

(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
2020年7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/144991 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 26/08 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) G03B 21/00 (2006.01)

Shusaku); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/047870

(22) 国際出願日: 2019年12月6日(06.12.2019)

(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 2019-001113 2019年1月8日(08.01.2019) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

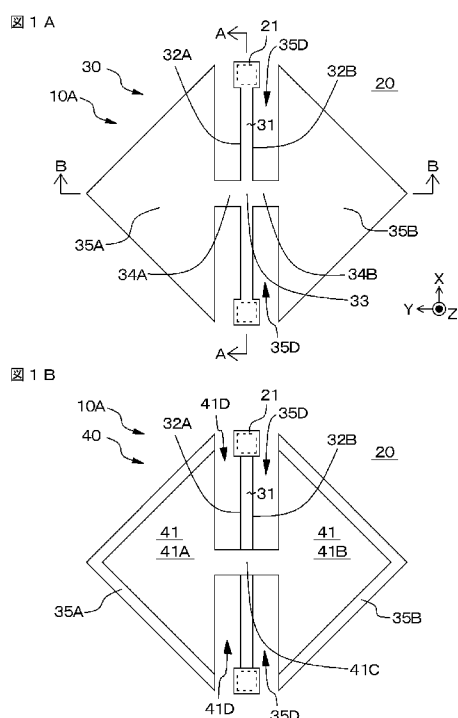
(72) 発明者: 梶山 直樹 (KAKOIYAMA Naoki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 柳川 周作(YANAGAWA

(74) 代理人: 山本 孝久, 外(YAMAMOTO Takahisa et al.); 〒1410032 東京都品川区大崎4丁目3番2号 秋葉ビル301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.

(54) Title: LIGHT REFLECTING ELEMENT AND SPATIAL LIGHT MODULATOR

(54) 発明の名称: 光反射素子及び空間光変調器



(57) Abstract: This light reflecting element comprises a support 21, a hinge 30, and a light reflecting part 40; the light reflecting part 40 comprises a support layer and a light reflecting layer 50; the hinge 30 comprises a torsion bar 31, extension parts 34A, 34B extending from the sides of the torsion bar 31, and moving pieces 35A, 35B extending from end parts of the extension parts 34A, 34B; an end part of the torsion bar 31 is secured to the support 21; the hinge 30 is torsionally deformable with the axial line of the torsion bar 31 as the center; the support layer is secured to the moving pieces 35A, 35B; a recess 41D is provided at least in a part of the support layer opposing a space 35D located between the first moving piece 35A and the second moving piece 35B; and a stress adjusting layer 91 is provided on the support layer parallel to and away from the light reflecting layer 50.

(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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 光反射素子は、支持部21、ヒンジ部30及び光反射部40から成り、光反射部40は支持層及び光反射層50から成り、ヒンジ部30は、トーションバー部31、トーションバー部31の側部から延びる延在部34A、34B、延在部34A、34Bの端部から延びる可動片35A、35Bから成り、トーションバー部31の端部は支持部21に固定されており、トーションバー部31の軸線を中心としてヒンジ部30は捩れ変形可能であり、支持層は可動片35A、35Bに固定されており、少なくとも、第1可動片35Aと第2可動片35Bとの間に位置する空間35Dと対向した支持層の部分には凹部41Dが設けられており、支持層には光反射層50と平行に光反射層50と離間して応力調整層91が設けられている。

明 細 書

発明の名称：光反射素子及び空間光変調器

技術分野

[0001] 本開示は、光反射素子、及び、係る光反射素子を複数備えた空間光変調器に関する。

背景技術

[0002] プロジェクタや画像表示装置として、屢々、光反射素子を複数備えた空間光変調器が用いられている。例えば、米国特許公開公報US2006/0050353A1に開示された光反射素子は、

基板に設けられたポスト、

ポストに両端が固定された帯状のヒンジ、

ヒンジの中央部に、一端が取り付けられたヒンジ・コンタクト、及び、

ヒンジ・コンタクトの他端に取り付けられたミラー・プレート、

から構成されており、

ヒンジと対向するミラー・プレートの部分（光反射面）には、トレンチが形成されており、

基板を介して光反射素子のミラー・プレートに光が入射し、ミラー・プレートによって反射された光が基板を介して外部に出射される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許公開公報US2006/0050353A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記の米国特許公開公報に開示された光反射素子にあっては、ミラー・プレートの光反射面の中央部にトレンチが形成されているので、ミラー・プレート全体の剛性が低く、熱応力に起因してミラー・プレートに反りが発生し易いし、トレンチの分だけ、ミラー・プレートの光反射面の面積

が小さくなってしまふ。それ故、光反射素子の光反射効率やコントラストが低下してしまうといった問題を有する。

[0005] 従って、本開示の目的は、反りが発生し難く、また、光反射面の面積を出るだけ大きくし得る構成、構造の光反射素子、及び、係る光反射素子を複数備えた空間光変調器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の目的を達成するための本開示の光反射素子は、基体上に設けられた支持部、並びに、ヒンジ部及び光反射部から成り、

光反射部は、支持層、及び、支持層上に形成された光反射層から成り、

ヒンジ部は、トーションバー部、トーションバー部の一方の側部の一部から延びる第1延在部、第1延在部の端部から延びる第1可動片、トーションバー部の他方の側部の一部から延びる第2延在部、及び、第2延在部の端部から延びる第2可動片から成り、

トーションバー部の端部は支持部に固定されており、

トーションバー部の軸線を中心として、ヒンジ部は振れ変形可能であり、

支持層は、第1可動片上から第2可動片上に互り形成されており、

少なくとも、第1可動片と第2可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられており、

支持層には、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられている。

[0007] 上記の目的を達成するための本開示の空間光変調器は、光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器であって、

各光反射素子は、本開示の光反射素子から成る。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1 A並びに図1 Bは、それぞれ、実施例1の光反射素子を構成する支持部及びヒンジ部の模式的な平面図、並びに、下層支持層の模式的な平面図である。

[図2]図2は、実施例1の光反射素子を構成する上層支持層の模式的な平面図

である。

[図3]図3は、実施例1の光反射素子を構成する光反射層の模式的な平面図である。

[図4]図4A及び図4Bは、それぞれ、図1Aの矢印A-Aに沿った模式的な断面図、及び、図1Aの矢印B-Bに沿った模式的な断面図である。

[図5]図5A及び図5Bは、それぞれ、図2の矢印C-Cに沿った模式的な端面図、及び、図2の矢印D-Dに沿った模式的な断面図である。

[図6]図6A及び図6Bは、それぞれ、図2の矢印E-Eに沿った模式的な断面図、及び、図2の矢印F-Fに沿った模式的な断面図である。

[図7]図7A及び図7Bは、それぞれ、図3の矢印G-Gに沿った模式的な端面図、及び、図3の矢印H-Hに沿った模式的な断面図である。

[図8]図8A及び図8Bは、それぞれ、図3の矢印J-Jに沿った模式的な端面図、及び、図3の矢印K-Kに沿った模式的な断面図である。

[図9]図9A及び図9Bは、それぞれ、実施例2の光反射素子において、図3の矢印G-Gに沿ったと同様の模式的な端面図、及び、図3の矢印H-Hに沿った同様の模式的な断面図である。

[図10]図10A及び図10Bは、それぞれ、実施例2の光反射素子において、図3の矢印J-Jに沿ったと同様の模式的な端面図、及び、図3の矢印K-Kに沿った同様の模式的な断面図である。

[図11]図11A及び図11Bは、それぞれ、実施例3の光反射素子において、図3の矢印G-Gに沿ったと同様の模式的な端面図、及び、図3の矢印H-Hに沿った同様の模式的な断面図である。

[図12]図12A及び図12Bは、それぞれ、実施例3の光反射素子において、図3の矢印J-Jに沿ったと同様の模式的な端面図、及び、図3の矢印K-Kに沿った同様の模式的な断面図である。

[図13]図13は、実施例4の光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図である。

[図14]図14は、実施例4の光反射素子を構成する上層支持層の模式的な平

面図である。

[図15]図15は、図14の矢印L-Lに沿った模式的な断面図である。

[図16]図16A並びに図16Bは、それぞれ、実施例5の光反射素子を構成する支持部及びヒンジ部の模式的な平面図、並びに、下層支持層の模式的な平面図である。

[図17]図17は、実施例5の光反射素子を構成する上層支持層の模式的な平面図である。

[図18]図18A、図18B及び図18Cは、それぞれ、図16Aの矢印A-Aに沿った模式的な端面図、及び、図17の矢印C-Cに沿った模式的な端面図、及び、図17の矢印G-Gに沿った模式的な端面図である。

[図19]図19は、実施例5の変形例の光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図である。

[図20]図20は、実施例5の変形例の光反射素子を構成する上層支持層の模式的な平面図である。

[図21]図21A及び図21Bは、それぞれ、実施例1の変形例の光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図、及び、図21Aの矢印A-Aに沿った実施例1の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の模式的な端面図である。

[図22]図22A及び図22Bは、それぞれ、図21Aの矢印B-B及び矢印C-Cに沿った実施例1の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の模式的な端面図である。

[図23]図23A及び図23Bは、それぞれ、図21Aの矢印B-B及び矢印C-Cに沿ったと同様の比較例1の光反射素子を構成する下層支持層等の模式的な端面図である。

[図24]図24は、実施例1の別の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の図8Aと同様の模式的な断面図である。

[図25]図25は、実施例1の変形において求められた反り量を示すグラフである。

[図26]図 2 6 は、光反射層と応力調整層との間の距離に相当する厚さ割合 T と反りの比率との関係を示すグラフである。

[図27]図 2 7 は、本開示の空間光変調器の概念図である。

[図28]図 2 8 は、光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器において、アレイ状に配列された光反射素子からの光によって発生する回折現象のシミュレーション結果を示すグラフである。

[図29]図 2 9 A 及び図 2 9 B は、曲率半径 R と光反射効率の関係を示すグラフ、及び、曲率半径 R と反り量 h の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照して、実施例に基づき本開示を説明するが、本開示は実施例に限定されるものではなく、実施例における種々の数値や材料は例示である。尚、説明は、以下の順序で行う。

1. 本開示の光反射素子及び空間光変調器、全般に関する説明
2. 実施例 1（本開示の光反射素子及び空間光変調器）
3. 実施例 2（実施例 1 の変形）
4. 実施例 3（実施例 1 の別の変形）
5. 実施例 4（実施例 1 ～実施例 3 の変形）
6. 実施例 5（実施例 1 ～実施例 4 の変形）
7. その他

[0010] 〈本開示の光反射素子及び空間光変調器、全般に関する説明〉

本開示の光反射素子及び本開示の空間光変調器に備えられた光反射素子（以下、これらの光反射素子を、総称して、『本開示の光反射素子等』と呼ぶ）において、

支持層は、下層支持層及び上層支持層の 2 層構造を有し、

下層支持層は、第 1 下層支持層、第 2 下層支持層、及び、第 3 下層支持層から構成されており、

第 1 下層支持層は第 1 可動片上に形成されており、

第 2 下層支持層は第 2 可動片上に形成されており、

第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている構成とすることができる。尚、このような構成の本開示の光反射素子等を、便宜上、『第1構成の光反射素子』と呼ぶ。

[0011] 第1構成の光反射素子において、上層支持層は、第1下層支持層、第3下層支持層及び第2下層支持層の上、並びに、第1下層支持層と第2下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間（凹部）の上方に形成されている構成とすることができる。

[0012] あるいは又、本開示の光反射素子等において、
支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、
下層支持層は、第1下層支持層及び第2下層支持層から構成されており、
第1下層支持層は第1可動片上に形成されており、
第2下層支持層は第2可動片上に形成されており、
第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り、下層支持層は形成されていない構成とすることができる。尚、このような構成の本開示の光反射素子等を、便宜上、『第2構成の光反射素子』と呼ぶ。

[0013] 第1構成の光反射素子にあっては、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り存在する空間（第2の凹部）は、凹部に連通している構成とすることができる。

[0014] あるいは又、本開示の光反射素子等において、
支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、
下層支持層は、第1A下層支持層、第1B下層支持層及び第1C下層支持層、第2A下層支持層、第2B下層支持層及び第2C下層支持層、並びに、第3下層支持層から構成されており、
第1A下層支持層は、第1可動片上に形成されており、

第1 B下層支持層及び第1 C下層支持層は、第1 A下層支持層の側部と離間して、第1 A下層支持層を挟んで、第1可動片上に形成されており、

第2 A下層支持層は、第2可動片上に形成されており、

第2 B下層支持層及び第2 C下層支持層は、第2 A下層支持層の側部と離間して、第2 A下層支持層を挟んで、第2可動片上に形成されており、

第1 A下層支持層と第2 A下層支持層との間には、第1延在部、第2延在部、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分が位置しており、

第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている構成とすることができる。尚、このような構成の本開示の光反射素子等を、便宜上、『第3構成の光反射素子』と呼ぶ。

[0015] 第3構成の光反射素子において、上層支持層は、第3下層支持層の上に形成され、且つ、第1 B下層支持層から第1 C下層支持層に互り形成され、且つ、第2 B下層支持層から第2 C下層支持層に互り形成され、且つ、第1 B下層支持層と第2 B下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間（凹部）の上方に形成され、且つ、第1 C下層支持層と第2 C下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間（凹部）の上方に形成されている構成とすることができる。

[0016] 以上に説明した各種の好ましい構成を含む本開示の光反射素子等において、凹部は、支持層の基体側の面（光反射層が設けられた面とは反対側の面）に設けられている形態とすることができる。

[0017] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、基体と対向する下層支持層の下面に互り設けられている形態とすることができるし、あるいは又、応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、下層支持層と上層支持層の界面に互り設けられている形態

とすることができるし、あるいは又、応力調整層は、上層支持層の内部に設けられている形態とすることができる。尚、応力調整層は光反射層と平行に設けられているが、応力調整層の全ての領域が光反射層と平行に設けられていなくともよい。即ち、応力調整層の一部の領域が光反射層と平行に設けられている形態とすることもできる。

[0018] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、光反射層の少なくとも一部を構成する材料と、応力調整層の少なくとも一部を構成する材料とは、同じである形態とすることができ、この場合、更には、光反射層を構成する材料と応力調整層を構成する材料とは同じであることが好ましく、これによって、光反射素子の製造において、光反射層と同じ材料から成る応力調整層の形成を追加するだけでよく、新たに設備導入を行う必要がなく、製造コストの低減を図ることができる。

[0019] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、光反射層の厚さと、応力調整層の厚さとは、同じである形態とすることができる。ここで、「厚さが同じである」とは、設計厚さの値が同じであることを意味し、製造上発生した厚さバラツキを包含する。

[0020] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、光反射層の構成と、応力調整層の構成とは、光反射層と応力調整層との間に存在する層に対して対称である形態とすることができる。

[0021] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、基体の表面をXY平面としたとき、光反射層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{11} 、最低温度仕様値における応力を σ_{12} とし、応力調整層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{21} 、最低温度仕様値における応力を σ_{22} としたとき、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とは同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とは同じである形態とすることができる。

[0022] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、トーションバー部の両端が支持部に固定されており、ある

いは又、トーションバー部の一端が支持部に固定されている形態とすることができる。

[0023] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、

第1延在部と第2延在部とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されており、

第1可動片と第2可動片とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されている形態とすることができる。

[0024] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、光反射部は支持部を覆っている形態とすることができ、これによって、光反射層の面積の増加、光反射層のフィルファクターの増加を図ることができる。

[0025] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、第1可動片及び第2可動片のそれぞれと対向する基体の部分には、トーションバー部の軸線を中心としてヒンジ部を振れ変形させるための電極が設けられている形態とすることができる。即ち、ヒンジ部の振れ変形によって光反射素子を駆動する場合、第1可動片及び第2可動片の下方に位置する基体の部分に電極（駆動電極）を設け、ヒンジ部及び駆動電極に電圧を印加することで、ヒンジ部（具体的には、第1可動片及び第2可動片）と駆動電極との間に生じる静電力によって、ヒンジ部を駆動（回動）させ、あるいは又、トーションバー部を振り、あるいは又、可動片の先端を駆動（上下動）させればよい。駆動電極には、例えば、基体に設けられた駆動回路から電圧が印加され、ヒンジ部にも、例えば、基体に設けられた駆動回路から電圧が印加される。

[0026] 更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等において、可動片の先端の下方に位置する基体の領域にはストッパが設けられている形態とすることができる。ストッパの表面に絶縁層を形成してもよいし、帯電しないように帯電防止層を形成してもよいし、ストッパと

可動片との接触時、ストッパと可動片とが密着しないように密着防止層を形成してもよい。

[0027] 基体は、例えば、シリコン基板から構成することができるし、SOI (Silicon On Insulator) から構成することもできる。支持部の下端部は基体に固定されているが、具体的には、例えば、支持部を基体上に形成すればよい。

[0028] 支持部は、基本的に伸縮することの無い、剛体から構成されており、より具体的には、例えば、シリコン、あるいは、アモルファスシリコン、あるいは、酸化シリコン、あるいは、シリコンと酸化シリコンとの組合せ、SiN、SiONから構成することができる。支持部の軸線に垂直な仮想平面で支持部を切断したときの支持部の断面形状は、円形、楕円形、長円形、正方形、長方形、台形等を含む矩形等、本質的に任意の形状とすることができる。支持部の数は、上述したとおり、2又は1である。

[0029] ヒンジ部は、例えば、シリコン層、あるいは、酸化シリコン層、あるいは、シリコン層と酸化シリコン層との積層構造、SiN、SiON、TiN、TiAl、AlN、TiSiN、TiAlNから構成することができる。支持層も、例えば、シリコン層、あるいは、アモルファスシリコン層、あるいは、酸化シリコン層、あるいは、シリコン層と酸化シリコン層との積層構造から構成することができる。

[0030] トーションバー部は支持部の上端部の裏面に固定されているが、具体的には、支持部の上端部の上にトーションバー部を形成すればよい。あるいは又、支持部とトーションバー部とを、例えば、周知の接合技術（ボンディング技術）によって接合してもよい。ここで、接合技術（ボンディング技術）として、エポキシ系接着剤、BCB (Benzo-CycloButene)、CYTOP等の有機系材料、ガラスフリット、水ガラス等を接着層として用いる方法だけでなく、ハンダ層等を接着層として用いる方法、陽極接合法、酸素等のプラズマによってウエハ表面を処理する方法を含むウエハ直接接合法、表面活性化常温接合法を挙げることができる。

[0031] 光反射部を構成する光反射層は、光入射側である支持層の表面（おもてめ

ん) に形成された金属膜あるいは合金膜から構成することができ、例えば、各種の物理的気相成長法 (PVD 法) や各種の化学的気相成長法 (CVD 法) にて形成することができる。光反射層を構成する材料として、具体的には、金 (Au)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、あるいは、これらの合金を例示することができる。

[0032] 応力調整層を構成する材料も、具体的には、金 (Au)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、あるいは、これらの合金を例示することができる。

[0033] 支持層の外形形状は、円形、楕円形、長円形 (半円と 2 本の線分が組み合わされた形状)、正方形、長方形、台形等を含む矩形等、本質的に任意の形状とすることができる。また、光反射層の外形形状も、円形、楕円形、長円形、正方形、長方形、台形等を含む矩形等、本質的に任意の形状とすることができる。支持層と光反射層とを、同じ、あるいは、類似、あるいは、相似した外形形状としてもよいし、異なる外形形状としてもよい。更には、支持層と光反射層とを同じ大きさとしてもよいし、光反射層よりも支持層を大きくしてもよいし、支持層よりも光反射層を大きくしてもよい。

[0034] 空間光変調器の光反射層に外部から光が入射し、光反射層から外部に光が出射される。ヒンジ部を駆動することで、光反射層から外部への光の出射方向を制御することができる結果、例えば外部のスクリーンや表示部、表示装置において画像を表示することができるし、例えば、投影型表示装置 (プロジェクタ) や頭部装着型ディスプレイ (HMD, Head Mounted Display)、分光装置、露光装置に適用することができる。空間光変調器によって、入射した光のオン/オフ制御を行うことができる。ここで、オン制御とは、画像を表示するために入射した光を所望の方向に出射する状態を指し、オフ制御とは、画像を表示させないために入射した光を別の所望の方向に出射する状態を指す。

実施例 1

[0035] 実施例 1 は、本開示の光反射素子及び空間光変調器に関し、具体的には、第 1 構成の光反射素子に関する。実施例 1 の光反射素子を構成する支持部及

びヒンジ部の模式的な平面図を図 1 A に示し、下層支持層の模式的な平面図を図 1 B に示し、光反射素子を構成する上層支持層の模式的な平面図を図 2 に示し、光反射層の模式的な平面図を図 3 に示す。更には、図 1 A の矢印 A - A に沿った模式的な断面図を図 4 A に示し、図 1 A の矢印 B - B に沿った模式的な断面図を図 4 B に示し、図 2 の矢印 C - C に沿った模式的な端面図を図 5 A に示し、図 2 の矢印 D - D に沿った模式的な断面図を図 5 B に示し、図 2 の矢印 E - E に沿った模式的な断面図を図 6 A に示し、図 2 の矢印 F - F に沿った模式的な断面図を図 6 B に示し、図 3 の矢印 G - G に沿った模式的な端面図を図 7 A に示し、図 3 の矢印 H - H に沿った模式的な断面図を図 7 B に示し、図 3 の矢印 J - J に沿った模式的な断面図を図 8 A に示し、図 3 の矢印 K - K に沿った模式的な断面図を図 8 B に示す。尚、図 2 においては、可動片の図示を省略している。

[0036] 実施例 1 あるいは後述する実施例 2 ～実施例 5 の光反射素子 10 A, 10 B, 10 C, 10 D, 10 E, 10 F は、

基体 20 上に設けられた支持部 21、並びに、ヒンジ部 30 及び光反射部 40 から成り、

光反射部 40 は、支持層（ミラープレート）、及び、支持層上に形成された光反射層（ミラー部）50 から成り、

ヒンジ部 30 は、トーションバー部 31、トーションバー部 31 の一方の側部 32 A の一部から延びる第 1 延在部 34 A、第 1 延在部 34 A の端部から延びる第 1 可動片 35 A、トーションバー部 31 の他方の側部 32 B の一部から延びる第 2 延在部 34 B、及び、第 2 延在部 34 B の端部から延びる第 2 可動片 35 B から成り、

トーションバー部 31 の端部は支持部 21 に固定されており、

トーションバー部 31 の軸線を中心として、ヒンジ部 30 は捩れ変形可能であり、

支持層は、第 1 可動片 35 A 上から第 2 可動片 35 B 上に互り形成されている。

[0037] そして、少なくとも、第1可動片35Aと第2可動片35Bとの間に位置する空間35Dと対向した支持層の部分には凹部41Dが設けられている。即ち、凹部41Dは、相互に対向する第1可動片35Aの部分（トーションバー部31と対向する第1可動片35Aの縁部）と第2可動片35Bの部分（トーションバー部31と対向する第2可動片35Bの縁部）によって挟まれた領域に設けられているが、具体的には、実施例1あるいは後述する実施例4～実施例5の光反射素子10A, 10B, 10C, 10Dにあっては、第1可動片35A、第1延在部34A、第2延在部34B及び第2可動片35Bによって区画された空間35Dと対向した支持層の部分に、凹部（一種のキャビティ）41Dが設けられている。

[0038] そして、更には、支持層には、光反射層50と平行に、光反射層50と離間して、応力調整層91, 92, 93が設けられている。

[0039] また、概念図を図27に示すように、実施例1あるいは後述する実施例2～実施例5の空間光変調器は、光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器であって、各光反射素子は、実施例1あるいは後述する実施例2～実施例5の光反射素子10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10Fから成る。光源12から出射された光は、光学系（レンズ）13を通過し、空間光変調器11に入射する。そして、空間光変調器11を構成する光反射素子10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10Fの光反射層50に入射した光は、光反射素子の制御下、光反射層50によって反射され、所望に応じてスクリーン14に向けて出射される。ヒンジ部30を駆動することで、光反射層50からスクリーン14への光の出射方向を制御することができる結果、スクリーン14において画像を表示することができる。空間光変調器11によって、入射した光のオン／オフ制御を行うことができる。

[0040] ここで、実施例1あるいは後述する実施例2～実施例4の光反射素子10A, 10B, 10C, 10Dにおいては、トーションバー部31の両端が支持部21に固定されている。即ち、2つの支持部21が設けられている。

[0041] また、実施例1あるいは後述する実施例2～実施例5の光反射素子10A

、10B、10C、10D、10E、10Fにおいて、第1延在部34Aと第2延在部34Bとは、トーションバー部31の軸線を対称軸として線対称に配置されており、第1可動片35Aと第2可動片35Bとは、トーションバー部31の軸線を対称軸として線対称に配置されている。そして、ヒンジ部30が捩れ変形していないとき、第1可動片35A及び第2可動片35Bは基体20の表面に平行に位置する。光反射部40は支持部21を覆っている。

[0042] そして、実施例1あるいは後述する実施例2～実施例3の光反射素子10A、10B、10Cにおいて、

支持層は、下層支持層（下部ミラープレート）41及び上層支持層（上部ミラープレート）42の2層構造を有し、

下層支持層41は、第1下層支持層41A、第2下層支持層41B、及び、第3下層支持層41Cから構成されており、

第1下層支持層41Aは第1可動片35A上に形成されており、

第2下層支持層41Bは第2可動片35B上に形成されており、

第3下層支持層41Cは、第1延在部34A上、第2延在部34B上、及び、第1延在部34Aと第2延在部34Bとの間に位置するトーションバー部31の部分33上に形成されており、

上層支持層42は、第3下層支持層41C上を含む第1下層支持層41Aから第2下層支持層41Bの上に互り形成されている。

[0043] 具体的には、上層支持層42は、図2に示すように、第1下層支持層41A、第3下層支持層41C及び第2下層支持層41Bの上、並びに、第1下層支持層41Aと第2下層支持層41Bと第3下層支持層41Cとによって囲まれた空間（凹部41D）の上方に形成されている。第1可動片35A及び第2可動片35Bのそれぞれと対向する上層支持層の領域、即ち、第1可動片35Aの上方の領域を占める第1上層支持層、第2可動片35Bの上方の領域を占める第2上層支持層を、参照番号42A、42Bで表し、第1上層支持層42Aから第2上層支持層42Bに互り形成された上層支持層の領

域（第3上層支持層）を、参照番号42Cで表す。また、凹部41Dの上方に位置する上層支持層の領域を、参照番号42Dで示す。凹部41Dは、支持層の基体側の面に設けられている。

[0044] そして、実施例1の光反射素子10Aにおいて、応力調整層91は、基体20と対向する上層支持層42の下面の露出面42'から、基体20と対向する下層支持層41の下面41'に亙り設けられている。具体的には、応力調整層91は、基体20と対向する上層支持層42の下面の露出面42'、基体20と対向する下層支持層41の下面41'、上層支持層42の下面の露出面42'と下層支持層41の下面41'とを結ぶ下層支持層41の側面41''の上に設けられている。即ち、実施例1にあっては、応力調整層91の全ての領域が光反射層50と平行に設けられているのではなく、応力調整層91の一部の領域が光反射層50と平行に設けられている。

[0045] 第1可動片35A及び第2可動片35Bのそれぞれと対向する基体20の部分には、トーションバー部31の軸線を中心としてヒンジ部30を捩れ変形させるための電極80が設けられている。尚、電極80は、図6Aのみに図示した。具体的には、ヒンジ部30の捩れ変形によって光反射素子10A、10B、10C、10D、10E、10Fを駆動するが、第1可動片35A及び第2可動片35Bの下方に位置する基体20の部分に電極（駆動電極）80を設け、ヒンジ部30と駆動電極80とに電圧を印加することで、ヒンジ部30（具体的には、第1可動片35A及び第2可動片35B）と駆動電極80との間に生じる静電力によって、ヒンジ部30を駆動（回動）させ、あるいは又、トーションバー部31を捩り、あるいは又、可動片35A、35Bの先端を駆動（上下動）させることができる。

[0046] 基体20は、例えば、シリコン基板から構成することができる。支持部21はアモルファス・シリコン（ α -Si）から成り、ヒンジ部30はTiAlNから成り、下層支持層41及び上層支持層42はアモルファス・シリコン（ α -Si）から成り、光反射層50はアルミニウム（Al）から成る。上層支持層42の頂面には、TiNから成る第2下地層（第2中間層）51

が形成されている。第2下地層51はアルミニウム層に対するバリア層としても機能する。各材料のヤング率（単位：GPa）、ポアソン比、線膨張係数（単位：ppm/°C）を、以下の表1に示す。また、各層の成膜温度（単位：°C）を表1に示す。更には、実施例1の光反射素子10A、後述する実施例2の光反射素子10B、及び、後述する実施例3の光反射素子10Cを構成する各層の厚さを表2、表3、表4に示す。

[0047] 実施例1あるいは後述する実施例2～実施例5の光反射素子10A、10B、10C、10D、10E、10Fにおいて、光反射層50の少なくとも一部を構成する材料と、応力調整層91、92、93の少なくとも一部を構成する材料とは、同じである。具体的には、光反射層50を構成する材料と、応力調整層91、92、93を構成する材料とは、同じである。より具体的には、光反射層50及び応力調整層91、92、93をアルミニウム（Al）から構成している。応力調整層91と上層支持層42との界面及び下層支持層41との界面には、TiNから成る第1下地層（第1中間層）94が形成されている。第1下地層94もアルミニウム層に対するバリア層としても機能する。また、光反射層50の厚さと、応力調整層の厚さとは、同じ（実質的に同じ）である。更には、光反射層の構成（光反射層50及び第2下地層51）と、応力調整層の構成（応力調整層91、92、93と第1下地層94）とは、光反射層50と応力調整層91、92、93との間に存在する層（実施例1においては、下層支持層41及び上層支持層42、実施例2においては、後述する上層支持層B（42b）、実施例3においては、上層支持層42）に対して対称である。

[0048] 〈表1〉

	材料	ヤング率	ポアソン比	線膨張係数
成膜温度				
光反射層	Al	85	0.3	23
50				
第2下地層	TiN	520	0.3	9.4

100				
上層支持層	α -Si	138	0.3	3.6
50				
下層支持層	α -Si	138	0.3	3.6
50				
第1下地層	TiN	520	0.3	9.4
100				
応力調整層	Al	85	0.3	23
50				
ヒンジ部	TiAlN	209	0.3	9.5
50				
支持部	α -Si	138	0.3	3.6

[0049] 〈表2〉（実施例1）

	厚さ (nm)
光反射層50	80
第2下地層51	15
上層支持層42	215
下層支持層41	200
第1下地層94	15
応力調整層91	80
ヒンジ部30	50

[0050] 〈表3〉（実施例2）

	厚さ (nm)
光反射層50	80
第2下地層51	15
上層支持層B (42b)	107.5
第1b下地層94b	15
応力調整層92	80

第1 a 下地層 9 4 a	1 5
上層支持層 A (4 2 a)	1 0 7. 5
下層支持層 4 1	2 0 0
ヒンジ部 3 0	5 0

[0051] 〈表4〉 (実施例3)

	厚さ (nm)
光反射層 5 0	8 0
第2 下地層 5 1	1 5
上層支持層 4 2	2 1 5
第1 b 下地層 9 4 b	1 5
応力調整層 9 3	8 0
第1 a 下地層 9 4 a	1 5
下層支持層 4 1	2 0 0
ヒンジ部 3 0	5 0

[0052] 比較例1の光反射素子における上層支持層4 2と下層支持層4 1の合計厚さを T_0 ($= 4 1 5 \text{ nm}$)とする。実施例1、実施例2及び実施例3実施例3の光反射素子1 0 A, 1 0 B, 1 0 Cにおける第2下地層5 1と上層支持層4 2との界面から応力調整層9 1, 9 2, 9 3の主たる領域までの距離を T_1 , T_2 , T_3 とする。 T_1 , T_2 , T_3 の値を T_0 の値で除した値 (以下、『厚さ割合 T 』と呼ぶ)を、以下の表5に示す。

[0053] 〈表5〉 (厚さ割合 T)

$$T_1 / T_0 = 1. 0 0 (= 4 1 5 / 4 1 5)$$

$$T_2 / T_0 = 0. 2 6 (= 1 0 7. 5 / 4 1 5)$$

$$T_3 / T_0 = 0. 5 2 (= 2 1 5 / 4 1 5)$$

[0054] 比較例1の光反射素子を試作し、反り量を求めた。光反射素子の構成材料に生じた応力差に起因して光反射素子に反りが生じるが、光反射素子が円弧状に反ったと仮定したときの反りの曲率半径を R 、弦長を D としたとき、反り量 (即ち、矢高) h は、

$$h = R [1 - \{1 - (D/2R)^2\}^{1/2}] = D^2/8R$$

で表すことができる。温度 25 ° C（室温）における実施例 1 の変形例の光反射素子の反り量 h を求めた結果、図 25 に示すように、反り量 h は 15 nm であった。尚、図 25 の横軸は、後述する X 軸及び Y 軸に沿った位置（単位：μm）を示し、縦軸は反り量（単位：nm）を示し、X 軸及び Y 軸に沿った反り量の凹凸の曲線はプロファイルを示しており、これらのプロファイルをフィッティングした滑らかな曲線も併せて示す。

[0055] 実施例 1 の変形例の光反射素子は、第 2 構成の光反射素子から構成されている。実施例 1 の変形例の光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図を図 21 に示し、図 21 A の矢印 A-A に沿った実施例 1 の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の模式的な端面図を図 21 B に示し、図 21 A の矢印 B-B 及び矢印 C-C に沿った実施例 1 の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の模式的な端面図を図 22 A 及び図 22 B に示す。尚、図 22 A には上層支持層 42 も図示しており、図 22 B には上層支持層 42、第 2 下地層 51 及び光反射層 50 も図示している。

[0056] 実施例 1 の変形の光反射素子においても、凹部 41 D は、第 1 可動片 35 A と第 2 可動片 35 B との間に位置する空間 35 D と対向した支持層の部分に設けられている。但し、下層支持層 41 は、第 1 下層支持層 41 A 及び第 2 下層支持層 41 B から構成されており、第 3 下層支持層は形成されていない。即ち、実施例 1 の変形の光反射素子において、

支持層は、下層支持層 41 及び上層支持層 42 の 2 層構造を有し、

下層支持層 41 は、第 1 下層支持層 41 A 及び第 2 下層支持層 41 B から構成されており、

第 1 下層支持層 41 A は第 1 可動片 35 A 上に形成されており、

第 2 下層支持層 41 B は第 2 可動片 35 B 上に形成されており、

第 1 延在部 34 A の上、第 2 延在部 34 B の上、及び、第 1 延在部 34 A と第 2 延在部 34 B との間に位置するトーションバー部 31 の部分 33 の上に互り、下層支持層 41 は形成されていない。第 1 延在部 34 A、第 2 延在

部 3 4 B 及び トーションバー部 3 1 の部分 3 3 の上方には、凹部 4 1 D と連通した第 2 の凹部 4 1 E が存在する。以上の点を除き、実施例 1 の変形の光反射素子の構成、構造は、実施例 1 の光反射素子の構成、構造と同じである。

[0057] 図 2 1 A の矢印 B - B 及び矢印 C - C に沿ったと同様の比較例 1 の光反射素子を構成する光反射層等の模式的な端面図を、それぞれ、図 2 3 A 及び図 2 3 B に示す。比較例 1 の光反射素子は、第 1 下地層 9 4 及び応力調整層 9 1 が形成されていない点を除き、実施例 1 の変形例の光反射素子の構成、構造と同じである。

[0058] 図 2 に示す α 領域、 β 領域、 γ 領域及び δ 領域における実施例 1 の光反射素子の各層の構成、並びに、図 2 1 A に示す α 領域、 β' 領域、 γ 領域及び δ 領域における実施例 1 の変形の光反射素子の各層の構成を以下の表 6 に示す。尚、図 2 及び図 2 1 A において、これらの領域を黒く塗りつぶした菱形で示す。

[0059]

〈表6〉

(α領域)

	実施例1の光反射素子	実施例1の変形の光反射素子
光反射層50	有り	有り
第2下地層51	有り	有り
上層支持層42	有り	有り
下層支持層41	有り	有り
第1下地層94	有り	有り
応力調整層91	有り	有り
ヒンジ部30	有り	有り

(β領域／β'領域)

	実施例1の光反射素子	実施例1の変形の光反射素子
光反射層50	有り	有り
第2下地層51	有り	有り
上層支持層42	有り	有り
下層支持層41	有り	無し
第1下地層94	有り	有り
応力調整層91	有り	有り
ヒンジ部30	有り	有り

(γ領域)

	実施例1の光反射素子	実施例1の変形の光反射素子
光反射層50	有り	有り
第2下地層51	有り	有り
上層支持層42	有り	有り
第1下地層94	有り	有り
応力調整層91	有り	有り
下層支持層41	無し	無し
ヒンジ部30	有り	有り

(δ領域)

	実施例1の光反射素子	実施例1の変形の光反射素子
光反射層50	有り	有り
第2下地層51	有り	有り
上層支持層42	有り	有り
第1下地層94	有り	有り
応力調整層91	有り	有り
下層支持層41	無し	無し
ヒンジ部30	無し	無し

[0060] 光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器において、アレイ状に配列された光反射素子からの光には回折現象が発生する。図28は、曲率半径 $R = 10 \mu\text{m}$ 、 $R = 20 \mu\text{m}$ 、 $R = 30 \mu\text{m}$ としたときの、回折光発生シミュレーション結果を示す図である。図28から、曲率半径 R が小さい

ほど、即ち、反り量が大きいほど、回折光は広い範囲にピークを有する。その結果、所定の光反射方向の光反射効率が低下する。図29A及び図29Bから、光反射効率が10%低下する場合の曲率半径Rの値は100 μ mであり、これは、反り量 $h=20$ nmに相当する。言い換えれば、空間光変調器において、光反射素子に20nmの反りが発生すると、光反射効率は10%低下する。

[0061] 実施例1の光反射素子10A、後述する実施例2～実施例3の光反射素子10B、10C及び比較例1の反り量をシミュレーションによって求めた。温度を22°Cから-20°Cに変化させ、次いで、-20°Cから80°Cに変化させたとき、80°Cにおける反り量と-20°Cにおける反り量の差(Δ_Y)を求めた結果を、以下の表7に示す。反り量は、図3のY軸に沿った反り量であり、光反射層50の中心「O」を基準とした点 Y_0 における反り量である。併せて、図3のX軸に沿った反り量であって、点 X_0 を基準とした光反射層50の中心「O」における反り量の差(Δ_X)も、表7に示す。X軸は、2つの支持部21の中心を結び、光反射層50の中心「O」を通る直線であり、Y軸は、光反射層50の中心「O」を通り、X軸と直交し、基体20の表面と平行な直線であり、Z軸は、光反射層50の中心「O」を通り、X軸及びY軸と直交する直線である。

[0062] 〈表7〉

	Δ_Y (nm)	Δ_X (nm)	
実施例1	0.40	0.65	$T_1/T_0=1.00$
実施例2	7.31	5.99	$T_2/T_0=0.26$
実施例3	2.11	3.13	$T_3/T_0=0.52$
比較例1	11.6	9.15	

[0063] 比較例1よりも実施例1、実施例2及び実施例3の方が反り量が少なくなっていることが判る。特に、実施例1及び実施例3の光反射素子は、劇的に反りが改善されている。また、実施例2、実施例3、実施例1の順で反り量は小さくなっているが、反り量の減少と厚さ割合Tの値との間に相関が認め

られる。即ち、光反射層 50 と応力調整層との間の距離が長いほど（光反射層 50 と応力調整層との間に存在する層の厚さが厚いほど）、応力調整層の存在による反り量の低減を図ることができる。光反射層 50 と応力調整層との間の距離に相当する厚さ割合 T と反りの比率（比較例 1 の結果によって実施例 1、実施例 2、実施例 3 の光反射素子における反り量を規格化した値）との関係を、図 26 のグラフに示す。

[0064] 例えば、特開 2011-242522 号公報には、応力制御層と反射層とが積層されたマイクロミラー装置が開示されており、応力制御層を設けることでミラー部の剛性を高めることができるとされている。しかしながら、上記の議論から、応力制御層と反射層とが積層されたのでは（即ち、厚さ割合 $T=0$ では）、光反射素子における反り低減効果は少ないし、本開示における応力調整層は、圧縮応力を有する膜と引張応力を有する膜を積層することで剛性を高めることを目的としており、応力のバランスによる反りの矯正を目的としたものではない。また、特開 2002-267996 号公報には、ミラー基板の一方の面にミラー面が形成され、ミラー基板の他方の面に圧縮応力を有する金属薄膜が形成された光走査装置が開示されている。しかしながら、ミラー基板の他方の面に（即ち、本開示の光反射素子のヒンジ部の基体との対向面に）、金属薄膜（本開示の光反射素子における応力調整層）を設けるのでは、トーションバー部の厚さが厚くなるし、トーションバー部に応力がかかり、捻じれ動作の妨げとなり、光反射素子としての機能が低下してしまう。

[0065] 実施例 1 の光反射素子 10A において、応力調整層 91 の膜厚を変えた場合の反りの影響を検証した。具体的には、応力調整層 91 の膜厚を 80 nm（実施例 1A）、40 nm（実施例 1B）と変えた場合、0 nm（比較例 1A）とした場合、及び、比較例 1 の光反射素子において、温度 -20°C と 80°C における合成膜応力と反り量との関係を、以下の表 9 に示す。尚、実施例 1A、実施例 1B 及び比較例 1A においては、厚さ 15 nm の TiN から成る第 1 下地層 94 が形成されている。

[0066] 式（１）で表される合成膜応力とは、応力調整層又は光反射層を構成する各層の膜応力に、応力調整層又は光反射層の膜厚比を乗じた値の総和をとったものである。

$$\text{合成膜応力} = \sum \text{膜応力} \times \text{膜厚比} \quad (1)$$

ここで、『膜厚比』とは、（応力調整層又は光反射層を構成する各層の厚さ）／（支持層４１，４２の総厚）で表され、実施例１においては、（各層の厚さ）／４１５で表される。また、膜応力 σ は、表８の物性値に従い、各層を構成する材料のヤング率 E と、線膨張係数 α と、成膜温度と最高温度仕様値あるいは最低温度仕様値との温度差 ΔT とを用いて、式（２）から導出した値である。

$$\sigma = -E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

尚、表８中、『膜応力１』（単位：MPa）は、最低温度仕様値（−２０℃）における膜応力であり、『膜応力２』（単位：MPa）は、最高温度仕様値（８０℃）における膜応力である。

[0067] 基体の表面をXY平面としたとき、光反射層５０のXY平面に平行な面において生じる応力（合成膜応力であり、以下においても同様）の内、最高温度仕様値における応力を σ_{11} 、最低温度仕様値における応力を σ_{12} とし、応力調整層９１のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{12} 、最低温度仕様値における応力を σ_{22} とする。尚、実施例１にあっては、最高温度仕様値を８０℃、最低温度仕様値を−２０℃とした。

[0068] 〈表８〉

	材料	ヤング率	線膨張係数	成膜温度	膜応力１
膜応力２					
光反射層	A l	85	23	50	137
−59					
第２下地層	T i N	520	9. 4	100	583

応力調整層	A l	85	23	50	137
-59					
第 1 下地層	T i N	520	9. 4	100	583
97					

[0069] 〈表 9〉

	実施例 1 A	実施例 1 B	比較例 1 A	比較例 1
σ_{11}	-7.78	-7.78	-7.78	-7.78
σ_{12}	47.4	47.4	47.4	47.4
σ_{21}	-7.78	-2.13	3.51	---
σ_{22}	47.4	34.3	21.1	---
$\Delta_x(\text{nm})$	0.65	2.43	5.77	9.15
$\Delta_y(\text{nm})$	0.40	3.67	7.88	11.6

[0070] 表 9 から判るように、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とが同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とが同じであるとき、光反射層に発生する応力と応力調整層に発生する応力とを相殺することができるので、反りを低減することができる。また、実施例 1 A 及び実施例 1 B から、光反射層の合成膜応力の値と応力調整層の合成膜応力の値とを近づけるほど、反りの低減効果は大きいことが判る。比較例 1 A の σ_{11} 、 σ_{21} の場合のように、光反射層と応力調整層の合成膜応力の符号が異なる場合、光反射素子には曲げモーメントが発生し、光反射素子の反りが増加する。以上から、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とは同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とは同じであることが好ましく、更には、 σ_{11} の値と σ_{21} の値を近づけ、 σ_{12} の値と σ_{22} の値を近づけることが一層好ましい。

[0071] 以上のとおり、本開示の光反射素子にあっては、支持層に、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられているので、反りが発生し難い光反射素子、及び、係る光反射素子を複数備えた空間光変調器を提供することができる。それ故、オン制御時の光反射効率の向上、オフ制御時の迷光の減少を図ることができる結果、コントラスト比の向上を達成することができる。

[0072] しかも、光反射素子の光反射層を構成する各層の熱膨張率差に起因した応力を応力調整層で相殺することができる結果、光反射素子を構成する各層の高剛性化を図る必要がなく、光反射素子の動作レスポンスの悪化に繋がる光反射素子を構成する各層の厚膜化をせずに済む。また、例えば、光反射素子の製造において、光反射層と同じ材料から成る応力調整層の形成を追加するだけでよいので、新たに設備導入を行う必要がなく、製造コストの低減を図ることができる。

[0073] 加えて、支持層は第1可動片上から第2可動片上に互り形成されており、少なくとも、第1可動片と第2可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられているので、可動片の先端を容易に駆動（上下動）させることができるし、可動部分の一層の軽量化を図ることができる一方、光反射素子に高い剛性を付与することができる結果、反りが一層発生し難い光反射素子、及び、係る光反射素子を複数備えた空間光変調器を提供することができる。しかも、第1延在部の上から第2延在部の上に互り2層構造の支持層が形成されているので、光反射素子に一層高い剛性を付与することができる。また、光反射層の下方に支持部が設けられているので、光反射層の面積の増加、光反射層のフィルファクターの増加を図ることができる。

実施例 2

[0074] 実施例2は実施例1の変形である。実施例2の光反射素子において、実施例2の光反射素子において、図3の矢印G-Gに沿ったと同様の模式的な端面図及び図3の矢印H-Hに沿った同様の模式的な断面図を図9A及び図9Bに示し、図3の矢印J-Jに沿ったと同様の模式的な端面図及び図3の矢印K-Kに沿った同様の模式的な断面図を図10A及び図10Bに示す。実施例2の光反射素子10Bにおいて、応力調整層92は、上層支持層42の内部に設けられている。具体的には、上層支持層42は、上層支持層A（42a）及び上層支持層B（42b）の2層構造を有し、上層支持層A（42a）と上層支持層B（42b）との間に応力調整層92が設けられているし、下層支持層A（42a）と応力調整層92との間に第1a下地層94aが

形成されているし、上層支持層 B（4 2 b）と応力調整層 9 2 との間に第 1 b 下地層 9 4 b が形成されている。以上の点を除き、実施例 2 の光反射素子の構成、構造は、実施例 1 の光反射素子の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

実施例 3

[0075] 実施例 3 も実施例 1 の変形である。実施例 3 の光反射素子において、図 3 の矢印 G－G に沿ったと同様の模式的な端面図及び図 3 の矢印 H－H に沿った同様の模式的な断面図を図 1 1 A 及び図 1 1 B に示し、図 3 の矢印 J－J に沿ったと同様の模式的な端面図及び図 3 の矢印 K－K に沿った同様の模式的な断面図を図 1 2 A 及び図 1 2 B に示す。実施例 3 の光反射素子 1 0 C において、応力調整層 9 3 は、基体 2 0 と対向する上層支持層 4 2 の下面の露出面 4 2' から、下層支持層 4 1 と上層支持層 4 2 の界面 4 2'' に亙り設けられているし、下層支持層 4 1 と応力調整層 9 3 との間に第 1 a 下地層 9 4 a が形成されているし、上層支持層 4 2 と応力調整層 9 3 との間に第 1 b 下地層 9 4 b が形成されている。以上の点を除き、実施例 3 の光反射素子の構成、構造は、実施例 1 の光反射素子の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

実施例 4

[0076] 実施例 4 は、実施例 1 ～実施例 3 の変形であり、第 3 構成の光反射素子に関する。実施例 4 の光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図を図 1 3 に示し、上層支持層の模式的な平面図を図 1 4 に示し、図 1 4 の矢印 L－L に沿った模式的な断面図を図 1 5 に示す。光反射素子を構成する支持部 2 1 及びヒンジ部 3 0 の模式的な平面図は図 1 A と同じである。尚、図 1 4 においては、可動片の図示を省略している。

[0077] 実施例 4 の光反射素子 1 0 D において、

支持層は、下層支持層 7 1 及び上層支持層 7 2 の 2 層構造を有し、

下層支持層 7 1 は、第 1 A 下層支持層 7 7 A、第 1 B 下層支持層 7 8 A 及び第 1 C 下層支持層 7 9 A、第 2 A 下層支持層 7 7 B、第 2 B 下層支持層 7

８Ｂ及び第２Ｃ下層支持層７９Ｂ、並びに、第３下層支持層７７Ｃから構成されており、

第１Ａ下層支持層７７Ａは、第１可動片３５Ａ上に形成されており、

第１Ｂ下層支持層７８Ａ及び第１Ｃ下層支持層７９Ａは、第１Ａ下層支持層７７Ａの側部と離間して、第１Ａ下層支持層７７Ａを挟んで、第１可動片３５Ａ上に形成されており、

第２Ａ下層支持層７７Ｂは、第２可動片３５Ｂ上に形成されており、

第２Ｂ下層支持層７８Ｂ及び第２Ｃ下層支持層７９Ｂは、第２Ａ下層支持層７７Ｂの側部と離間して、第２Ａ下層支持層７７Ｂを挟んで、第２可動片３５Ｂ上に形成されており、

第１Ａ下層支持層７７Ａと第２Ａ下層支持層７７Ｂとの間には、第１延在部３４Ａ、第２延在部３４Ｂ、及び、第１延在部３４Ａと第２延在部３４Ｂとの間に位置するトーションバー部３１の部分３３が位置しており、

第３下層支持層７７Ｃは、第１延在部３４Ａ上、第２延在部３４Ｂ上、及び、第１延在部３４Ａと第２延在部３４Ｂとの間に位置するトーションバー部３１の部分３３の上に形成されており、

上層支持層７２は、第３下層支持層７７Ｃ上を含む第１下層支持層７７Ａから第２下層支持層７７Ｂの上に互り形成されている。

[0078] 具体的には、上層支持層７２は、第３下層支持層７７Ｃの上に形成され、且つ、第１Ｂ下層支持層７８Ａから第１Ｃ下層支持層７９Ａに互り形成され、且つ、第２Ｂ下層支持層７８Ｂから第２Ｃ下層支持層７９Ｂに互り形成され、且つ、第１Ｂ下層支持層７８Ａと第２Ｂ下層支持層７９Ａと第３下層支持層７７Ｃとによって囲まれた空間（凹部７１Ｄ）の上方に形成され、且つ、第１Ｃ下層支持層７９Ａと第２Ｃ下層支持層７９Ｂと第３下層支持層７７Ｃとによって囲まれた空間（凹部７１Ｄ）の上方に形成されている。第１可動片３５Ａ及び第２可動片３５Ｂのそれぞれと対向する上層支持層の領域、即ち、第１可動片３５Ａの上方の領域を占める第１上層支持層、第２可動片３５Ｂの上方の領域を占める第２上層支持層を、参照番号７２Ａ、７２Ｂで

表し、第1上層支持層72Aから第2上層支持層72Bに互り形成された上層支持層の領域（第3上層支持層）を、参照番号72Cで表す。また、凹部71Dの上方に位置する上層支持層の領域を、参照番号72Dで示す。

[0079] 第1B下層支持層78Aと第1A下層支持層77Aの側部との間の領域には隙間76Aが存在し、第1C下層支持層79Aと第1A下層支持層77Aの側部との間の領域には隙間76A'が存在する。第2B下層支持層78Bと第2A下層支持層77Bの側部との間の領域には隙間76Bが存在し、第2C下層支持層79Bと第2A下層支持層77Bの側部との間の領域には隙間76B'が存在する。

[0080] 上層支持層72は、より具体的には、図14に示すように、

- [1] 第1A下層支持層77Aの上、
- [2] 第1B下層支持層78Aの上、
- [3] 第1C下層支持層79Aの上、
- [4] 第2A下層支持層77Bの上、
- [5] 第2B下層支持層78Bの上、及び、
- [6] 第2C下層支持層79Bの上、

に形成されている。更には、上層支持層72は、

- [A] 第1A下層支持層77Aから第1B下層支持層78Aに互り、
 - [B] 第1A下層支持層77Aから第1C下層支持層79Aに互り、
 - [C] 第2A下層支持層77Bから第2B下層支持層78Bに互り、
 - [D] 第2A下層支持層77Bから第2C下層支持層79Bに互り、
 - [E] 第1A下層支持層77Aから第2A下層支持層77Bに互り、
 - [F] 第1B下層支持層78Aから第2B下層支持層78Bに互り、
 - [G] 第1C下層支持層79Aから第2C下層支持層79Bに互り、
 - [H] 隙間76Aの上方の領域から隙間76Bの上方の領域に互り、及び、
 - [I] 隙間76A'の上方の領域から隙間76B'の上方の領域に互り、
- 形成されている。

[0081] 尚、支持層は、下層支持層71及び上層支持層72の2層構造を有してい

るが、実施例４の光反射素子の製造時、下層支持層７１及び上層支持層７２を同時に形成することができるので、下層支持層７１と上層支持層７２とを峻別できない場合がある。他の実施例においても、同様である。図１５においては、下層支持層７１及び上層支持層７２を纏めて支持層７０で図示している。

[0082] 以上の点を除き、実施例４の光反射素子の構成、構造は、実施例１～実施例３において説明した光反射素子の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。実施例４によれば、実施例１において説明した効果だけでなく、隙間７６Ａ、７６Ａ'、７６Ｂ、７６Ｂ'が設けられているので、光反射素子の製造時、犠牲層を除去し易くなり、製造プロセスの安定化、製造歩留りの向上を図ることができる。また、支持層の質量を減少させることができるので、支持層の慣性力が小さくなり、光反射素子の動作応答性を向上させることができる。

実施例 5

[0083] 実施例５は実施例１～実施例４の変形である。実施例５の光反射素子（実施例１の変形）１０Ｅを構成する支持部２１及びヒンジ部３０の模式的な平面図を図１６Ａに示し、下層支持層の模式的な平面図を図１６Ｂに示し、光反射素子１０Ｅを構成する上層支持層の模式的な平面図を図１７に示し、図１６Ａの矢印Ａ－Ａに沿った模式的な端面図を図１８Ａに示し、図１７の矢印Ｃ－Ｃに沿った模式的な端面図を図１８Ｂに示し、図１７の矢印Ｇ－Ｇに沿った模式的な端面図（図３の矢印Ｇ－Ｇに沿ったと同様の模式的な端面図であり、図１７に示した光反射素子１０Ｅを構成する上層支持層４２の上に下地層５１及び光反射層５０を形成した状態の模式的な端面図）を図１８Ｃに示す。また、実施例５の変形例（実施例４の変形）１０Ｆの光反射素子を構成する下層支持層の模式的な平面図を図１９に示し、実施例５の変形例の光反射素子１０Ｆを構成する上層支持層の模式的な平面図を図２０に示す。尚、図１７及び図２０においては、可動片の図示を省略している。

[0084] 実施例５の光反射素子１０Ｅ、１０Ｆにあつては、実施例１～実施例４と

異なり、トーションバー部 31 の一端が支持部 21 に固定されている。即ち、1つの支持部 21 が設けられており、実施例 5 の光反射素子 10E, 10F は、片持ち梁構造を有する。この点を除き、実施例 5 の光反射素子 10E, 10F の構成、構造は、実施例 1 ～実施例 4 において説明した光反射素子 10A, 10B, 10C, 10D の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

[0085] 以上、本開示を好ましい実施例に基づき説明したが、本開示はこれらの実施例に限定するものではない。実施例において説明した光反射素子及び空間光変調器の構成、構造、各部の形状、使用した材料、製造方法は例示であり、適宜変更することができる。実施例 1 の別の変形例の光反射素子を構成する下層支持層等の図 8A と同様の模式的な断面図を図 24 に示すように、可動片の先端の下方に位置する基体 20 の領域にストッパ 81 を設け、可動片 35A, 35B の先端の過度の上下動を制限してもよい。

[0086] 尚、本開示は、以下のような構成を取ることもできる。

[A01] 《光反射素子》

基体上に設けられた支持部、並びに、ヒンジ部及び光反射部から成り、
光反射部は、支持層、及び、支持層上に形成された光反射層から成り、
ヒンジ部は、トーションバー部、トーションバー部の一方の側部の一部から延びる第 1 延在部、第 1 延在部の端部から延びる第 1 可動片、トーションバー部の他方の側部の一部から延びる第 2 延在部、及び、第 2 延在部の端部から延びる第 2 可動片から成り、

トーションバー部の端部は支持部に固定されており、

トーションバー部の軸線を中心として、ヒンジ部は捩れ変形可能であり、

支持層は、第 1 可動片上から第 2 可動片上に互り形成されており、

少なくとも、第 1 可動片と第 2 可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられており、

支持層には、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられている光反射素子。

〔A02〕支持層は、下層支持層及び上層支持層の２層構造を有し、

下層支持層は、第１下層支持層、第２下層支持層、及び、第３下層支持層から構成されており、

第１下層支持層は第１可動片上に形成されており、

第２下層支持層は第２可動片上に形成されており、

第３下層支持層は、第１延在部上、第２延在部上、及び、第１延在部と第２延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第３下層支持層上を含む第１下層支持層から第２下層支持層の上に互り形成されている〔A01〕に記載の光反射素子。

〔A03〕上層支持層は、第１下層支持層、第３下層支持層及び第２下層支持層の上、並びに、第１下層支持層と第２下層支持層と第３下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている〔A02〕に記載の光反射素子。

〔A04〕支持層は、下層支持層及び上層支持層の２層構造を有し、

下層支持層は、第１下層支持層及び第２下層支持層から構成されており、

第１下層支持層は第１可動片上に形成されており、

第２下層支持層は第２可動片上に形成されており、

第１延在部上、第２延在部上、及び、第１延在部と第２延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り、下層支持層は形成されていない〔A01〕に記載の光反射素子。

〔A05〕第１延在部上、第２延在部上、及び、第１延在部と第２延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り存在する空間は、凹部に連通している〔A04〕に記載の光反射素子。

〔A06〕支持層は、下層支持層及び上層支持層の２層構造を有し、

下層支持層は、第１Ａ下層支持層、第１Ｂ下層支持層及び第１Ｃ下層支持層、第２Ａ下層支持層、第２Ｂ下層支持層及び第２Ｃ下層支持層、並びに、第３下層支持層から構成されており、

第１Ａ下層支持層は、第１可動片上に形成されており、

第1 B下層支持層及び第1 C下層支持層は、第1 A下層支持層の側部と離間して、第1 A下層支持層を挟んで、第1可動片上に形成されており、

第2 A下層支持層は、第2可動片上に形成されており、

第2 B下層支持層及び第2 C下層支持層は、第2 A下層支持層の側部と離間して、第2 A下層支持層を挟んで、第2可動片上に形成されており、

第1 A下層支持層と第2 A下層支持層との間には、第1延在部、第2延在部、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分が位置しており、

第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている[A01]に記載の光反射素子。

[A07] 上層支持層は、第3下層支持層の上に形成され、且つ、第1 B下層支持層から第1 C下層支持層に互り形成され、且つ、第2 B下層支持層から第2 C下層支持層に互り形成され、且つ、第1 B下層支持層と第2 B下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成され、且つ、第1 C下層支持層と第2 C下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている[A06]に記載の光反射素子。

[A08] 凹部は、支持層の基体側の面に設けられている[A01]乃至[A07]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A09] 応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、基体と対向する下層支持層の下面に互り設けられている[A01]乃至[A08]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A10] 応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、下層支持層と上層支持層の界面に互り設けられている[A01]乃至[A08]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A11] 応力調整層は、上層支持層の内部に設けられている[A01]乃至[A08]のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 2〕光反射層の少なくとも一部を構成する材料と、応力調整層の少なくとも一部を構成する材料とは、同じである〔A 0 1〕乃至〔A 1 1〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 3〕光反射層を構成する材料と応力調整層を構成する材料とは同じである〔A 1 2〕に記載の光反射素子。

〔A 1 4〕光反射層の厚さと、応力調整層の厚さとは、同じである〔A 0 1〕乃至〔A 1 3〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 5〕光反射層の構成と、応力調整層の構成とは、光反射層と応力調整層との間に存在する層に対して対称である〔A 0 1〕乃至〔A 1 4〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 6〕基体の表面をXY平面としたとき、光反射層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{11} 、最低温度仕様値における応力を σ_{12} とし、応力調整層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{21} 、最低温度仕様値における応力を σ_{22} としたとき、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とは同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とは同じである〔A 0 1〕乃至〔A 1 5〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 7〕トーションバー部の両端が支持部に固定されており、又は、トーションバー部の一端が支持部に固定されている〔A 0 1〕乃至〔A 1 6〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 8〕第1延在部と第2延在部とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されており、

第1可動片と第2可動片とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されている〔A 0 1〕乃至〔A 1 7〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 1 9〕光反射部は支持部を覆っている〔A 0 1〕乃至〔A 1 8〕のいずれか1項に記載の光反射素子。

〔A 2 0〕第1可動片及び第2可動片のそれぞれと対向する基体の部分には

、トーションバー部の軸線を中心としてヒンジ部を捩れ変形させるための電極が設けられている〔A 0 1〕乃至〔A 1 9〕のいずれか 1 項に記載の光反射素子。

〔A 2 1〕可動片の先端の下方に位置する基体の領域にはストッパが設けられている〔A 0 1〕乃至〔A 2 0〕のいずれか 1 項に記載に光反射素子。

〔B 0 1〕《空間光変調器》

光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器であって、

各光反射素子は、

基体上に設けられた支持部、並びに、ヒンジ部及び光反射部から成り、

光反射部は、支持層、及び、支持層上に形成された光反射層から成り、

ヒンジ部は、トーションバー部、トーションバー部の一方の側部の一部から延びる第 1 延在部、第 1 延在部の端部から延びる第 1 可動片、トーションバー部の他方の側部の一部から延びる第 2 延在部、及び、第 2 延在部の端部から延びる第 2 可動片から成り、

トーションバー部の端部は支持部に固定されており、

トーションバー部の軸線を中心として、ヒンジ部は捩れ変形可能であり、

支持層は、第 1 可動片上から第 2 可動片上に互り形成されており、

少なくとも、第 1 可動片と第 2 可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられており、

支持層には、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられている空間光変調器。

〔B 0 2〕各光反射素子において、

支持層は、下層支持層及び上層支持層の 2 層構造を有し、

下層支持層は、第 1 下層支持層、第 2 下層支持層、及び、第 3 下層支持層から構成されており、

第 1 下層支持層は第 1 可動片上に形成されており、

第 2 下層支持層は第 2 可動片上に形成されており、

第 3 下層支持層は、第 1 延在部上、第 2 延在部上、及び、第 1 延在部と第

2 延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている〔B01〕に記載の空間光変調器。

〔B03〕各光反射素子において、上層支持層は、第1下層支持層、第3下層支持層及び第2下層支持層の上、並びに、第1下層支持層と第2下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている〔B02〕に記載の空間光変調器。

〔B04〕各光反射素子において、

支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、

下層支持層は、第1下層支持層及び第2下層支持層から構成されており、

第1下層支持層は第1可動片上に形成されており、

第2下層支持層は第2可動片上に形成されており、

第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り、下層支持層は形成されていない〔B01〕に記載の空間光変調器。

〔B05〕各光反射素子において、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り存在する空間は、凹部に連通している〔B04〕に記載の空間光変調器。

〔B06〕各光反射素子において、

支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、

下層支持層は、第1A下層支持層、第1B下層支持層及び第1C下層支持層、第2A下層支持層、第2B下層支持層及び第2C下層支持層、並びに、第3下層支持層から構成されており、

第1A下層支持層は、第1可動片上に形成されており、

第1B下層支持層及び第1C下層支持層は、第1A下層支持層の側部と離間して、第1A下層支持層を挟んで、第1可動片上に形成されており、

第2A下層支持層は、第2可動片上に形成されており、

第2B下層支持層及び第2C下層支持層は、第2A下層支持層の側部と離

間して、第2 A下層支持層を挟んで、第2可動片上に形成されており、

第1 A下層支持層と第2 A下層支持層との間には、第1延在部、第2延在部、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分が位置しており、

第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている〔B 0 1〕に記載の空間光変調器。

〔B 0 7〕各光反射素子において、上層支持層は、第3下層支持層の上に形成され、且つ、第1 B下層支持層から第1 C下層支持層に互り形成され、且つ、第2 B下層支持層から第2 C下層支持層に互り形成され、且つ、第1 B下層支持層と第2 B下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成され、且つ、第1 C下層支持層と第2 C下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている〔B 0 6〕に記載の空間光変調器。

〔B 0 8〕各光反射素子において、凹部は、支持層の基体側の面に設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 0 7〕のいずれか1項に記載の空間光変調器。

〔B 0 9〕各光反射素子において、応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、基体と対向する下層支持層の下面に互り設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 0 8〕のいずれか1項に記載の空間光変調器。

〔B 1 0〕各光反射素子において、応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、下層支持層と上層支持層の界面に互り設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 0 8〕のいずれか1項に記載の空間光変調器。

〔B 1 1〕各光反射素子において、応力調整層は、上層支持層の内部に設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 0 8〕のいずれか1項に記載の空間光変調器。

〔B 1 2〕各光反射素子において、光反射層の少なくとも一部を構成する材料と、応力調整層の少なくとも一部を構成する材料とは、同じである〔B 0

1] 乃至 [B 1 1] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 3] 各光反射素子において、光反射層を構成する材料と応力調整層を構成する材料とは同じである [B 1 2] に記載の空間光変調器。

[B 1 4] 各光反射素子において、光反射層の厚さと、応力調整層の厚さとは、同じである [B 0 1] 乃至 [B 1 3] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 5] 各光反射素子において、光反射層の構成と、応力調整層の構成とは、光反射層と応力調整層との間に存在する層に対して対称である [B 0 1] 乃至 [B 1 4] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 6] 各光反射素子において、基体の表面を X Y 平面としたとき、光反射層の X Y 平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{11} 、最低温度仕様値における応力を σ_{12} とし、応力調整層の X Y 平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{21} 、最低温度仕様値における応力を σ_{22} としたとき、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とは同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とは同じである [B 0 1] 乃至 [B 1 5] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 7] 各光反射素子において、トーションバー部の両端が支持部に固定されており、又は、トーションバー部の一端が支持部に固定されている [B 0 1] 乃至 [B 1 6] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 8] 各光反射素子において、

第 1 延在部と第 2 延在部とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されており、

第 1 可動片と第 2 可動片とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されている [B 0 1] 乃至 [B 1 7] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 1 9] 各光反射素子において、光反射部は支持部を覆っている [B 0 1] 乃至 [B 1 8] のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

[B 2 0] 各光反射素子において、第 1 可動片及び第 2 可動片のそれぞれと

対向する基体の部分には、トーションバー部の軸線を中心としてヒンジ部を振れ変形させるための電極が設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 1 9〕のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

〔B 2 1〕各光反射素子において、可動片の先端の下方に位置する基体の領域にはストッパが設けられている〔B 0 1〕乃至〔B 2 0〕のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

符号の説明

[0087] 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D, 1 0 E, 1 0 F . . . 光反射素子、1 1 . . . 空間光変調器、1 2 . . . 光源、1 3 . . . 光学系（レンズ）、1 4 . . . スクリーン、2 0 . . . 基体、2 1 . . . 支持部、3 0 . . . ヒンジ部、3 1 . . . トーションバー部、3 2 A . . . トーションバー部の一部の一方の側部、3 2 B . . . トーションバー部の一部の他方の側部、3 3 . . . 第 1 延在部と第 2 延在部との間に位置するトーションバー部の部分、3 4 A . . . 第 1 延在部、3 4 B . . . 第 2 延在部、3 5 A . . . 第 1 可動片、3 5 B . . . 第 2 可動片、3 5 D, 3 5 E . . . 空間、4 0 . . . 光反射部、7 0 . . . 支持層、4 1, 7 1 . . . 下層支持層、4 1 A . . . 第 1 下層支持層、4 1 B . . . 第 2 下層支持層、4 1 C . . . 第 3 下層支持層、4 1 D . . . 凹部（空間）、4 1 E . . . 第 2 の凹部、7 1 D . . . 凹部（空間）、4 2, 7 2 . . . 上層支持層、4 2 A, 7 2 A . . . 第 1 上層支持層、4 2 B, 7 2 B . . . 第 2 上層支持層、4 2 C, 7 2 C . . . 第 3 上層支持層、4 2 D, 7 2 D . . . 凹部 4 1 D の上方に位置する上層支持層の領域、5 0 . . . 光反射層、5 1 . . . 第 2 下地層（第 2 中間層）、7 0 . . . 支持層、7 6 A . . . 第 1 B 下層支持層と第 1 A 下層支持層の側部との間の領域に存在する隙間、7 6 A' . . . 第 1 C 下層支持層と第 1 A 下層支持層の側部との間の領域に存在する隙間、7 6 B . . . 第 2 B 下層支持層と第 2 A 下層支持層の側部との間の領域に存在する隙間、7 6 B' . . . 第 2 C 下層支持層と第 2 A 下層支持層の側部との間の領域に存在する隙間、7 7 A . . . 第 1 A 下層支持層、7 8 B . . . 第 1 B 下層支持層、7 9 C . . . 第 1 C

下層支持層、77B・・・第2A下層支持層、78B・・・第2B下層支持層、79C・・・第2C下層支持層、80・・・電極、81・・・ストッパ、91, 92, 93・・・応力調整層、94, 94a, 94b・・・第1下地層（第1中間層）

請求の範囲

- [請求項1] 基体上に設けられた支持部、並びに、ヒンジ部及び光反射部から成り、
- 光反射部は、支持層、及び、支持層上に形成された光反射層から成り、
- ヒンジ部は、トーションバー部、トーションバー部の一方の側部の一部から延びる第1延在部、第1延在部の端部から延びる第1可動片、トーションバー部の他方の側部の一部から延びる第2延在部、及び、第2延在部の端部から延びる第2可動片から成り、
- トーションバー部の端部は支持部に固定されており、
- トーションバー部の軸線を中心として、ヒンジ部は振れ変形可能であり、
- 支持層は、第1可動片上から第2可動片上に互い形成されており、
- 少なくとも、第1可動片と第2可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられており、
- 支持層には、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられている光反射素子。
- [請求項2] 支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、
- 下層支持層は、第1下層支持層、第2下層支持層、及び、第3下層支持層から構成されており、
- 第1下層支持層は第1可動片上に形成されており、
- 第2下層支持層は第2可動片上に形成されており、
- 第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、
- 上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互い形成されている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項3] 上層支持層は、第1下層支持層、第3下層支持層及び第2下層支持

層の上、並びに、第1下層支持層と第2下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている請求項2に記載の光反射素子。

[請求項4] 支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、
 下層支持層は、第1下層支持層及び第2下層支持層から構成されており、
 第1下層支持層は第1可動片上に形成されており、
 第2下層支持層は第2可動片上に形成されており、
 第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り、下層支持層は形成されていない請求項1に記載の光反射素子。

[請求項5] 第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分の上に互り存在する空間は、凹部に連通している請求項4に記載の光反射素子。

[請求項6] 支持層は、下層支持層及び上層支持層の2層構造を有し、
 下層支持層は、第1A下層支持層、第1B下層支持層及び第1C下層支持層、第2A下層支持層、第2B下層支持層及び第2C下層支持層、並びに、第3下層支持層から構成されており、
 第1A下層支持層は、第1可動片上に形成されており、
 第1B下層支持層及び第1C下層支持層は、第1A下層支持層の側部と離間して、第1A下層支持層を挟んで、第1可動片上に形成されており、
 第2A下層支持層は、第2可動片上に形成されており、
 第2B下層支持層及び第2C下層支持層は、第2A下層支持層の側部と離間して、第2A下層支持層を挟んで、第2可動片上に形成されており、
 第1A下層支持層と第2A下層支持層との間には、第1延在部、第2延在部、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーショ

ンバー部の部分が位置しており、

第3下層支持層は、第1延在部上、第2延在部上、及び、第1延在部と第2延在部との間に位置するトーションバー部の部分上に形成されており、

上層支持層は、第3下層支持層上を含む第1下層支持層から第2下層支持層の上に互り形成されている請求項1に記載の光反射素子。

[請求項7] 上層支持層は、第3下層支持層の上に形成され、且つ、第1B下層支持層から第1C下層支持層に互り形成され、且つ、第2B下層支持層から第2C下層支持層に互り形成され、且つ、第1B下層支持層と第2B下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成され、且つ、第1C下層支持層と第2C下層支持層と第3下層支持層とによって囲まれた空間の上方に形成されている請求項6に記載の光反射素子。

[請求項8] 凹部は、支持層の基体側の面に設けられている請求項1に記載の光反射素子。

[請求項9] 応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、基体と対向する下層支持層の下面に互り設けられている請求項1に記載の光反射素子。

[請求項10] 応力調整層は、基体と対向する上層支持層の下面の露出面から、下層支持層と上層支持層の界面に互り設けられている請求項1に記載の光反射素子。

[請求項11] 応力調整層は、上層支持層の内部に設けられている請求項1に記載の光反射素子。

[請求項12] 光反射層の少なくとも一部を構成する材料と、応力調整層の少なくとも一部を構成する材料とは、同じである請求項1に記載の光反射素子。

[請求項13] 光反射層の厚さと、応力調整層の厚さとは、同じである請求項1に記載の光反射素子。

- [請求項14] 光反射層の構成と、応力調整層の構成とは、光反射層と応力調整層との間に存在する層に対して対称である請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項15] 基体の表面をXY平面としたとき、光反射層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{11} 、最低温度仕様値における応力を σ_{12} とし、応力調整層のXY平面に平行な面において生じる応力の内、最高温度仕様値における応力を σ_{21} 、最低温度仕様値における応力を σ_{22} としたとき、 σ_{11} の符号と σ_{21} の符号とは同じであり、 σ_{12} の符号と σ_{22} の符号とは同じである請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項16] トーションバー部の両端が支持部に固定されており、又は、トーションバー部の一端が支持部に固定されている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項17] 第1延在部と第2延在部とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されており、
第1可動片と第2可動片とは、トーションバー部の軸線を対称軸として線対称に配置されている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項18] 光反射部は支持部を覆っている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項19] 第1可動片及び第2可動片のそれぞれと対向する基体の部分には、トーションバー部の軸線を中心としてヒンジ部を捩れ変形させるための電極が設けられている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項20] 可動片の先端の下方に位置する基体の領域にはストッパが設けられている請求項1に記載の光反射素子。
- [請求項21] 光反射素子がアレイ状に配列されて成る空間光変調器であって、
各光反射素子は、
基体上に設けられた支持部、並びに、ヒンジ部及び光反射部から成り、
光反射部は、支持層、及び、支持層上に形成された光反射層から成

り、

ヒンジ部は、トーションバー部、トーションバー部の一方の側部の一部から延びる第1延在部、第1延在部の端部から延びる第1可動片、トーションバー部の他方の側部の一部から延びる第2延在部、及び、第2延在部の端部から延びる第2可動片から成り、

トーションバー部の端部は支持部に固定されており、

トーションバー部の軸線を中心として、ヒンジ部は捩れ変形可能であり、

支持層は、第1可動片上から第2可動片上に互り形成されており、

少なくとも、第1可動片と第2可動片との間に位置する空間と対向した支持層の部分には凹部が設けられており、

支持層には、光反射層と平行に、光反射層と離間して、応力調整層が設けられている空間光変調器。

[図1]

図 1 A

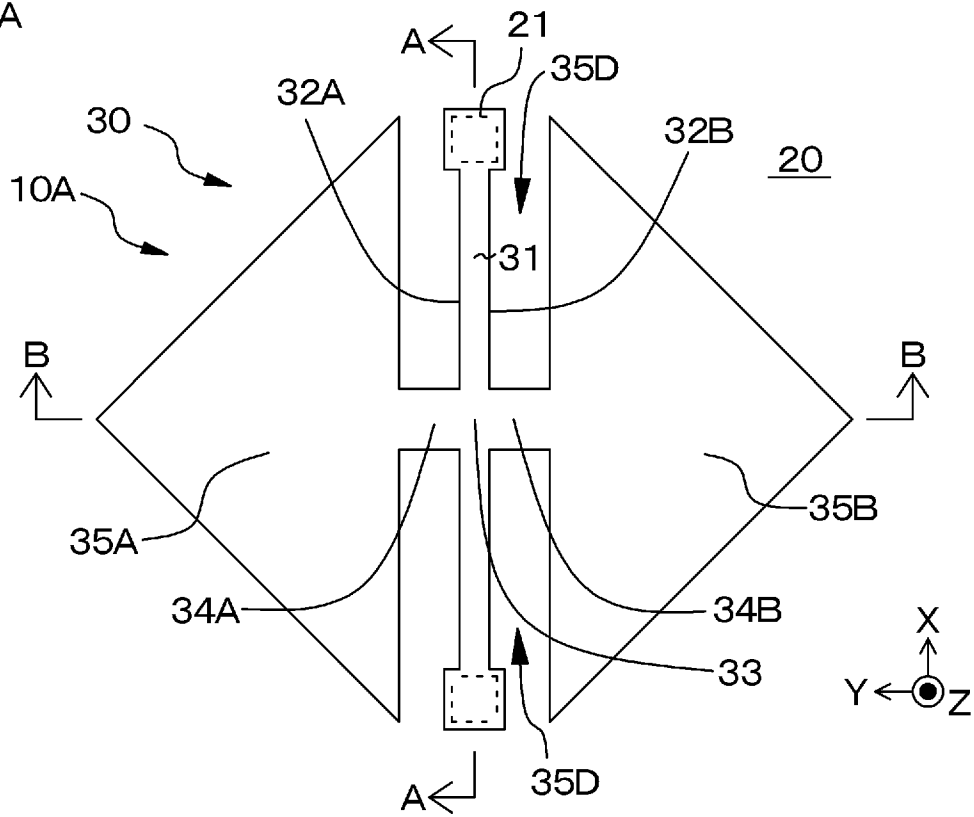
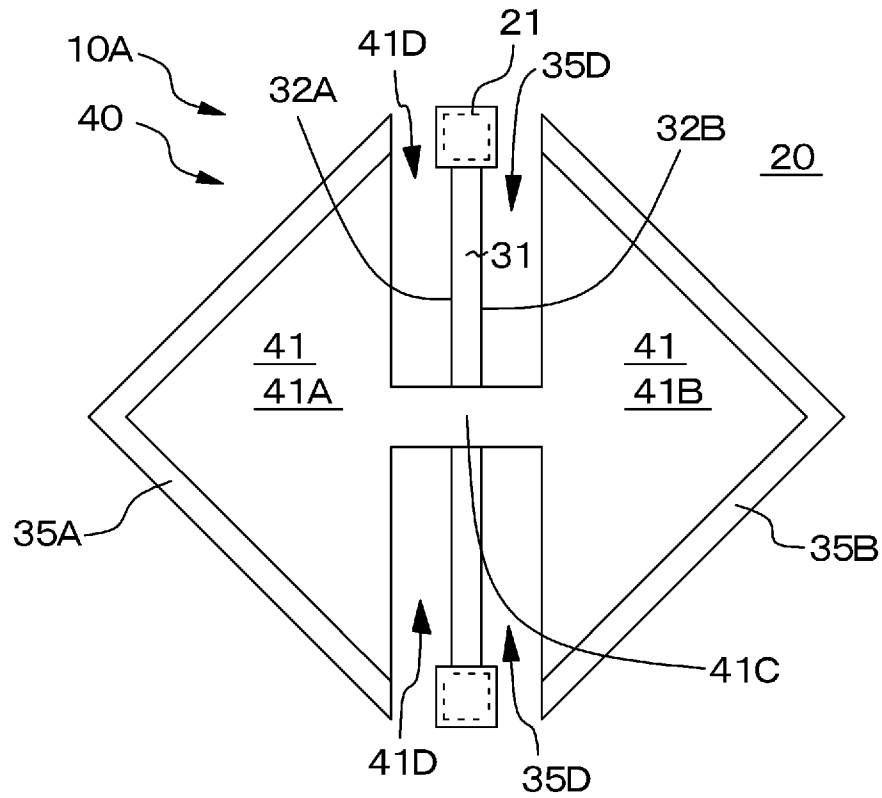
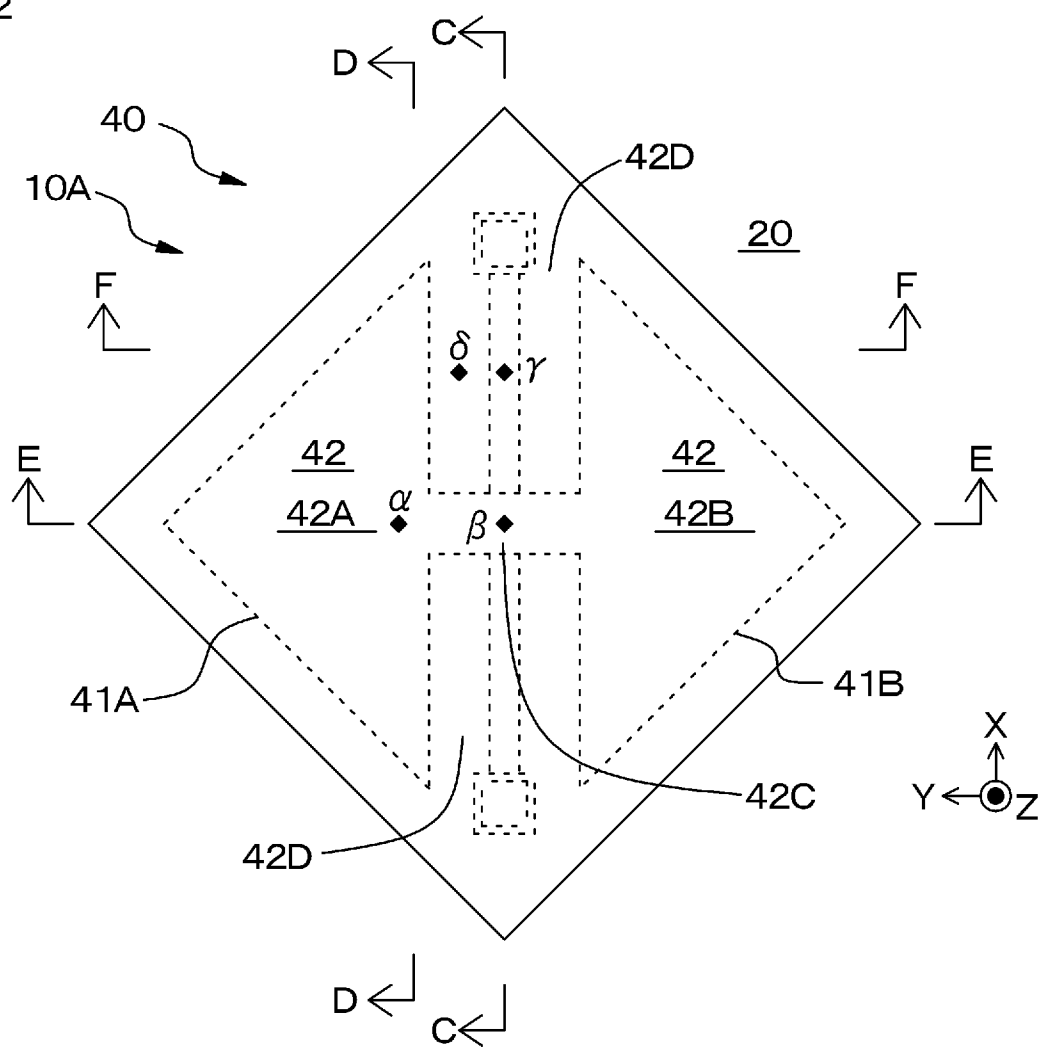


図 1 B



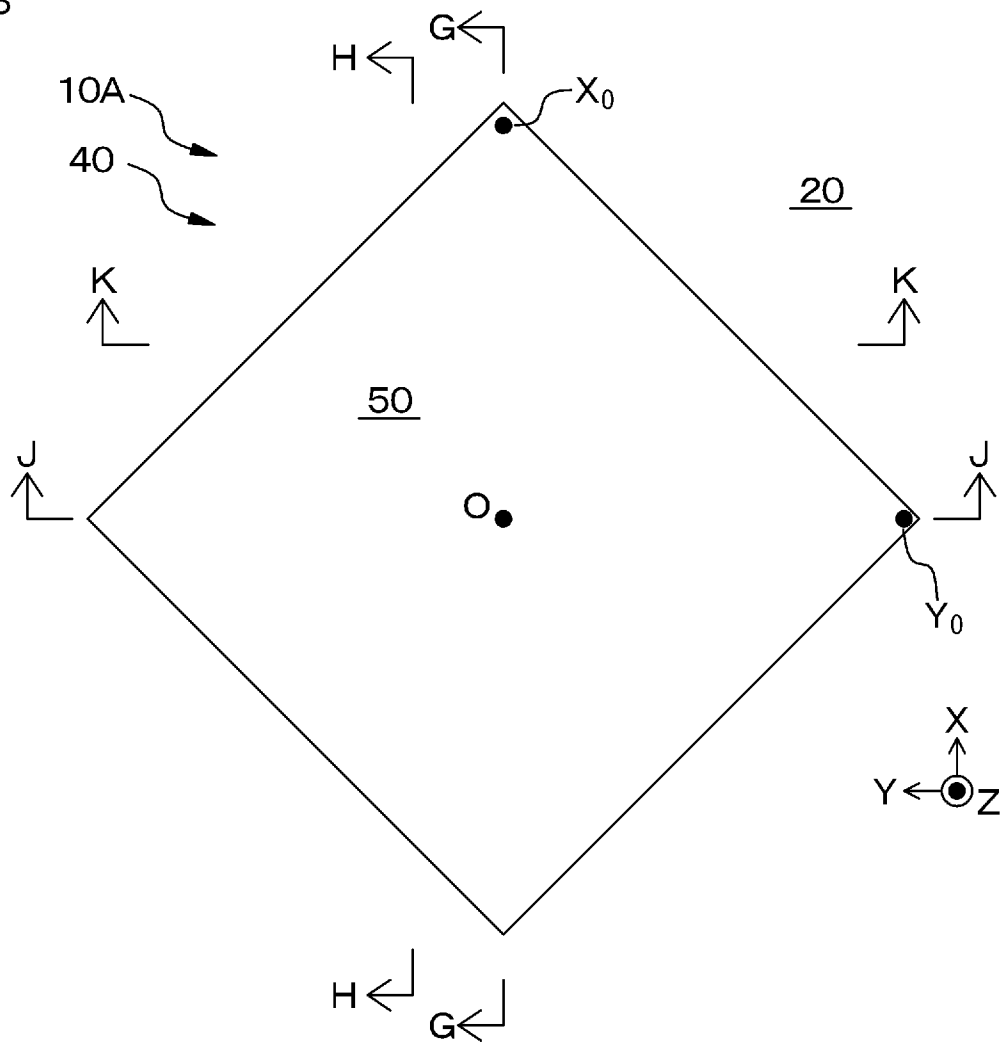
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

図 4 A

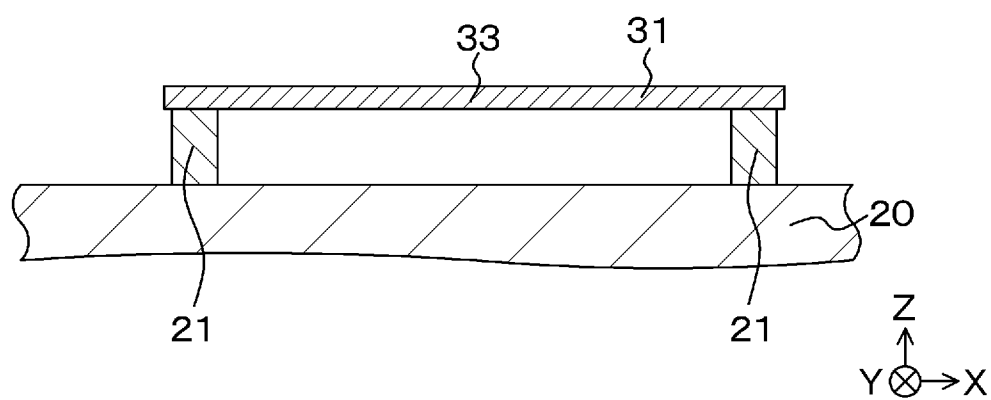
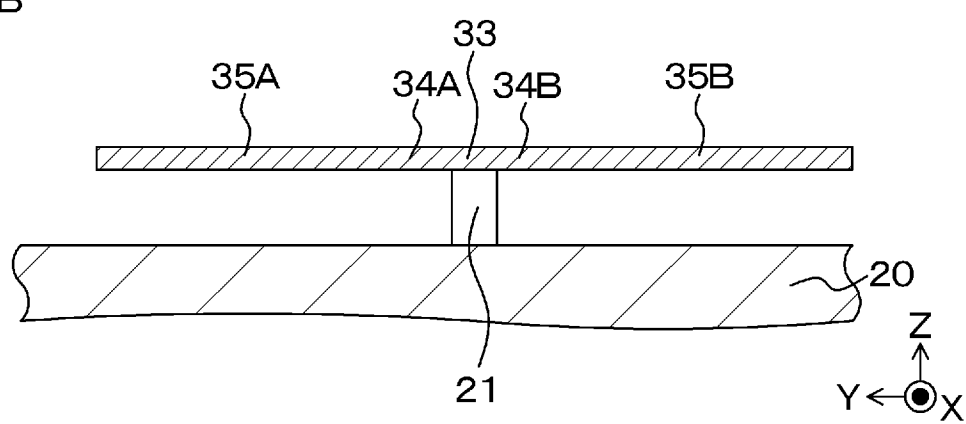


図 4 B



[図5]

図 5 A

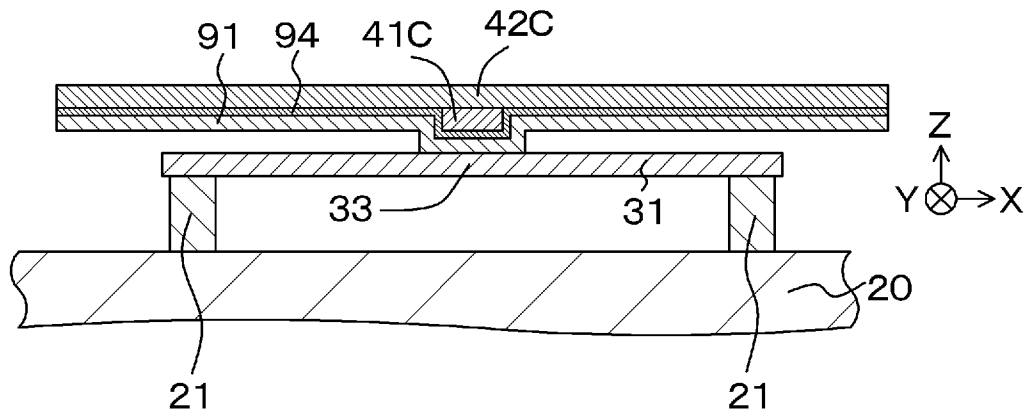
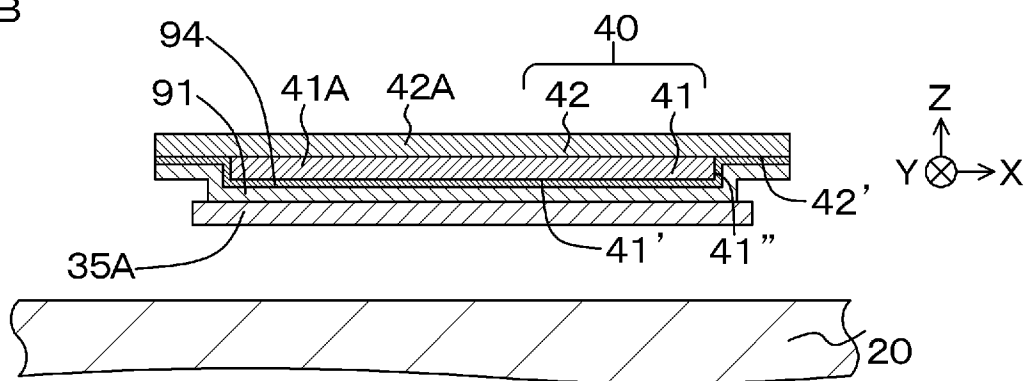


図 5 B



[図6]

図 6 A

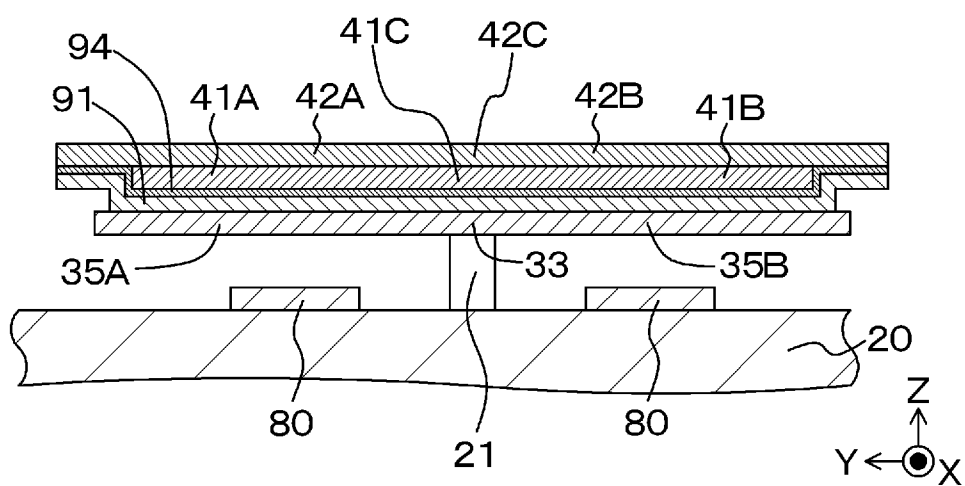
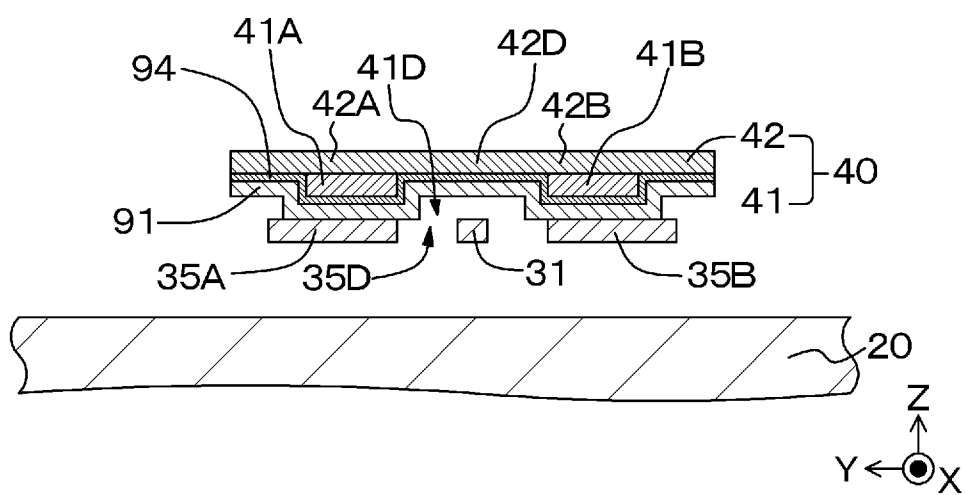


図 6 B



[図7]

図 7 A

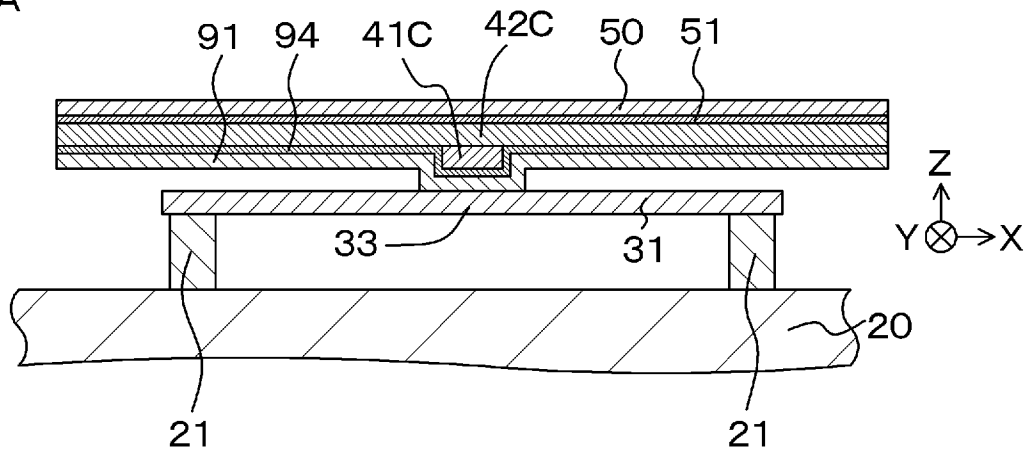
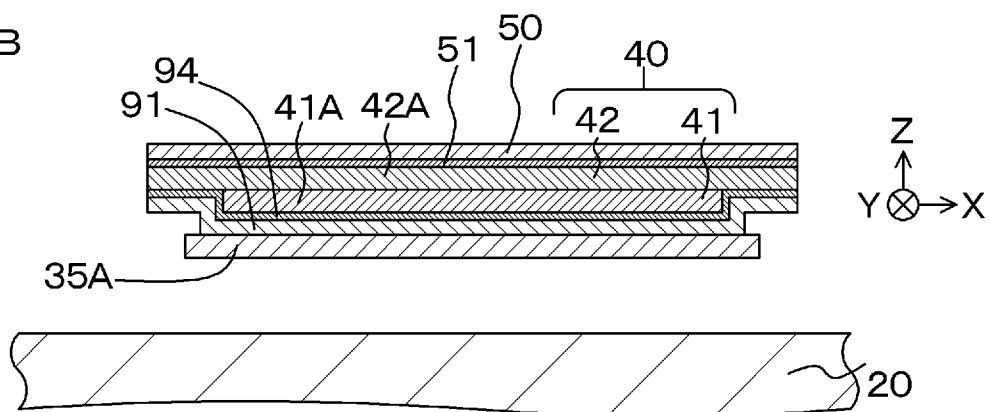


図 7 B



[図8]

図 8 A

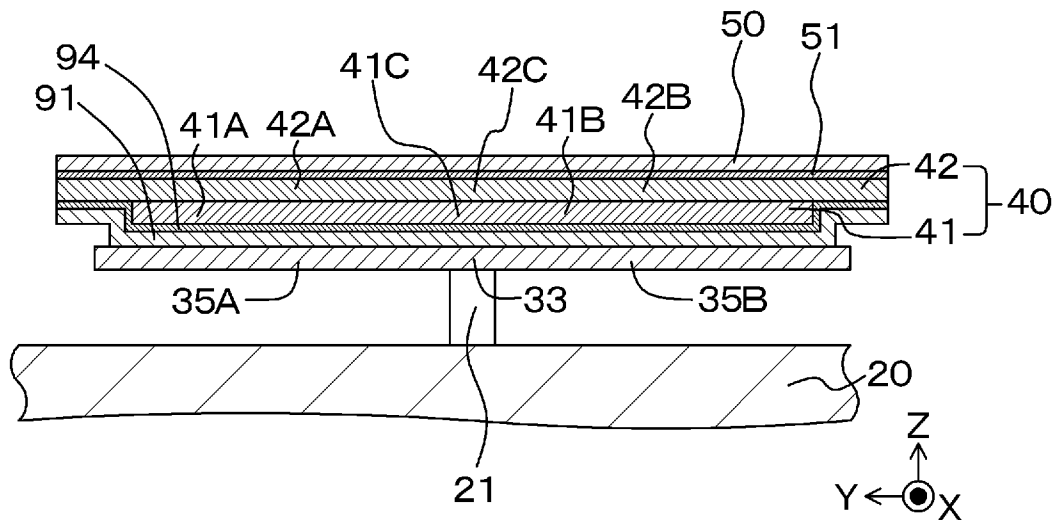
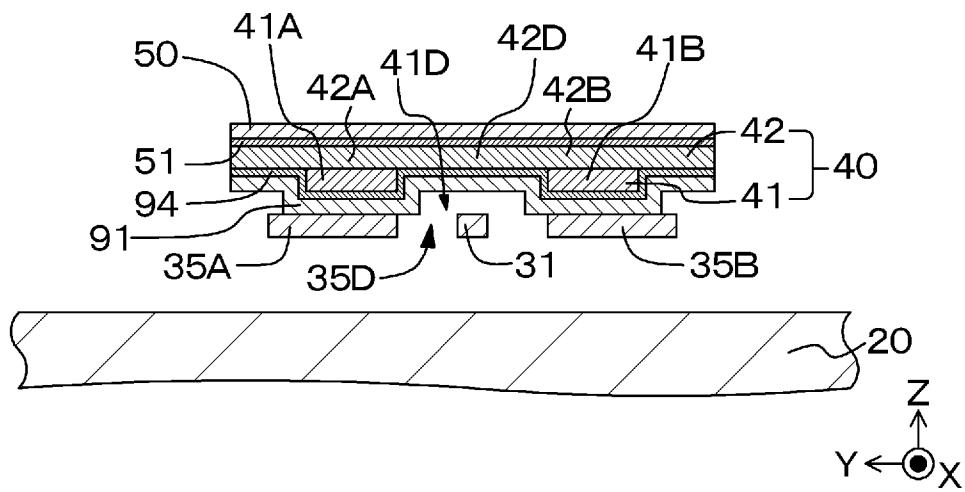


図 8 B



[図9]

図 9 A

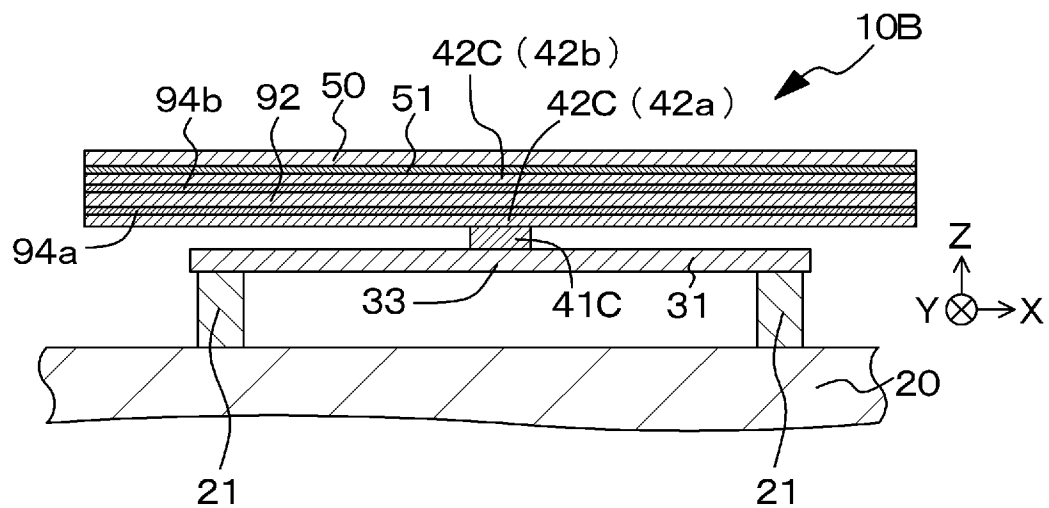
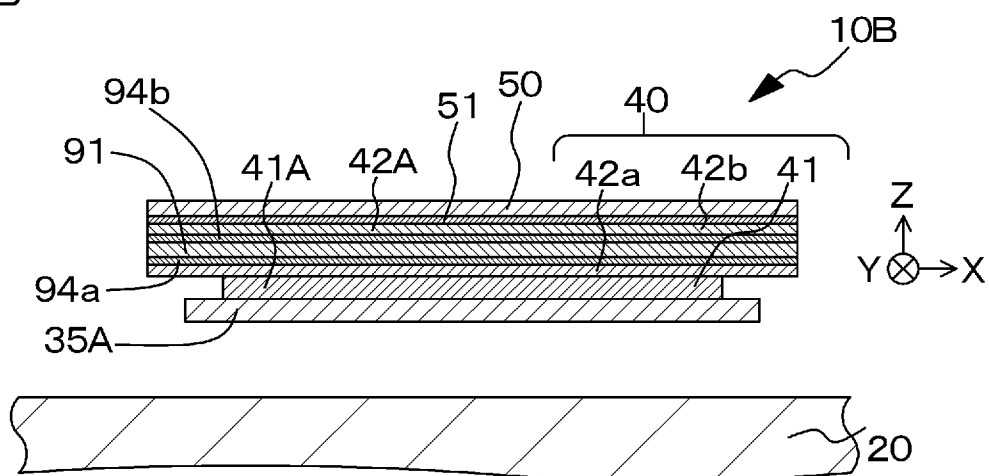


図 9 B



[図10]

図 10 A

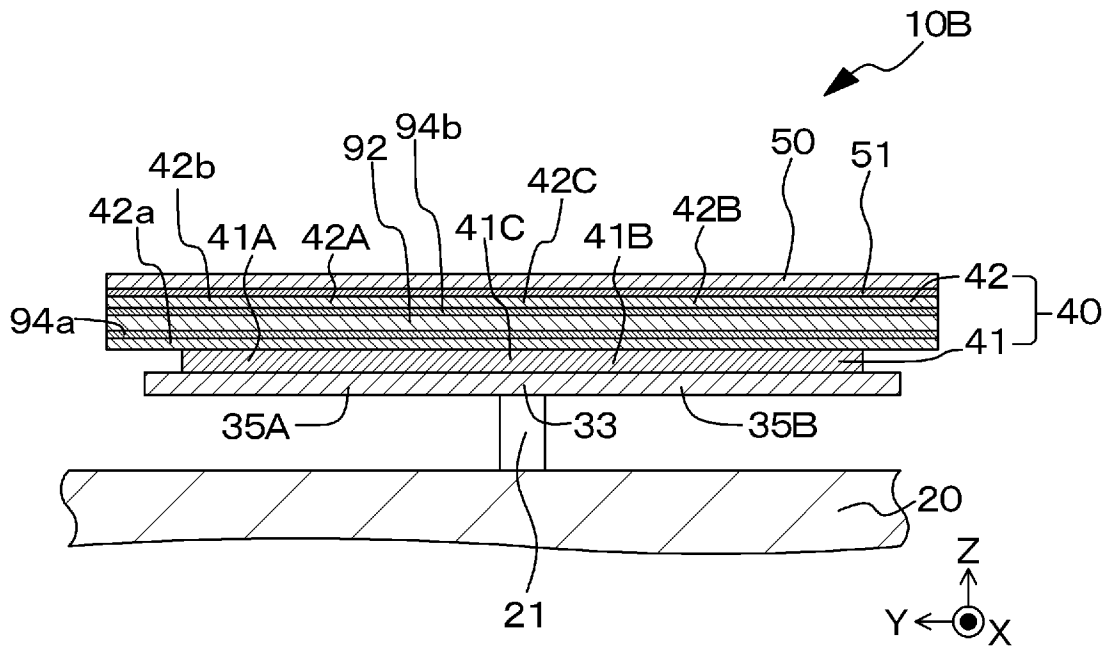
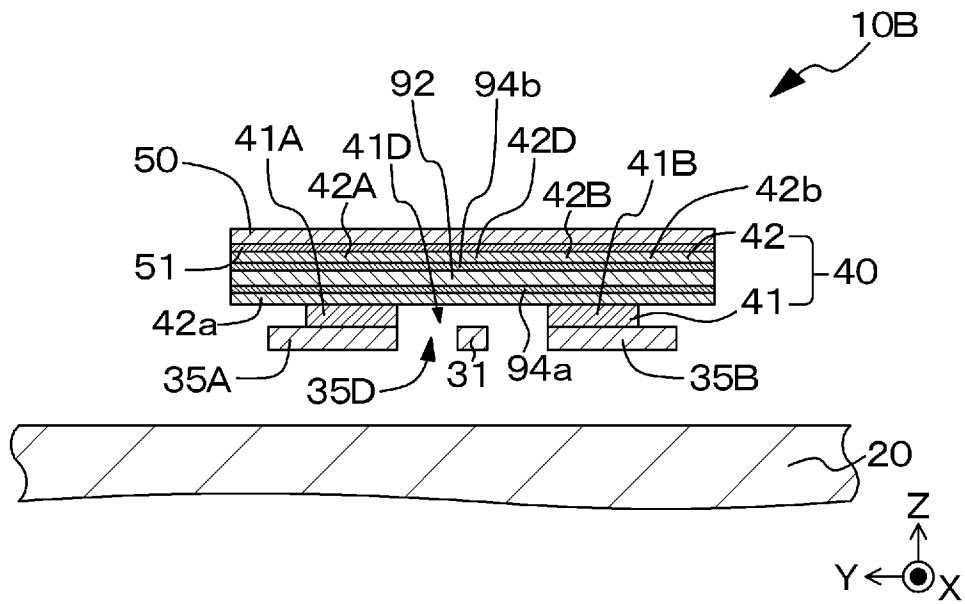


図 10 B



[図11]

図 1 1 A

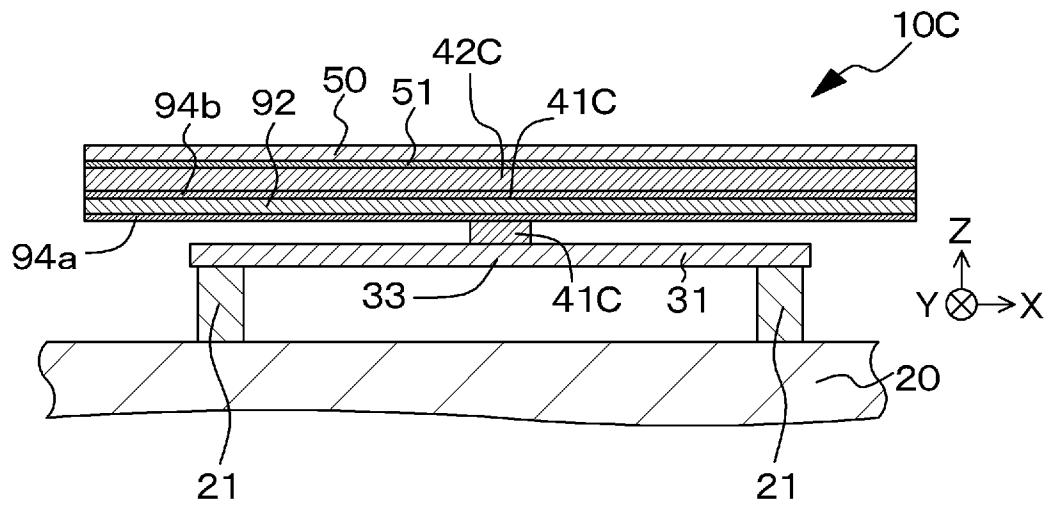
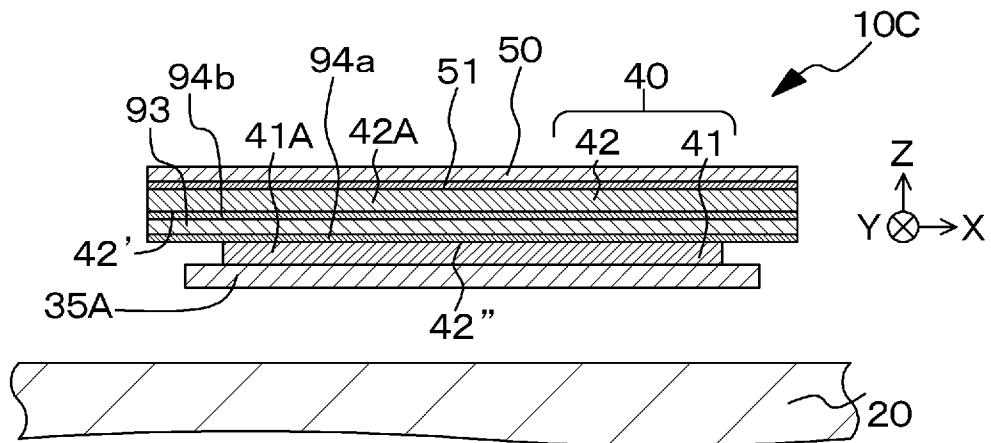


図 1 1 B



[図12]

図 1 2 A

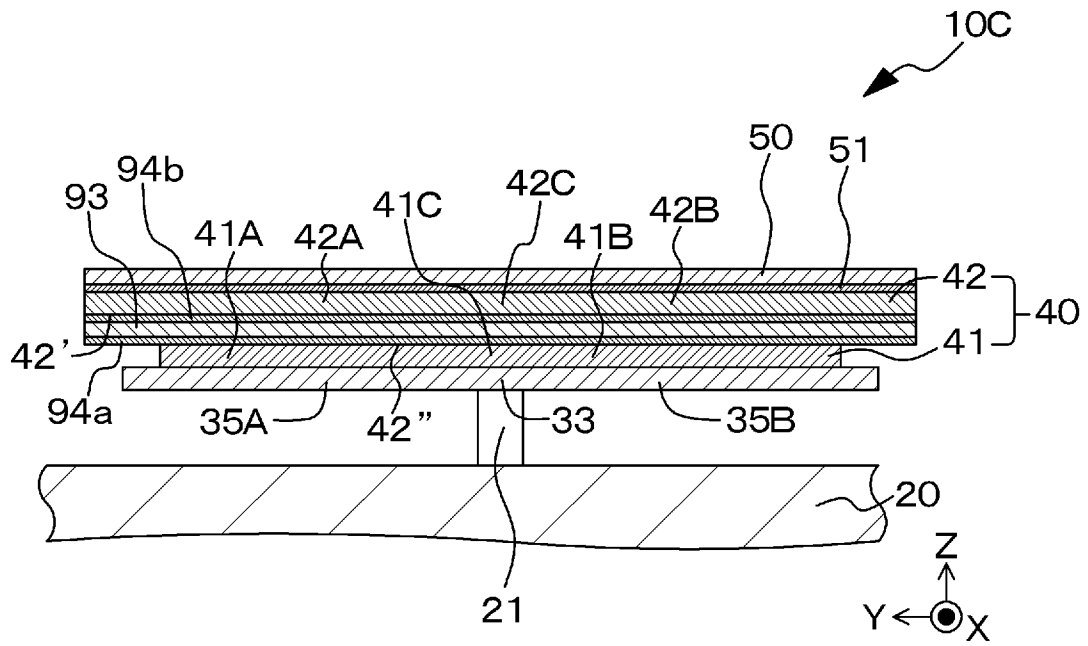
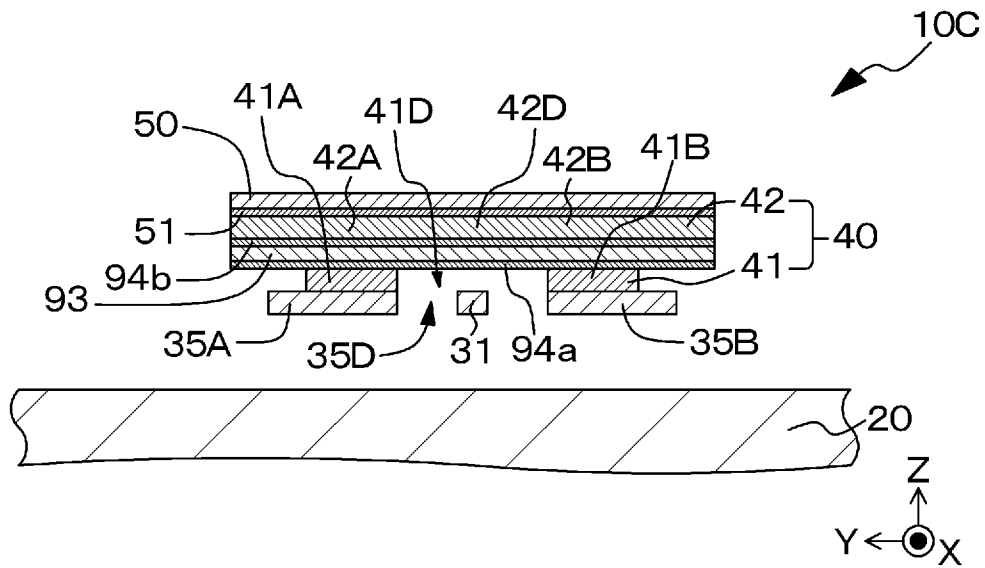
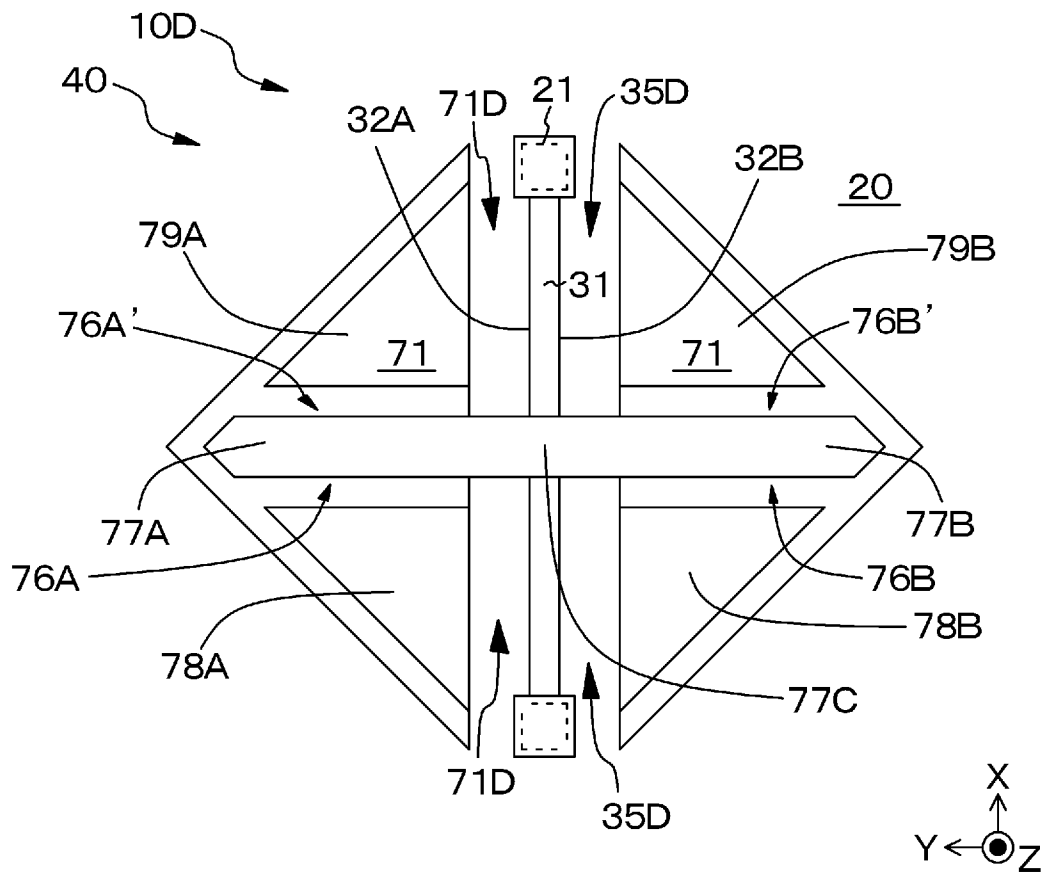


図 1 2 B



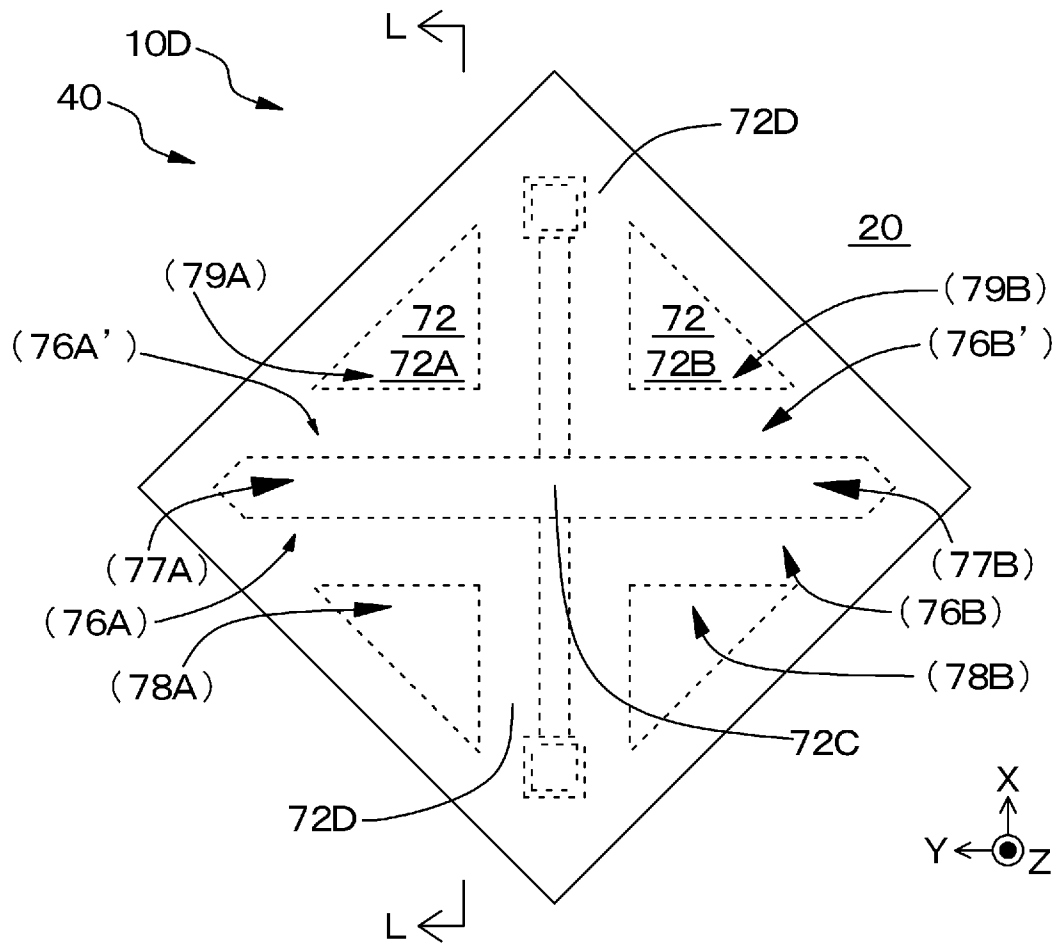
[図13]

図 13



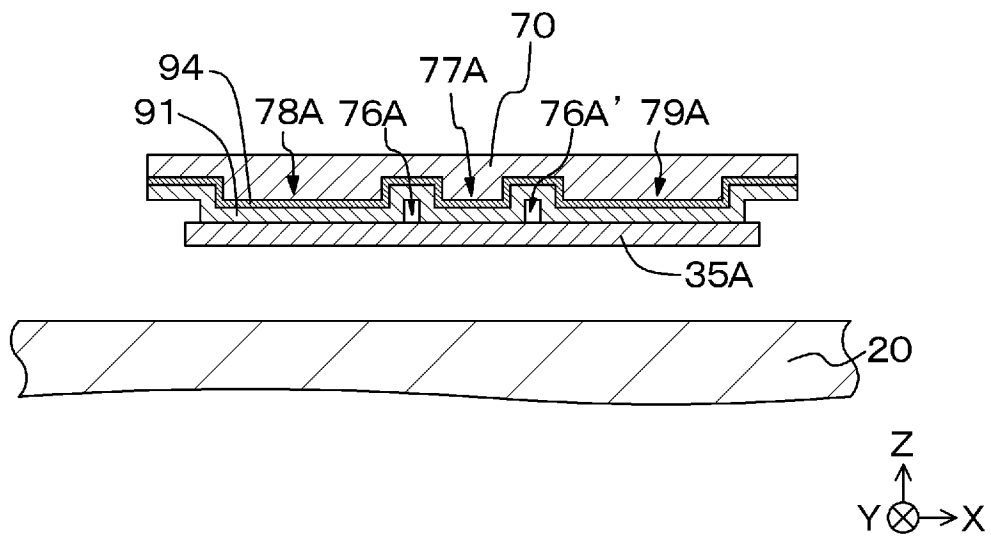
[図14]

図 1 4



[図15]

図 1 5



[図16]

図 1 6 A

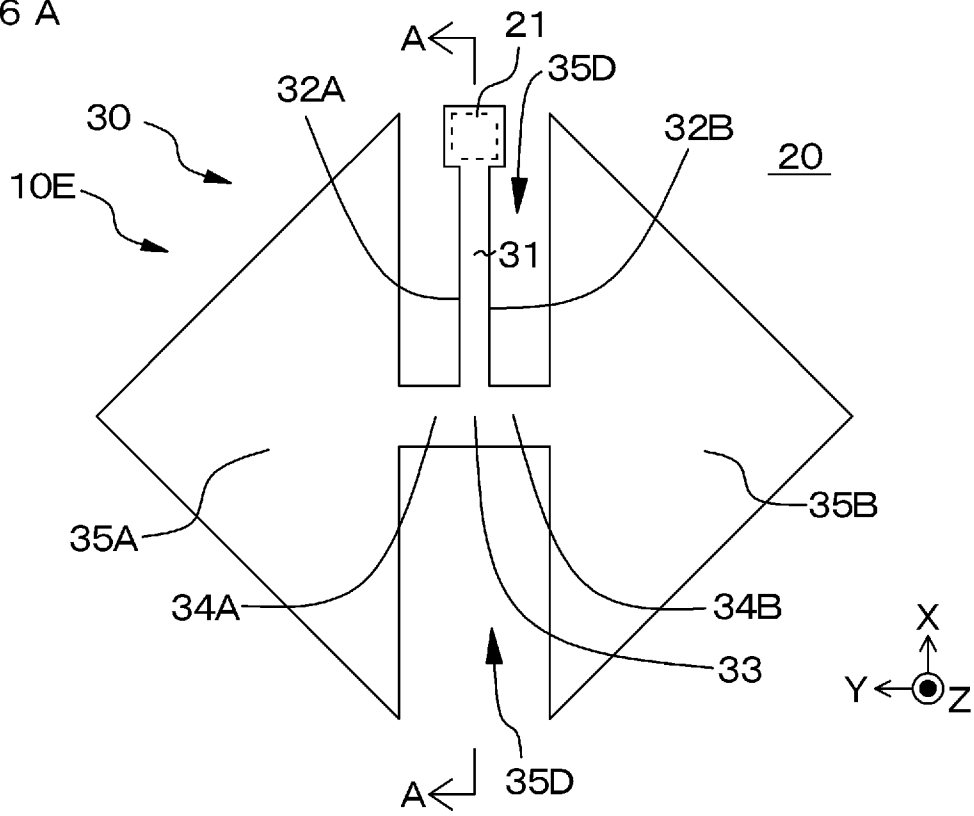
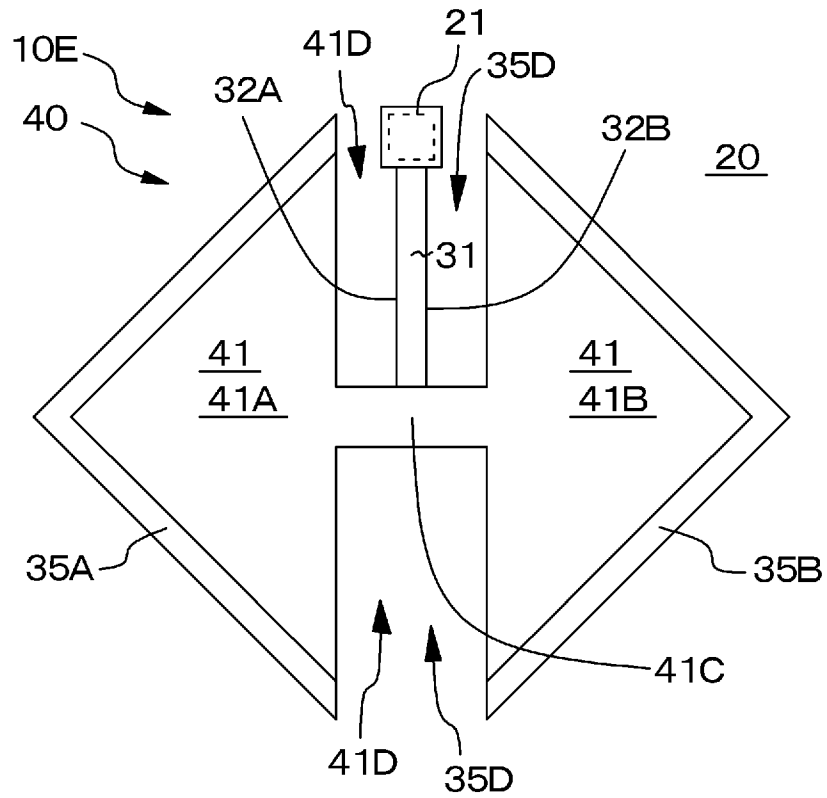
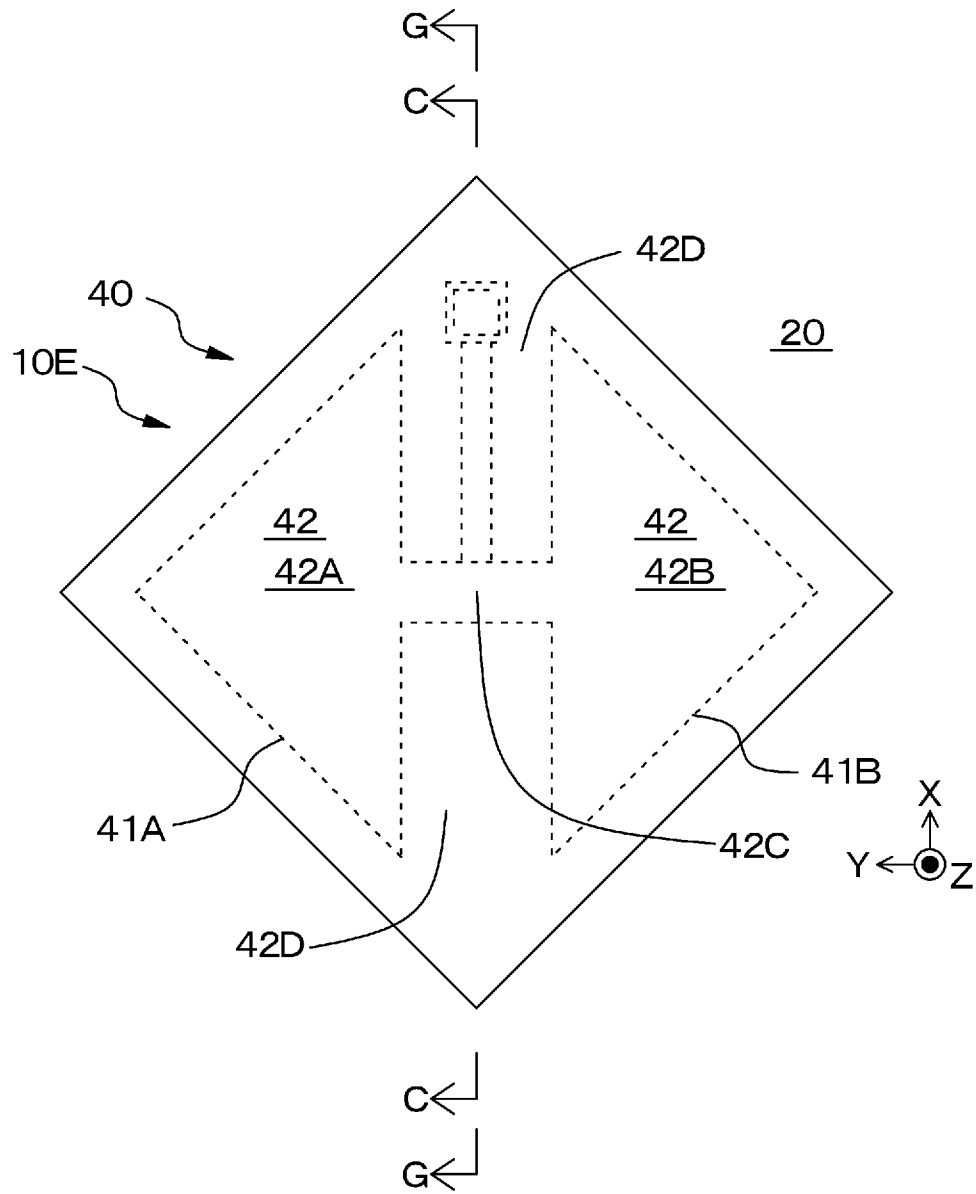


図 1 6 B



[図17]

図 17



[図18]

図 1 8 A

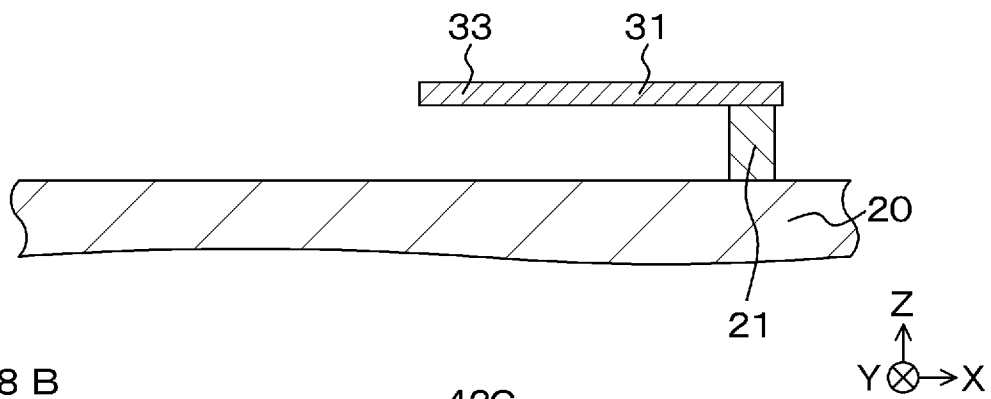


図 1 8 B

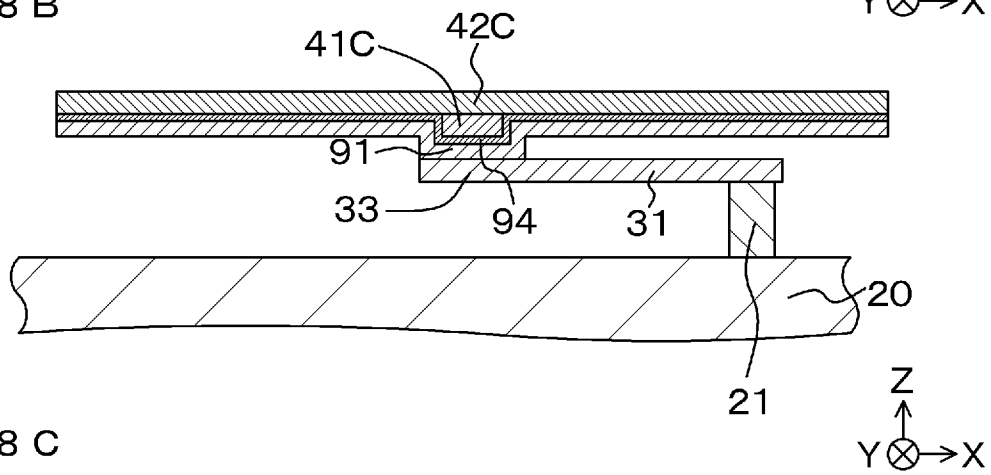
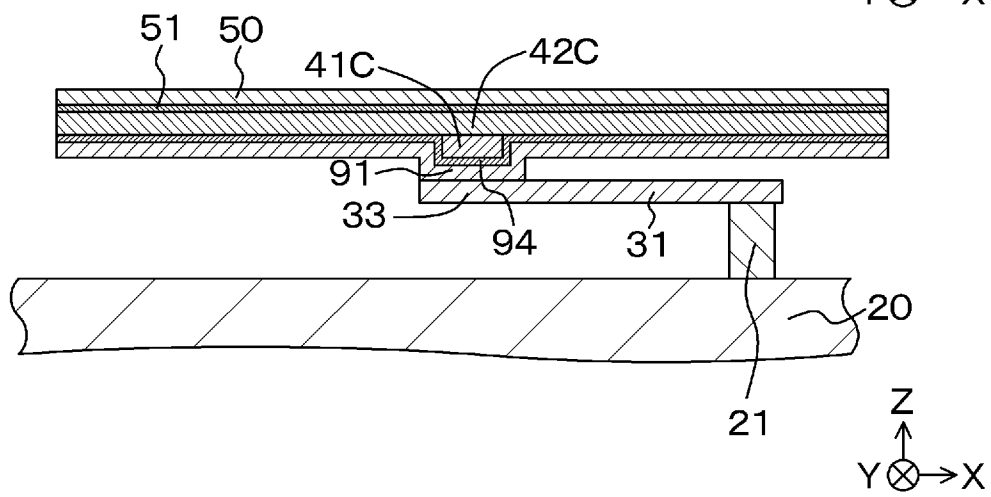
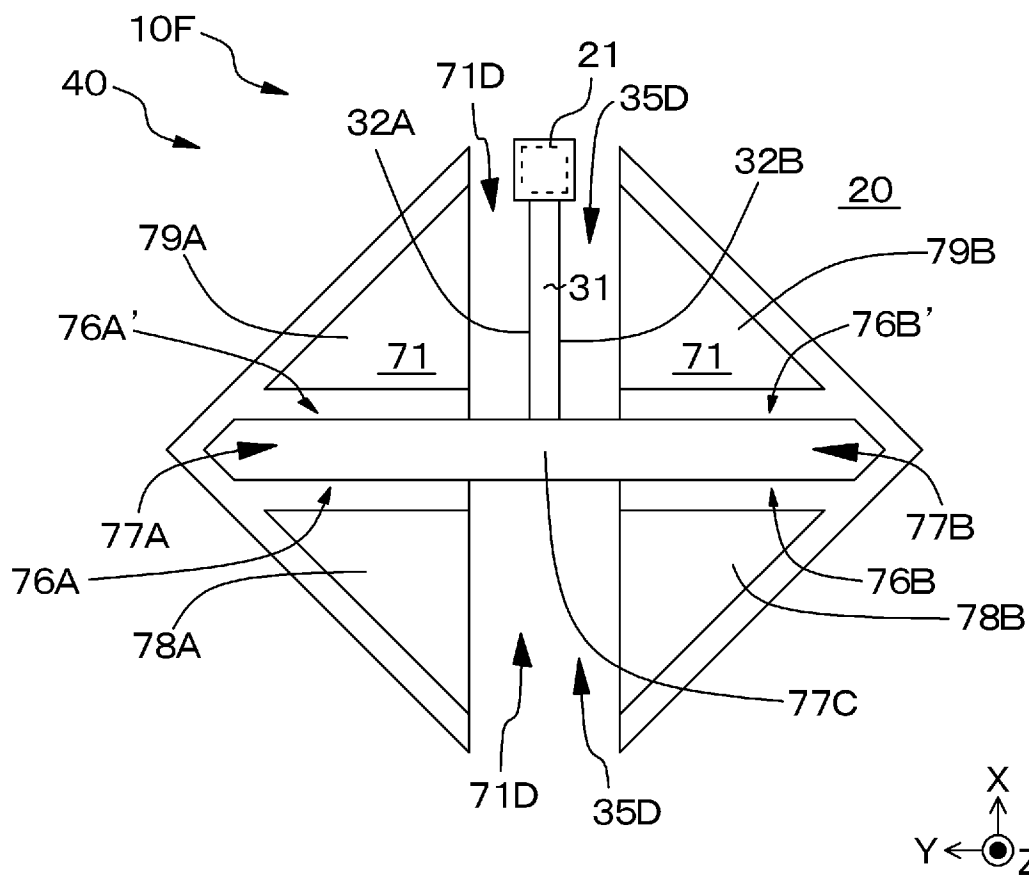


図 1 8 C



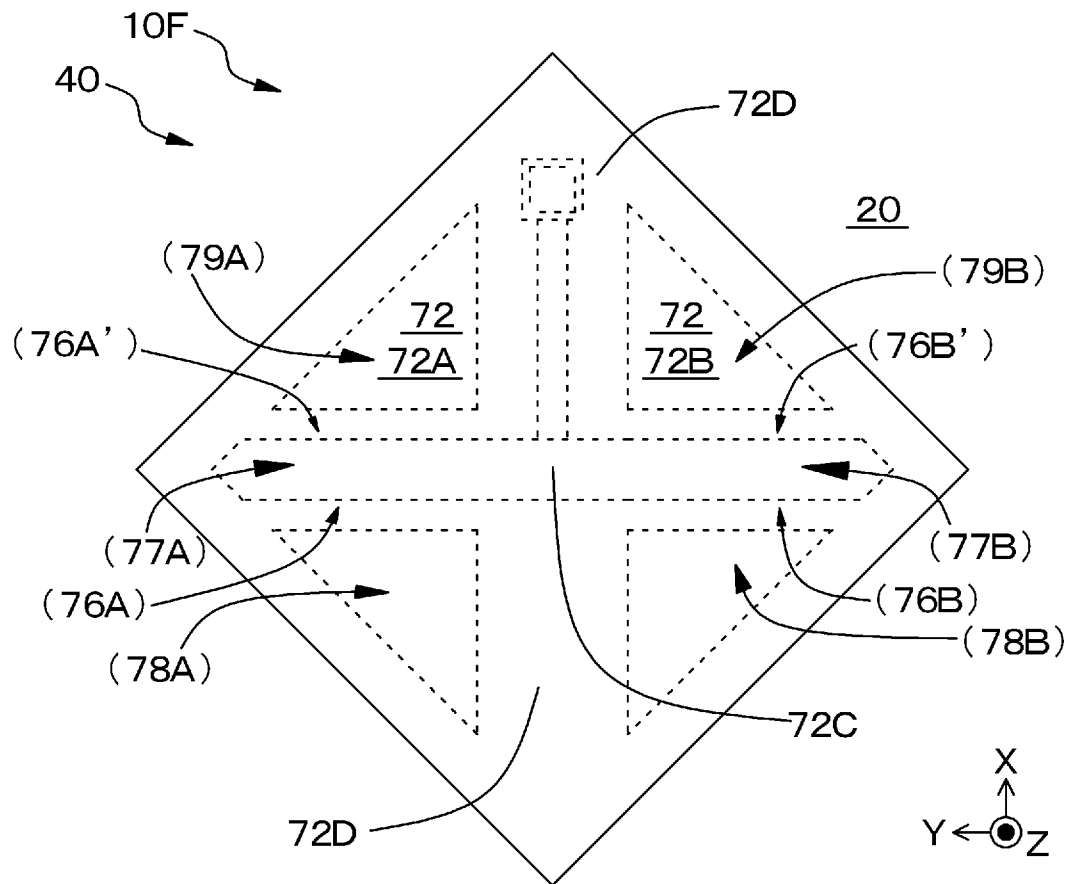
[図19]

図 19



[図20]

図 20



[図21]

図 2 1 A

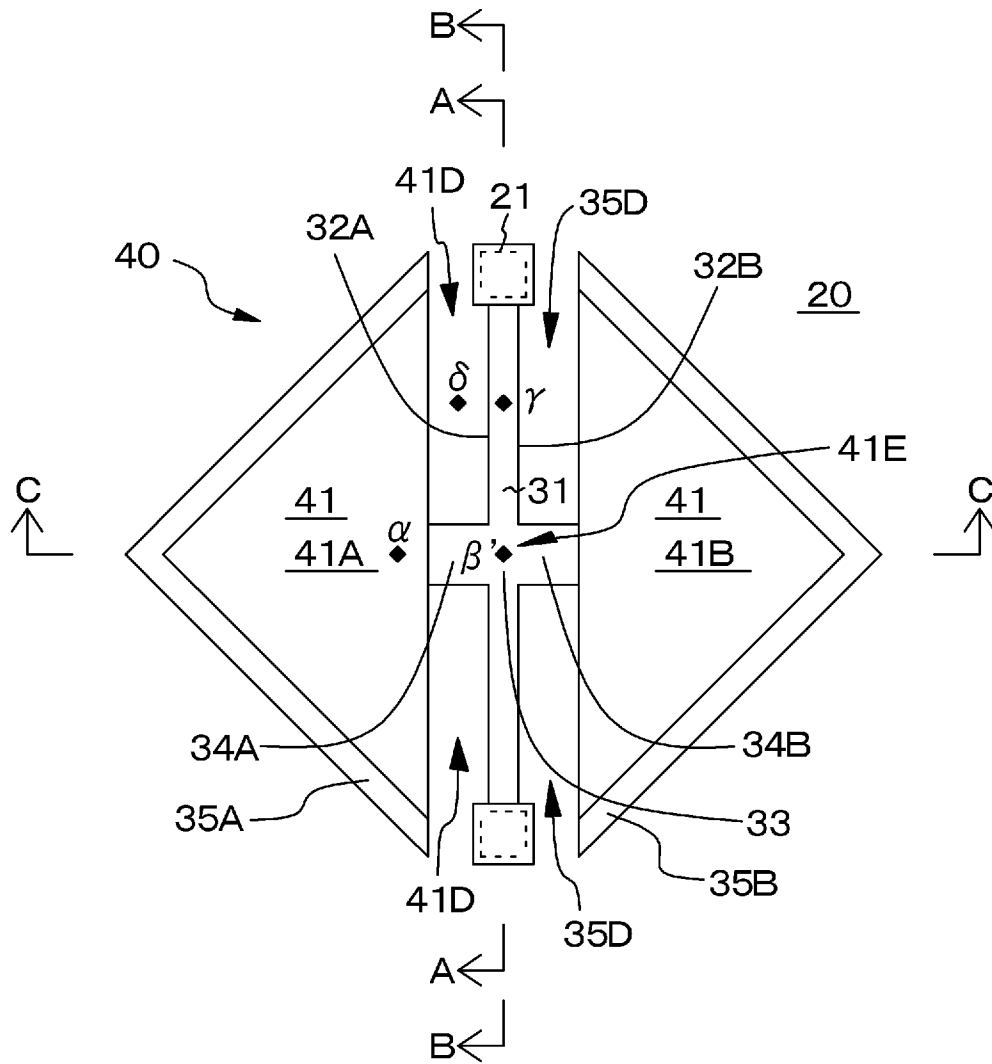
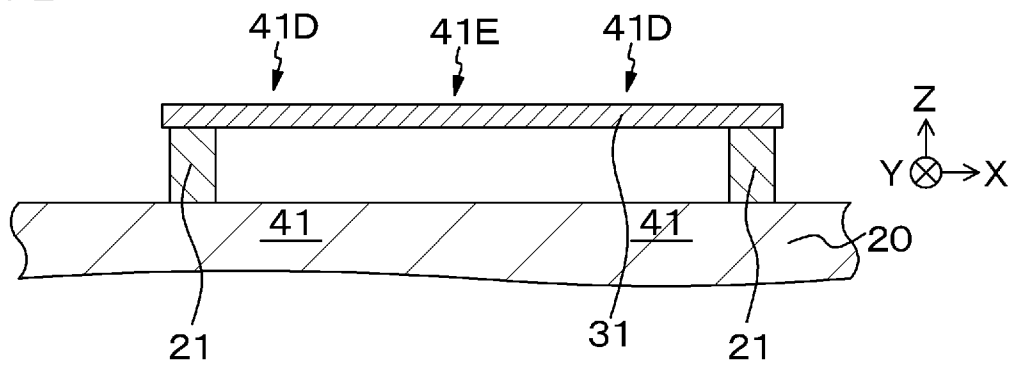


図 2 1 B



[図22]

図 2 2 A

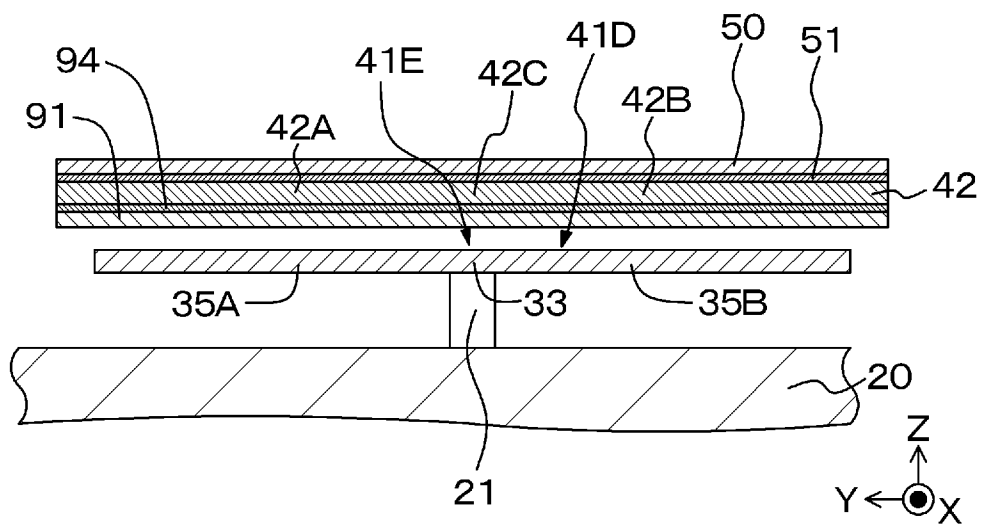
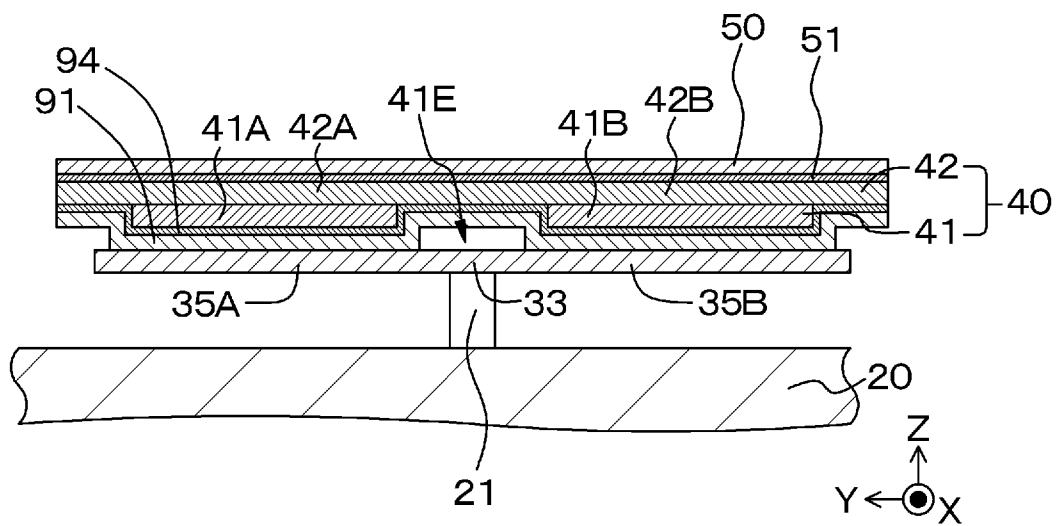


図 2 2 B



[図23]

図 2 3 A

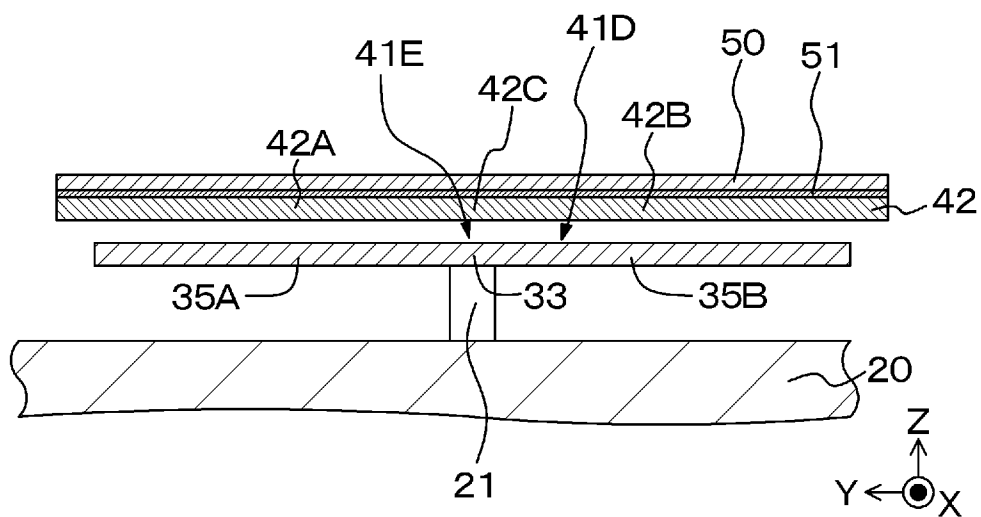
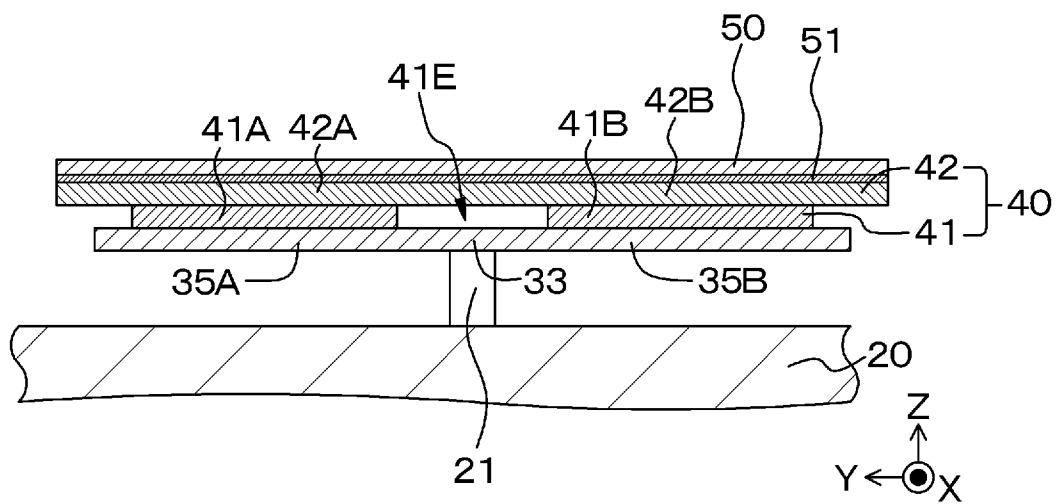
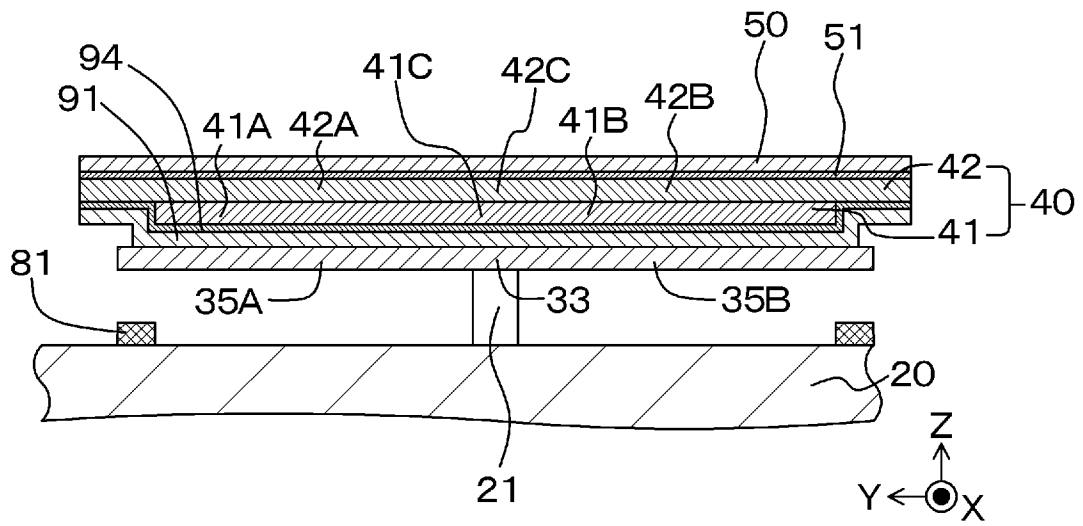


図 2 3 B



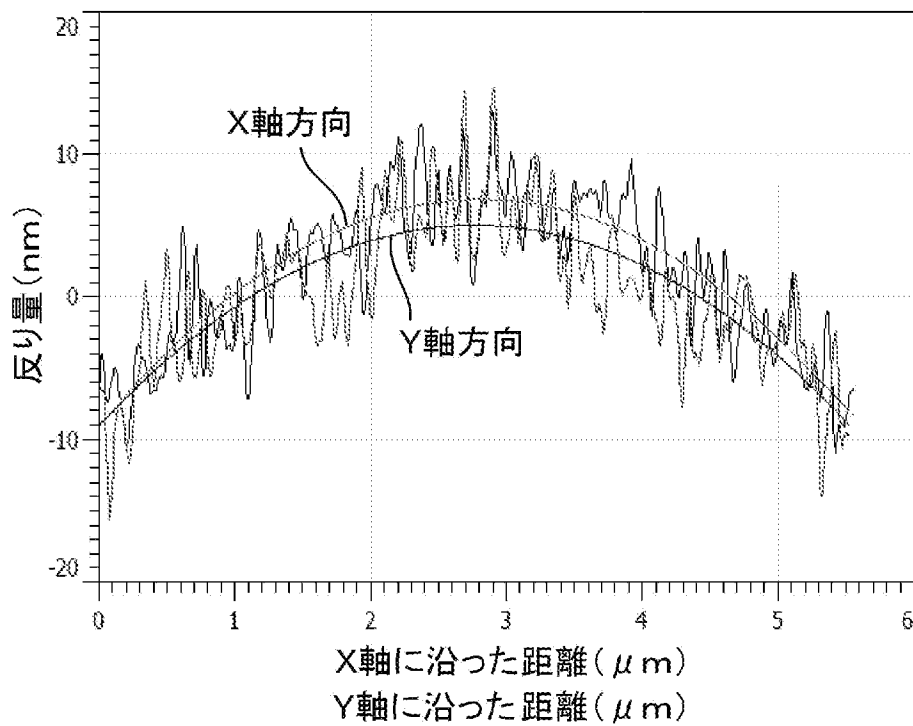
[図24]

図 2 4



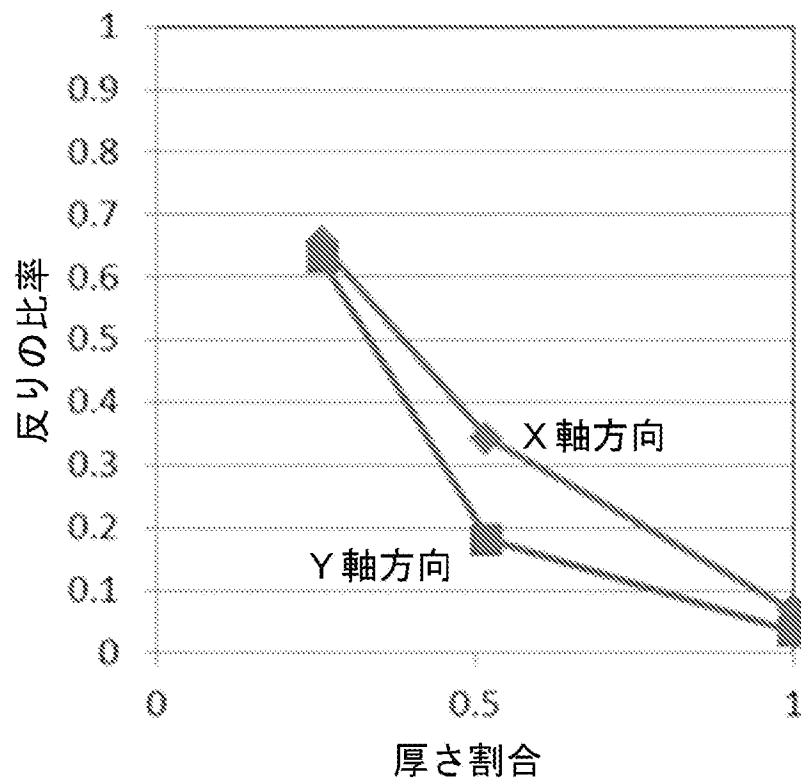
[図25]

図 2 5



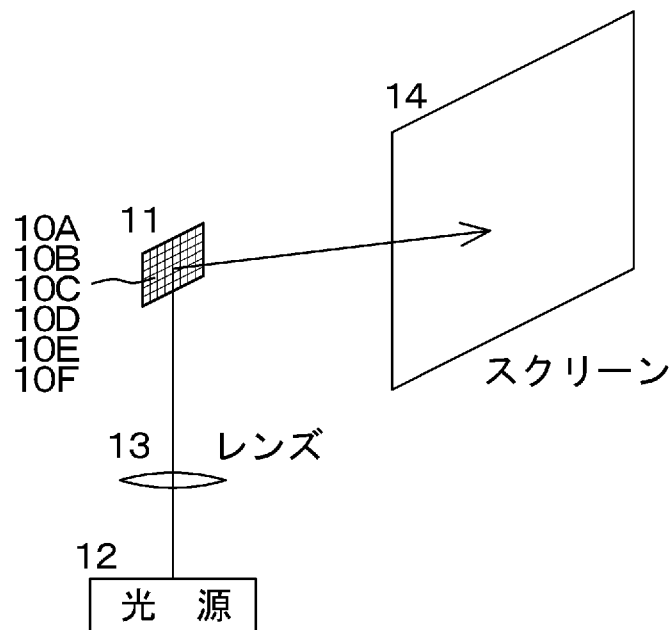
[図26]

図26



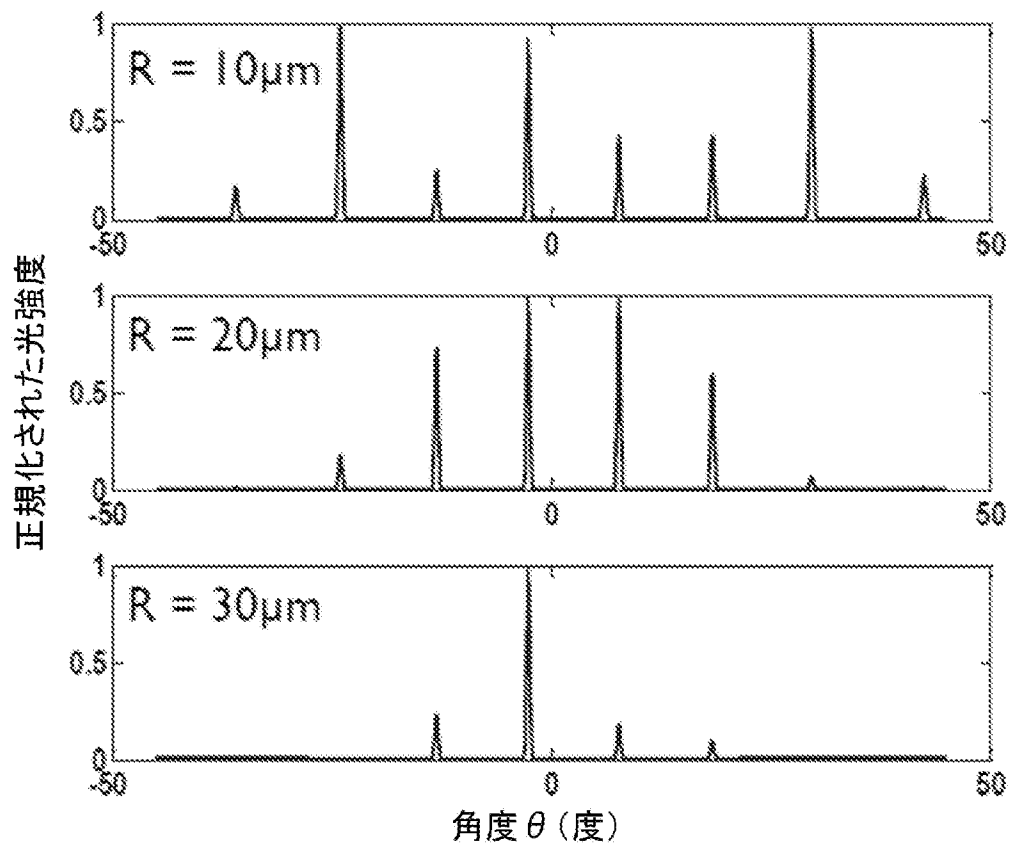
[図27]

図 2 7



[図28]

図28



[図29]

図29A

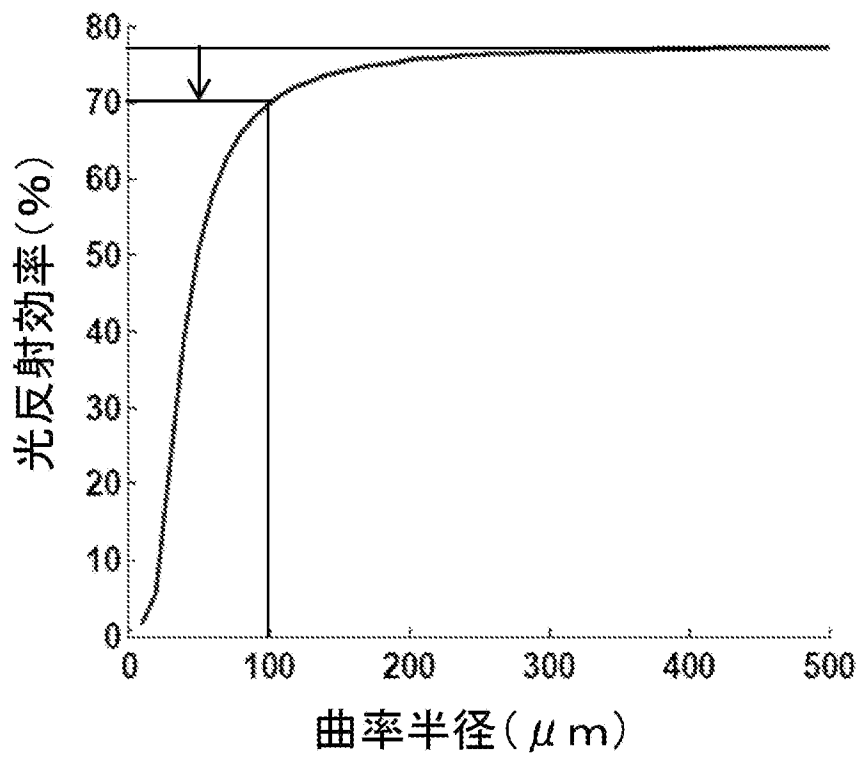
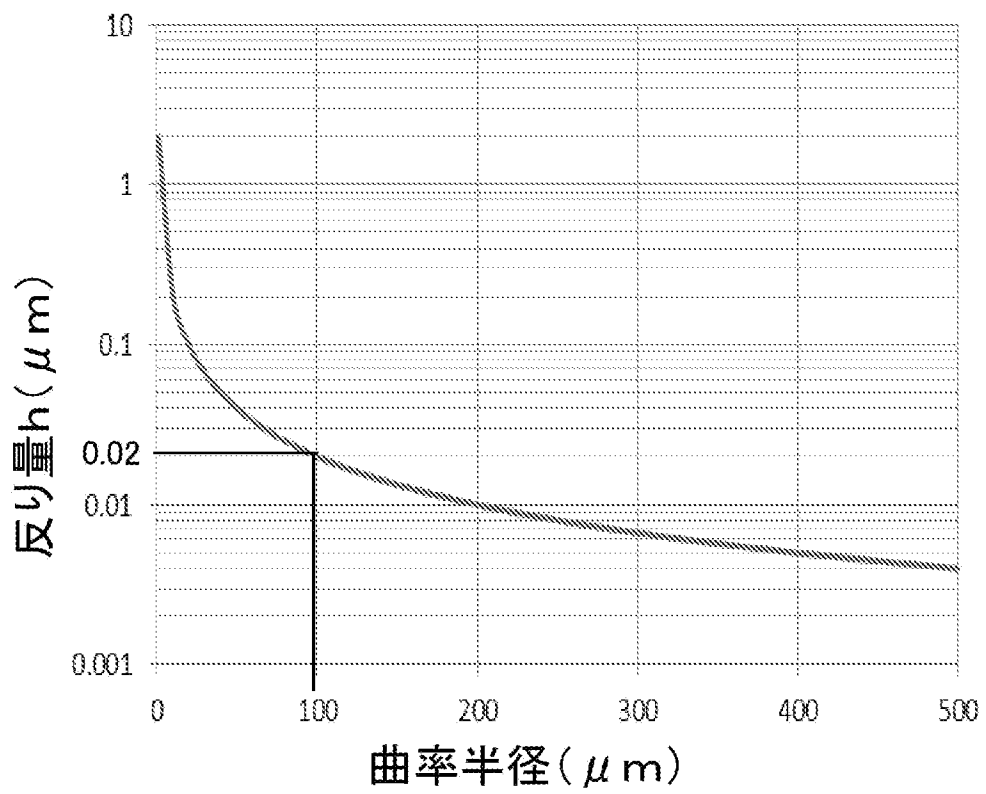


図29B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/047870

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B 26/08 (2006.01) i, B81B 3/00 (2006.01) i, G02B 26/10 (2006.01) i, G03B 21/00 (2006.01) i

FI: G02B26/08 E, B81B3/00, G02B26/10 104Z, G03B21/00 F

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. G02B26/08, B81B3/00, G02B26/10, G03B21/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y A	JP 2007-156466 A (SPATIAL PHOTONICS INC.) 21 June 2007, paragraph [0035], fig. 35	1-3, 8-21 4-7
Y A	US 2006/0126152 A1 (PAN, Shaober X.) 15 June 2006, paragraphs [0023]-[0031], fig. 1	1, 4, 5, 8-21 2, 3, 6, 7
Y A	JP 2017-68213 A (SEIKO EPSON CORP.) 06 April 2017, paragraphs [0029]-[0041], fig. 1-3	1, 8, 16, 17 2-7, 9-15, 18-21
Y	JP 2005-279831 A (SONY CORP.) 13 October 2005, paragraphs [0027]-[0030], fig. 1	1-5, 8-21



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
20.01.2020

Date of mailing of the international search report
28.01.2020

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 REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/047870

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 2010-210782 A (RICOH CO., LTD.) 24 September 2010, paragraphs [0032]-[0039], fig. 3	1-5, 8-21
A	JP 2007-514183 A (ISHII, Fusao) 31 May 2007, entire text, all drawings	1-21
A	JP 2009-505162 A (QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.) 05 February 2009, abstract	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/047870

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2007-156466 A	21.06.2007	US 2007/0121192 A1 paragraph [0091], fig. 35 EP 1793260 A1 CN 101029965 A (Family: none)	
US 2006/0126152 A1	15.06.2006	(Family: none)	
JP 2017-68213 A	06.04.2017	(Family: none)	
JP 2005-279831 A	13.10.2005	(Family: none)	
JP 2010-210782 A	24.09.2010	(Family: none)	
JP 2007-514183 A	31.05.2007	US 6862127 B1 WO 2005/045505 A1	
JP 2009-505162 A	05.02.2009	WO 2007/022476 A1 abstract KR 10-2008-0055851 A CN 101282903 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 26/08(2006.01)i; B81B 3/00(2006.01)i; G02B 26/10(2006.01)i; G03B 21/00(2006.01)i FI: G02B26/08 E; B81B3/00; G02B26/10 104Z; G03B21/00 F														
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）） G02B26/08; B81B3/00; G02B26/10; G03B21/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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												
Y A	JP 2007-156466 A（スペイシャル フォトニックス、 インコーポレイテッド） 21.06.2007（2007-06-21） 段落【0035】及び図35	1-3, 8-21 4-7												
Y A	US 2006/0126152 A1（PAN, Shaober X.）15.06.2006（2006-06-15） 段落【0023】-【0031】及び図1	1, 4, 5, 8-21 2, 3, 6, 7												
Y A	JP 2017-68213 A（セイコーエプソン株式会社）06.04.2017（2017-04-06） 段落【0029】-【0041】及び図1-3	1, 8, 16, 17 2-7, 9-15, 18-21												
Y	JP 2005-279831 A（ソニー株式会社）13.10.2005（2005-10-13） 段落【0027】-【0030】及び図1	1-5, 8-21												
Y	JP 2010-210782 A（株式会社リコー）24.09.2010（2010-09-24） 段落【0032】-【0039】及び図3	1-5, 8-21												
☒ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 20.01.2020	国際調査報告の発送日 28.01.2020													
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） 後藤 昌夫 2L 3103 電話番号 03-3581-1101 内線 3295													

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 2007-514183 A (イシイ フサオ) 31.05.2007 (2007 - 05 - 31) 全文、全図	1-21
A	JP 2009-505162 A (クオルコム・メムズ・テクノロジーズ・インコーポレーテッド) 05.02.2009 (2009 - 02 - 05) 要約	1-21

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/JP2019/047870

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-156466	A	21.06.2007	US 2007/0121192 A1 段落[0091]及び図35 EP 1793260 A1 CN 101029965 A	
US	2006/0126152	A1	15.06.2006	(ファミリーなし)	
JP	2017-68213	A	06.04.2017	(ファミリーなし)	
JP	2005-279831	A	13.10.2005	(ファミリーなし)	
JP	2010-210782	A	24.09.2010	(ファミリーなし)	
JP	2007-514183	A	31.05.2007	US 6862127 B1 WO 2005/045505 A1	
JP	2009-505162	A	05.02.2009	WO 2007/022476 A1 要約 KR 10-2008-0055851 A CN 101282903 A	