

(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
2016 年 9 月 1 日(01.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/136475 A1

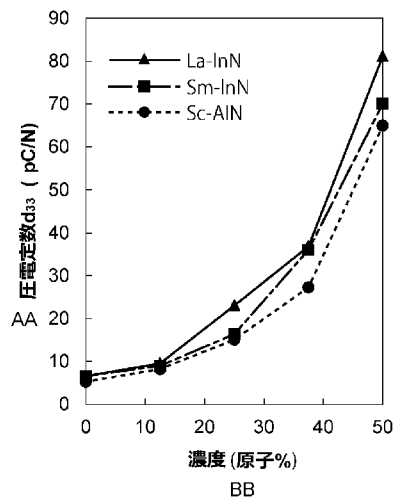
- (51) 国際特許分類:
H01L 41/187 (2006.01) *H01L 41/316* (2013.01)
C23C 14/06 (2006.01) *H03H 9/17* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) *H04R 17/02* (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053975
- (22) 国際出願日: 2016 年 2 月 10 日(10.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-037952 2015 年 2 月 27 日(27.02.2015) JP
- (71) 出願人: 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: 梅田 圭一 (UMEDA, Keiichi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 本多 淳史 (HONDA, Atsushi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 會田 康弘 (AIDA, Yasuhiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所 (MIYAZAKI & METSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町 1 丁目 3 番 8 号 中央大通 F N ビル 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: INDIUM NITRIDE PIEZOELECTRIC THIN FILM, METHOD FOR PRODUCING SAME AND PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称: 窒化インジウム圧電薄膜及びその製造方法、並びに圧電素子

[図1]
図1



AA Piezoelectric constant d_{33} (pC/N)
BB Concentration (atom%)

(57) Abstract: Provided is an indium nitride piezoelectric thin film which has excellent piezoelectric characteristics. An indium nitride piezoelectric thin film which contains samarium or lanthanum.

(57) 要約: 圧電特性に優れた、窒化インジウム圧電薄膜を提供する。 サマリウム又はランタンを含有している、窒化インジウム圧電薄膜。

WO 2016/136475 A1

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：

窒化インジウム圧電薄膜及びその製造方法、並びに圧電素子

技術分野

[0001] 本発明は、窒化インジウム圧電薄膜及び該窒化インジウム圧電薄膜の製造方法、並びに上記窒化インジウム圧電薄膜と第1、第2の電極とを備える圧電素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、圧電特性に優れた圧電薄膜を得るための研究が広くなされている。

[0003] 例えば、下記特許文献1においては、スカンジウムを含有する窒化アルミニウム圧電薄膜が開示されている。特許文献1では、スカンジウムを含有する窒化アルミニウム圧電薄膜は、スカンジウムを含有しない場合と比較して、良好な圧電応答性が得られる旨が記載されている。

[0004] また、下記非特許文献1には、イットリウムを含有する窒化インジウム圧電薄膜が、高い圧電定数を有することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-15148号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Volume matching condition to establish the enhanced piezoelectricity in ternary (Sc,Y)_{0.5}(Al,Ga,In)_{0.5}N alloys, PHYSICAL REVIEW B 87, 094107 (2013)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1の圧電薄膜に含有されているスカンジウムは、工業的に広く使用されておらず、非常に高価である。そのため、安定的に入

手することが困難であった。また、特許文献 1 や非特許文献 1 の圧電薄膜は、圧電特性がなお十分でなかった。

[0008] 本発明の目的は、圧電特性に優れた窒化インジウム圧電薄膜及び該窒化インジウム圧電薄膜の製造方法、並びに該窒化インジウム圧電薄膜を備える圧電素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本願発明者らは、鋭意検討した結果、窒化インジウム圧電薄膜に特定の元素を添加することで、上記課題を解決できることを見出し、本発明を成すに至った。

[0010] すなわち、本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、サマリウム又はランタンを含有している。

[0011] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、好ましくは、前記窒化インジウム圧電薄膜中のインジウムの濃度と、前記サマリウム又はランタンの濃度との総和を 100 原子%としたときの、前記サマリウム又はランタンの濃度が、50 原子%以下の範囲にある。この場合、圧電特性をより一層高めることができる。

[0012] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、好ましくは、厚み方向に配向している。この場合、圧電特性をより一層高めることができる。

[0013] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜の製造方法では、スパッタリング法により、前記窒化インジウム圧電薄膜を成膜する。

[0014] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜の製造方法では、好ましくは、インジウムと、サマリウム又はランタンとの合金により構成されたターゲットを用い、窒素ガス雰囲気下で 1 元スパッタリング法により、前記窒化インジウム圧電薄膜を成膜する。この場合、窒化インジウム圧電薄膜の生産性をより一層高めることができる。

[0015] 本発明に係る圧電素子は、本発明に従って構成された窒化インジウム圧電薄膜と、前記窒化インジウム圧電薄膜に接するように設けられた第 1 及び第 2 の電極と、を備える。

発明の効果

[0016] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、上記のように、サマリウム又はランタンを含有するため、圧電特性に優れている。また、本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、高価なスカンジウムを使用していないため、安価に製造することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、サマリウム（S m）又はランタン（L a）を含有する窒化インジウム圧電薄膜において、S m又はL aの濃度と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[図2]図2は、1元スパッタリング法により、本発明の窒化インジウム圧電薄膜を成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[図3]図3は、2元スパッタリング法により、本発明の窒化インジウム圧電薄膜を成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[図4]図4は、第1の実施形態である圧電マイクロフォンの模式的断面図である。

[図5]図5（a）は、第2の実施形態である幅拡がり振動子の模式的斜視図であり、図5（b）は、図5（a）中のA－A線に沿う部分の模式的断面図である。

[図6]図6は、第3の実施形態である厚み縦振動子の模式的断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0019] なお、本明細書に記載の各実施形態は、例示的なものであり、異なる実施形態間において、構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることを指摘しておく。

[0020] （窒化インジウム圧電薄膜及びその製造方法）

本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、窒化インジウム（I n N）により構成されている圧電薄膜である。上記窒化インジウム圧電薄膜は、サマリ

ウム（Sm）又はランタン（La）を含有する。より具体的には、上記窒化インジウム圧電薄膜には、Sm又はLaが、ドーピングされている。

[0021] 図1は、サマリウム（Sm）又はランタン（La）を含有する窒化インジウム圧電薄膜において、Sm又はLaの濃度と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[0022] 図1中、実線は、Laを含有する窒化インジウム圧電薄膜（La-InN圧電薄膜）の結果を示している。図1中、一点鎖線は、Smを含有する窒化インジウム圧電薄膜（Sm-InN圧電薄膜）の結果を示している。また、図1中、破線は、比較のため、従来のスカンジウム含有窒化アルミニウム圧電薄膜（Sc-AlN圧電薄膜）の結果を示している。

[0023] 図1において、縦軸の圧電定数 d_{33} は、第1原理計算により計算された値である。

[0024] また、図1において、横軸の濃度は、インジウム（In）の濃度と、Sm又はLaの濃度との総和を100原子%としたときの、Sm又はLaの濃度である。なお、Sc-AlN圧電薄膜においては、アルミニウム（Al）の濃度と、スカンジウム（Sc）の濃度との総和を100原子%としたときの、Scの濃度である。

[0025] 図1より、La-InN圧電薄膜及びSm-InN圧電薄膜では、従来のSc-AlN圧電薄膜より高い圧電定数 d_{33} が得られていることがわかる。このように、本発明の窒化インジウム圧電薄膜は、Sm又はLaを含有するため、従来のSc-AlN圧電薄膜よりも、圧電特性に優れている。

[0026] また、本発明においては、窒化インジウム圧電薄膜中のインジウム（In）の濃度と、Sm又はLaの濃度との総和を100原子%としたときの、Sm又はLaの濃度が、50原子%以下の範囲にあることが好ましい。

[0027] Sm又はLaの濃度が、上記範囲内にある場合、圧電定数 d_{33} をより一層高めることができ、圧電特性により一層優れた窒化インジウム圧電薄膜を得ることができる。

[0028] 本発明に係る窒化インジウム圧電薄膜は、薄膜形成法により製造すること

ができる。上記薄膜形成法としては、例えば、スパッタリング法や、CVD法等が挙げられる。上記薄膜形成法としては、スパッタリング法を用いることが好ましい。Inと、Sm又はLaとの合金もしくは焼結体、または領域分割された複合構造により構成されているターゲットを用いた1元スパッタリング法を用いることがより好ましい。

[0029] 図2は、1元スパッタリング法により、本発明の窒化インジウム圧電薄膜を成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[0030] 図2に示すスパッタリング装置1では、Inと、Sm又はLaとの合金により構成されているターゲット2を用い、1元スパッタリング法により、基板3に窒化インジウム圧電薄膜を成膜する。なお、ターゲット2として、InNと、Sm又はLaとの合金により構成されているターゲットを用いてもよい。

[0031] 上記スパッタリングは、窒素(N₂)ガス雰囲気下で行うことが好ましい。もっとも、上記スパッタリングは、N₂ガス雰囲気下でなくとも、N₂ガス及びアルゴンガス(Ar)の混合雰囲気下で行ってもよい。また、上記基板3の温度としては、室温～450℃とすることが好ましい。

[0032] 1元スパッタリング法においては、予めInの含有量と、Sm又はLaの含有量とが異なる合金により構成されたターゲット2を用意することにより、Sm又はLaの濃度の調節を行うことができる。

[0033] また、1元スパッタリング法では、6インチや8インチといった大型のウエハ上において、均一な膜厚分布と圧電性分布で成膜が可能である。従来のSc-AlN圧電薄膜においても、Sc及びAlの合金からなるターゲットが用いられるが、非常に高価である。これに対して、本発明では、Inと、Sm又はLaとの合金により構成されたターゲット2を用いることで大幅に製品価格を下げるができる。

[0034] また、1元スパッタリング法では、合金により構成されたターゲット2の段階で濃度が決まるため、成膜が容易である。従って、1元スパッタリング法により成膜する場合、圧電薄膜の生産性をより一層高めることができる。

[0035] もっとも、ターゲット2は、合金により構成されたターゲットでなくともよく、例えば、複合ターゲットを用いてもよい。上記複合ターゲットは、I nターゲット上にS m又はL aペレットを置いたものであってもよいし、I nターゲットに穴をあけてS m又はL aペレットを埋め込んだものであってもよい。

[0036] また、本発明においては、I nにより構成された第1のターゲットと、S m又はL aにより構成された第2のターゲットとを用いて、2元スパッタリング法により、本発明の窒化インジウム圧電薄膜を得てもよい。

[0037] 図3は、2元スパッタリング法により、本発明の窒化インジウム圧電薄膜を成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[0038] 図3に示すスパッタリング装置10では、I nにより構成された第1のターゲット4と、S m又はL aにより構成された第2のターゲット5とを用い、2元スパッタリング法により、基板3に窒化インジウム圧電薄膜を成膜する。なお、第1のターゲット4としてI n Nにより構成されたターゲットを用いてもよい。

[0039] 上記スパッタリングは、N₂ガス雰囲気下で行うことが好ましい。もっとも、N₂ガス雰囲気下でなくとも、N₂ガス及びアルゴンガス(A r)の混合雰囲気下で行ってもよい。また、上記基板3の温度としては、室温～450℃とすることが好ましい。

[0040] 2元スパッタリング法においては、第1及び第2のターゲット4, 5のパワー比率を変えることにより、S m又はL aの含有量の調節を行うことができる。

[0041] 得られた窒化インジウム圧電薄膜は、基板3上において、厚み方向に配向していることが好ましい。厚み方向に配向している場合、より一層圧電特性に優れた窒化インジウム圧電薄膜を得ることができる。

[0042] (圧電素子)

本発明に係る圧電素子は、上記のように本発明に従って構成された窒化インジウム圧電薄膜と、上記窒化インジウム圧電薄膜に接するように設けられ

た第1, 第2の電極とを備える。以下、図面を参照しつつ、本発明に係る圧電素子を用いた具体的な実施形態を説明する。

[0043] (第1の実施形態)

図4は、第1の実施形態である圧電マイクロフォン11の模式的断面図である。圧電マイクロフォン11は、筒状の支持体12、シリコン酸化膜16、第1, 第2の電極の14, 15、圧電薄膜13及び第1, 第2の接続電極17, 18により構成されている。

[0044] 筒状の支持体12は、高抵抗シリコンやガラス、GaAs等の適宜の材料からなる。本実施形態では、筒状の支持体12は、シリコンからなる。筒状の支持体12の上面には、筒状の支持体12を覆うようにシリコン酸化膜16が設けられている。

[0045] シリコン酸化膜16の上には、第1の電極14が設けられている。第1の電極14は、円板形状である。第1の電極14は、筒状の支持体12の開口部を閉成するように設けられている。また、第1の電極14は、外部から音圧が加わると振動する部分である。

[0046] 第1の電極14の上には、ドーナツ板状である圧電薄膜13が設けられている。圧電薄膜13の上面には、圧電薄膜13を覆うように、第2の電極15が設けられている。

[0047] 本実施形態に係る圧電マイクロフォン11では、外部からの音圧により第1の電極14が振動すると、圧電薄膜13が変形する。そして、上記圧電薄膜13の変形に対応して、第1, 第2の電極14, 15から音圧に応じた電気信号を得ることが可能となる。

[0048] 第2の電極15の上面には、外部電極と接続するための第1, 第2の接続電極17, 18が設けられている。第1の接続電極17は、ビアホール電極部17aを有する。第1の接続電極17が第1の電極14に、第2の接続電極18が第2の電極15に接続されるように設けられている。

[0049] 本実施形態において、第1の電極14は、抵抗率 $1.5\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 以下のリンドープSiにより構成される。また、第2の電極15は、Alにより構成

される。なお、各材料の厚みについては、特に限定されるものではないが、例えば、本実施形態においては、第1の電極14が400nm、圧電薄膜13が500nm、第2の電極15が50nmのものが用いられている。

[0050] また、圧電薄膜13は、本発明に従って構成された圧電薄膜である。すなわち、圧電薄膜13は、Sm又はLaを含有する窒化インジウム圧電薄膜であり、従来のSc-AlN圧電薄膜よりも圧電特性に優れている。従って、第1の実施形態の圧電素子11は、高感度なマイクロフォンである。

[0051] (第2の実施形態)

図5(a)は、第2の実施形態である幅拡がり振動子21の模式的斜視図である。幅拡がり振動子21は、幅拡がり振動を利用する圧電振動子である。幅拡がり振動子21は、支持部22a、22bと、振動体としての振動板23と、第1、第2の連結部24a、24bとを備える。

[0052] 振動板23は矩形板状であり、長さ方向と幅方向とを有している。振動板23は、第1、第2の連結部24a、24bを介して、支持部22a、22bに接続されている。すなわち、振動板23は、支持部22a、22bにより支持されている。振動板23は、交番電界が印加されると、幅拡がり振動モードで幅方向に振動する振動体である。

[0053] 第1、第2の連結部24a、24bの一端は、振動板23の短辺側の側面中央に接続されている。上記振動板23の短辺側の側面中央は、幅拡がり振動のノードとなっている。

[0054] 支持部22a、22bは、第1、第2の連結部24a、24bの他端に接続されている。支持部22a、22bは、第1、第2の連結部24a、24bの両側に延びている。支持部22a、22bの長さは、特に限定されないが、本実施形態においては、振動板23の短辺と同じ長さである。

[0055] 図5(b)は、図5(a)中のA-A線に沿う部分の模式的断面図である。図5(b)に示すように、振動板23は、シリコン酸化膜16、基板32、第1、第2の電極14、15及び圧電薄膜13により構成されている。

[0056] より具体的には、基板32上に、圧電薄膜13が設けられている。第1、

第2の電極14, 15は、圧電薄膜13を挟むように設けられている。基板32の下方には、シリコン酸化膜16が設けられている。

[0057] 本実施形態において、基板32は、抵抗率： $1\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 、濃度： $7\times 10^{19}/\text{cm}^3$ のn型Si層である。

[0058] なお、第1の電極14と、第2の電極15との間には、図示しない保護層であるシード層が設けられている。

[0059] 本実施形態においては、第1, 第2の電極14, 15は、Moにより構成されている。また、上記シード層はAlNにより構成されている。なお、各材料の厚みについて、特に限定されるものではないが、本実施形態においては、基板32の厚みは $10\text{ }\mu\text{m}$ 、シリコン酸化膜16の厚みは 400 nm 、第1の電極14の厚みは 100 nm 、圧電薄膜13の厚みは 1000 nm 、第2の電極15の厚みは 50 nm 、シード層の厚みは 20 nm とした。

[0060] なお、第2の実施形態においても、圧電薄膜13は、本発明に従って構成された圧電薄膜である。すなわち、圧電薄膜13は、Sm又はLaを含有する窒化インジウム圧電薄膜であり、従来のSc-AlN圧電薄膜よりも圧電特性に優れている。従って、幅広がり振動子21は、広帯域で共振抵抗が小さい振動子となり、周波数可変範囲が広く、低消費電力なTCXOとなる。

[0061] (第3の実施形態)

図6は、第3の実施形態である厚み縦振動子31の模式的断面図である。厚み縦振動子31は、音響反射層33を有する圧電振動子である。厚み縦振動子31は、基板32、音響反射層33、圧電薄膜13及び第1, 第2の電極14, 15により構成される。

[0062] 基板32の上面に、音響反射層33が設けられている。音響反射層33は、音響インピーダンスが相対的に高い音響インピーダンス層33b, 33dと、相対的に低い音響インピーダンス層33a, 33c, 33eとを交互に積層した構造を有する。

[0063] 音響反射層33の上には、圧電薄膜13が設けられている。また、第1, 第2の電極14, 15は、圧電薄膜13を挟むように設けられている。

- [0064] 本実施形態において、第1、第2の電極14、15は、モリブデンにより構成される。また、上記相対的に高い音響インピーダンス層33b、33dは、タングステンにより構成され、上記相対的に低い音響インピーダンス層33a、33c、33eは、酸化シリコンにより形成される。
- [0065] なお、第3の実施形態においても、圧電薄膜13は、本発明に従って構成された圧電薄膜である。すなわち、圧電薄膜13は、Sm又はLaを含有する窒化インジウム圧電薄膜であり、従来のSc-AlN圧電薄膜よりも圧電特性に優れている。
- [0066] 従って、上記のような音響反射層33を有する公知の厚み縦振動子においても、広帯域と良好な温度特性とが両立できたフィルタ／DPXを作製することができる。
- [0067] このように、本発明に係る圧電素子は、厚み縦振動や、厚み拵がり振動、あるいは屈曲振動を用いた圧電薄膜振動子として用いることができる。そのため、RFフィルタや、デュプレクサ、タイミングデバイス、あるいはジャイロセンサなどの用途で使うことができる。
- [0068] また、本発明に係る圧電素子は、第1の実施形態で示した圧電マイクロフォンの他に、圧力センサや、超音波トランスデューサなどの用途においても使うことができる。

符号の説明

- [0069] 1、10…スパッタリング装置
2…ターゲット
3…基板
4…第1のターゲット
5…第2のターゲット
11…圧電マイクロフォン
12…筒状の支持体
13…圧電薄膜
14…第1の電極

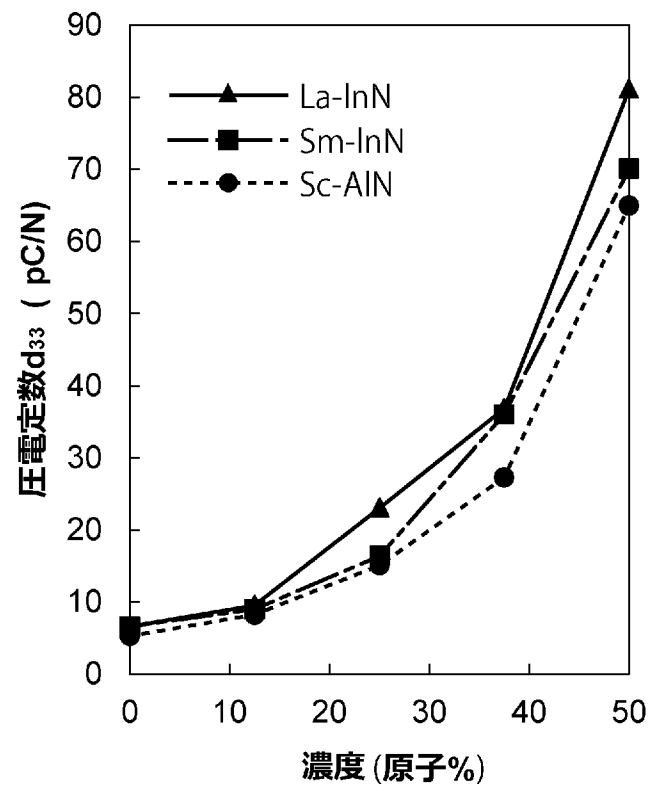
- 1 5 …第 2 の電極
- 1 6 …シリコン酸化膜
- 1 7, 1 8 …第 1, 第 2 の接続電極
- 1 7 a …ビアホール電極部
- 2 1 …幅拡がり振動子
- 2 2 a, 2 2 b …支持部
- 2 3 …振動板
- 2 4 a, 2 4 b …第 1, 第 2 の連結部
- 3 1 …厚み縦振動子
- 3 2 …基板
- 3 3 …音響反射層
- 3 3 a, 3 3 c, 3 3 e …相対的に低い音響インピーダンス層
- 3 3 b, 3 3 d …相対的に高い音響インピーダンス層

請求の範囲

- 【請求項1】 サマリウム又はランタンを含有している、窒化インジウム圧電薄膜
 。
- 【請求項2】 前記窒化インジウム圧電薄膜中のインジウムの濃度と、前記サマリ
ウム又はランタンの濃度との総和を100原子%としたときの、前記
サマリウム又はランタンの濃度が、50原子%以下の範囲にある、請
求項1に記載の窒化インジウム圧電薄膜。
- 【請求項3】 厚み方向に配向している、請求項1又は2に記載の窒化インジウム
圧電薄膜。
- 【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化インジウム圧電薄膜の製
造方法であって、
 スパッタリング法により、前記窒化インジウム圧電薄膜を成膜する
、窒化インジウム圧電薄膜の製造方法。
- 【請求項5】 インジウムと、サマリウム又はランタンとの合金により構成された
ターゲットを用い、窒素ガス雰囲気下で1元スパッタリング法により
、前記窒化インジウム圧電薄膜を成膜する、請求項4に記載の窒化イ
ンジウム圧電薄膜の製造方法。
- 【請求項6】 請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化インジウム圧電薄膜と、
 前記窒化インジウム圧電薄膜に接するように設けられた第1及び第
2の電極と、
 を備える、圧電素子。

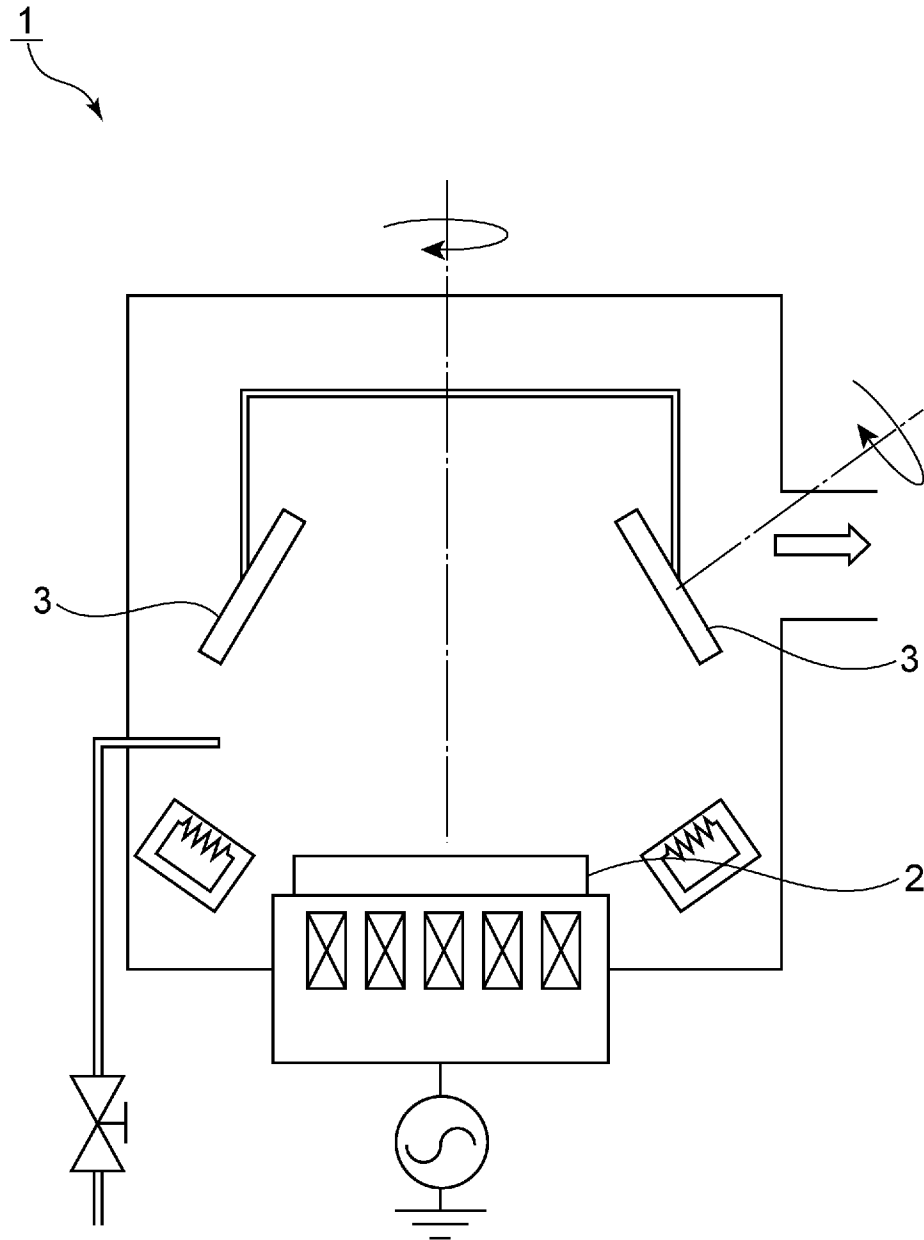
[図1]

図1



[図2]

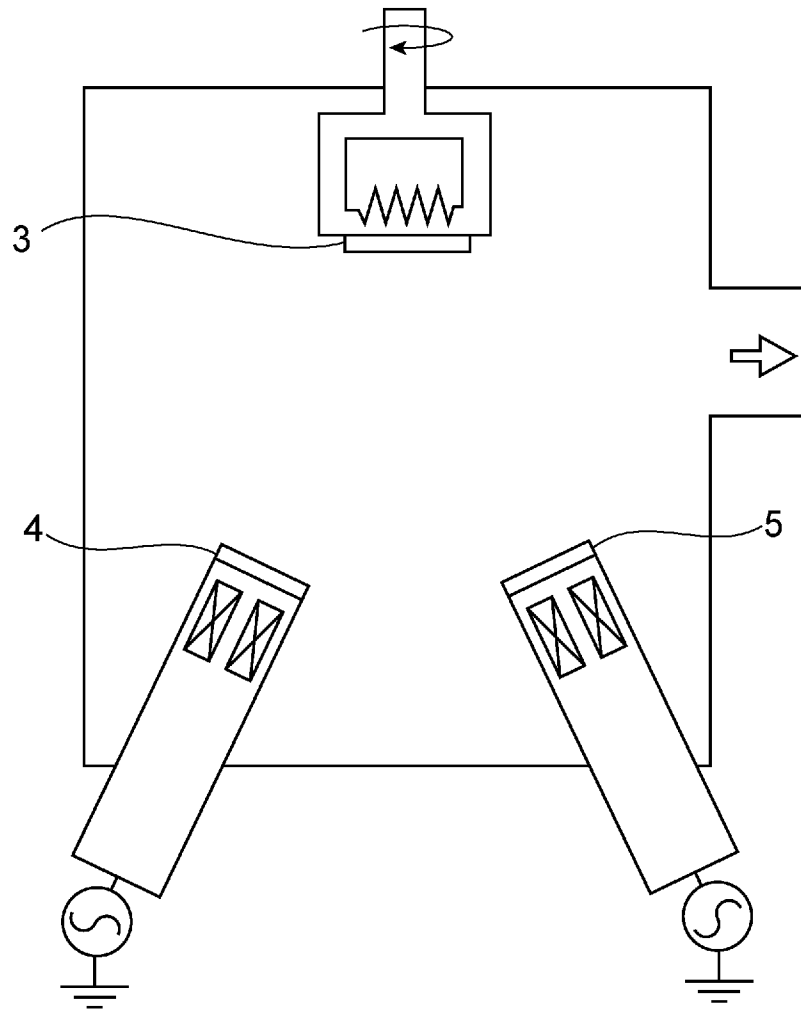
図2



[図3]

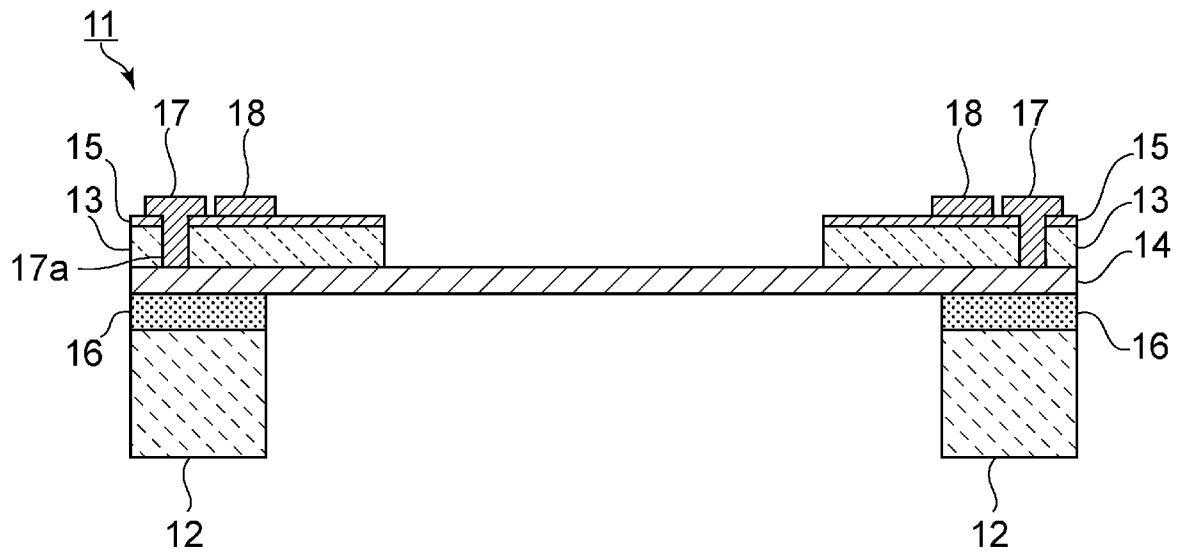
図3

10



[図4]

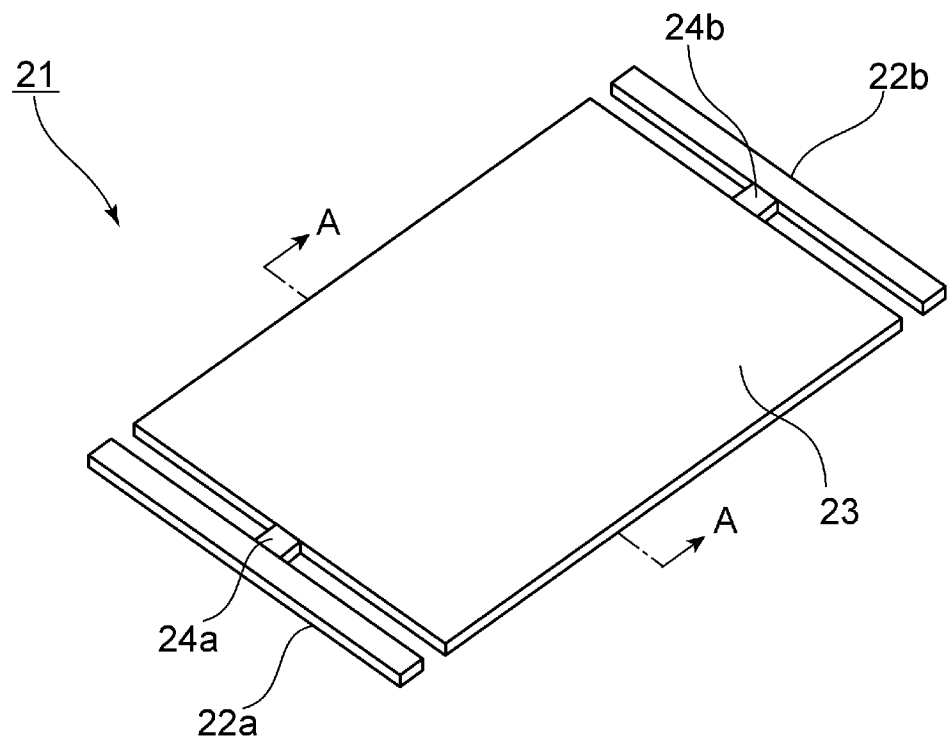
図4



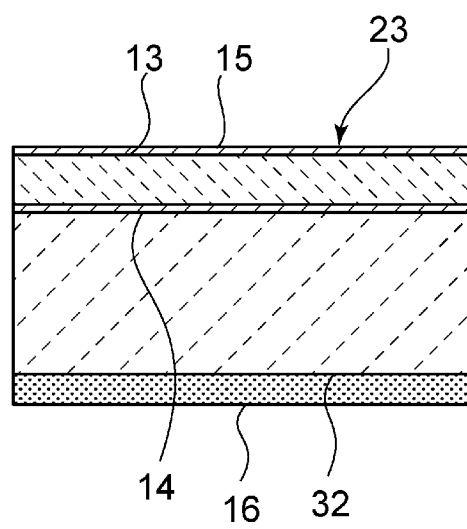
[図5]

図5

(a)

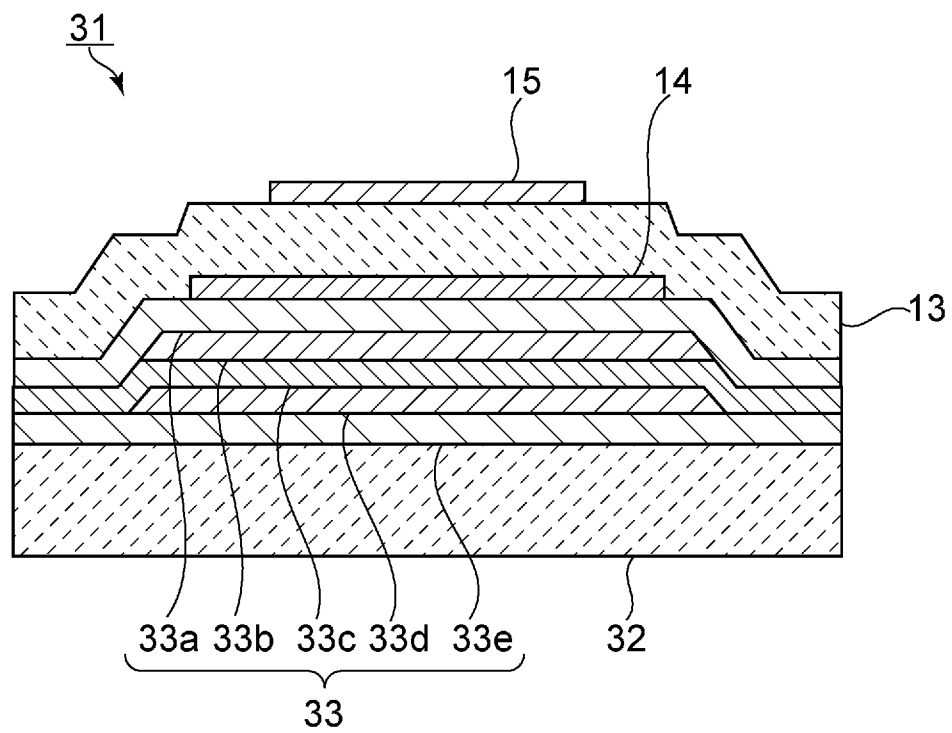


(b)



[図6]

図6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053975

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L41/187(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i,
H01L41/113(2006.01)i, H01L41/316(2013.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H04R17/02
(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)

H01L41/187, C23C14/06, C23C14/34, H01L41/113, H01L41/316, H03H9/17,
H04R17/02

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	JP 11-116946 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 27 April 1999 (27.04.1999), paragraphs [0005] to [0007] & US 6117574 A column 2, line 34 to column 3, line 8	1, 2 3-6
X Y	JP 2003-342561 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 03 December 2003 (03.12.2003), paragraphs [0007] to [0010] (Family: none)	1, 2 3-6

☒ 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
22 March 2016 (22.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

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/JP2016/053975

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2007-299734 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 15 November 2007 (15.11.2007), paragraphs [0032] to [0036]; fig. 1 & WO 2007/108390 A1 paragraphs [0032] to [0036]; fig. 1 & US 2007/0221945 A1 & KR 10-2008-0110747 A	1, 4, 6 2, 3, 5
Y	WO 2011/002028 A1 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 06 January 2011 (06.01.2011), paragraph [0043] & US 2012/0107557 A1 paragraph [0052] & JP 2011-15148 A & DE 112010002790 T5 & KR 10-2012-0017089 A & CN 102474234 A & KR 10-2014-0099919 A	3
Y	WO 2014/192265 A1 (Denso Corp.), 04 December 2014 (04.12.2014), paragraph [0010] & JP 2014-236051 A & CN 105229810 A & KR 10-2016-0003777 A	5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L41/187(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i,
H01L41/316(2013.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H04R17/02(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. H01L41/187, C23C14/06, C23C14/34, H01L41/113, H01L41/316, H03H9/17, H04R17/02

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 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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	JP 11-116946 A (工業技術院長) 1999. 04. 27, [0005]-[0007] & US 6117574 A 第 2 欄第 34 行-第 3 欄第 8 行	1, 2 3-6
X Y	JP 2003-342561 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2003. 12. 03, [0007]-[0010] (ファミリーなし)	1, 2 3-6

☑ 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 2 . 0 3 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 3 . 2 0 1 6

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)

加藤 俊哉

5 F

9 5 5 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 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
X Y	JP 2007-299734 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2007. 11. 15, [0032]-[0036], 図 1 & WO 2007/108390 A1 [0032]-[0036], 図 1 & US 2007/0221945 A1 & KR 10-2008-0110747 A	1, 4, 6 2, 3, 5
Y	WO 2011/002028 A1 (独立行政法人産業技術総合研究所) 2011. 01. 06, [0043] & US 2012/0107557 A1 [0052] & JP 2011-15148 A & DE 112010002790 T5 & KR 10-2012-0017089 A & CN 102474234 A & KR 10-2014-0099919 A	3
Y	WO 2014/192265 A1 (株式会社デンソー) 2014. 12. 04, [0010] & JP 2014-236051 A & CN 105229810 A & KR 10-2016-0003777 A	5