

(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
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/253050 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/183 (2006.01) H01S 5/042 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/020134
(22) 国際出願日: 2024年6月3日(03.06.2024)
(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 2023-095409 2023年6月9日(09.06.2023) JP
(71) 出願人: スタンレー電気株式会社 (STANLEY
ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1538636 東京
都目黒区中目黒2丁目9番13号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 倉本 大 (KURAMOTO Masaru);
〒1538636 東京都目黒区中目黒2丁目9番13
号 スタンレー電気株式会社内 Tokyo (JP).
(74) 代理人: 弁理士法人レクスト国際特許事務所
(LEXT, P.C.); 〒1620801 東京都新宿区山吹町3
33 江戸川橋アクセス4階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: VERTICAL-RESONATOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 垂直共振器型発光素子

[図3]

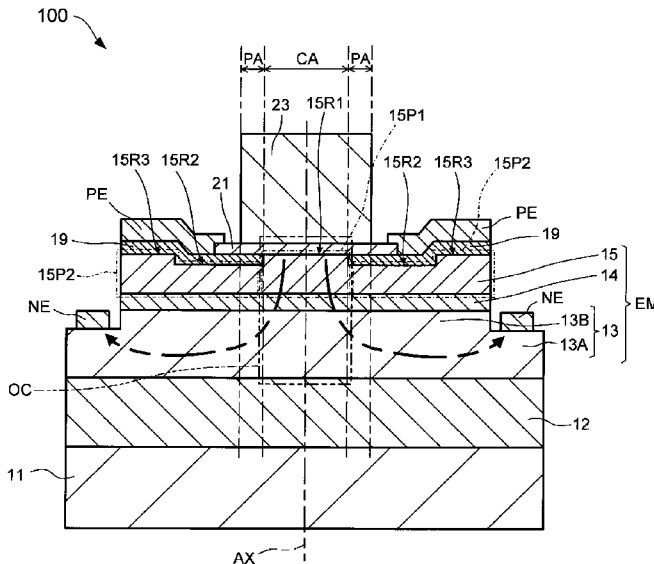


FIG.3

(57) Abstract: The present invention includes: a substrate; a first multilayer film reflecting mirror formed on the substrate; a semiconductor structure layer including a first semiconductor layer that is formed on the first multilayer film reflecting mirror and has a first electroconductivity type, a light-emitting layer that is formed on the first semiconductor layer, and a second semiconductor layer that is formed on the light-emitting layer and has a second electroconductivity type opposite from the first electroconductivity type; a metal oxide film formed on the second semiconductor layer, the metal oxide film

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

covering one region at the center of the upper surface of the second semiconductor layer, being electrically connected to the second semiconductor layer in the one region, and being insulated from the surface of the second semiconductor layer in a peripheral region around the one region; and a second multilayer film reflecting mirror that is formed so as to cover the one region on the semiconductor structure layer and constitutes a resonator together with the first multilayer film reflecting mirror.

(57) 要約: 基板と、基板上に形成された第1の多層膜反射鏡と、第1の多層膜反射鏡上に形成された第1の導電型を有する第1の半導体層、第1の半導体層上に形成された発光層、及び発光層上に形成されかつ第1の導電型と反対の第2の導電型を有する第2の半導体層を含む半導体構造層と、第2の半導体層上に形成され、第2の半導体層の上面の中央の1の領域を覆って1の領域において第2の半導体層に電氣的に接続され、1の領域の周縁の周縁領域上に部分的に形成されかつ周縁領域において第2の半導体層の表面と絶縁されている透光性を有する金属酸化膜と、半導体構造層上に1の領域を覆うように形成され、第1の多層膜反射鏡との間で共振器を構成する第2の多層膜反射鏡と、を有する。

明 細 書

発明の名称：垂直共振器型発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、垂直共振器型発光素子に関する。

背景技術

[0002] 半導体レーザの1つとして垂直共振器型発光素子が知られている。例えば、特許文献1には、n型半導体層、発光層及びp型半導体層を含みかつp型半導体層の上面に突出部が形成された半導体構造層とp型半導体層の上面に形成された絶縁層と絶縁層を含んでp型半導体層の上面に形成された透光電極層とを含む垂直共振器型面発光レーザ（Vertical Cavity Surface Emitting Laser：VCSEL）が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-197437号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に開示されている垂直共振器型面発光レーザにおいては、例えば、長期の通電に伴って閾値電流が増加し出射光の出力が低下し得る。この対策としては、例えばp型半導体層内に注入した水素を用いて閾値電流増加の抑制が図られるものの、p型半導体層内の水素濃度によっては電流の流れを抑制しすぎてしまい、垂直共振器型面発光レーザの発光面積が小さくなってしまう問題が生じ得る。

[0005] 本発明は上記した点に鑑みてなされたものであり、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことが可能な垂直共振器型発光素子を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明による垂直共振器型発光素子は、基板と、基板上に形成された第1

の多層膜反射鏡と、第１の多層膜反射鏡上に形成された第１の導電性を有する第１の半導体層、第１の半導体層上に形成された発光層、及び発光層上に形成されかつ第１の導電性と反対の第２の導電性を有する第２の半導体層を含む半導体構造層と、第２の半導体層上に形成され、第２の半導体層の上面の中央の１の領域を覆って１の領域において第２の半導体層に電氣的に接続され、１の領域の周縁の周縁領域上に部分的に形成されかつ周縁領域において第２の半導体層の表面と絶縁されている透光性を有する金属酸化膜と、半導体構造層上に１の領域を覆うように形成され、第１の多層膜反射鏡との間で共振器を構成する第２の多層膜反射鏡と、を有することを特徴としている。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]実施例１に係る垂直共振器型面発光レーザの斜視図である。
[図2]実施例１に係る垂直共振器型面発光レーザの上面図である。
[図3]実施例１に係る垂直共振器型面発光レーザの断面図である。
[図4]従来例としての垂直共振器型面発光レーザの断面図である。
[図5]実施例１の変形例に係る垂直共振器型面発光レーザの上面図である。
[図6]実施例１の変形例に係る垂直共振器型面発光レーザの上面図である。
[図7]実施例１の変形例に係る垂直共振器型面発光レーザの上面図である。
[図8]実施例２に係る垂直共振器型面発光レーザの断面図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 以下、本発明の実施例について図面を参照して具体的に説明する。なお、図面において同一の構成要素については同一の符号を付け、重複する構成要素の説明は省略する。

実施例 １

- [0009] 図１～図３を用いて、実施例１に係る垂直共振器型面発光レーザ１００（以下、面発光レーザ１００と称する）の構成について説明する。図１は、面発光レーザ１００の斜視図である。また、図２は面発光レーザ１００の上面図であり、図３は図２に示した面発光レーザ１００の３－３線に沿った断面

図である。なお、図3において、図中上下方向が面発光レーザ100の高さ方向である。

[0010] 基板11は、上面形状が矩形を有する平板状の透明な基板である。基板11は、その上面において半導体結晶を成長させることが可能な成長用基板である。基板11は、例えばアンドープの窒化ガリウム（GaN）などの、青色の波長を有する光に対して透光性を有する材料からなる。以下の説明においては、基板11の上面の中心を通りかつ当該上面に垂直な軸を中心軸AXとして説明する。

[0011] 第1の多層膜反射鏡12は、基板11の上に成長させられた半導体層からなる半導体多層膜反射鏡である。第1の多層膜反射鏡12は、基板11の上面において相対的に屈折率が高い高屈折率半導体膜と当該高屈折率半導体膜よりも屈折率が低い低屈折率半導体膜とが交互に積層された、いわゆる分布ブラッグ反射器（Distributed Bragg Reflector：DBR）である。

[0012] 第1の多層膜反射鏡12は、例えば、基板11の上面においてGaNからなる高屈折率半導体膜と窒化インジウムアルミニウム（AlInN）からなる低屈折率半導体膜とが42ペア積層されてなる。第1の多層膜反射鏡12は、このような構成を有することにより、青色の波長域の光に対して反射性を有する。なお、基板11と第1の多層膜反射鏡12との間にはGaNからなるバッファ層（図示せず）が設けられている。

[0013] 半導体構造層EMは、第1の多層膜反射鏡12上に形成された複数の半導体層からなる積層構造体である。半導体構造層EMは、第1の多層膜反射鏡12上に形成されたn型半導体層13と、n型半導体層13上に形成された発光層14と、発光層14上に形成されたp型半導体層15とを有する。

[0014] 以下、半導体構造層EMを構成するn型半導体層13、発光層14及びp型半導体層15の各々の構造について説明する。

[0015] 第1の導電性を有する第1の半導体層としてのn型半導体層13は、第1の多層膜反射鏡12の上面に亘って形成された半導体層である。n型半導体層13は、GaNからなり、n型不純物としてシリコン（Si）がドーピン

グされている。

[0016] n型半導体層13は、平板状の下部13Aと下部13Aの中央から中心軸AXに沿って上方に突出している円柱状の上部13Bとから構成される、いわゆるメサ形状の構造を有する（図1及び図3参照）。

[0017] 発光層14は、n型半導体層13の上部13Bに亘って形成され、InGaInGaNからなる井戸層及びGaNからなる障壁層が互いに積層された量子井戸構造を有する半導体層である。発光層14は、その発光中心が中心軸AX上に持ちこされるように形成されている。発光層14は、例えば450nmをピーク波長とする青色光を放出する。

[0018] 第2の導電型を有する第2の半導体層としてのp型半導体層15は、発光層14の上面に亘って形成されている半導体層である。p型半導体層15は、GaNからなり、p型不純物としてマグネシウム(Mg)がドーピングされている。

[0019] p型半導体層15は、上面において、円形状を有しかつ中心軸AXを通る領域である第1の領域15R1と、第1の領域15R1の周縁の領域でありかつ第1の領域15R1よりも下方に窪んでいる円環状の第2の領域15R2とを有する（図3参照）。言い換えれば、p型半導体層15は、上面の中央において上方に突出している突出部を有している。

[0020] また、p型半導体層15は、上面において、第2の領域15R2の周縁の領域でありかつ第2の領域15R2よりも上方に突出している第3の領域15R3を有している。すなわち、p型半導体層15は、上面において第2の領域15R2を底面とする凹部を有している。

[0021] p型半導体層15において、第2の領域15R2は、p型半導体層15にドーピングされたp型不純物(Mg)が電氣的に不活性化された領域である。第2の領域15R2は、例えば、平板状のp型半導体層の上面に対して第1の領域15R1及び第3の領域15R3に対応する領域を残すようにドライエッチングを行うことで形成される。

[0022] 第2の領域15R2においては、ドライエッチングによりダメージを受け

ることによって p 型不純物の不活性化がなされている。具体的には、p 型不純物は、p 型半導体層 15 の結晶の格子位置に配されることで電氣的に活性化された状態となっている。

[0023] これが第 2 の領域 15 R 2 においては、p 型不純物は、ドライエッチングを経て p 型半導体層 15 の結晶の格子位置から外れた状態やドライエッチングによる欠陥の生成によりアクセプタイオンとして機能しなくなる状態、すなわち電氣的に不活性な状態となっている。言い換えれば、第 2 の領域 15 R 2 は、p 型不純物がキャリアを生成しにくい領域となっている。

[0024] 従って、p 型半導体層 15 の上面において、第 2 の領域 15 R 2 は第 1 の領域 15 R 1 よりも高い電気抵抗を有する高抵抗領域として機能する。一方、ドライエッチングが行われていない領域、すなわち p 型不純物が電氣的に活性化している領域である第 1 の領域 15 R 1 及び第 3 の領域 15 R 3 は、第 2 の領域 15 R 2 よりも低い電気抵抗を有する低抵抗領域として機能する。

[0025] また、面発光レーザ 100 においては、p 型半導体層 15 の第 1 の領域 15 R 1 に沿った部分である第 1 の部分 15 P 1 よりも、第 1 の部分 15 P 1 の周縁の部分でありかつ第 2 の領域 15 R 2 及び第 3 の領域 15 R 3 に沿った部分でもある第 2 の部分 15 P 2 の方が、水素濃度が高くなっている。

[0026] 具体的には、p 型半導体層 15 において、第 2 の部分 15 P 2 における水素濃度は、第 1 の部分 15 P 1 における水素濃度よりも 2 倍以上高くなっている。例えば、第 1 の部分 15 P 1 における水素濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であり、第 2 の部分 15 P 2 における水素濃度は $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ である。

[0027] 絶縁層 19 は、p 型半導体層 15 の上面において第 2 の領域 15 R 2 及び第 3 の領域 15 R 3 を連続して覆って形成されている電気絶縁性を有する透明な被覆層である。言い換えれば、絶縁層 19 は、p 型半導体層 15 の上面のうち第 1 の領域 15 R 1 のみを露出するように p 型半導体層 15 の上面に形成されている。

[0028] また、絶縁層 19 は、p 型半導体層 15 の上面において第 3 の領域 15 R

3から第2の領域15R2にかけて下方に傾斜する傾斜面を有するように形成されている。絶縁層19は、例えば二酸化ケイ素(SiO_2)等のp型半導体層15よりも屈折率が低い材料からなる。

[0029] 導電膜21は、p型半導体層15を上から見た平面視において、上述した第1の領域15R1を覆いつつ第1の領域15R1から第2の領域15R2の途中まで延在して形成されている透明な金属酸化膜である。言い換えれば、導電膜21は、第1の領域15R1を覆いつつp型半導体層15の上面の外縁にまで至らない態様で形成されている。

[0030] 導電膜21は、第1の領域15R1においてp型半導体層15と電氣的に接続されており、第2の領域15R2及び第3の領域15R3と絶縁層19によって電氣的に絶縁されている。すなわち、導電膜21に電流が流れた際には、電流はその大部分が第1の領域15R1を介してp型半導体層15内に流入される。

[0031] 導電膜21は、例えば、酸化インジウムスズ(ITO)や酸化インジウム亜鉛(IZO)などの、発光層14から放出された青色光に対して透光性を有する金属酸化物からなる。また、導電膜21の膜厚は、発光層14から放出される光に対する吸収率などによるが、好ましくは10nmから100nm、より好ましくは10nmから50nmである。

[0032] 面発光レーザ100の作製時において、導電膜21は、例えば、ITOからなる金属酸化膜をp型半導体層15の上面に亘って形成した後に当該形成した金属酸化膜を第3の領域15R3の外縁から第2の領域の途中までエッチングやプラズマクリーニングにより削ることにより形成される。

[0033] p電極PEは、絶縁層19上においてp型半導体層15の上面の外縁に沿って導電膜21の外縁を覆うように形成されており、導電膜21と電氣的に接続されている上面形状が環状の金属電極である。p電極PEは、例えばニッケル(Ni)及び金(Au)がこの順で形成されてなる。

[0034] n電極NEは、n型半導体層13の下部13Aの上面に設けられており、n型半導体層13と電氣的に接続されている上面形状が環状の金属電極であ

る。n電極NEは、面発光レーザ100を上から見た平面視において、n型半導体層13の上部13Bを囲繞しつつ上部13Bと離隔して形成されている。n電極NEは、例えば下部13Aの上面にチタン(Ti)及びアルミニウム(Al)がこの順で積層されてなる。

[0035] 第2の多層膜反射鏡23は、導電膜21の上面に成膜させられた誘電体層からなる円柱状の誘電体多層膜反射鏡である。第2の多層膜反射鏡23は、面発光レーザ100を上から見た平面視において、p電極PEと離隔しつつ第1の領域15R1を覆って形成されている。

[0036] 第2の多層膜反射鏡23は、導電膜21の上面において相対的に屈折率が高い高屈折率誘電体膜と当該高屈折率誘電体膜よりも屈折率が低い低屈折率誘電体膜とが交互に積層された、いわゆる分布ブラッグ反射器(DBR)である。

[0037] 第2の多層膜反射鏡23は、例えば、導電膜21の上面において五酸化ニオブ(Nb_2O_5)からなる高屈折率誘電体膜と SiO_2 からなる低屈折率誘電体膜とが10.5ペア積層されてなる。第2の多層膜反射鏡23は、このような構成を有することにより、発光層14から放出される青色光に対して反射性を有する。

[0038] なお、第2の多層膜反射鏡23と導電膜21との間には上面形状が円形の透明な誘電体層(図示せず)が形成されている。当該誘電体層は、例えば、 Nb_2O_5 、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、酸化亜鉛(ZrO_2)、酸化チタン(TiO_2)、酸化ハフニウム(HfO_2)などからなる。

[0039] 面発光レーザ100において、第2の多層膜反射鏡23の下面は、上記した誘電体層、導電膜21及び半導体構造層EMを挟んで第1の多層膜反射鏡12の上面と対向している。これにより、第1の多層膜反射鏡12及び第2の多層膜反射鏡23は、第1の多層膜反射鏡12と第2の多層膜反射鏡23との間において半導体構造層EMに垂直な方向(基板11に垂直な方向)を共振器長方向とする共振器OCを構成する。

[0040] 面発光レーザ100において、第1の多層膜反射鏡12の青色光に対する

反射率は、第2の多層膜反射鏡23の青色光に対する反射率よりもわずかに低くなっている。従って、共振器OCにおいて共振した青色光は、その一部が第1の多層膜反射鏡12及び基板11を透過して外部に取り出される。すなわち、第1の多層膜反射鏡12と第2の多層膜反射鏡23との間で共振した光は、図3中下方に向けて出射される。

[0041] なお、基板11の下面には、 Nb_2O_5 と SiO_2 とを積層させた反射防止膜（図示せず）が形成されている。当該反射防止膜は、基板11から出射される青色光が基板11と外部との間の界面によって図3中上方に反射されることを抑制する、いわゆるARコートである。

[0042] ここで、面発光レーザ100の動作と光学的な特性について説明する。上述したn電極NE及びp電極PEに電圧が印加されてn電極NEとp電極PEとの間に電流が流れると、図3中太線一点鎖線矢印にて示すように半導体構造層EMの発光層14に電流が流れ、所定の電流値である閾値電流に達すると発光層14から放出される青色光の強度が急激に増加する。

[0043] 閾値電流に達して発光層14から放出された青色光は、第1の多層膜反射鏡12と第2の多層膜反射鏡23との間において、すなわち共振器OCにおいて反射を繰り返し、共振状態に至る（すなわちレーザ発振を行う）。

[0044] このとき、p型半導体層15においては、p電極PEから導電膜21に流れる電流の大部分が低抵抗領域である第1の領域15R1を介してn電極NEに流れていく。従って、面発光レーザ100においては、第1の領域15R1を介して発光層14に電流が供給され、第1の領域15R1から中心軸AXに沿うように青色光が放出される。

[0045] すなわち、面発光レーザ100においては、第1の領域15R1及び第2の領域15R2によって形成されたp型半導体層15中央の突出部分と第2の領域15R2上に形成された絶縁層19とが、電流がそれ以上広がらないよう電流の供給範囲を制限する電流狭窄部として機能する。

[0046] 従って、p電極PEからn電極NEに電流を流した際には、導電膜21を流れる電流の大部分がp型半導体層15の第1の部分15P1を介してn型

半導体層 13 へと流れていき、第 2 の部分 15 P 2 にはほとんど流れない。

[0047] 面発光レーザ 100 において、第 1 の多層膜反射鏡 12 と第 2 の多層膜反射鏡 23 との間における厚み方向の平均的な屈折率である等価屈折率は、p 型半導体層 15 の第 1 の領域 15 R 1 を含む円柱状の中央領域 C A とその周りの筒状の周辺領域 P A とで異なっている。

[0048] 具体的には、周辺領域 P A における絶縁層 19 の屈折率は、中央領域 C A における上記突出部分（p 型半導体層 15）の屈折率よりも低い故に、中央領域 C A における等価屈折率が周辺領域 P A における等価屈折率よりも大きくなっている。

[0049] 面発光レーザ 100 がこのような構成を有することにより、中央領域 C A 内の定在波が周辺領域 P A に発散（放射）することによる光損失が抑制される。すなわち、中央領域 C A に多くの光が留まり、またその状態でレーザ光が外部に取り出される。

[0050] 従って、発光層 14 から放出された多くの光が中央領域 C A に集中することで、高出力かつ高密度なレーザ光を生成及び出射することができる。すなわち、面発光レーザ 100 から出射されるレーザ光の横モード（レーザ光束の横断面における強度分布）を安定させることができる。

[0051] [面発光レーザにおける発光面積縮小の抑制]

以下に、図 3 及び図 4 を用いて、本実施例の面発光レーザ 100 における発光面積縮小の抑制について説明する。図 4 は、従来例としての面発光レーザ 110 の断面図である。面発光レーザ 110 は、導電膜 21 が p 型半導体層 15 の上面に亘って形成されている点において面発光レーザ 100 と異なっており、それ以外の点で共通である。

[0052] 上述したように、面発光レーザ 100 においては、p 型半導体層 15 の第 2 の部分 15 P 2 の水素濃度が第 1 の部分 15 P 1 の水素濃度よりも高くなっている。ここで、面発光レーザ 100 の作製時において、p 型半導体層 15 の第 1 の部分 15 P 1 と第 2 の部分 15 P 2 との間に水素濃度差を生じさせる方法の一例について説明する。

- [0053] 面発光レーザ１００の作製時において、導電膜２１は、例えばｐ型半導体層１５上に２ｎｍ／ｍｉｎの成膜レートかつ２５℃の温度下でスパッタリングにて成膜することにより、大気中の水素を含みながら緩やかに形成される。これにより、導電膜２１内の水素濃度は、例えば $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 程度となる。
- [0054] その後、導電膜２１とｐ型半導体層１５の表面とのコンタクト抵抗を下げるために電極アニール処理（６００℃、５分）を実施することにより、導電膜２１内に含まれている水素がｐ型半導体層１５の第１の部分１５Ｐ１及び第２の部分１５Ｐ２に互いに同程度の濃度で留まるようにｐ型半導体層１５内に移動する。
- [0055] なお、導電膜２１に含まれる水素の移動は、第２の部分１５Ｐ２との間にある絶縁層１９で阻まれるように思われるが、実際には絶縁層１９を通り抜けて第２の部分１５Ｐ２へ移動する。理由は必ずしも明らかではないが、絶縁層１９が多結晶またはアモルファスであって単結晶のような密に詰まった固体構造でないことや、または、絶縁層１９に存在する微小なピンホールが関連していると推測される。
- [0056] その後、面発光レーザ１００の作製完了後にｎ電極ＮＥとｐ電極ＰＥとの間に電流を流す。このとき、第２の領域１５Ｒ２及び第３の領域１５Ｒ３には絶縁層１９が形成されているために、ｐ電極ＰＥから導電膜２１を介してｎ電極ＮＥに流れる電流は、大部分が第１の部分１５Ｐ１を介して流れていき、第２の部分１５Ｐ２にはほとんど流れない。
- [0057] 従って、第１の部分１５Ｐ１に留まっていた水素は、通電と共にｎ型半導体層１３へと抜けていくのに対し、第２の部分１５Ｐ２に留まっていた水素は、通電されてもそのほとんど抜けていかないために第２の部分１５Ｐ２内に多く留まる。そのため、第２の部分１５Ｐ２における水素濃度は、第１の部分１５Ｐ１における水素濃度よりも高くなる。
- [0058] このように第２の部分１５Ｐ２における水素濃度を第１の部分１５Ｐ１における水素濃度よりも高くすることにより、濃度勾配に従ってｐ型半導体層

15 中の水素が濃度の高い領域から低い領域へ、すなわち第2の部分15P2から第1の部分15P1の方に向かって拡散していく。

[0059] 例えば、面発光レーザ100に長期に亘って通電がなされた場合、面発光レーザ100の動作開始時には大部分が第1の部分15P1のみを流れていた電流は、第1の部分15P1を流れつつも第2の部分15P2にも流れていく現象が起こり得る。すなわち、長期の通電によりp型半導体層15内を流れる電流の電流経路が広がっていく現象が起こり得る。このような現象が起きた場合、共振器OC内における光損失が増加し、レーザ発振に必要な閾値電流の増加が生じ得る。

[0060] このとき、第2の部分15P2における水素濃度が第1の部分15P1における水素濃度よりも高い場合、第2の部分15P2から第1の部分15P1の方に向かって拡散する水素の拡散力により、上述したp型半導体層15内において電流経路が広がる現象を抑制できる。

[0061] 従って、例えば、面発光レーザ100を電流一定駆動条件にて使用されるディスプレイやヘッドランプなどのデバイスに長期に亘って適用した際においても、閾値電流の増加により出射される光の強度が低下してしまうことを防ぐことができる。

[0062] しかしながら、面発光レーザの作製時において導電膜21をp型半導体層15の上面に亘って形成した状態で上記した電極アニール及び通電を行った場合、第1の部分15P1における水素濃度と第2の部分15P2における水素濃度との間の差が大きくなりすぎてしまう現象が生じ得る。例えば、図4に示す従来例の面発光レーザ110の場合、第2の部分15P2における水素濃度は第1の部分15P1における水素濃度の5倍以上となり得る。

[0063] このように第1の部分15P1と第2の部分15P2との間の水素濃度差が大きすぎる場合、第2の部分15P2中の水素が第1の部分15P1に過剰に拡散してしまうことにより、第1の部分15P1を通る電流の径（図4中太線波線）は、第1の領域15R1の径よりも狭まってしまう。

[0064] 第1の部分15P1を流れる電流の径が狭まると発光層14に注入される

電流の径も狭まり、面発光レーザ１１０から出射される光の面積、すなわち発光面積が小さくなってしまう現象が生じ得る。

[0065] 本実施例の面発光レーザ１００においては、図３に示すように、導電膜２１がｐ型半導体層１５の上面の外縁にまで至らない態様で形成されている。すなわち、本実施例の面発光レーザ１００における第２の部分１５Ｐ２上の導電膜２１の体積は、従来例の面発光レーザ１１０における第２の部分１５Ｐ２上の導電膜２１の体積よりも小さくなっている。

[0066] 従って、本実施例の面発光レーザ１００によれば、上述のように面発光レーザ１００の作製時において導電膜２１の電極アニールを行った場合、第２の部分１５Ｐ２には第２の部分１５Ｐ２の上に形成されている導電膜２１内に含まれている水素のみが流れていく。そのため、面発光レーザ１００における第２の部分１５Ｐ２の平均の水素濃度は、面発光レーザ１１０における第２の部分１５Ｐ２の平均の水素濃度に比べて小さくなる。

[0067] すなわち、本実施例の面発光レーザ１００によれば、導電膜２１をｐ型半導体層１５の上面の外縁にまで至らない態様で形成することにより、第２の部分１５Ｐ２内の水素濃度を減らすことで第１の部分１５Ｐ１と第２の部分１５Ｐ２との間の水素濃度が大きくなりすぎないように制御することができる。

[0068] なお、上述のように閾値電流の増加により出射される光の強度が低下してしまうことを防ぐためには、第２の部分１５Ｐ２における水素濃度が少なくとも第１の部分１５Ｐ１における水素濃度の２倍を有していることが好ましい。

[0069] また、第１の部分１５Ｐ１を流れる電流の径が狭まることを防ぐためには、第２の部分１５Ｐ２における水素濃度が第１の部分１５Ｐ１における水素濃度の５倍未満であることが好ましい。従って、第２の部分１５Ｐ２における水素濃度は、第１の部分１５Ｐ１における水素濃度の２倍以上５倍未満とするのが好ましい。

[0070] 従って、本実施例の面発光レーザ１００によれば、導電膜２１をｐ型半導

体層 1 5 の上面の外縁にまで至らない態様で形成することによって、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことができる。

[0071] [変形例 1]

次に、図 5 を用いて、実施例 1 における面発光レーザ 1 0 0 の変形例 1 について説明する。図 5 は、変形例 1 に係る面発光レーザ 2 0 0 の上面図である。面発光レーザ 2 0 0 は、導電膜 2 1 の形成態様が実施例 1 と異なっており、それ以外の点については実施例 1 と同様である。なお、図 5 においては、図面の煩雑化を避けるために p 電極 P E 及び第 2 の多層膜反射鏡 2 3 を省略して示している。

[0072] 面発光レーザ 2 0 0 において、導電膜 2 1 は、図 5 に示すように、p 型半導体層 1 5 の上面の第 1 の領域 1 5 R 1 を覆って形成された中央部分 2 1 A と中央部分 2 1 A から放射状に延在し、第 3 の領域 1 5 R 3 の外縁まで達している延在部分 2 1 B とから構成される。すなわち、本変形例の面発光レーザ 2 0 0 において、導電膜 2 1 は、互いに隣り合う延在部分 2 1 B の間から絶縁層 1 9 が露出するように形成されている。

[0073] 導電膜 2 1 がこのように形成されている場合においても、第 2 の部分 1 5 P 2 上に形成されている導電膜 2 1 の体積は、導電膜 2 1 が p 型半導体層 1 5 の上面に亘って形成されているときよりも小さくなっている。従って、面発光レーザ 2 0 0 の作製時において、第 1 の部分 1 5 P 1 と第 2 の部分 1 5 P 2 との間の水素濃度が大きくなりすぎないように制御することができる。

[0074] よって、本変形例の面発光レーザ 2 0 0 によれば、導電膜 2 1 を p 型半導体層 1 5 の第 2 の部分 1 5 P 2 上に部分的に形成することによって、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことができる。

[0075] なお、本変形例において、導電膜 2 1 は、上述した絶縁層 1 9 の傾斜面に沿った傾斜面を持つように形成される。導電膜 2 1 がこのように形成されていることにより、導電膜 2 1 を単に平板状に形成した場合と比べて長期使用時におけるクラック等に対する耐久性の向上が期待できる。

[0076] [変形例 2]

次に、図6を用いて、実施例1における面発光レーザ100の変形例2について説明する。図6は、変形例2に係る面発光レーザ300の上面図である。面発光レーザ300は、導電膜21の形成態様が実施例1と異なっており、それ以外の点については実施例1と同様である。なお、図6においても、図面の煩雑化を避けるためにp電極PE及び第2の多層膜反射鏡23を省略して示している。

[0077] 面発光レーザ300において、導電膜21は、図6に示すように、p型半導体層15の上面の第1の領域15R1を覆って形成された第1の金属酸化膜としての第1の導電膜25及び第2の領域15R2上において第1の導電膜25と離隔して形成された第2の金属酸化膜としての第2の導電膜26とから構成される。

[0078] 導電膜21がこのように形成されている場合においても、第2の部分15P2上に形成されている導電膜21の体積は、導電膜21がp型半導体層15の上面に亘って形成されているときよりも小さくなっている。従って、面発光レーザ300の作製時において、第1の部分15P1と第2の部分15P2との間の水素濃度が大きくなりすぎないように制御することができる。

[0079] 従って、本変形例の面発光レーザ300によれば、導電膜21をp型半導体層15の第2の部分15P2上に部分的に形成することによって、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことができる。

[0080] [変形例3]

次に、図7を用いて、実施例1における面発光レーザ100の変形例3について説明する。図7は、変形例3に係る面発光レーザ400の上面図である。面発光レーザ400は、導電膜21の形成態様が実施例1と異なっており、それ以外の点については実施例1と同様である。なお、図7においても、図面の煩雑化を避けるためにp電極PE及び第2の多層膜反射鏡23を省略して示している。

[0081] 面発光レーザ400において、導電膜21は、図7に示すように、p型半導体層15の上面の第1の領域15R1を覆って形成された中央部分21C

と中央部分 2 1 C を囲み第 3 の領域 1 5 R 3 の外縁に沿って形成された環状の外周部分 2 1 D と中央部分 2 1 C から放射状に延在し、中央部分 2 1 C と外周部分 2 1 D とを接続する接続部分 2 1 E とから構成される。

[0082] 導電膜 2 1 がこのように形成されている場合においても、第 2 の部分 1 5 P 2 上に形成されている導電膜 2 1 の体積は、導電膜 2 1 が p 型半導体層 1 5 の上面に亘って形成されているときよりも小さくなっている。従って、面発光レーザ 4 0 0 の作製時において、第 1 の部分 1 5 P 1 と第 2 の部分 1 5 P 2 との間の水素濃度が大きくなりすぎないように制御することができる。

[0083] 従って、本変形例の面発光レーザ 4 0 0 によれば、導電膜 2 1 を p 型半導体層 1 5 の第 2 の部分 1 5 P 2 上に部分的に形成することによって、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことができる。

実施例 2

[0084] 次に、図 8 を用いて、実施例 2 に係る面発光レーザ 5 0 0 について説明する。図 8 は、面発光レーザ 5 0 0 の断面図である。面発光レーザ 5 0 0 は、p 型半導体層 1 5 の形状及び絶縁層 1 9 及び導電膜 2 1 の形成態様が実施例 1 と異なっており、それ以外の点については実施例 1 と同様である。

[0085] 面発光レーザ 5 0 0 において、p 型半導体層 1 5 は、上面において第 1 の領域 1 5 R 1 及び第 1 の領域 1 5 R 1 の周縁において第 1 の領域 1 5 R 1 よりも下方に窪んだ第 2 の領域 1 5 R 2 のみを有している。

[0086] すなわち、面発光レーザ 5 0 0 を上から見た平面視において、第 2 の領域 1 5 R 2 は、第 1 の領域 1 5 R 1 の外縁から p 型半導体層 1 5 の外縁まで形成されている。従って、p 型半導体層 1 5 は、第 1 の領域 1 5 R 1 に沿った第 1 の部分 1 5 P 1 と第 2 の領域 1 5 R 2 に沿った第 2 の部分 1 5 P 2 とから構成される。

[0087] 面発光レーザ 5 0 0 において、絶縁層 1 9 は、p 型半導体層 1 5 の外縁から第 2 の領域 1 5 R 2 の途中まで形成されている。また、絶縁層 1 9 は、第 2 の領域 1 5 R 2 上において導電膜 2 1 と離隔して形成されている。言い換えれば、面発光レーザ 5 0 0 において、第 2 の領域 1 5 R 2 の一部は、絶縁

層 1 9 と導電膜 2 1 との間から露出している。

[0088] 面発光レーザ 5 0 0 において、p 電極 P E は、導電膜 2 1 及び上記した絶縁層 1 9 と導電膜 2 1 との間から露出している第 2 の領域 1 5 R 2 の一部と接するように形成されている。上述したように第 2 の領域 1 5 R 2 は高抵抗領域として機能するために、p 電極 P E から n 電極 N E に電流が流れる際には、電流は導電膜 2 1 のみを流れて第 1 の領域 1 5 R 1 を介して p 型半導体層 1 5 内に流れていく。

[0089] p 型半導体層 1 5 及び導電膜 2 1 がこのように形成されている場合においても、第 2 の部分 1 5 P 2 上に形成されている導電膜 2 1 の体積は、導電膜 2 1 が p 型半導体層 1 5 の上面に亘って形成されているときよりも小さくなっている。従って、面発光レーザ 5 0 0 の作製時において、第 1 の部分 1 5 P 1 と第 2 の部分 1 5 P 2 との間の水素濃度が大きくなりすぎないように制御することができる。

[0090] 従って、本実施例の面発光レーザ 5 0 0 によれば、導電膜 2 1 を p 型半導体層 1 5 の第 2 の部分 1 5 P 2 上に部分的に形成することによって、光出力の低下を防ぎつつ発光面積が小さくなることを防ぐことができる。

符号の説明

[0091] 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、5 0 0 面発光レーザ

1 1 基板

1 2 第 1 の多層膜反射鏡

1 3 n 型半導体層

1 4 発光層

1 5 p 型半導体層

1 9 絶縁層

2 1 導電膜

2 3 第 2 の多層膜反射鏡

N E n 電極

P E p 電極

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、
前記基板上に形成された第1の多層膜反射鏡と、
前記第1の多層膜反射鏡上に形成された第1の導電型を有する第1の半導体層、前記第1の半導体層上に形成された発光層、及び前記発光層上に形成されかつ前記第1の導電型と反対の第2の導電型を有する第2の半導体層を含む半導体構造層と、
前記第2の半導体層上に形成され、前記第2の半導体層の上面の中央の1の領域を覆って前記1の領域において前記第2の半導体層に電気的に接続され、前記1の領域の周縁の周縁領域上に部分的に形成されかつ前記周縁領域において前記第2の半導体層の表面と絶縁されている透光性を有する金属酸化膜と、
前記半導体構造層上に前記1の領域を覆うように形成され、前記第1の多層膜反射鏡との間で共振器を構成する第2の多層膜反射鏡と、を有することを特徴とする垂直共振器型発光素子。
- [請求項2] 前記第2の半導体層において、前記上面の前記1の領域に沿った第1の部分よりも前記周縁領域に沿った第2の部分の方が、水素濃度が高いことを特徴とする請求項1に記載の垂直共振器型発光素子。
- [請求項3] 前記第2の部分における水素濃度は、前記第1の部分における水素濃度の2倍以上5倍未満であることを特徴とする請求項2に記載の垂直共振器型発光素子。
- [請求項4] 前記金属酸化膜は、前記第2の半導体層の上面に垂直な方向から見た平面視において、前記周縁領域の外縁にまで至らない態様で形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の垂直共振器型発光素子。
- [請求項5] 前記金属酸化膜は、前記第2の半導体層の上面に垂直な方向から見た平面視において、前記1の領域を覆う中央部分と前記中央部分から放射状に延在している延在部分とからなることを特徴とする請求項1

又は 2 に記載の垂直共振器型発光素子。

[請求項6] 前記金属酸化膜は、前記第 2 の半導体層の上面に垂直な方向から見た平面視において、前記 1 の領域を覆う第 1 の金属酸化膜と前記周縁領域上において前記第 1 の金属酸化膜と離隔して形成された第 2 の金属酸化膜とからなることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の垂直共振器型発光素子。

[請求項7] 前記第 1 の金属酸化膜から放射状に延在し前記第 1 の金属酸化膜と前記第 2 の金属酸化膜とを接続する接続部分を有することを特徴とする請求項 6 に記載の垂直共振器型発光素子。

[請求項8] 前記第 2 の半導体層の前記周縁領域上に形成された電気絶縁性を有する絶縁層を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の垂直共振器型発光素子。

[請求項9] 前記金属酸化膜の膜厚は、10 nm から 100 nm であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の垂直共振器型発光素子。

[図1]

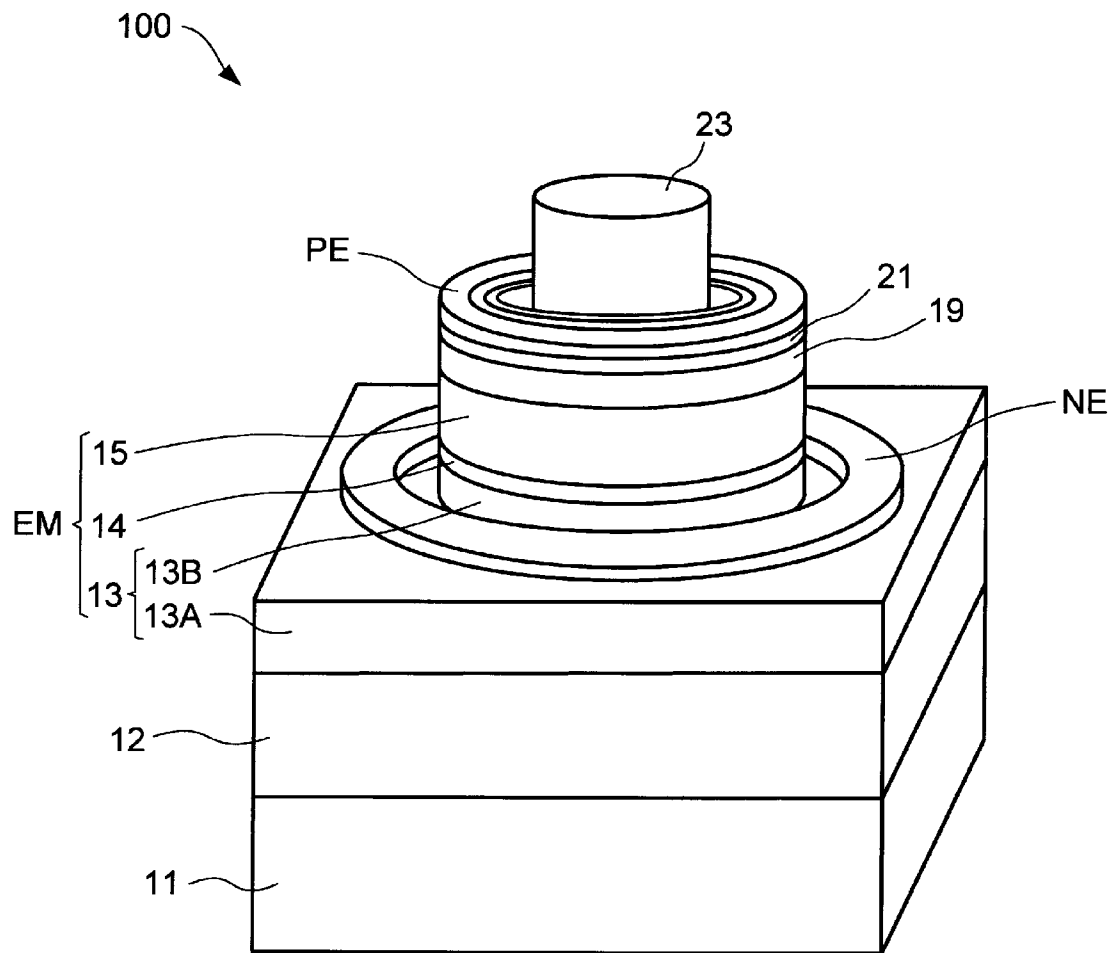


FIG.1

[図2]

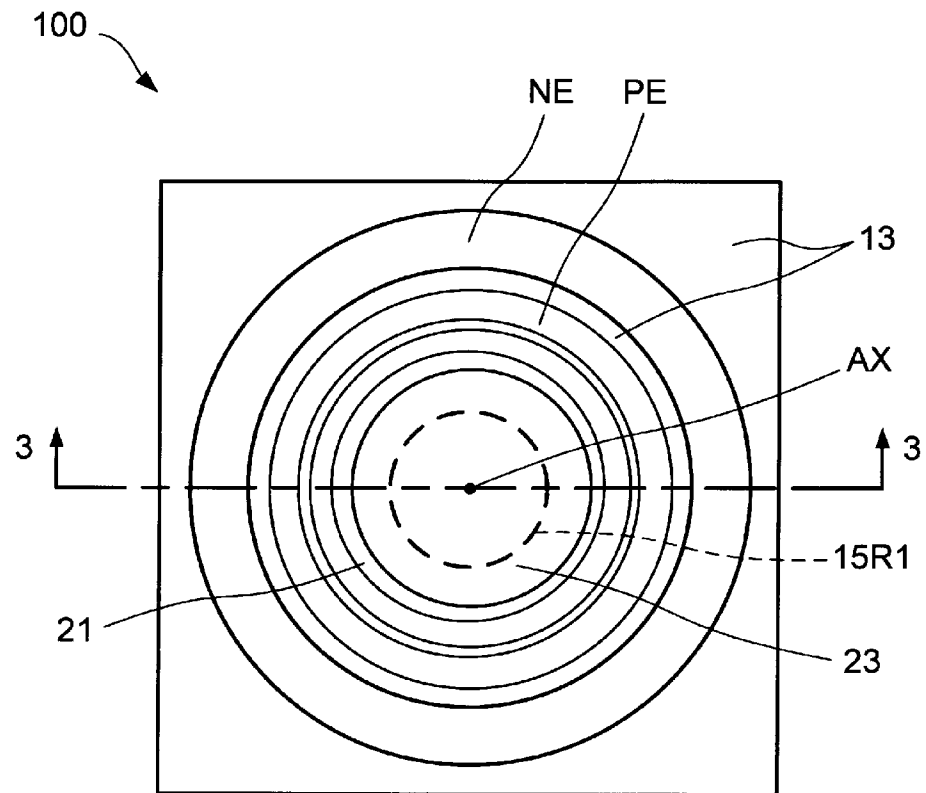


FIG.2

[図3]

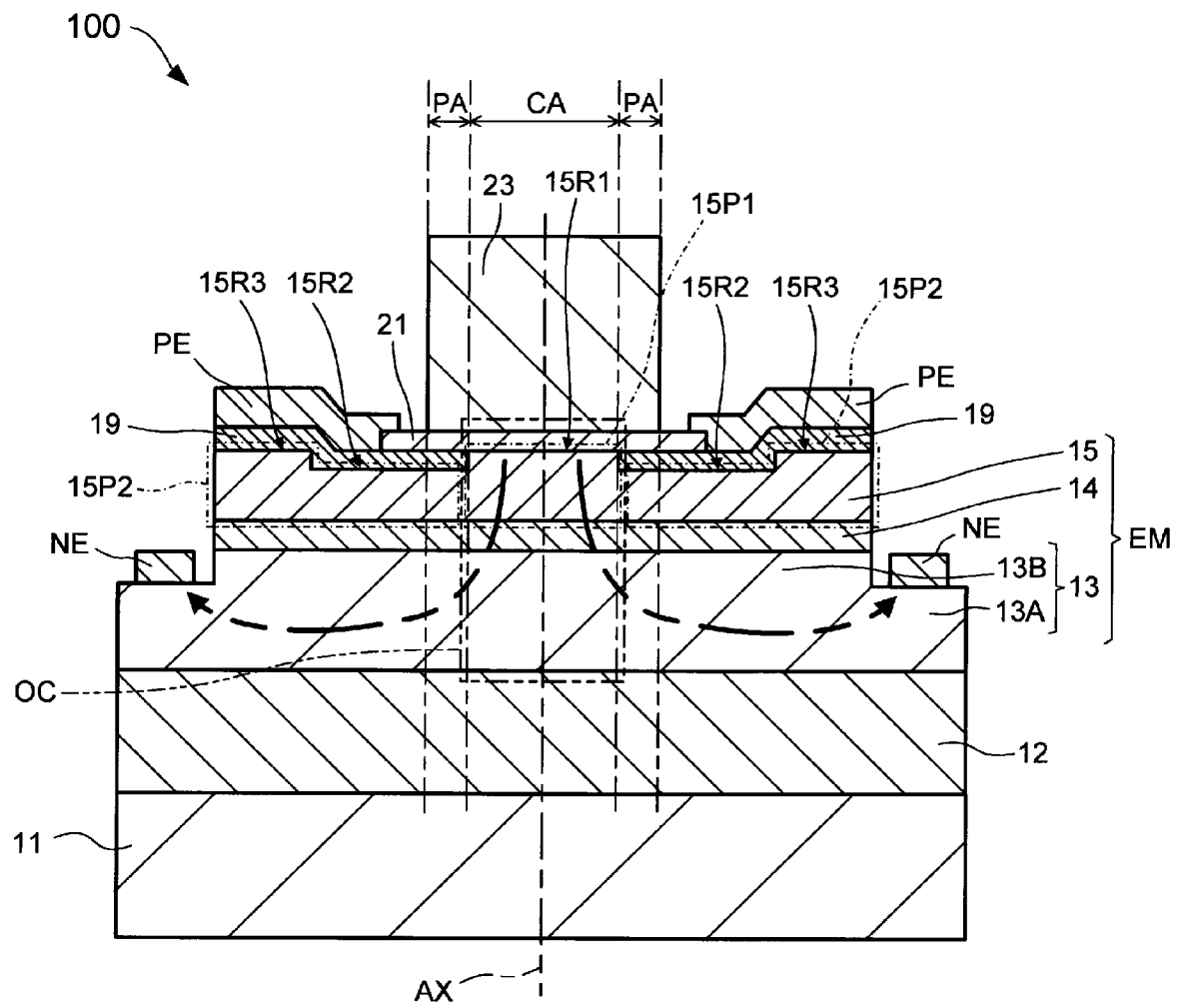


FIG.3

[図4]

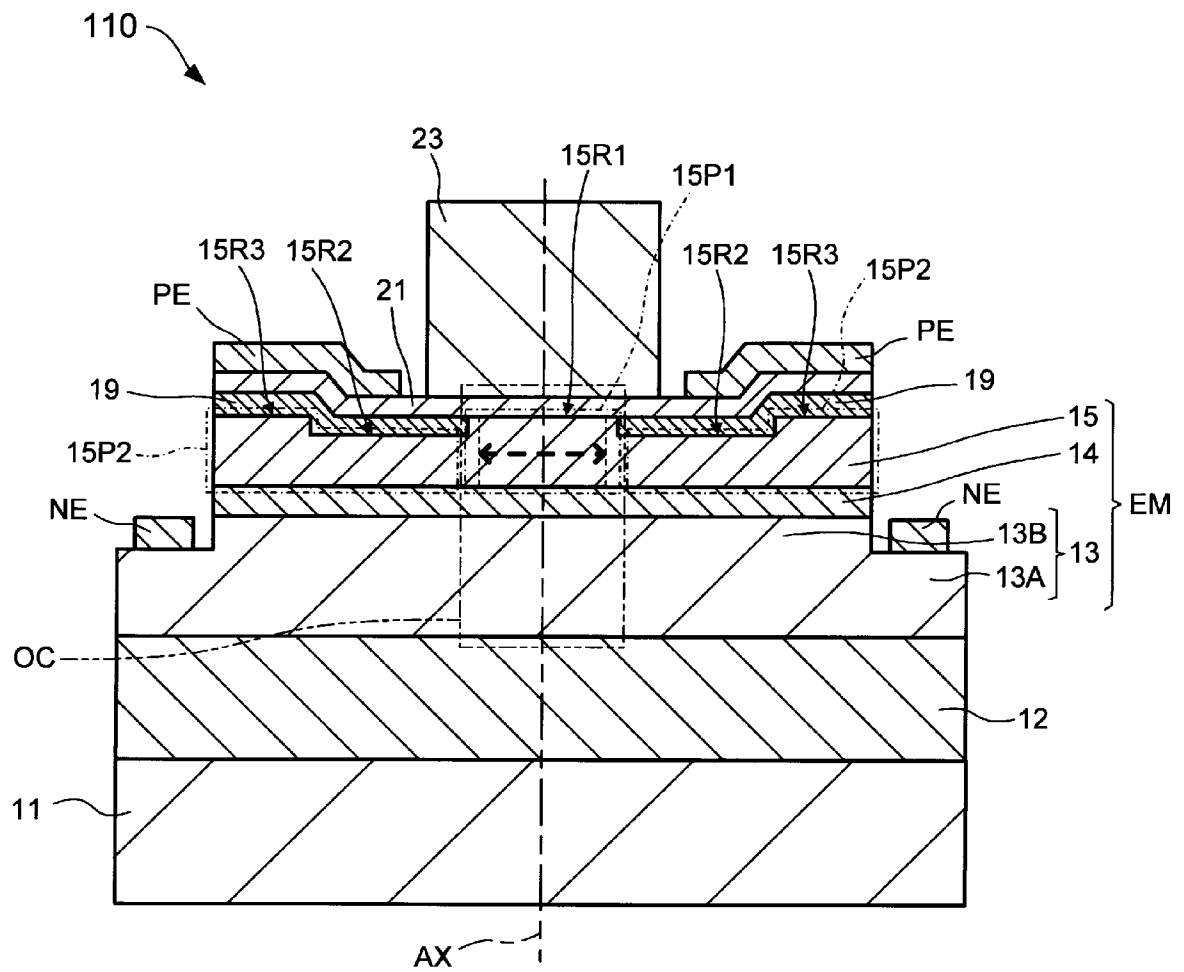


FIG.4

[図5]

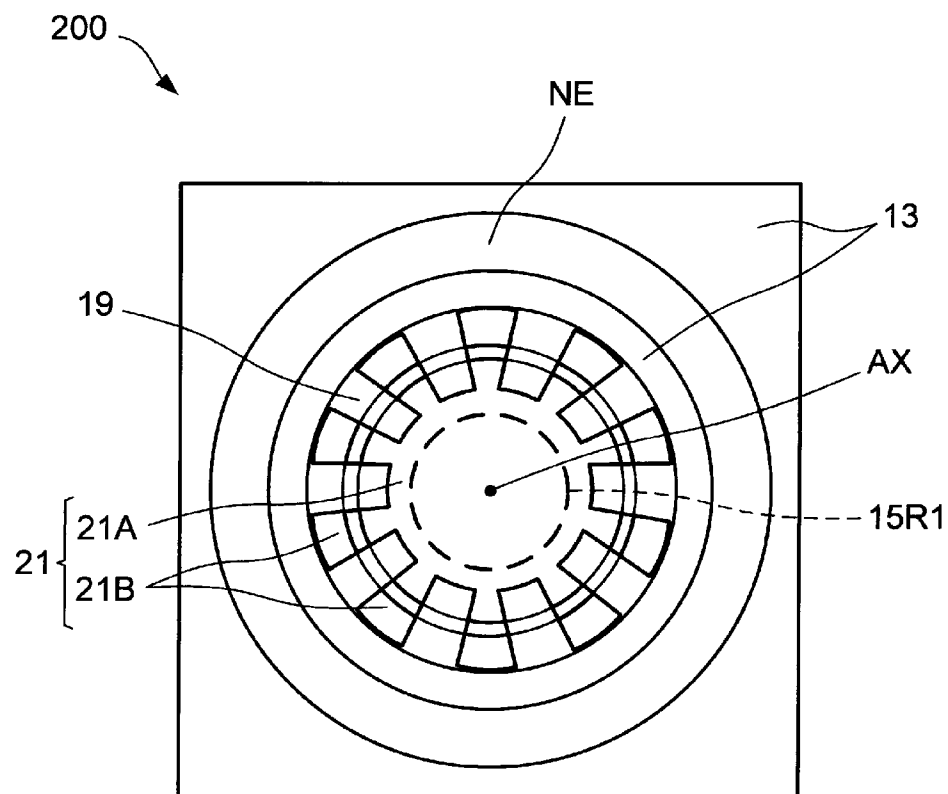


FIG.5

[図6]

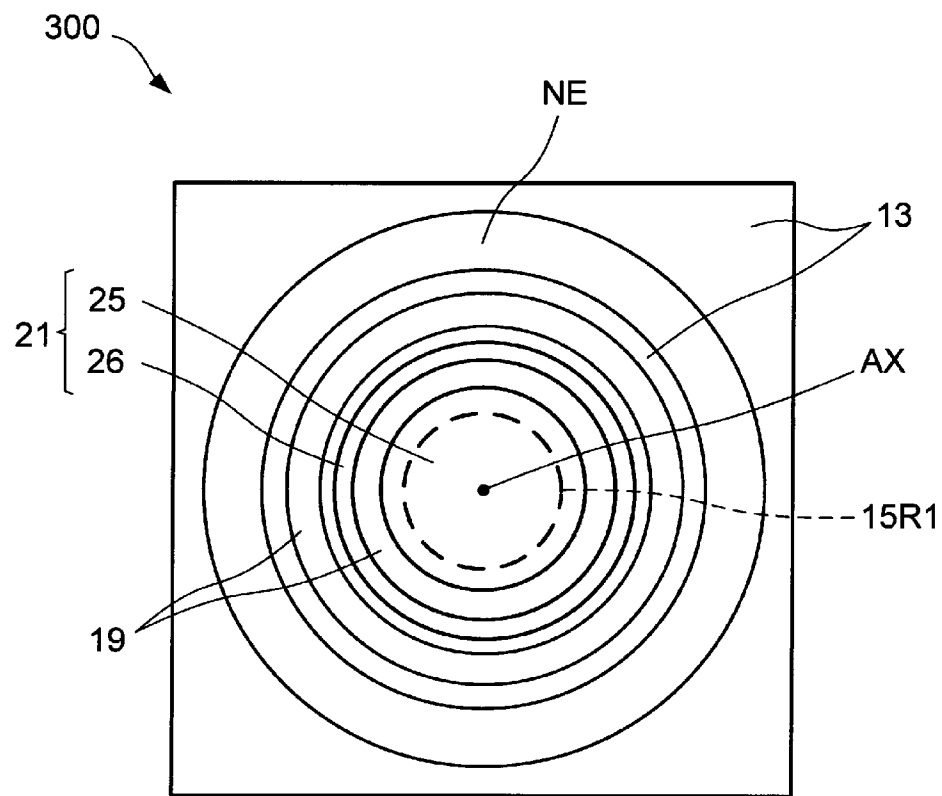


FIG.6

[図7]

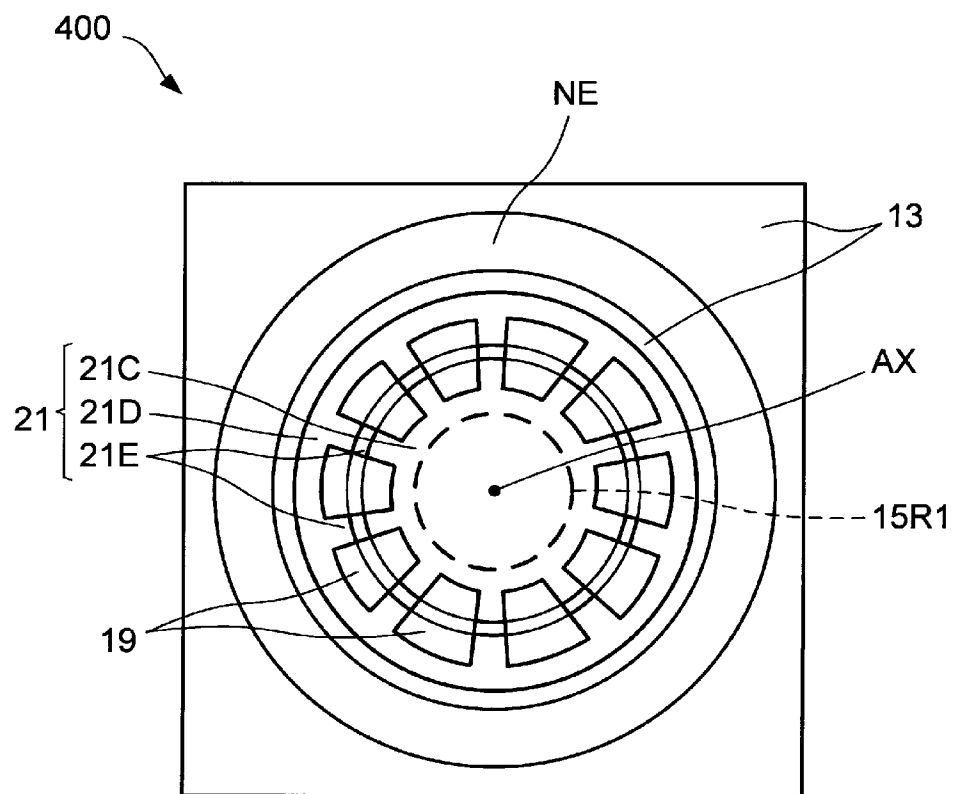


FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/020134

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01S 5/183 (2006.01)i; H01S 5/042 (2006.01)i FI: H01S5/183; H01S5/042 612; H01S5/042 614 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) H01S5/00-5/50 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 A	JP 2021-197437 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 27 December 2021 (2021-12-27) paragraphs [0042], [0062]-[0079], fig. 6-7	1, 8-9 5 2-4, 6-7
Y A	JP 2021-97183 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 24 June 2021 (2021-06-24) paragraphs [0012]-[0053], fig. 1-5	5 7
A	JP 2006-49829 A (FUJI XEROX CO., LTD.) 16 February 2006 (2006-02-16) entire text, all drawings	1-9
A	WO 2020/121794 A1 (NUVOTON TECHNOLOGY CORPORATION JAPAN) 18 June 2020 (2020-06-18) entire text, all drawings	1-9
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 05 July 2024		Date of mailing of the international search report 16 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/020134

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/0145738 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 26 May 2016 (2016-05-26) entire text, all drawings	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/020134

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2021-197437	A	27 December 2021	EP	3923426 A1	
				paragraphs [0042], [0062]- [0079], fig. 6-7		
JP	2021-97183	A	24 June 2021	(Family: none)		
JP	2006-49829	A	16 February 2006	US	2005/0286597 A1	
				entire text, all drawings		
				KR	10-2006-0048555 A	
				CN	1716720 A	
WO	2020/121794	A1	18 June 2020	US	2021/0143612 A1	
				entire text, all drawings		
US	2016/0145738	A1	26 May 2016	WO	2016/081146 A1	
				KR	10-2017-0086105 A	
				CN	107208262 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01S 5/183(2006.01)i; H01S 5/042(2006.01)i
FI: H01S5/183; H01S5/042 612; H01S5/042 614

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））

H01S5/00-5/50

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 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024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	JP 2021-197437 A（スタンレー電気株式会社）27.12.2021（2021-12-27） [0042], [0062]-[0079], 図6-7	1, 8-9
Y		5
A		2-4, 6-7
Y	JP 2021-97183 A（スタンレー電気株式会社）24.06.2021（2021-06-24） [0012]-[0053], 図1-5	5
A		7
A	JP 2006-49829 A（富士ゼロックス株式会社）16.02.2006（2006-02-16） 全文全図	1-9
A	WO 2020/121794 A1（ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社）18.06.2020 （2020-06-18） 全文全図	1-9
A	US 2016/0145738 A1（APPLIED MATERIALS, INC.）26.05.2016（2016-05-26） 全文全図	1-9

☐ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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
“I” 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抵触するものではなく、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 05.07.2024

国際調査報告の発送日 16.07.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

右田 昌士 2K 9513

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/020134

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-197437	A	27.12.2021	EP 3923426 A1 [0042], [0062]-[0079], 図 6-7	
JP	2021-97183	A	24.06.2021	(ファミリーなし)	
JP	2006-49829	A	16.02.2006	US 2005/0286597 A1 全文全図	
				KR 10-2006-0048555 A	
				CN 1716720 A	
WO	2020/121794	A1	18.06.2020	US 2021/0143612 A1 全文全図	
US	2016/0145738	A1	26.05.2016	WO 2016/081146 A1	
				KR 10-2017-0086105 A	
				CN 107208262 A	