属膜16の膜厚 y が大きくなると共振特性が劣化する。金属膜16の密度 x が 10 g/cc

を超えると、金属膜16の膜厚 y は、共振特性が劣化するまで大きくする必要がないため、良好な共振特性を得ることができ、弾性表面波センサーの感度向上が容易であり、好ましい。すなわち、図5において破線82よりも右側の領域が好ましい。

[0058] よって、金属膜16は、その密度 x と膜厚 y が図5において斜線を付した三角形の領域84の内側（境界線上は除く）に含まれるように形成されることが好ましい。

[0059] 図5において、実線80と破線82は、 $h/\lambda = 0.06$ で交わるので、 $h/\lambda \leq 0.06$ であることが好ましい。また、図4から、 $h/\lambda < 0.001$ では、金属膜16の追加による感度向上効果があまり期待できないため、 $h/\lambda \geq 0.01$ とすることが好ましい。

[0060] したがって、金属膜16の膜厚を h とし、IDT電極13の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、

$$0.001 \leq h/\lambda \leq 0.06$$

であることが好ましい。

[0061] 特に金属膜16がAu膜である場合については、図4から、 $h/\lambda \leq 0.015$ とすることで、弾性表面波素子の特性劣化が抑えられることが分かる。また、 $h/\lambda \geq 0.003$ とすることで、金属膜がない場合（ $h/\lambda = 0$ ）と比較して、1.5倍以上の感度を確保できることが分かる。

[0062] したがって、金属膜16がAu膜である場合には、

$$0.003 \leq h/\lambda \leq 0.015$$

を満たすことが好ましい。

[0063] 金属膜16をAu膜とすることで、試料2の溶液に接しても安定で、かつ、タンパク質などを固定する際にチオール基とAu膜とのAu-チオール結合を利用することができる。

[0064] <解析例2> 図6のグラフは、IDT電極13がAl、Ag、Auにより形成された場合について、Au膜の金属膜16の膜厚 h を変えたときの感度 $\Delta f/f_0$ を示すグラフである。

- [0065] 図6から、IDT電極13を相対的に密度が小さいAlで形成すると、IDT電極13を相対的に密度が大きいAgやAuで形成する場合に比べて、質量負荷物質4を検出する感度が向上することが分かる。これは、IDT電極13が、金属膜16を形成する金属よりも密度が小さい金属を主成分とすると、表面側の質量が相対的に大きくなり、表面側の弾性表面波による変位量が大きくなり、その結果、感度が向上するためである。
- [0066] Alを主成分とするIDT電極13は、抵抗率が低く、安価で、フォトリソグラフィによる微細加工が容易である。
- [0067] <まとめ> 以上に説明したように、密度が10g/ccを超える金属膜16を設けることにより、弾性表面波センサー10, 10aの感度を向上させることができる。
- [0068] なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変更を加えて実施することが可能である。

符号の説明

- [0069] 2 試料
4 質量負荷物質
10, 10a 弾性表面波センサー
11 弾性表面波素子
12 圧電基板
13 IDT電極
13x 反射器
14 絶縁層
15 密着層
16 金属膜
17 被覆膜
18 反応膜
19 抗体

請求の範囲

- [請求項1] 圧電基板と、
前記圧電基板上に形成された I D T 電極と、
前記 I D T 電極を覆うように形成された被覆膜と、
を備え、
前記被覆膜は、
前記 I D T 電極を覆う絶縁膜と、
前記絶縁膜の前記圧電基板とは反対側に形成され、前記絶縁膜の密度よりも密度が大きい金属膜とを含み、
前記被覆膜上への質量負荷が、前記 I D T 電極により検出されることを特徴とする、弾性表面波センサー。
- [請求項2] 前記被覆膜の前記圧電基板とは反対側の主面に、検出対象物質又は検出対象物質と結合する結合物質である質量負荷物質と特異的に反応する反応物を含む反応膜が形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の弾性表面波センサー。
- [請求項3] 前記被覆膜の前記圧電基板とは反対側の主面に、前記金属膜が露出することを特徴とする、請求項1に記載の弾性表面波センサー。
- [請求項4] 前記金属膜は、常温における密度が 10 g/cc を超える金属を主成分とすることを特徴とする、請求項1、2又は3に記載の弾性表面波センサー。
- [請求項5] 前記金属膜の膜厚を h とし、前記 I D T 電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、
$$0.001 \leq h/\lambda \leq 0.06$$

を満たすことを特徴とする、請求項1乃至4のいずれか一つに記載の弾性表面波センサー。
- [請求項6] 前記金属膜の膜厚を h とし、前記 I D T 電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とし、前記金属膜の規格化膜厚を $y = h/\lambda$ とし、前記金属膜の常温 (289 K) における密度を x

[$g/c c$] とすると、

$$y \leq -0.004x + 0.1$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の弾性表面波センサー。

[請求項 7]

前記金属層が Au からなり、

前記金属膜の膜厚を h とし、前記 IDT 電極の電極指のピッチに応じて励振される弾性表面波の波長を λ とすると、

$$0.003 \leq h/\lambda \leq 0.015$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載の弾性表面波センサー。

[請求項 8]

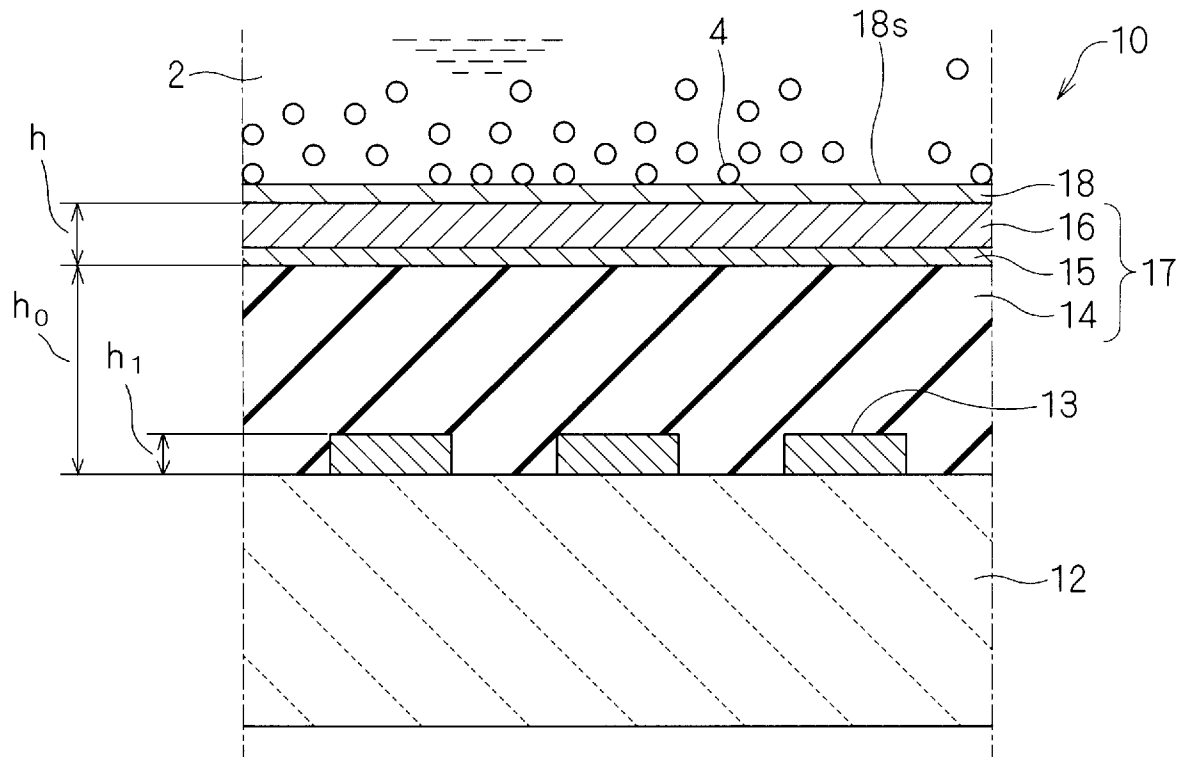
前記 IDT 電極は、前記金属膜を形成する金属よりも密度が小さい金属を主成分とすることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一つに記載の弾性表面波センサー。

[請求項 9]

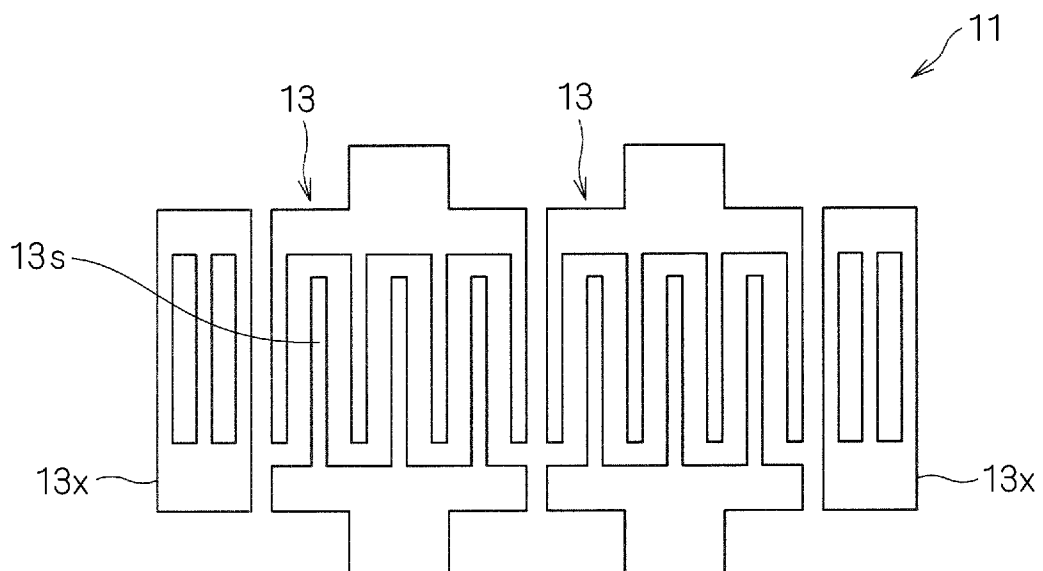
前記 IDT 電極が、Al を主成分とすることを特徴とする請求項 8 に記載の弾性表面波センサー。

[図1]

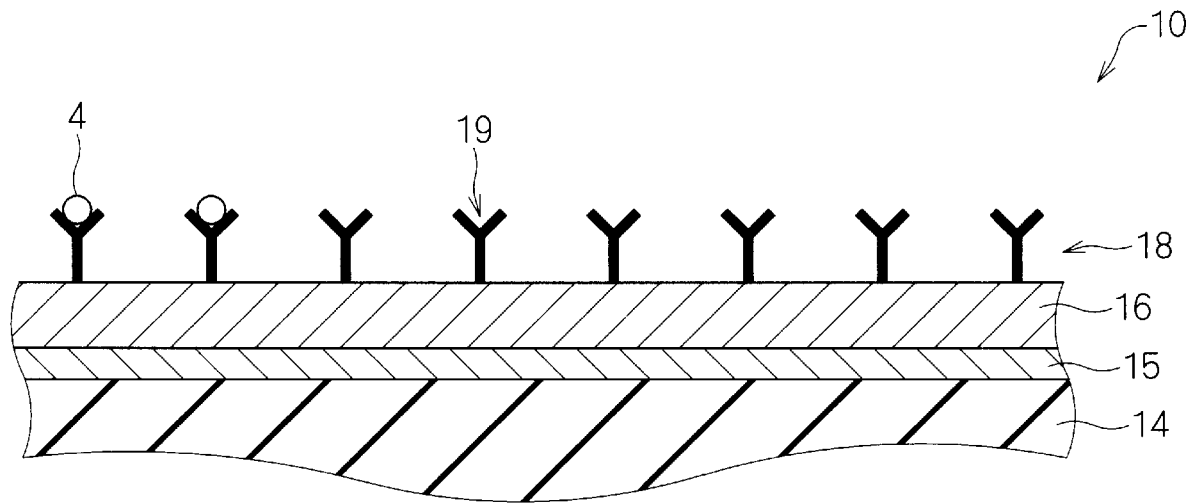
(a)



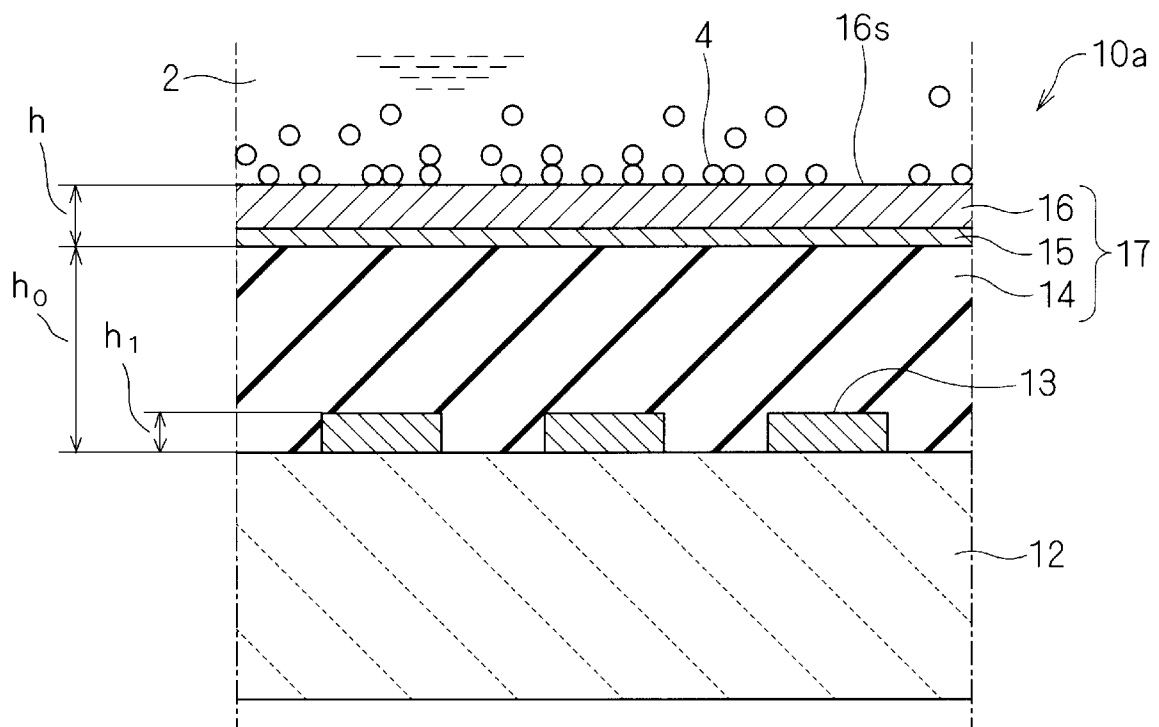
(b)



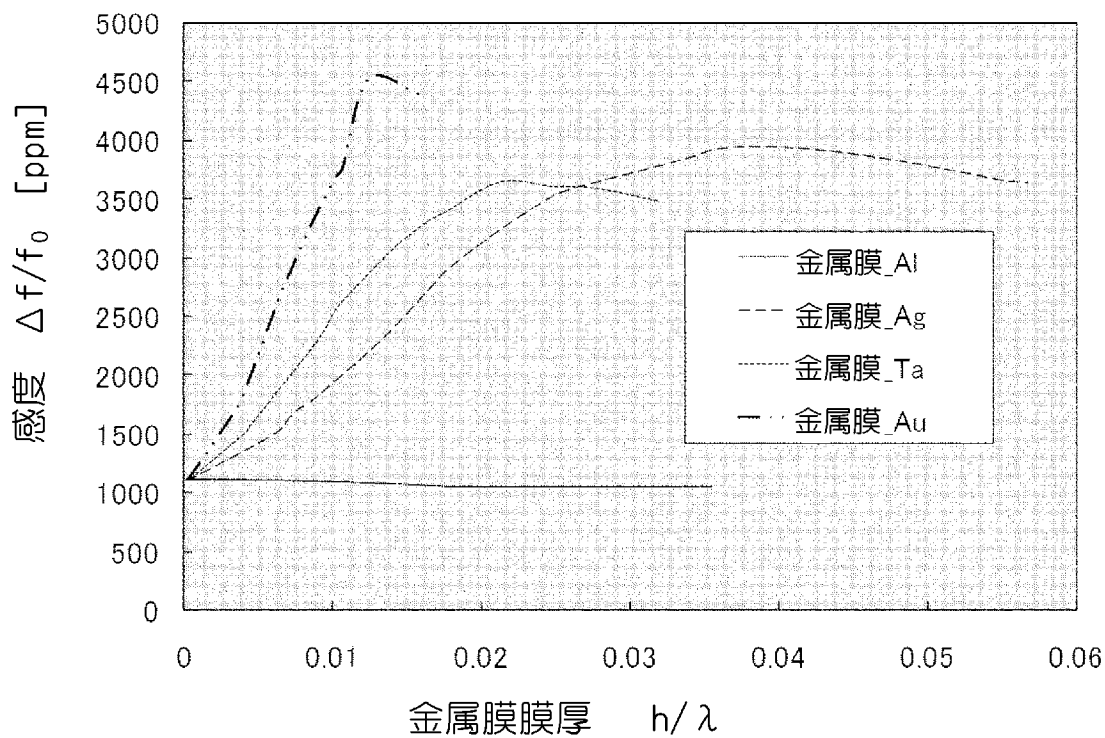
[図2]



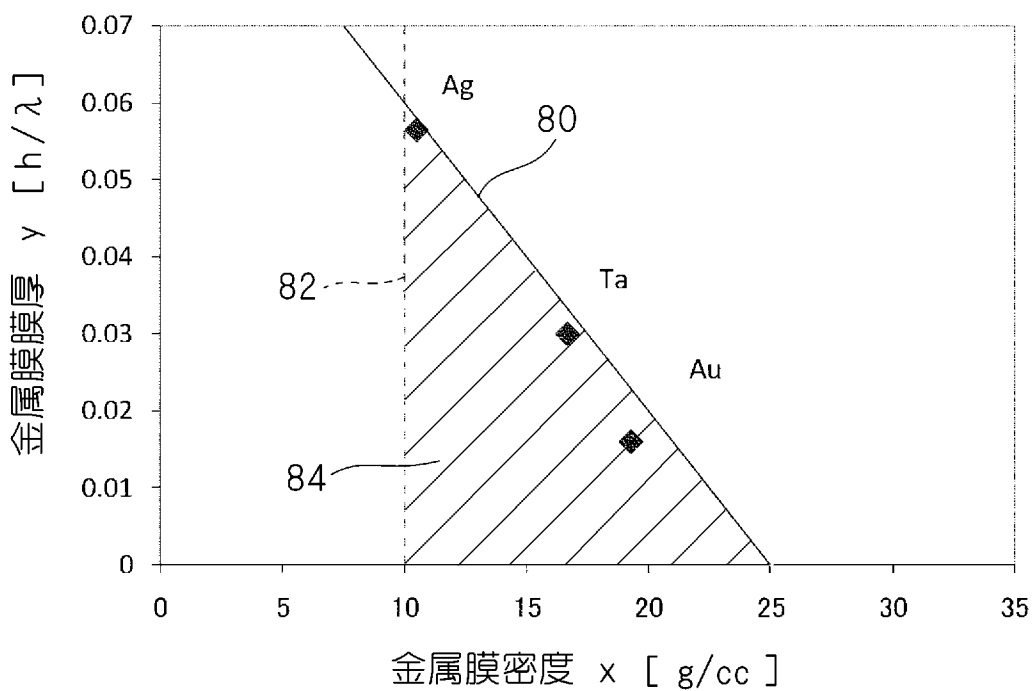
[図3]



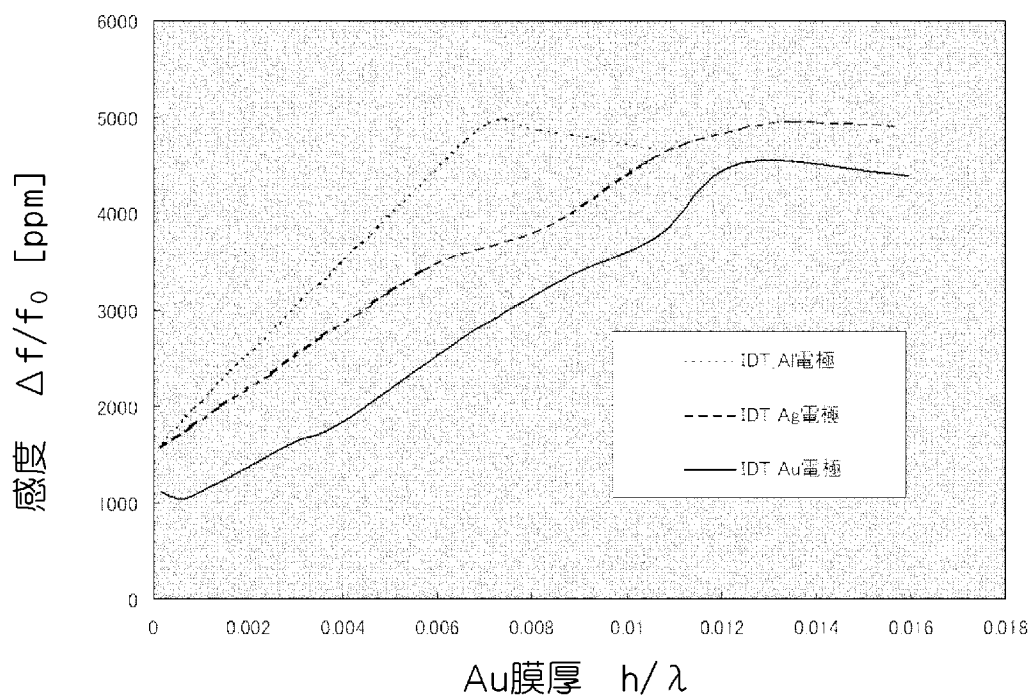
[图4]



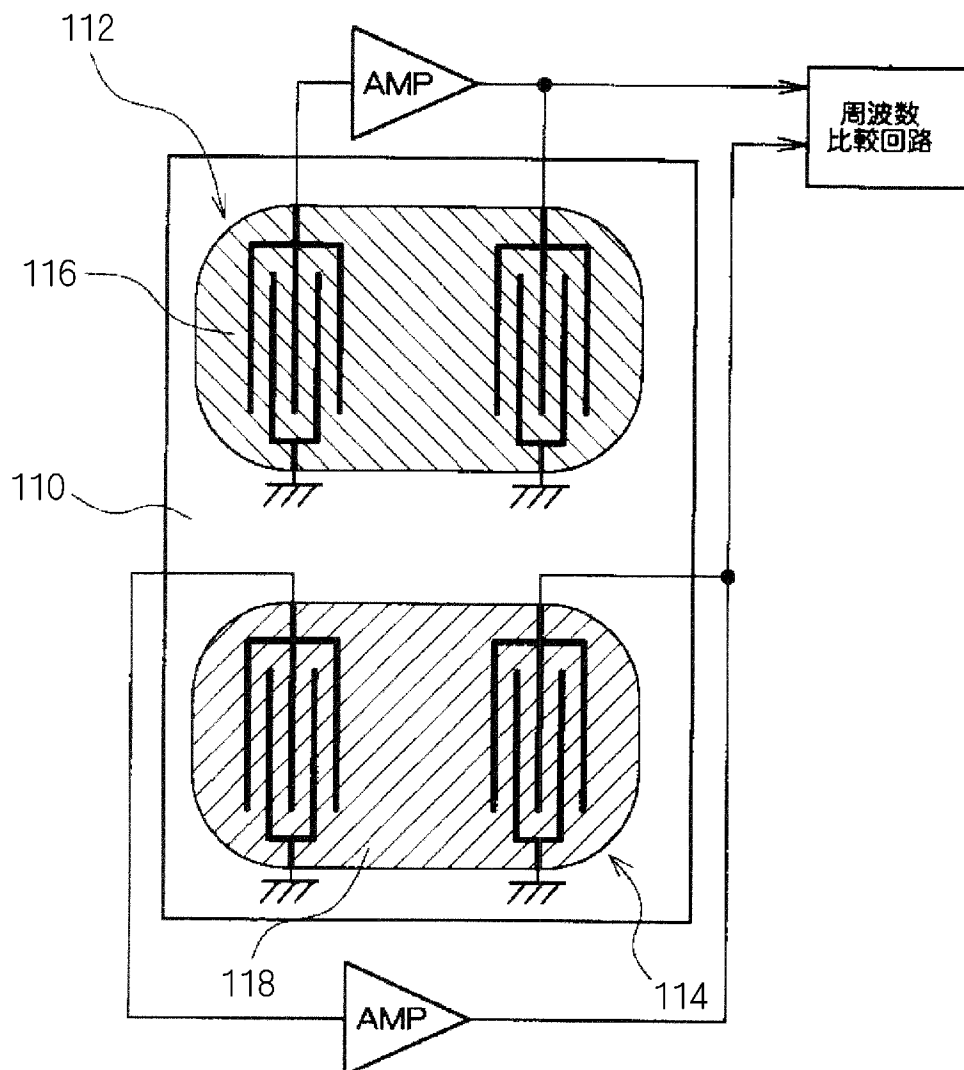
[图5]



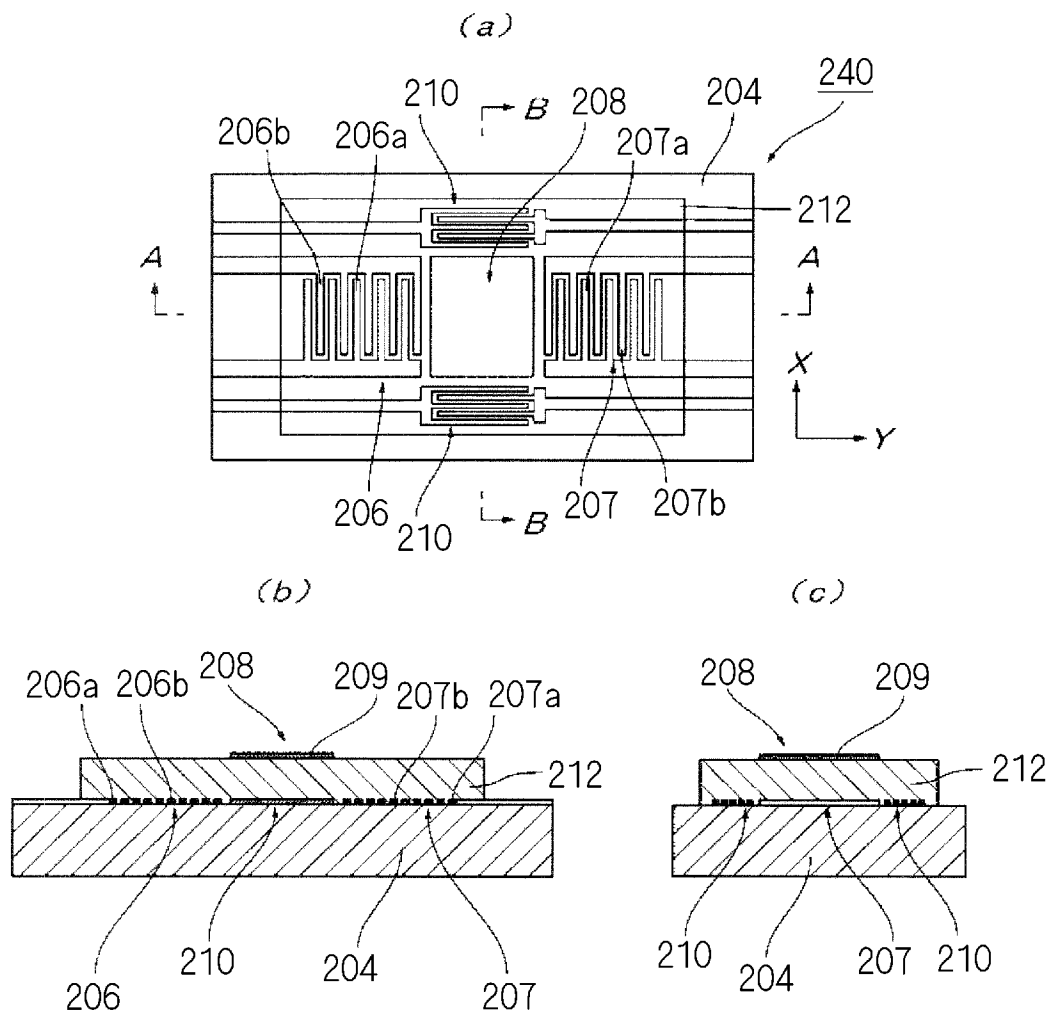
[图6]



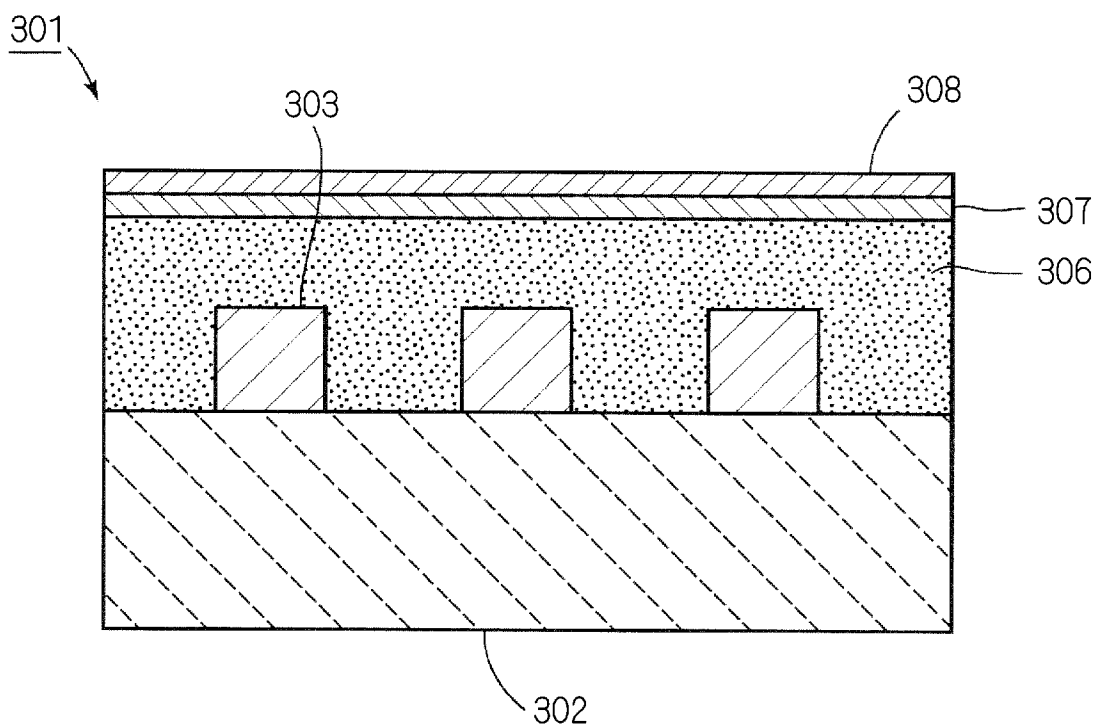
[图7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N5/02(2006.01)i, G01N29/02(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i, H01L41/18(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)

G01N5/02, G01N29/02, H01L41/08, H01L41/18, H03H9/145

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	WO 2008/102577 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 28 August 2008 (28.08.2008), entire text; all drawings & US 2009/0272193 A	1, 3, 4, 8, 9 2
Y	JP 2006-258767 A (Japan Radio Co., Ltd.), 28 September 2006 (28.09.2006), paragraph [0023] (Family: none)	2
A	JP 2006-313092 A (Seiko Epson Corp.), 16 November 2006 (16.11.2006), claims 5, 6 (Family: none)	8, 9

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
08 June, 2010 (08.06.10)

Date of mailing of the international search report
22 June, 2010 (22.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-78428 A (Seiko Epson Corp.), 29 March 2007 (29.03.2007), entire text; all drawings (Family: none)	5-7
A	WO 2006/114829 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), entire text; all drawings & US 2007/0284966 A1 & EP 1867980 A1	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N5/02(2006.01)i, G01N29/02(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i, H01L41/18(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. G01N5/02, G01N29/02, H01L41/08, H01L41/18, 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	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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 Y	WO 2008/102577 A1 (株式会社村田製作所) 2008.08.28, 全文, 全図 & US 2009/0272193 A	1, 3, 4, 8, 9 2
Y	JP 2006-258767 A (日本無線株式会社) 2006.09.28, 【0023】 (ファミリーなし)	2
A	JP 2006-313092 A (セイコーエプソン株式会社) 2006.11.16, 【請求項5】, 【請求項6】 (ファミリーなし)	8, 9

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、一般的技术水準を示すもの
 「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

08.06.2010

国際調査報告の発送日

22.06.2010

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)

▲高▼見 重雄

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2 J

9 1 1 6

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
A	JP 2007-78428 A (セイコーエプソン株式会社) 2007. 03. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	5-7
A	WO 2006/114829 A1 (株式会社村田製作所) 2006. 11. 02, 全文, 全図 & US 2007/0284966 A1 & EP 1867980 A1	1-9