

(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
2018年12月20日(20.12.2018)



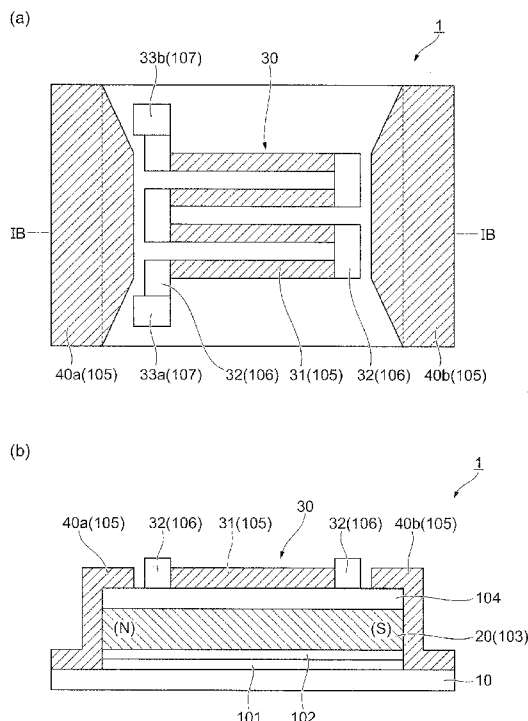
(10) 国際公開番号

WO 2018/230116 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/06 (2006.01) H01L 43/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/014689
- (22) 国際出願日: 2018年4月6日(06.04.2018)
- (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 2017-115414 2017年6月12日(12.06.2017) JP
- (71) 出願人: 昭和電気株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 遠藤 大三 (ENDO, Daizo); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 昭和電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 古部 次郎, 外 (FURUBE, Jiro et al.); 〒1076022 東京都港区赤坂1-12-32 アーク森ビル22階 私書箱513号 セリオ国際特許商標事務所 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,

(54) Title: MAGNETIC SENSOR AND MAGNETIC SENSOR MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 磁気センサ及び磁気センサの製造方法



(57) Abstract: A magnetic sensor 1 is provided with: a thin film magnet 20 that is formed of a hard magnetic material and that possesses magnetic anisotropy in an in-plane direction; a sensitive part 30 that is formed of a soft magnetic material, that is disposed so as to face the thin film magnet 20, that has a longitudinal direction and a lateral direction, wherein the longitudinal direction is a direction in which a magnetic flux generated by the thin film magnet passes therethrough, that possesses uniaxial magnetic anisotropy in a direction that intersects the longitudinal direction, and that is provided with a sensitive element 31 that senses a change in a magnetic field; and a control layer 102 that is disposed on the thin film magnet 20 on an opposite side from the side thereof at which the sensitive element 31 is provided and that controls the magnetic anisotropy of the thin film magnet 20 so as to be directed in the in-plane direction.

(57) 要約: 磁気センサ1は、硬磁性体で構成され、面内方向に磁気異方性を有する薄膜磁石20と、軟磁性体で構成されるとともに、薄膜磁石20に対向して配置され、長手方向と短手方向とを有し、長手方向が薄膜磁石の発生する磁束が透過する方向であって、長手方向と交差する方向に一軸磁気異方性を有し、磁場の変化を感受する感受素子31を備える感受部30と、薄膜磁石20に対して、感受素子31が設けられた側の反対側に配置され、薄膜磁石20の磁気異方性を面内方向に制御する制御層102と、を備える。

WO 2018/230116 A1

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).

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：磁気センサ及び磁気センサの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁気センサ及び磁気センサの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 公報記載の従来技術として、非磁性基板上に形成された硬磁性体膜からなる薄膜磁石と、前記薄膜磁石の上を覆う絶縁層と、前記絶縁層上に形成された一軸異方性を付与された一個または複数個の長方形の軟磁性体膜からなる感磁部と、前記感磁部の複数個の軟磁性体膜を電氣的に接続する導体膜を備え、前記感磁部の長手方向において、前記薄膜磁石の両端部は、前記感磁部の両端部の外側に位置し、前記絶縁層は、前記薄膜磁石のそれぞれの端部の上に開口部を有しており、前記絶縁層の上には、前記薄膜磁石と前記感磁部との間に磁路を形成する軟磁性体膜からなるヨーク部が、前記絶縁層の開口部を介して、前記薄膜磁石の端部から、前記感磁部の端部近傍に渡り形成されている磁気インピーダンス効果素子が存在する（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-249406号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、磁気インピーダンス効果素子を用いた磁気センサでは、磁気インピーダンス効果素子にバイアス磁界を掛けて、磁気インピーダンス効果素子のインピーダンスが外部磁場の変化に対して直線的に変化するようになる。このバイアス磁界を生成する方法として、薄膜磁石を用いる方法がある。薄膜磁石を用いることで、磁界発生のためのコイルを設けることを要しない。このような薄膜磁石は、面内方向に磁気異方性を有していることが求められる。

本発明は、制御層を用いない場合に比べて、薄膜磁石が面内方向に磁気異方性を生じやすい磁気センサなどを提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明が適用される磁気センサは、硬磁性体で構成され、面内方向に磁気異方性を有する薄膜磁石と、軟磁性体で構成されるとともに、薄膜磁石に対向して配置され、長手方向と短手方向とを有し、長手方向が薄膜磁石の発生する磁束が透過する方向であって、長手方向と交差する方向に一軸磁気異方性を有し、磁場の変化を感受する感受素子を備える感受部と、薄膜磁石に対して、感受素子が設けられた側の反対側に配置され、薄膜磁石の磁気異方性を面内方向に制御する制御層と、を備える。

[0006] このような磁気センサにおいて、制御層がbcc構造であり、薄膜磁石を構成する硬磁性体がhcp構造であり、硬磁性体は、制御層のbcc構造上に結晶成長して、hcp構造のc軸が面内に配向していることを特徴とすることができる。また、制御層は、Cr、Mo若しくはW又はそれらを含む合金であることを特徴とすることができる。このようにすることで、薄膜磁石を構成する硬磁性体の配向の制御が容易になる。

そして、制御層は、薄膜磁石の両磁極を結ぶ方向に沿って設けられた溝を有する非磁性の基板の上に配置されていることを特徴とすることができる。このようにすることで、薄膜磁石を構成する硬磁性体の配向の制御がより容易になる。

[0007] そしてまた、基板と制御層との間に、制御層の基板に対する密着性を向上させる密着層を備えることを特徴とすることができる。このようにすることで、安定性が向上する。

[0008] さらに、感受部の感受素子は、Ru又はRu合金から構成される反磁界抑制層を挟んで反強磁性結合した複数の軟磁性体層から構成されることを特徴とすることができる。このようにすることで、磁気インピーダンス効果が向上する。

[0009] さらにまた、感受部は、並列に配置された複数の感受素子を備え、複数の

感受素子が導電体で構成された接続部材にて直列接続されて構成されていることを特徴とすることができる。このようにすることで、感度が向上する。

[0010] そして、薄膜磁石の磁極から、感受部における感受素子の長手方向の端部に対向するように設けられ、薄膜磁石の発生する磁束が感受素子を長手方向に透過するように誘導するヨークを備えることを特徴とすることができる。このようにすることで、バイアス磁界が効果的に掛けられる。

[0011] 他の観点から捉えると、本発明が適用される磁気センサの製造方法は、非磁性の基板に、基板上に形成される硬磁性体層の磁気異方性を面内方向に制御する制御層を形成する制御層形成工程と、制御層上に、制御層により磁気異方性が面内方向に制御された硬磁性体層を形成し、硬磁性体層により薄膜磁石を形成する薄膜磁石形成工程と、絶縁層を挟んで硬磁性体層に対向するように軟磁性体層を形成し、薄膜磁石の発生する磁束が透過する方向と交差する方向に一軸磁気異方性を有する感受素子を備える感受部を形成する感受部形成工程と、を含む。

[0012] このような磁気センサの製造方法において、制御層形成工程における基板が、薄膜磁石の両磁極を結ぶ方向に沿って溝が形成された基板であることを特徴とすることができる。このようにすることで、薄膜磁石を構成する硬磁性体の配向の制御がより容易になる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、制御層を用いない場合に比べて、薄膜磁石が面内方向に磁気異方性を生じやすい磁気センサなどが提供できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]第1の実施の形態が適用される磁気センサの一例を説明する図である。

(a)は、平面図、(b)は、(a)の|B-|B線での断面図である。

[図2]磁気センサの製造方法の一例を説明する図である。図2(a)~(g)は、磁気センサの製造方法における工程を示す。

[図3]第2の実施の形態が適用される磁気センサの一例を説明する図である。

(a)は、平面図、(b)は、(a)の|||B-|||B線での断面図で

ある。

[図4]磁気センサの製造方法の一例を説明する図である。図4 (d) ~ (j) は、磁気センサの製造方法における工程を示す。

[図5]第3の実施の形態が適用される磁気センサの一例を説明する図である。

(a) は、平面図、(b) は、(a) のVB-VB線での断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本明細書で説明する磁気センサは、いわゆる磁気インピーダンス効果素子を用いたものである。

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0016] [第1の実施の形態]

図1は、第1の実施の形態が適用される磁気センサ1の一例を説明する図である。図1(a)は、平面図、図1(b)は、図1(a)のIB-IB線での断面図である。

図1(b)に示すように、第1の実施の形態が適用される磁気センサ1は、硬磁性体(硬磁性体層103)で構成された薄膜磁石20と、薄膜磁石20に対向して設けられ、軟磁性体(軟磁性体層105)を含んで構成されて磁場(外部磁場)の変化を感受する感受部30と、薄膜磁石20の磁気異方性が膜の面内方向に発現するように制御する制御層102を備える。制御層102は、薄膜磁石20に対して、感受部30が設けられた側と反対側に設けられている。なお、本明細書においては、薄膜磁石20を構成する層、ここでは硬磁性体層103を()内に表記する。他の場合も同様である。

[0017] 図1(a)に示すように、感受部30は、長手方向と短手方向とを有する短冊状の複数の感受素子31と、隣接する感受素子31の端部をつづら折りに直列接続する、導電体(導電体層106)で構成された接続部材32を備える。複数の感受素子31は、長手方向が並列に配置されている。また、隣接する感受素子31がない端部にも、接続部材32が設けられている。さらに、感受部30は、感受素子31が接続部材32により直列接続された両端

部（隣接する感受素子31がない端部の接続部材32）に、通電のための電極パッド33a、33b（導電体層107）（区別しない場合は、電極パッド33と表記する。）を備える。なお、図1（a）では、感受部30は、一例として4個の感受素子31を備えたとするが、感受素子は1個であってもよく、4個以外の複数であってもよい。感受素子31が磁気インピーダンス効果素子である。

[0018] さらに、図1（b）に示すように、磁気センサ1は、薄膜磁石20のN極とS極（図1（b）では、（N）、（S）と表記する。）から発生する磁束が、感受部30の感受素子31を長手方向に透過するように、薄膜磁石20のN極から感受部30における感受素子31の長手方向の一方の端部に磁束を誘導するヨーク40aと、感受部30における感受素子31の長手方向の他方の端部から薄膜磁石20のS極に磁束を誘導するヨーク40bとを備える。ヨーク40a、40b（区別しない場合は、ヨーク40と表記する。）は、磁束が透過しやすい軟磁性体（軟磁性体層105）で構成されている。つまり、薄膜磁石20は、感受部30にバイアス磁界を付与する。なお、薄膜磁石20のN極とS極とをまとめて両磁極と表記し、N極とS極とを区別しない場合は磁極と表記する。

[0019] 次に、図1（b）により、磁気センサ1の断面構造を詳細に説明する。磁気センサ1は、非磁性の基板10上に、密着層101、制御層102、薄膜磁石20（硬磁性体層103）、絶縁層104及び感受部30がこの順に配置（積層）されて構成されている。密着層101、制御層102、薄膜磁石20（硬磁性体層103）及び絶縁層104は、少なくとも二つの対向する側面が露出するように加工されている。なお、露出させる少なくとも二つの側面は、露出した薄膜磁石20を構成する硬磁性体層103の二つの側面が、N極及びS極となるように設定されている。そして、ヨーク40a、40bは、それぞれ、露出した薄膜磁石20のN極、S極に接して設けられ、磁束が感受素子31を長手方向に透過するように誘導する。なお、ヨーク40a、40bは、露出した薄膜磁石20のN極及びS極に接して設けられてい

なくともよく、空隙（ギャップ）があってもよい。なお、ヨーク40a、40bが露出した薄膜磁石20のN極及びS極に接していると磁束が漏れることが抑制される。

[0020] なお、図1(a)に示すように、ヨーク40（ヨーク40a、40b）は、基板10の上側から見た形状が、感受部30に近づくにつれて狭くなっていくように構成されている。これは、薄膜磁石20が発生した磁束を、感受部30に集中させる（磁束密度を高める）ためである。つまり、薄膜磁石20のN極及びS極の幅を、感受部30における複数の感受素子31が設けられている部分の幅より広くして、感受部30に対するバイアス磁界が強くなるようにしている。よって、ヨーク40（ヨーク40a、40b）の感受部30に対向する部分の幅は、感受部30における複数の感受素子31が設けられている部分の幅より広く設定されていけばよい。なお、ヨーク40（ヨーク40a、40b）の感受部30に対向する部分の幅を狭くしなくともよい。

[0021] ここで、ヨーク40（ヨーク40a、40b）と感受部30の感受素子31の長手方向の端部との間隔は、例えば1 μ m~100 μ mであればよい。

[0022] 基板10は、非磁性体からなる基板であって、例えばシリコン等の半導体基板、サファイア、ガラスといった酸化物基板が挙げられる。

密着層101は、基板10に対する制御層102の密着性を向上させる。密着層101としては、Cr又はNiを含む合金を用いるのがよい。Cr又はNiを含む合金としては、CrTi、CrTa、NiTa等が挙げられる。密着層101の厚さは、例えば5nm~50nmである。なお、基板10に対する制御層102の密着性に問題がなければ、密着層101を設けることを要しない。なお、本明細書においては、合金の組成比は、特に示していない。以下同様である。

[0023] 制御層102は、硬磁性体層103で構成される薄膜磁石20の磁気異方向性が膜の面内方向に発現するように制御する層である。制御層102としては、Cr、Mo若しくはW又はそれらを含む合金（以下では、制御層102

を構成するCr等を含む合金と表記する。)を用いるのがよい。制御層102を構成するCr等を含む合金としては、CrTi、CrMo、CrV、CrW等が上げられる。制御層102の厚さは、例えば5nm~100nmである。

[0024] 薄膜磁石20を構成する硬磁性体(硬磁性体層103)は、Coを主成分とし、Cr又はPtのいずれか一方又は両方を含む合金(以下では、薄膜磁石20を構成するCo合金と表記する。)を用いることがよい。薄膜磁石20を構成するCo合金としては、CoCrPt、CoCrTa、CoNiCr、CoCrPtB等が挙げられる。なお、Feが含まれていてもよい。薄膜磁石20を構成する硬磁性体(硬磁性体層103)の厚さは、例えば50nm~500nmである。

[0025] 制御層102を構成するCr等を含む合金は、bcc(body-centered cubic(体心立方格子))構造を有する。よって、薄膜磁石20を構成する硬磁性体(硬磁性体層103)は、bcc構造のCr等を含む合金で構成された制御層102上において、結晶成長しやすいhcp(hexagonal close-packed(六方最密充填))構造であるとよい。bcc構造上にhcp構造の硬磁性体層103を結晶成長させると、hcp構造のc軸が面内に向くように配向しやすい。よって、硬磁性体層103によって構成される薄膜磁石20が面内方向に磁気異方性を有するようになりやすい。なお、硬磁性体層103は、多結晶であって、各結晶が面内方向に磁気異方性を有する。よって、この磁気異方性は、結晶磁気異方性と呼ばれることがある。

[0026] なお、制御層102を構成するCr等を含む合金及び薄膜磁石20を構成するCo合金の結晶成長を促進するために、基板10は、100℃~600℃に加熱されているとよい。この加熱により、制御層102のCr等を含む合金が結晶成長し、hcp構造を持つ硬磁性体層103が面内に磁化容易軸を持つように結晶配向されやすくなる。つまり、硬磁性体層103の面内に磁気異方性が付与されやすくなる。

[0027] 絶縁層104は、非磁性の絶縁体で構成され、薄膜磁石20と感受部30

との間を電氣的に絶縁する。絶縁層104を構成する絶縁物としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 等の酸化物、又は、 Si_3N_4 、 AlN 等の窒化物等が挙げられる。絶縁層104の厚さは、例えば100nm~500nmである。

[0028] 感受部30における感受素子31は、長手方向に交差する方向、例えば直交する方向（幅方向）に一軸磁気異方性が付与されている。感受素子31を構成する軟磁性体（軟磁性体層105）としては、Coを主成分にした合金（以下では、感受素子31を構成するCo合金と表記する。）に高融点金属Nb、Ta、W等を添加したアモルファス合金が用いられる。感受素子31を構成するCo合金としては、 CoNbZr 、 CoFeTa 、 CoWZr 等が挙げられる。感受素子31を構成する軟磁性体（軟磁性体層105）の厚さは、例えば0.5 μm ~5 μm である。

[0029] 接続部材32（導電体層106）及び電極パッド33（導電体層107）は、導電性に優れた導電体であればよく、例えばCu、Au、Al等が用いられる。

[0030] ヨーク40（ヨーク40a、40b）は、透磁率の高い軟磁性体から構成されるのがよい。ここでは、ヨーク40は、感受部30の感受素子31を構成する軟磁性体層105で構成されている。

ヨーク40を設けることにより、薄膜磁石20から発生する磁束がヨーク40を介して感受部30（感受素子31）にバイアス磁界として作用する。ヨーク40によって、薄膜磁石20からの磁束の漏れが減り、感受部30（感受素子31）に対して効率的にバイアス磁界が掛けられる。この薄膜磁石20によって、磁界を発生させるためのコイルを設けることを要しない。よって、磁気センサ1の省電力化及び小型化を図ることができる。

[0031] なお、薄膜磁石20を、感受部30の感受素子31と同様に、複数の薄膜磁石片とし、薄膜磁石片を各感受素子31に対応させて設けてもよい。つまり、薄膜磁石片上に絶縁層104を介して感受素子31が積層された構成としてもよい。このようにすることで、薄膜磁石20内部で発生する反磁界が小さくなり、薄膜磁石20からの磁束発生効率が高くなる。

[0032] (磁気センサ 1 の製造方法)

次に磁気センサ 1 の製造方法の一例を説明する。

図 2 は、磁気センサ 1 の製造方法の一例を説明する図である。図 2 (a) ~ (g) は、磁気センサ 1 の製造方法における工程を示す。なお、図 2 (a) ~ (g) は、代表的な工程であって、図 2 (a) ~ (g) の順に進む。図 2 (a) ~ (g) は、図 1 (b) の断面図に対応する。

[0033] 基板 10 は、前述したように、非磁性材料からなる基板であって、例えばシリコン等の半導体基板、サファイア、ガラスといった酸化物基板である。基板 10 には、研磨機などを用いて、例えば曲率半径 R_a が $0.1 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$ の筋状の溝又は筋状の凹凸が設けられていてもよい。なお、この筋状の溝又は筋状の凹凸の筋の方向は、硬磁性体層 103 によって構成される薄膜磁石 20 の N 極と S 極とを結ぶ方向に設けられているとよい。このようにすることで、硬磁性体層 103 における結晶成長が、溝の方向へ促進される。よって、硬磁性体層 103 により構成される薄膜磁石 20 の磁化容易軸がより溝方向 (薄膜磁石 20 の N 極と S 極とを結ぶ方向) に向きやすい。つまり、薄膜磁石 20 の着磁を、より容易にする。

[0034] 以下で説明する製造方法では、主にリフトオフ法を用いる。なお、エッチング法を用いてもよい。

[0035] まず、基板 10 を洗浄した後、図 2 (a) に示すように、基板 10 の一方の面 (以下、表面と表記する。) 上に、薄膜磁石 20 が形成される部分を開口とするレジストパターン 201 を、公知のフォトリソグラフィにより形成する。

[0036] 次に、図 2 (b) に示すように、レジストパターン 201 が形成された基板 10 の表面上に、密着層 101、制御層 102 及び薄膜磁石 20 を構成する硬磁性体層 103 を順に成膜 (堆積) する。例えばスパッタリング法を用いて、密着層 101 となる Cr 又は Ni を含む合金の層 (膜)、制御層 102 となる Cr 等を含む合金の層 (膜)、及び、硬磁性体層 103 となる Co 合金の層 (膜) を順に連続して成膜 (堆積) する。前述したように、制御層

102及び硬磁性体層103の形成では、結晶成長を促進するために、基板10を例えば100℃～600℃に加熱するとよい。

ここで、制御層102を形成する工程が制御層形成工程の一例である。

[0037] なお、密着層101の成膜では、基板10の加熱を行ってもよく、行わなくてもよい。基板10に吸着している水分などを除去するために、密着層101を成膜する前に、基板10を加熱してもよい。

[0038] 次に、絶縁層104となるSiO₂、Al₂O等の酸化物、又は、Si₃N₄、AlN等の窒化物等の層（膜）を成膜（堆積）する。絶縁層104の成膜は、プラズマCVD、反応性スパッタリング法などで行える。

[0039] そして、図2（c）に示すように、レジストパターン201を除去することで、密着層101、制御層102、硬磁性体層103及び絶縁層104のレジストパターン201上に堆積した部分を除去する（リフトオフ）。このようにして、基板10上に、密着層101、制御層102、硬磁性体層103及び絶縁層104が形成される。この硬磁性体層103が、薄膜磁石20になる。

ここで、硬磁性体層103を形成する工程及びリフトオフにより硬磁性体層103により薄膜磁石20を形成する工程が薄膜磁石形成工程の一例である。なお、薄膜磁石形成工程には、後述する着磁の工程を含むとしてもよい。

[0040] 次に、図2（d）に示すように、基板10上に、感受部30における感受素子31が形成される部分及びヨーク40（ヨーク40a、40b）が形成される部分を開口とするレジストパターン202を形成する。

[0041] そして、図2（e）に示すように、レジストパターン202が形成された基板10上に、感受素子31及びヨーク40を構成する軟磁性体層105となるCo合金の膜を成膜（堆積）する。成膜は、例えばスパッタリング法を用いて行う。

[0042] 図2（f）に示すように、レジストパターン202を除去することで、軟磁性体層105のレジストパターン202上に堆積した部分を除去する。薄

膜磁石 20（硬磁性体層 103）上に絶縁層 104 を介して積層された軟磁性体層 105 が、感受部 30 における感受素子 31 となる。そして、一部が薄膜磁石 20 の N 極又は S 極に接し、他の一部が感受部 30 の感受素子 31 に対向するように延びた軟磁性体層 105 が、ヨーク 40（ヨーク 40 a、40 b）になる。つまり、感受部 30 の感受素子 31 とヨーク 40 とが、1 回の軟磁性体層 105 の成膜で形成される。

[0043] 次に、図 2（g）に示すように、感受素子 31 の端部をつづら折りに接続する接続部材 32 を、Cu、Au、Al 等の導電体によって形成する。接続部材 32 は、例えば、メタルマスクを用いて、スパッタリング法又は真空蒸着法にて形成することができる。さらに、接続部材 32 により感受素子 31 が直列接続された両端部に、電極パッド 33（電極パッド 33 a、33 b）（図 1 参照）を、Cu、Au、Al 等の導電体によって形成する。電極パッド 33 は、メタルマスクを用いて、スパッタリング法又は真空蒸着法にて形成することができる。ここでは、接続部材 32 と電極パッド 33 とを別工程で形成している。これは、電極パッド 33 の膜厚を接続部材 32 の膜厚より厚く形成するためである。同じ厚さでよい場合は、接続部材 32 と電極パッド 33 を一回の工程で形成すればよい。

ここで、軟磁性体層 105 を形成する工程、リフトオフにより軟磁性体層 105 で構成された感受素子 31 を形成する工程、及び、接続部材 32 及び電極パッド 33 を形成する工程が、感受部形成工程の一例である。なお、感受部形成工程には、後述する一軸磁気異方性を付与する工程を含むとしてもよい。

[0044] この後、感受部 30 を構成する軟磁性体層 105 には、感受素子 31 の幅方向に一軸磁気異方性を付与する。軟磁性体層 105 への一軸磁気異方性の付与は、例えば 3 kG（0.3 T）の回転磁場中における 400℃での熱処理と、それに引き続く 3 kG（0.3 T）の静磁場中における 400℃での熱処理で行える。この時、ヨーク 40 を構成する軟磁性体層 105 にも同様の一軸磁気異方性が付与される。しかし、ヨーク 40 は、磁気回路としての

役割を果たせばよく、一軸磁気異方性が付与されても機能する。

[0045] 次に、薄膜磁石20を構成する硬磁性体層103を着磁する。硬磁性体層103に対する着磁は、静磁場中又はパルス状の磁場中において、硬磁性体層103の保磁力より大きい磁界を、硬磁性体層103の磁化が飽和するまで掛ける（印加する）。こうして、着磁された硬磁性体層103は、薄膜磁石20になり、薄膜磁石20からの磁束がヨーク40を経て感受部30にバイアス磁界を供給する。

このようにして、磁気センサ1が製造される。

[0046] なお、制御層102を備えない場合には、硬磁性体層103を成膜後、800℃以上に加熱して結晶成長させることで、面内に磁気異方性を付与することが必要となる。しかし、第1の実施の形態が適用される制御層102を備える場合には、制御層102により結晶成長が促進されるため、800℃以上の加熱による結晶成長を要しない。

[0047] [第2の実施の形態]

第2の実施の形態が適用される磁気センサ2では、感受部30における感受素子31が、間に反磁界抑制層を挟んで設けられた二つの軟磁性体層で構成されている。以下では、第1の実施の形態と異なる部分を主に説明し、同様の部分は同じ符号を付して説明を省略する。

[0048] (磁気センサ2)

図3は、第2の実施の形態が適用される磁気センサ2の一例を説明する図である。図3(a)は、平面図、図3(b)は、図3(a)のI-I-B-I-I-B線での断面図である。

第1の実施の形態が適用される磁気センサ1とは、感受部30が異なる。

[0049] 図3(b)に示すように、磁気センサ2では、感受部30の感受素子31を構成する磁性体層108は、下層（基板10）側の下層軟磁性体層108aと、反磁界抑制層108bと、上層（基板10と反対）側の上層軟磁性体層108cとを備える。つまり、下層軟磁性体層108aと上層軟磁性体層108cとは、反磁界抑制層108bを挟んで設けられている。下層軟磁性

体層 108a と上層軟磁性体層 108c とには、第 1 の実施の形態における感受素子 31 を構成する軟磁性体と同様に、Co を主成分にした合金 (Co 合金) に高融点金属 Nb、Ta、W 等を添加したアモルファス合金が用いられる。この Co 合金としては、CoNbZr、CoFeTa、CoWZr 等が挙げられる。反磁界抑制層 108b には、Ru 又は Ru 合金が用いられる。

[0050] ここで、Ru 又は Ru 合金の反磁界抑制層 108b の膜厚を 0.4 nm ~ 1.0 nm 又は 1.6 nm ~ 2.6 nm の範囲とすることで、下層軟磁性体層 108a と上層軟磁性体層 108c とが反強磁性結合 (AFC: AntiFerromagnetically-Coupled) 構造となる。つまり、反磁界が抑制され、感受部 30 (感受素子 31) の感度が向上する。

[0051] (磁気センサ 2 の製造方法)

図 4 は、磁気センサ 2 の製造方法の一例を説明する図である。図 4 (d) ~ (j) は、磁気センサ 2 の製造方法における工程を示す。なお、図 4 (d) ~ (j) は、第 1 の実施の形態における磁気センサ 1 の製造方法を示す図 2 (c) の後の工程を示し、図 4 (d) ~ (j) の順に進む。図 4 (d) ~ (j) は、図 3 (b) に示す断面図に対応する。つまり、磁気センサ 2 の製造方法は、磁気センサ 1 の製造方法と、図 2 (a) ~ (c) に示した部分が共通する。

[0052] 図 4 (d) に示すように、感受部 30 の感受素子 31 を形成する部分が開口となったレジストパターン 203 を基板 10 上に形成する。

図 4 (e) に示すように、基板 10 上に、Co 合金の下層軟磁性体層 108a、Ru 又は Ru 合金の反磁界抑制層 108b 及び Co 合金の上層軟磁性体層 108c を成膜 (堆積) する。

[0053] 図 4 (f) に示すように、レジストパターン 203 を除去することで、レジストパターン 203 上に堆積した下層軟磁性体層 108a、反磁界抑制層 108b 及び上層軟磁性体層 108c を除去する (リフトオフ)。これにより、感受部 30 の感受素子 31 が形成される。

[0054] 次に、図 4 (g) に示すように、ヨーク 40 (ヨーク 40a、40b) を

構成する部分が開口となったレジストパターン204を基板10上に形成する。

そして、図4(h)に示すように、ヨーク40を構成する軟磁性体層109をスパッタリング法などで成膜(堆積)する。

[0055] 図4(i)に示すように、レジストパターン204を除去することで、レジストパターン204に堆積した軟磁性体層109を除去する(リフトオフ)。これにより、ヨーク40(ヨーク40a、40b)が形成される。

[0056] 感受部30の磁性体層108への一軸磁気異方性の付与及び薄膜磁石20を構成する硬磁性体層103への着磁は、第1の実施の形態の場合と同じである。よって、説明を省略する。

[0057] [第3の実施の形態]

第3の実施の形態が適用される磁気センサ3は、感受部30が第2の実施の形態と同様であって、ヨーク40が、間に反磁界抑制層を挟んで設けられた二つの軟磁性体層で構成されている。以下では、第2の実施の形態と異なる部分を主に説明し、同様の部分は同じ符号を付して説明を省略する。

[0058] (磁気センサ3)

図5は、第3の実施の形態が適用される磁気センサ3の一例を説明する図である。図5(a)は、平面図、図5(b)は、図5(a)のVB-VB線での断面図である。

第2の実施の形態が適用される磁気センサ2とは、ヨーク40(ヨーク40a、40b)が異なる。

[0059] 図5(b)に示すように、磁気センサ3では、ヨーク40(ヨーク40a、40b)は、第2の実施の形態が適用される磁気センサ2の感受部30の感受素子31と同じ磁性体層108で構成されている。つまり、ヨーク40(ヨーク40a、40b)は、下層(基板10)側の下層軟磁性体層108aと、反磁界抑制層108bと、上層(基板10と反対)側の上層軟磁性体層108cとを備える。

[0060] このようにすることで、磁気センサ3の製造方法は、第1の実施の形態の

磁気センサ1と同様に、感受部30の感受素子31とヨーク40（ヨーク40a、40b）とが、1回の磁性体層108の成膜で形成される。つまり、磁気センサ1の製造方法を説明する図2（e）において、軟磁性体層105の代わりに、下層軟磁性体層108a、反磁界抑制層108b及び上層軟磁性体層108cを順に成膜（堆積）すればよい。

[0061] 以上第1の実施の形態から第3の実施の形態を説明したが、本発明の趣旨に反しない限りにおいて様々な変形を行っても構わない。

符号の説明

[0062] 1、2、3…磁気センサ、10…基板、20…薄膜磁石、30…感受部、31…感受素子、32…接続部材、33、33a、33b…電極パッド、40、40a、40b…ヨーク、101…密着層、102…制御層、103…硬磁性体層、104…絶縁層、105、109…軟磁性体層、106、107…導電体層、108…磁性体層、108a…下層軟磁性体層、108b…反磁界抑制層、108c…上層軟磁性体層、201～204…レジストパターン

請求の範囲

- [請求項1] 硬磁性体で構成され、面内方向に磁気異方性を有する薄膜磁石と、軟磁性体で構成されるとともに、前記薄膜磁石に対向して配置され、長手方向と短手方向とを有し、当該長手方向が当該薄膜磁石の発生する磁束が透過する方向であって、当該長手方向と交差する方向に一軸磁気異方性を有し、磁場の変化を受感する感受素子を備える感受部と、
- 前記薄膜磁石に対して、前記感受素子が設けられた側の反対側に配置され、当該薄膜磁石の磁気異方性を面内方向に制御する制御層と、を備える磁気センサ。
- [請求項2] 前記制御層がbcc構造であり、前記薄膜磁石を構成する前記硬磁性体がhcp構造であり、当該硬磁性体は、当該制御層のbcc構造上に結晶成長して、hcp構造のc軸が面内に配向していることを特徴とする請求項1に記載の磁気センサ。
- [請求項3] 前記制御層は、Cr、Mo若しくはW又はそれらを含む合金であることを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気センサ。
- [請求項4] 前記制御層は、前記薄膜磁石の両磁極を結ぶ方向に沿って設けられた溝を有する非磁性の基板上に配置されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の磁気センサ。
- [請求項5] 前記基板と前記制御層との間に、当該制御層の当該基板に対する密着性を向上させる密着層を備えることを特徴とする請求項4に記載の磁気センサ。
- [請求項6] 前記感受部の前記感受素子は、Ru又はRu合金から構成される反磁界抑制層を挟んで反強磁性結合した複数の軟磁性体層から構成されることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の磁気センサ。
- [請求項7] 前記感受部は、並列に配置された複数の前記感受素子を備え、複数の当該感受素子が導電体で構成された接続部材にて直列接続されて構

成されていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の磁気センサ。

[請求項8] 前記薄膜磁石の磁極から、前記感受部における前記感受素子の前記長手方向の端部に対向するように設けられ、当該薄膜磁石の発生する磁束が当該感受素子を当該長手方向に透過するように誘導するヨークを備えることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の磁気センサ。

[請求項9] 非磁性の基板の上に、当該基板の上に形成される硬磁性体層の磁気異方性を面内方向に制御する制御層を形成する制御層形成工程と、

前記制御層上に、当該制御層により磁気異方性が面内方向に制御された前記硬磁性体層を形成し、当該硬磁性体層により薄膜磁石を形成する薄膜磁石形成工程と、

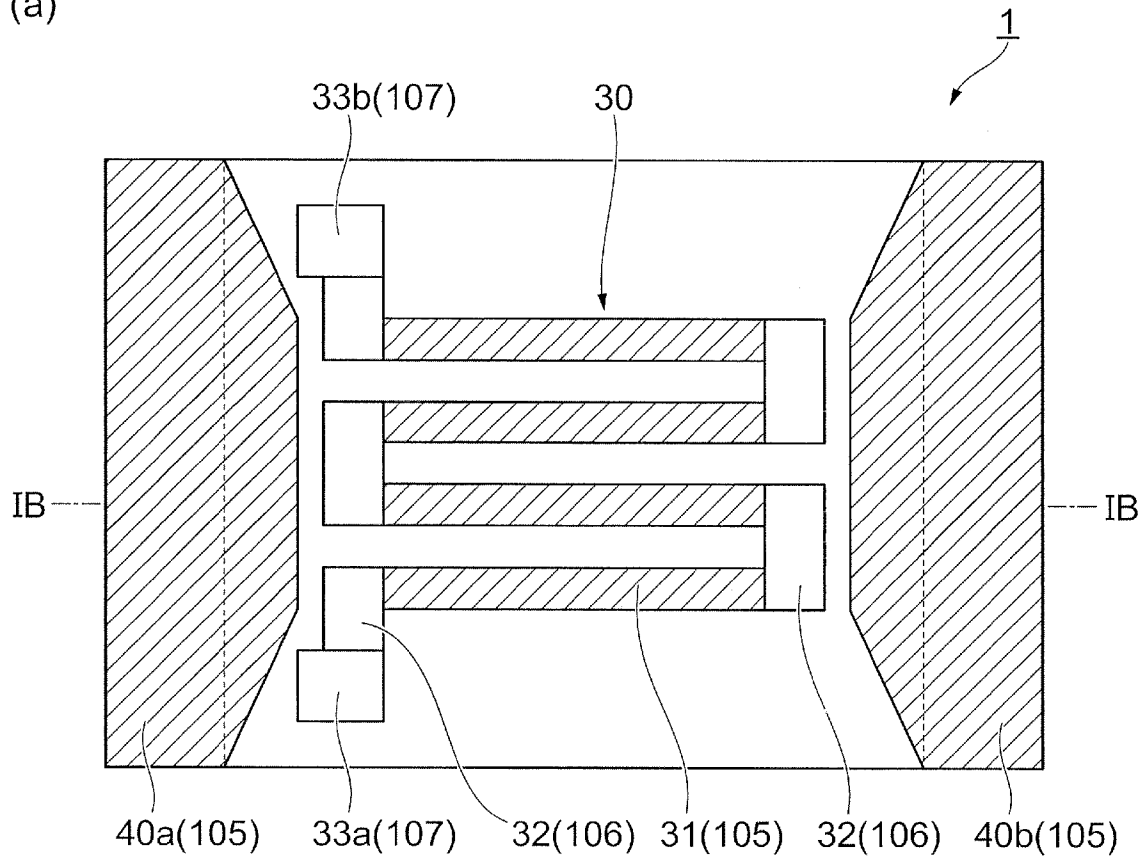
絶縁層を挟んで前記硬磁性体層に対向するように軟磁性体層を形成し、前記薄膜磁石の発生する磁束が透過する方向と交差する方向に一軸磁気異方性を有する感受素子を備える感受部を形成する感受部形成工程と、

を含む、磁気センサの製造方法。

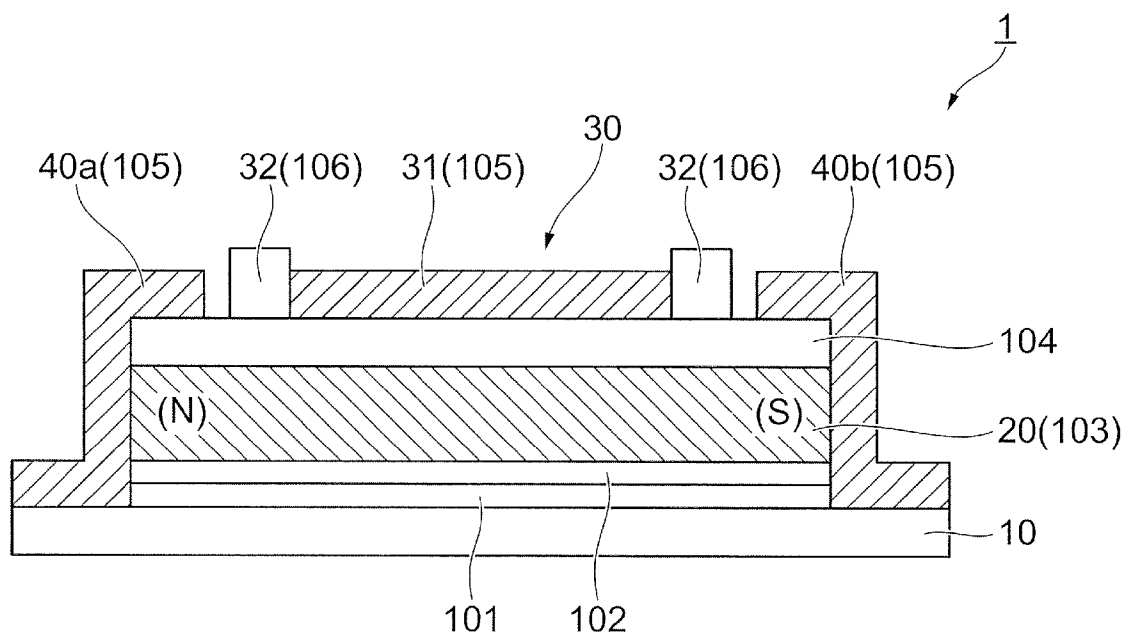
[請求項10] 前記制御層形成工程における前記基板が、前記薄膜磁石の両磁極を結ぶ方向に沿って溝が形成された基板であることを特徴とする請求項9に記載の磁気センサの製造方法。

[図1]

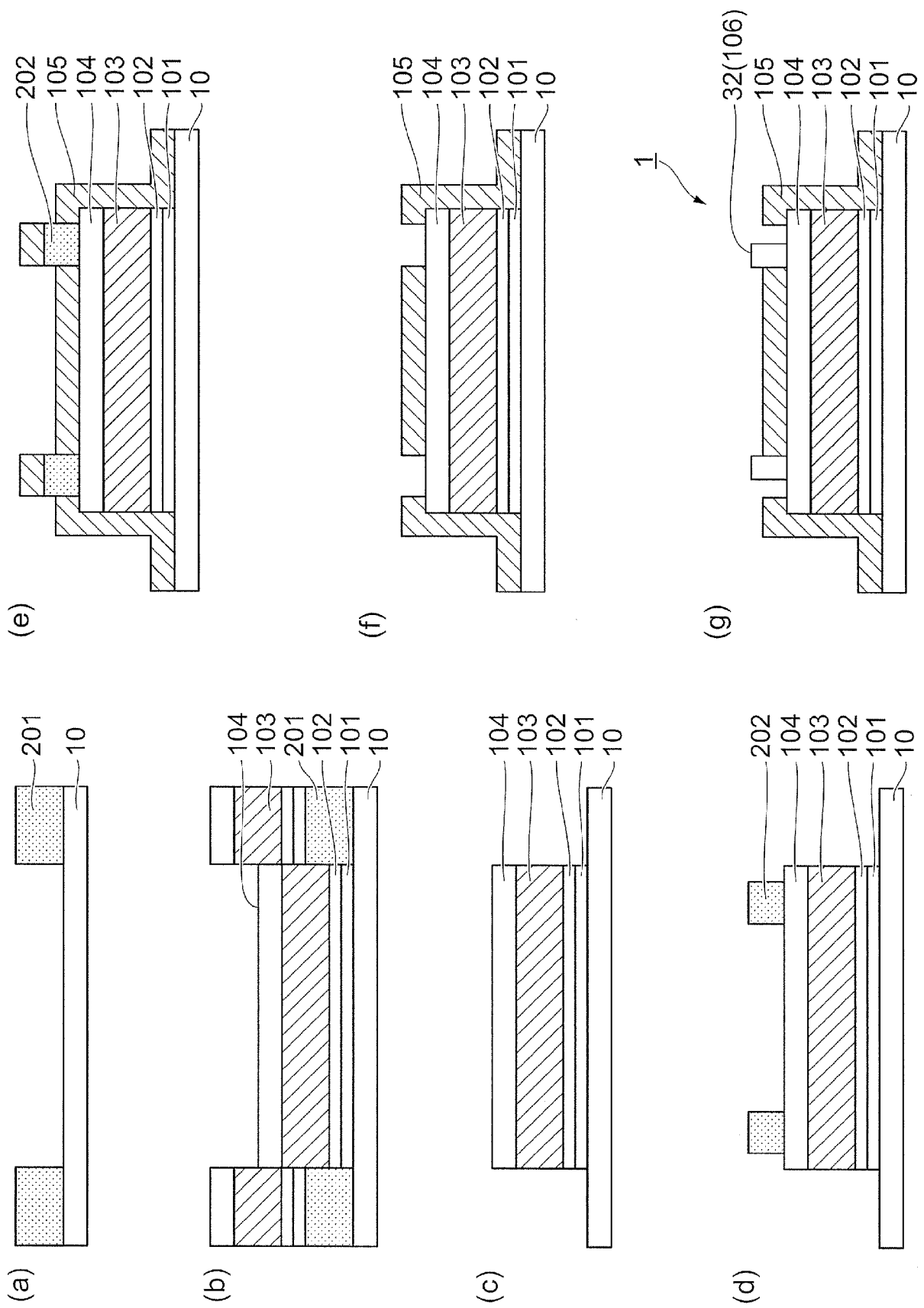
(a)



(b)

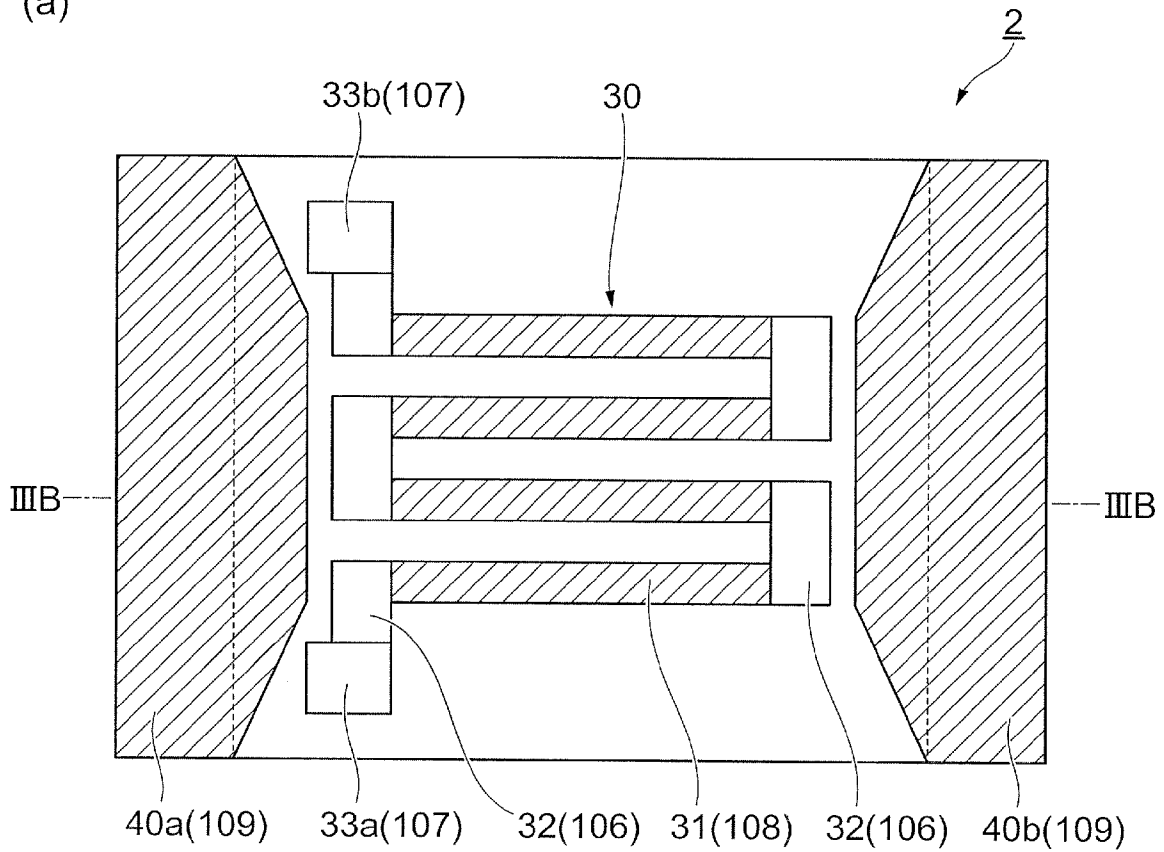


[図2]

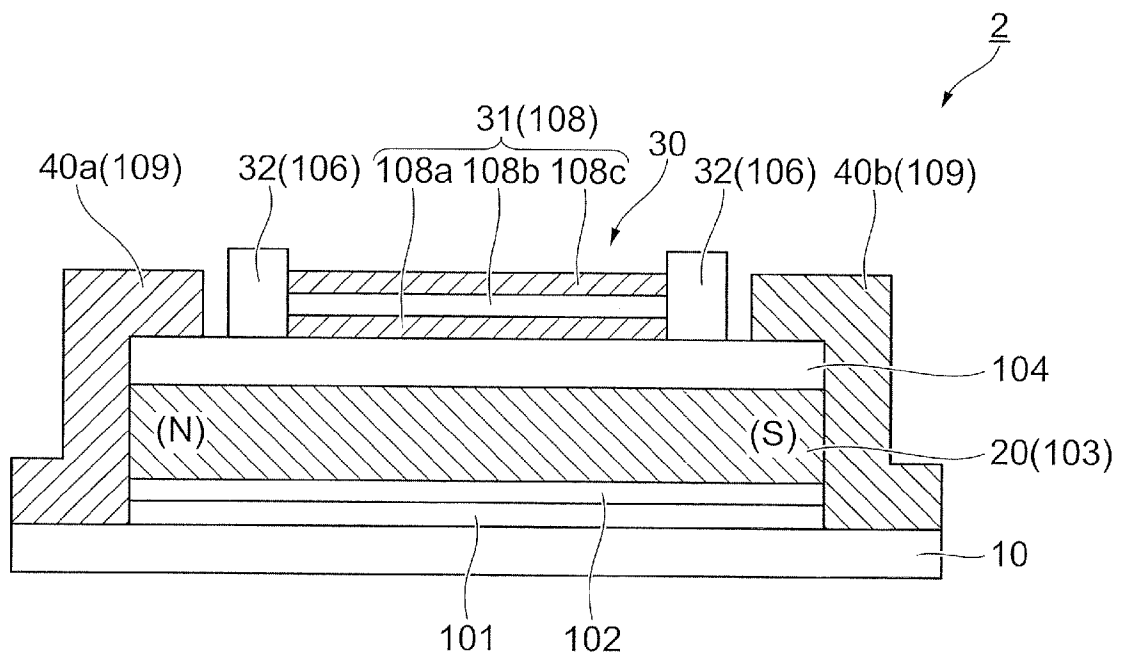


[図3]

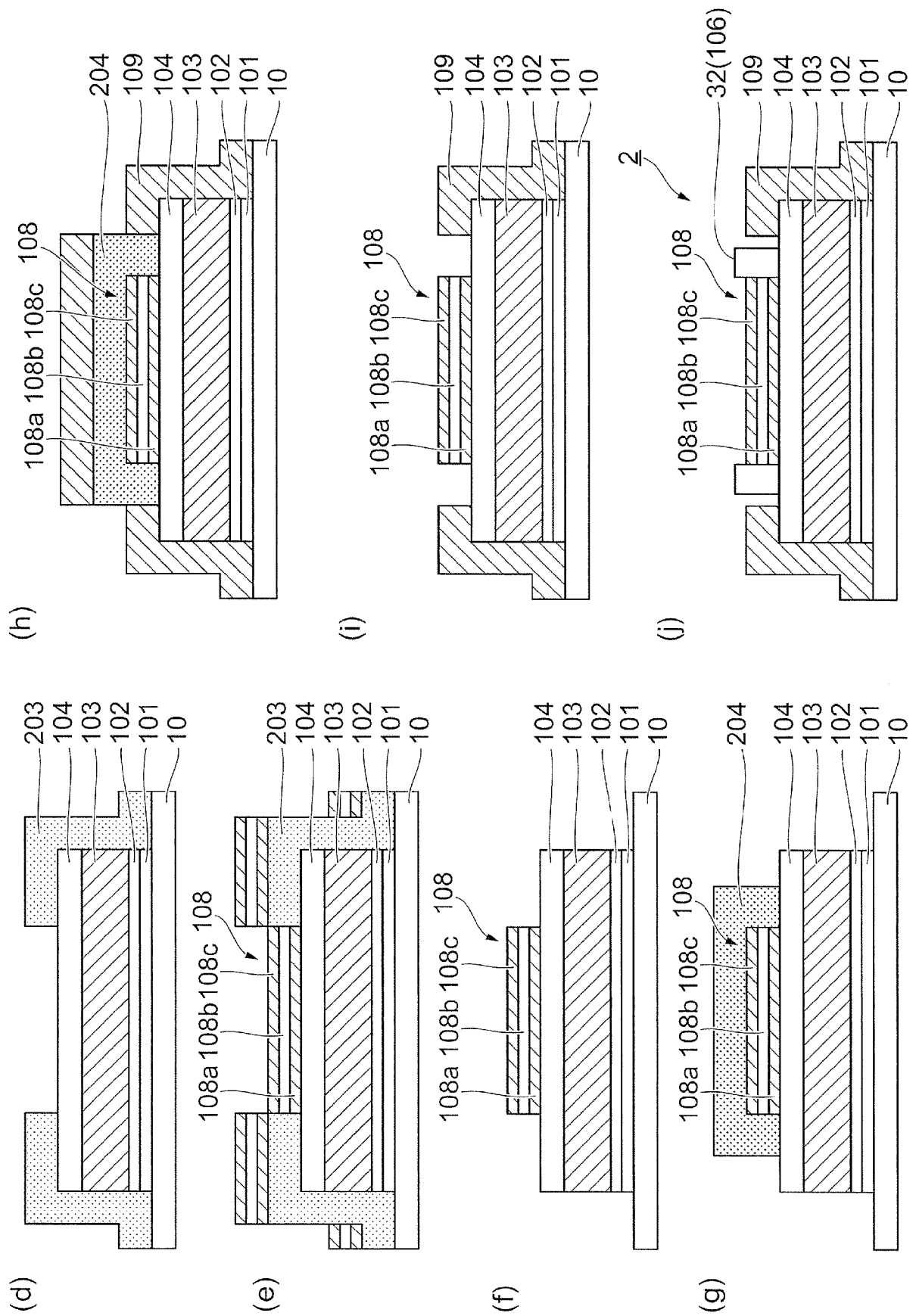
(a)



(b)

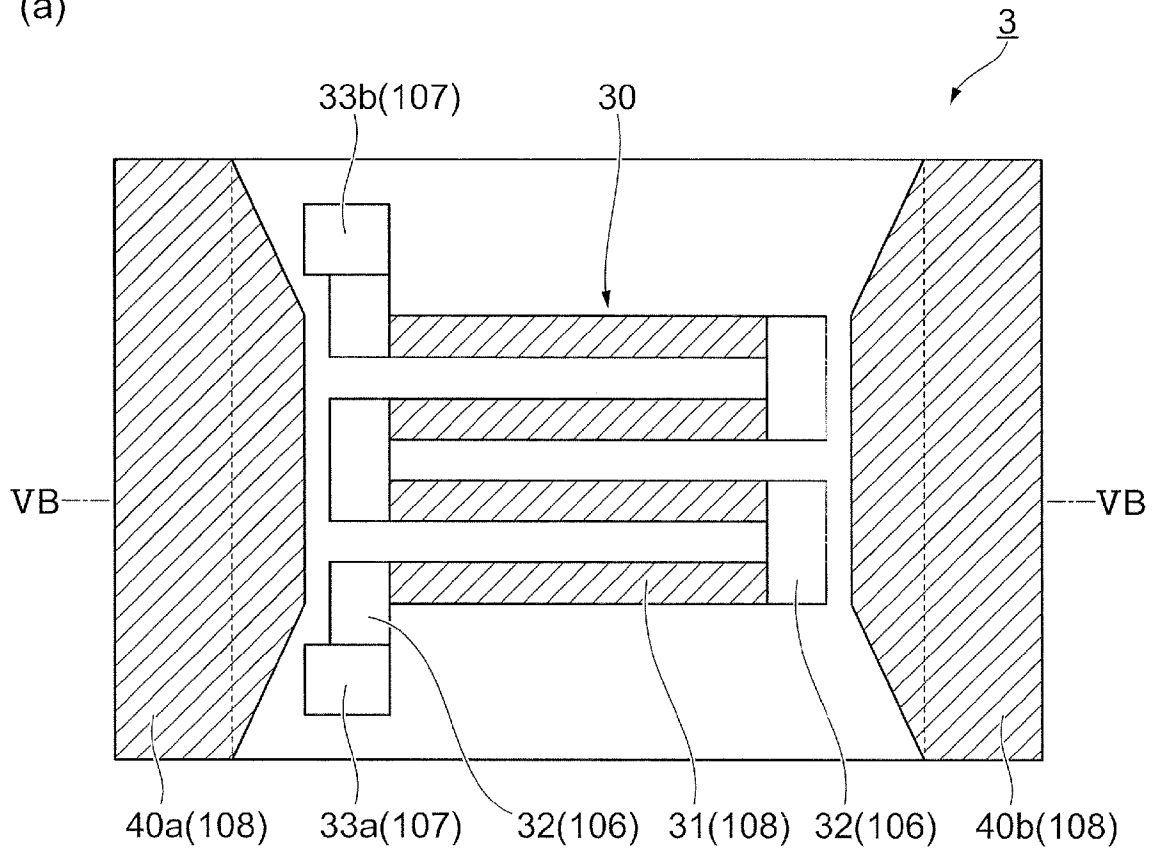


[図4]

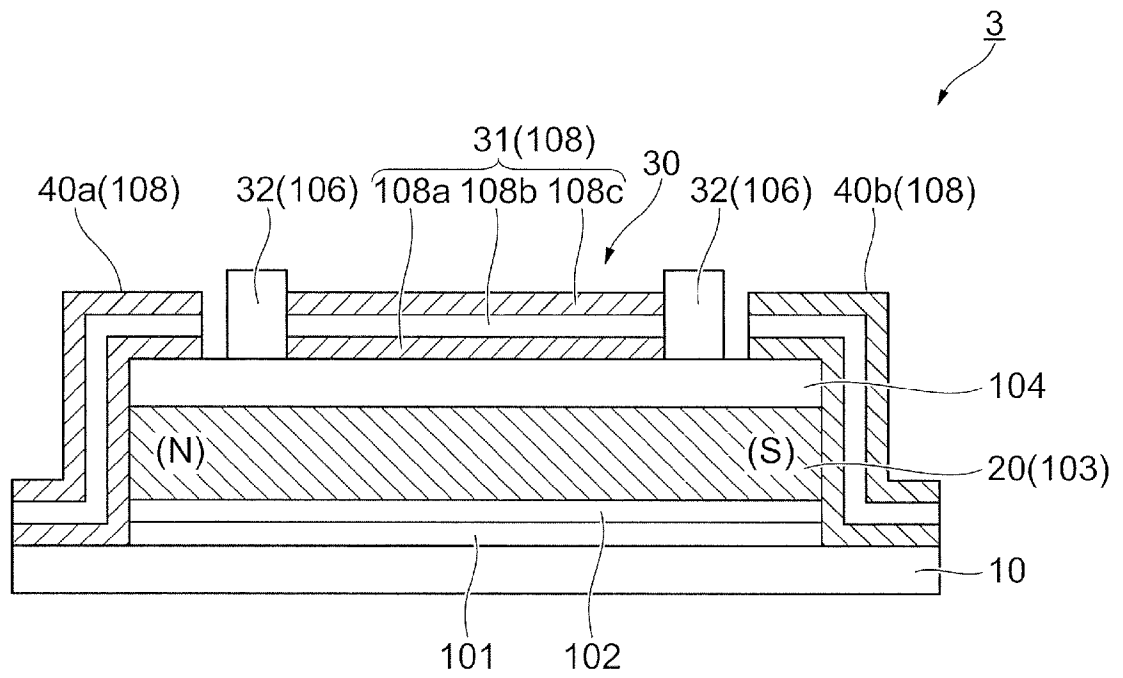


[図5]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/014689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01R33/06 (2006.01) i, H01L43/00 (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)

Int.Cl. G01R33/06, H01L43/00

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.
A	JP 2008-205435 A (FUJIKURA LTD.) 04 September 2008, paragraphs [0009]-[0028], fig. 1-3 (Family: none)	1-10
A	JP 2015-125019 A (TOSHIBA CORPORATION) 06 July 2015, paragraphs [0008]-[0228], fig. 1-44 & US 2015/0177286 A1, paragraphs [0051]-[0272], fig. 1-44 & EP 2891892 A2	1-10
PA	JP 2018-31274 A (TOHOKU GAKUIN) 01 March 2018, paragraphs [0021]-[0051], fig. 1-10 (Family: none)	1-10

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	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family
“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 12.06.2018	Date of mailing of the international search report 26.06.2018
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01R33/06(2006.01)i, H01L43/00(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（IPC）） Int.Cl. G01R33/06, H01L43/00		
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 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
A	JP 2008-205435 A（株式会社フジクラ）2008.09.04, 【0009】 - 【0028】、図1-図3（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2015-125019 A（株式会社東芝）2015.07.06, 【0008】-【0228】、図1-図44 & US 2015/0177286 A1, [0051]-[0272], FIG. 1-FIG. 44 & EP 2891892 A2	1-10
PA	JP 2018-31274 A（学校法人東北学院）2018.03.01, 【0021】-【0051】、図1-図10（ファミリーなし）	1-10
☐ 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 12.06.2018	国際調査報告の発送日 26.06.2018	
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） 深田 高義 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	2S 9416