



(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)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/047860

(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 2018-239618 2018年12月21日(21.12.2018) 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). 齋藤 大輔(SAITO Daisuke); 〒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).

(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,

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

(54) 発明の名称: 光反射素子及び空間光変調器

図1 A

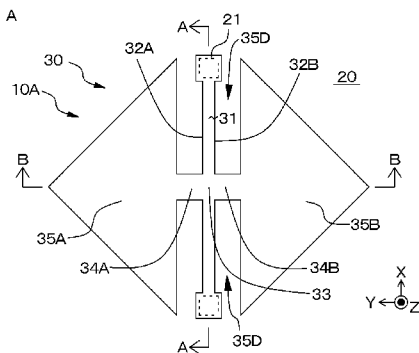
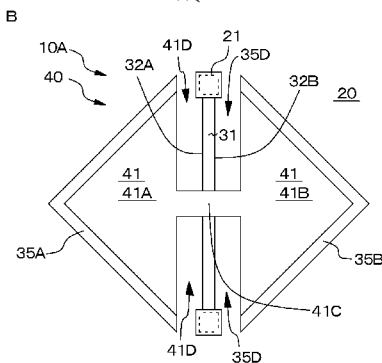


図1 B



(57) Abstract: This light reflection element comprises: supports 21; a hinge 30; and a light reflection part 40. The light reflection part 40 comprises a support layer and a light reflection layer 50. The hinge 30 comprises a torsion bar 31, extensions 34A, 34B that extend from the lateral sides of the torsion bar 31, and movable pieces 35A, 35B that extend from the ends of the extensions 34A, 34B. The ends of the torsion bar 31 are fixed to the supports 21, the hinge 30 can be deformed in such a manner as to twist about the axis of the torsion bar 31, the support layer is fixed to the movable pieces 35A, 35B, and recesses 41D are provided at least at portions of the support layer opposite to spaces 35D positioned between the first and second movable pieces 35A, 35B.

(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 が設けられている。

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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

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US 2006/0050353A1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US 2006/0050353A1

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

[図5]図5 A及び図5 B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6 A及び図6 B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7 A及び図7 B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8 A及び図8 B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9は、実施例2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10]図10は、実施例2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11]図11 A及び図11 Bは、それぞれ、図9の矢印L－Lに沿った模式的な断面図、及び、図10の矢印M－Mに沿った模式的な断面図である。

[図12]図12 A並びに図12 Bは、それぞれ、実施例3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13]図13は、実施例3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14]図14 A、図14 B及び図14 Cは、それぞれ、図12 Aの矢印A－Aに沿った模式的な端面図、図13の矢印C－Cに沿った模式的な端面図、及び、図13の矢印G－Gに沿った模式的な端面図である。

[図15]図15は、実施例3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16]図16は、実施例3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17]図17A及び図17B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2の矢印C-Cに沿ったと同様の実施例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18]図18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6Aと同様の模式的な断面図である。

[図19]図19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20]図20は、本開示の空間光変調器の概念図である。

[図21]図21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22]図22A及び図22B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. 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、凹部は、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設けられているが（云い換えれば、相互に対向する第1可動片の部分（縁部）と第2可動片の部分（縁部）によって挟まれた領域に設けられているが）、第1可動片、第1延在部、第2延在部及び第2可動片によって区画された空間と対向した支持層の部分に凹部（一種のキャビティ）が設けられていてもよいし、この凹部に加えて、第1可動片、第1延在部、第2延在部及び第2可動片の上方の部分に、第1可動片と第2可動片との間に設けられた凹部に連通した第2の凹部（一種のキャビティ）が設けられていてもよい。尚、前者を便宜上、『第1態様の本開示の光反射素子等』と呼び、後者を便宜上、『第2態様の本開示の光反射素子等』と呼ぶ。

- [0011] 第1態様の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、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。
- [0012] 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。
- [0013] あるいは又、第1態様の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2 A下層支持層、第2 B下層支持層及び第2 C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1 A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2構成の光反射素子』と呼ぶ。

[0014] 第2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。

[0015] 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。

[0016] 更には、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あつては、トーションバー部の両端が支持部に固定されている形態とする

ことができるし、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。

[0017] 更には、上記の好ましい構成、形態を含む本開示の光反射素子等にあつては、

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。

[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。

[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、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。

[0020] 更には、以上に説明した各種の好ましい形態、構成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。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 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、各種の物理的气相成長法 (PVD 法) や各種の化学的气相成長法 (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。

[0026] 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。

[0027] 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

[0028] 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1Aの矢印A-Aに沿った模式的な断面図を図4Aに示し、図1Aの矢印B-Bに沿った模式的な断面図を図4Bに示し、図2の矢印C-Cに沿った模式的な端面図を図5Aに示し、図2の矢印D-Dに沿った模式的な断面図を図5Bに示し、図2の矢印E-Eに沿った模式的な断面図を図6Aに示し、図2の矢印F-Fに沿った模式的な断面図を図6Bに示し、図3の矢印G-Gに沿った模式的な端面図を図7Aに示し、図3の矢印H-Hに沿った模式的な断面図を図7Bに示し、図3の矢印J-Jに沿った模式的な断面図を図8Aに示し、図3の矢印K-Kに沿った模式的な断面図を図8Bに示す。尚、図2においては、可動片の図示を省略している。

[0029] 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, 10Dは、第1態様の光反射素子であり、

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32Aの一部から延びる第1延在部34A、第1延在部34Aの端部から延びる第1可動片35A、トーションバー部31の他方の側部32Bの一部から延びる第2延在部34B、及び、第2延在部34Bの端部から延びる第2可動片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、第1可動片35A上から第2可動片35B上に互り形成されている。

[0030] 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 4 1 D は、相互に対向する第 1 可動片 3 5 A の部分（トーションバー部 3 1 と対向する第 1 可動片 3 5 A の縁部）と第 2 可動片 3 5 B の部分（トーションバー部 3 1 と対向する第 2 可動片 3 5 B 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 2 ～実施例 3 の光反射素子 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D にあっては、第 1 可動片 3 5 A、第 1 延在部 3 4 A、第 2 延在部 3 4 B 及び第 2 可動片 3 5 B によって区画された空間 3 5 D と対向した支持層の部分に、凹部（一種のキャビティ） 4 1 D が設けられている。

[0031] また、概念図を図 2 0 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 3 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 3 の光反射素子 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D から成る。光源 1 2 から出射された光は、光学系（レンズ） 1 3 を通過し、空間光変調器 1 1 に入射する。そして、空間光変調器 1 1 を構成する光反射素子 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D の光反射層 5 0 に入射した光は、光反射素子の制御下、光反射層 5 0 によって反射され、所望に応じてスクリーン 1 4 に向けて出射される。ヒンジ部 3 0 を駆動することで、光反射層 5 0 からスクリーン 1 4 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 1 4 において画像を表示することができる。空間光変調器 1 1 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。

[0032] ここで、実施例 1 あるいは後述する実施例 2 の光反射素子 1 0 A, 1 0 B においては、トーションバー部 3 1 の両端が支持部 2 1 に固定されている。即ち、2 つの支持部 2 1 が設けられている。

[0033] また、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 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D において、第 1 延在部 3 4 A と第 2 延在部 3 4 B とは、トーションバー部 3 1 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 3 5 A と第 2 可動片 3 5 B とは、トーションバー部 3 1 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 3 0 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。

[0034] そして、実施例1の光反射素子10A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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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から成る下地層51が形成されている。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。

[0038] 〈表1〉

	材料	ヤング率	ポアソン比	線膨張係数
光反射層50	Al	85	0.3	23
下地層51	TiN	520	0.3	9.4
上層支持層42	α -Si	138	0.3	3.6
下層支持層41	α -Si	138	0.3	3.6
ヒンジ部30	TiAlN	209	0.3	9.5
支持部21	α -Si	138	0.3	3.6

[0039] 第2態様の光反射素子である実施例1の変形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 の変形の光反射素子の反り量 h を求めた結果、図 19 に示すように、反り量 h は 15 nm であった。尚、図 19 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。

[0040] 実施例 1 の変形の光反射素子において、凹部 41D が、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設けられている。具体的には、実施例 1 の変形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 17A に示し、図 2 の矢印 C-C に沿ったと同様の実施例 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 17B に示すが、下層支持層 41 は、第 1 下層支持層 41A 及び第 2 下層支持層 41B 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 41A 及び第 2 下層支持層 41B 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 1 延在部 34A の上、第 2 延在部 34B の上、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 の上に互り、下層支持層 41 は形成されていない。第 1 延在部 34A、第 2 延在部 34B 及びトーションバー部 31 の部分 33 の上方には、凹部 41D と連通した第 2 の凹部 41E が存在する。上層支持層 42 の構成、構造は、実施例 1 の光反射素子の上層支持層 42 の構成、構造と同じである。即ち、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。

[0041] 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、図 17A 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 の光反射素子の変形の各層の構成を以下の表 2 に示す。尚、
図 2 及び図 17A において、これらの領域を黒く塗りつぶした菱形で示す。

[0042]

〈表 2〉

(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
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
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
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
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
下地層 51	有り	有り
上層支持層 42	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
下地層 51	有り	有り
上層支持層 42	有り	有り
下層支持層 41	無し	無し
ヒンジ部 30	無し	無し

[0043] 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21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21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22A及び図22Bから、光反射効率が10%低下する場合の曲率半径 R の値は $100 \mu\text{m}$ であり、これは、反り量 $h = 20 \text{nm}$ 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。

[0044] 実施例1の光反射素子10A、実施例1の変形の光反射素子、及び、後述する実施例2の光反射素子10B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3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3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。

[0045] <表3>

	Δ_Y (nm)	Δ_X (nm)
実施例1	9.16	
実施例2	8.95	8.62
実施例1の変形	11.6	9.15

[0046] 実施例1の変形よりも実施例1及び実施例2の方が反り量が少なくなっ

いるが、これは、実施例1の変形と異なり、下層支持層が2つに分割されていないので、光反射素子全体に一層高い剛性を付与することができるためであると考えられる。また、実施例1よりも実施例2の方が反り量が少なくなっているが、これは、後述するように、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隙間76A'が存在し、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隙間76B'が存在するので、発生する応力が緩和されるためと考えられる。

[0047] 表1に示した各種の材料を用いる場合、光反射層50と上層支持層42の積層構造体（便宜上、『上部積層構造体』と呼ぶ）、及び、下層支持層41とヒンジ部30の積層構造体（便宜上、『下部積層構造体』と呼ぶ）において、一端が支持部によって支持され、他端（先端）がフリーであるモデルを想定する。このようなモデルにおいて、上部積層構造体及び下部積層構造体に温度が加わった場合、逆向きの反りが発生する。具体的には、上部積層構造体は下向きに凸状に反り、下部積層構造体は上向きに凸状に反る。その結果、上部積層構造体と下部積層構造体の積層構造である光反射素子に温度が加わった場合の反りを低減することができる。具体的には、実施例1の光反射素子を構成する下部積層構造体、後述する実施例2の光反射素子を構成する下部積層構造体、及び、実施例1の変形の光反射素子を構成する下部積層構造体の温度に依存した他端反り量をシミュレーションによって求めた。この他端反り量は、下部積層構造体の一端を支持部で支えるモデルにおいて、支持部を基準とした下部積層構造体の他端（先端）の反り量である。より具体的には、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X軸に沿った他端反り量と-20°CにおけるX軸に沿った他端反り量の差（ Δ_x' ）、Y軸に沿った他端反り量と-20°CにおけるY軸に沿った他端反り量の差（ Δ_y' ）を求

めた。その結果を以下の表 4 に示す。

[0048] 〈表 4〉

	Δ_x' (nm)	Δ_y' (nm)
実施例 1	3.09	5.27
実施例 2	2.43	4.87
実施例 1 の変形	6.60	5.15

[0049] シミュレーションの結果から、特に、X 軸に沿った反りが、実施例 1 の変形に比べて実施例 1 及び実施例 2 は改善されていることが判る。

[0050] 以上のとおり、本開示の光反射素子にあっては、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。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

[0051] 実施例 2 は、実施例 1 の変形であり、第 2 構成の光反射素子に関する。実施例 2 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 9 に示し、上層支持層の模式的な平面図を図 10 に示し、図 9 の矢印 L-L に沿った模式的な端面図を図 11A に示し、図 10 の矢印 M-M に沿った模式的な断面図を図 11B に示す。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は図 1A と同じである。尚、図 10 においては、可動片の図示を省略

している。

[0052] 実施例2の光反射素子10Bにおいて、

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、

下層支持層71は、第1A下層支持層77A、第1B下層支持層78A及び第1C下層支持層79A、第2A下層支持層77B、第2B下層支持層78B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。

[0053] 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77Aから第1C下層支持層78Aに互り形成され、且つ、第2B下層支持層77Bから第2C下層支持層78B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1 C下層支持層7 9 Aと第2 C下層支持層7 9 Bと第3下層支持層7 7 Cとによって囲まれた空間（凹部7 1 D）の上方に形成されている。第1可動片3 5 A及び第2可動片3 5 B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3 5 Aの上方の領域を占める第1上層支持層、第2可動片3 5 Bの上方の領域を占める第2上層支持層を、参照番号7 2 A, 7 2 Bで表し、第1上層支持層7 2 Aから第2上層支持層7 2 B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7 2 Cで表す。また、凹部7 1 Dの上方に位置する上層支持層の領域を、参照番号7 2 Dで示す。

[0054] 第1 B下層支持層7 8 Aと第1 A下層支持層7 7 Aの側部との間の領域には隙間7 6 Aが存在し、第1 C下層支持層7 9 Aと第1 A下層支持層7 7 Aの側部との間の領域には隙間7 6 A' が存在する。第2 B下層支持層7 8 Bと第2 A下層支持層7 7 Bの側部との間の領域には隙間7 6 Bが存在し、第2 C下層支持層7 9 Bと第2 A下層支持層7 7 Bの側部との間の領域には隙間7 6 B' が存在する。

[0055] 上層支持層7 2は、より具体的には、図1 0に示すように、

- [1] 第1 A下層支持層7 7 Aの上、
- [2] 第1 B下層支持層7 8 Aの上、
- [3] 第1 C下層支持層7 9 Aの上、
- [4] 第2 A下層支持層7 7 Bの上、
- [5] 第2 B下層支持層7 8 Bの上、及び、
- [6] 第2 C下層支持層7 9 Bの上、

に形成されている。更には、上層支持層7 2は、

- [A] 第1 A下層支持層7 7 Aから第1 B下層支持層7 8 Aに互り、
- [B] 第1 A下層支持層7 7 Aから第1 C下層支持層7 9 Aに互り、
- [C] 第2 A下層支持層7 7 Bから第2 B下層支持層7 8 Bに互り、
- [D] 第2 A下層支持層7 7 Bから第2 C下層支持層7 9 Bに互り、
- [E] 第1 A下層支持層7 7 Aから第2 A下層支持層7 7 Bに互り、
- [F] 第1 B下層支持層7 8 Aから第2 B下層支持層7 8 B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。

[0056] 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2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 3

[0057] 実施例3は実施例1～実施例2の変形である。実施例3の光反射素子（実施例1の変形）10Cを構成する支持部及びヒンジ部の模式的な平面図を図12Aに示し、下層支持層の模式的な平面図を図12Bに示し、光反射素子10Cを構成する上層支持層の模式的な平面図を図13に示し、図12Aの矢印A-Aに沿った模式的な端面図を図14Aに示し、図13の矢印C-Cに沿った模式的な端面図を図14Bに示し、図13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13に示した光反射素子10C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14Cに示す。また、実施例3の変形例（実施例2の変形）10D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15に示し、実施例3の変形例の光反射素子10Dを構成する上層支持層の模式的な平面図を図16に示す。尚、図13及び図16においては、可動片の図示を省略している。

[0058] 実施例3の光反射素子10C、10Dにあつては、実施例1～実施例2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３の光反射素子１０Ｃ、１０Ｄは、片持ち梁構造を有する。この点を除き、実施例３の光反射素子１０Ｃ、１０Ｄの構成、構造は、実施例１～実施例２において説明した光反射素子１０Ａ、１０Ｂ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。

[0059] 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６Ａと同様の模式的な断面図を図１８に示すように、可動片の先端の下方に位置する基体の領域にストッパ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。

[0060] 尚、本開示は、以下のような構成を取ることもできる。

[A 0 1] 《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いる光反射素子。

[A 0 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〔A01〕に記載の光反射素子。

〔A05〕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[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。

[A07] 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[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] トーションバー部の両端が支持部に固定されている[A01]乃至[A08]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A10] トーションバー部の一端が支持部に固定されている[A01]乃至[A08]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A11] 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[A01]乃至[A10]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A12] 光反射部は支持部を覆っている[A01]乃至[A11]のいずれか1項に記載の光反射素子。

[A 1 3] 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 2] のいずれか 1 項に記載の光反射素子。

[A 1 4] 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 1 3] 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〔B01〕に記載の空間光変調器。

〔B05〕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[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。

[B07] 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[B06]に記載の空間光変調器。

[B08] 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[B01]乃至[B07]のいずれか1項に記載の空間光変調器。

[B09] 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いる[B01]乃至[B08]のいずれか1項に記載の空間光変調器。

[B10] 各光反射素子において、トーションバー部の一端が支持部に固定されている[B01]乃至[B08]のいずれか1項に記載の空間光変調器。

[B11] 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[B01]乃至[B10]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、光反射部は支持部を覆っている〔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、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 2〕のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

〔B 1 4〕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 1 3〕のいずれか 1 項に記載の空間光変調器。

符号の説明

[0061] 1 0 A, 1 0 B, 1 0 C, 1 0 D・・・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・・・空間、4 0・・・光反射部、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・・・下地層、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、7 7 B . . . 第 2 A 下層支持層、7 8 B . . . 第 2 B 下層支持層、7 9 C . . . 第 2 C 下層支持層、8 0 . . . 電極、8 1 . . . ストップ

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り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 A下層支持層、第1 B下層支持層及び第1 C下層支持層、第2 A下層支持層、第2 B下層支持層及び第2 C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1 A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請求項1に記載の光反射素子。

[請求項5]

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請求項4に記載の光反射素子。

- [請求項6] 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7] トーションバー部の両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8] 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9] 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10] 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11] 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12] 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 に記載に光反射素子。
- [請求項13] 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

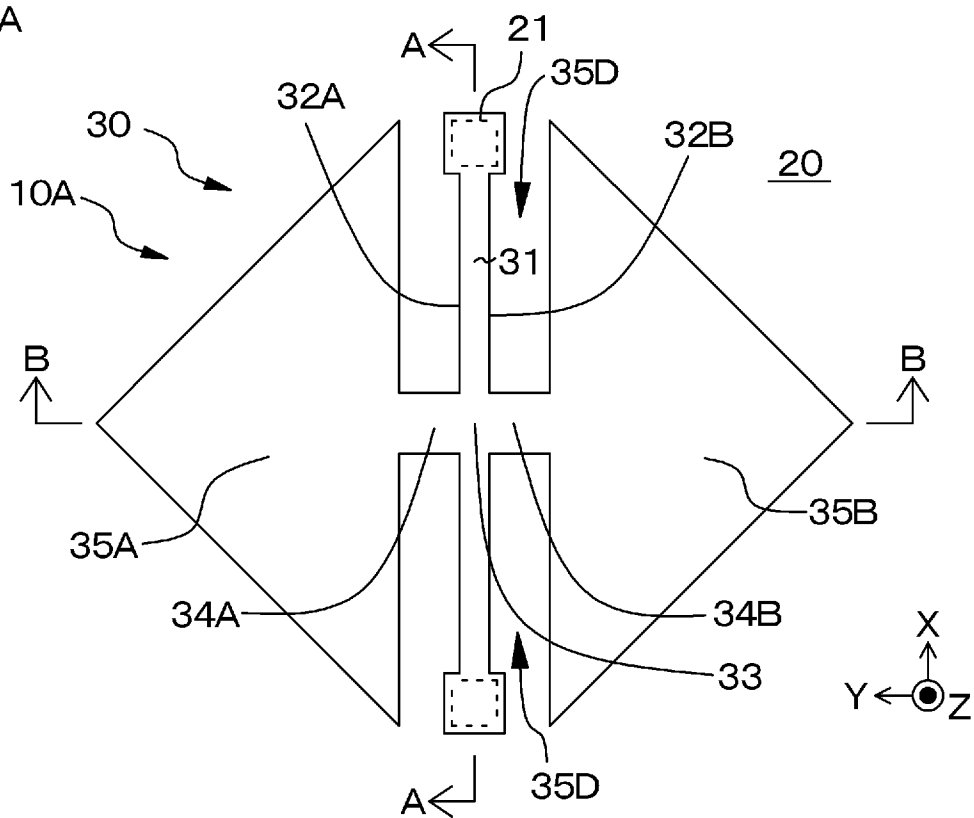
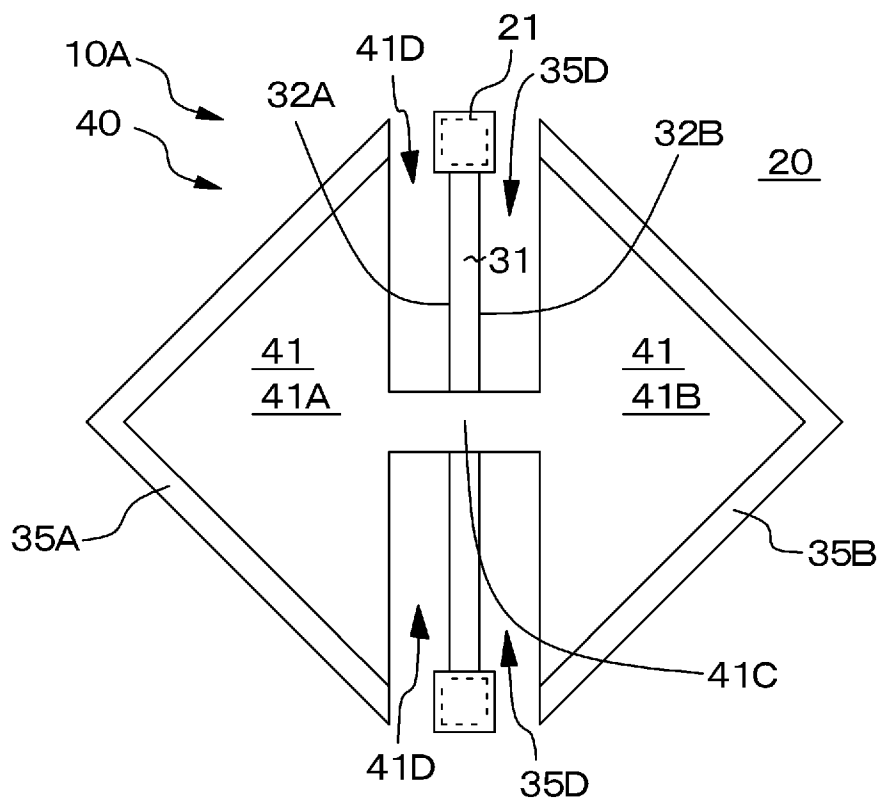
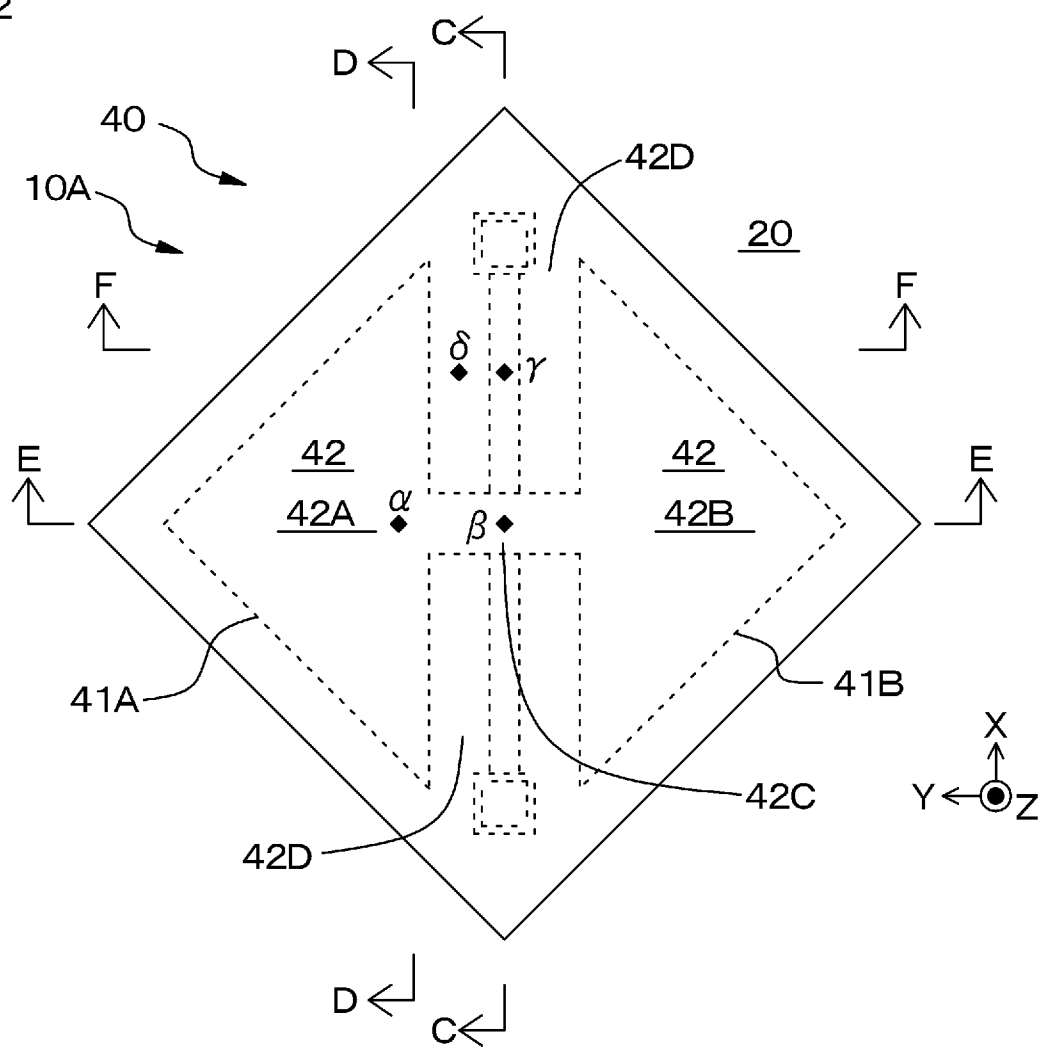


図 1 B



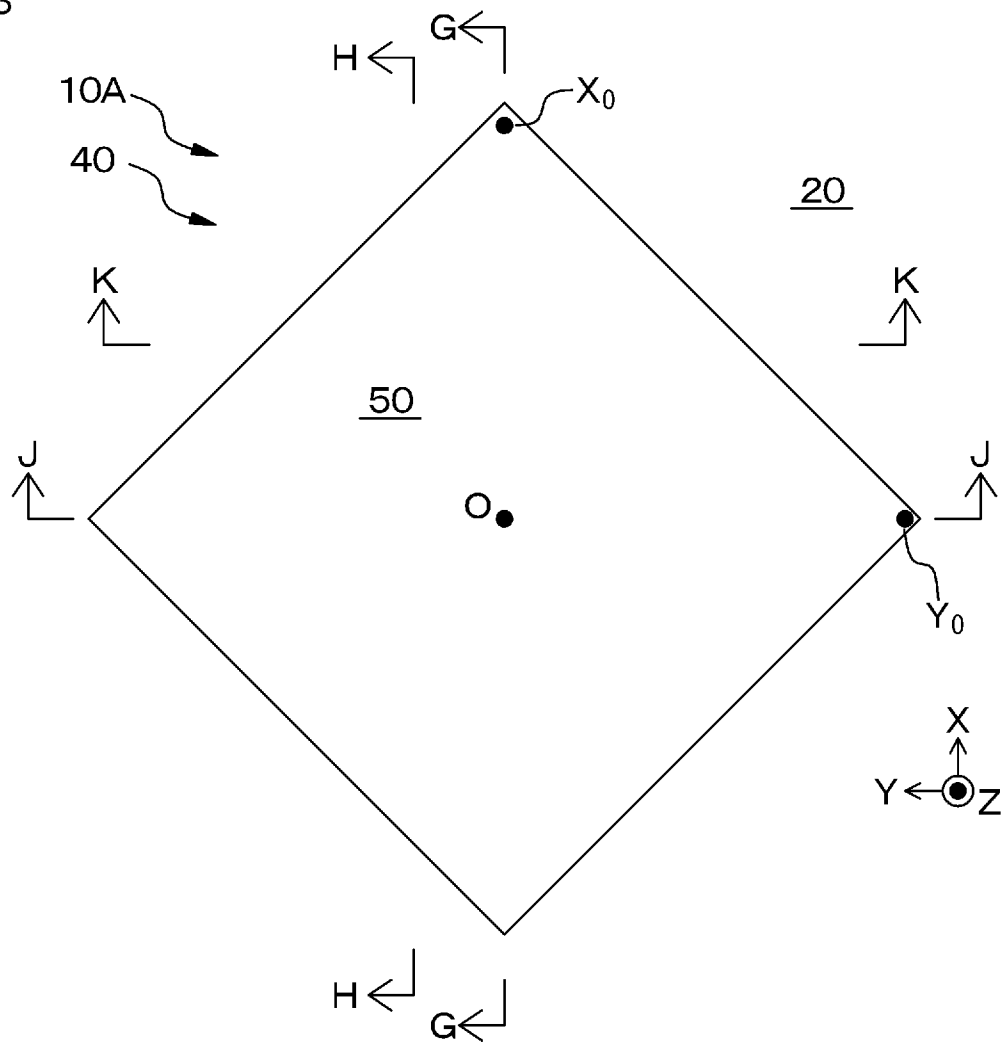
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

図 4 A

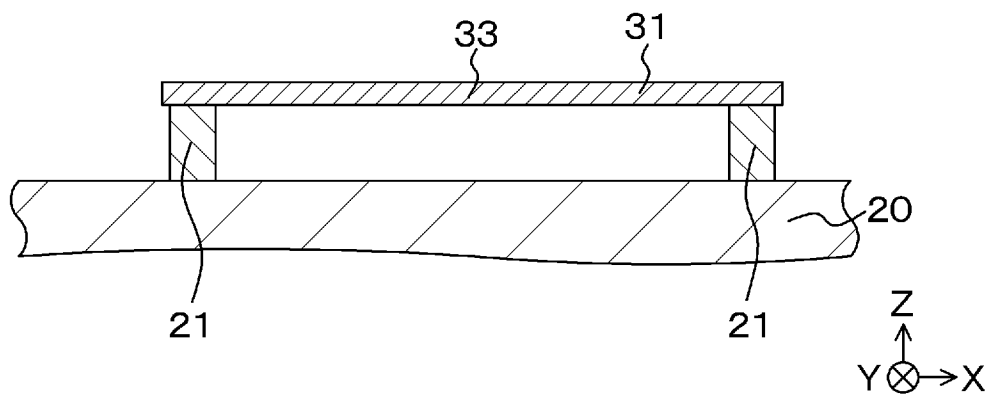
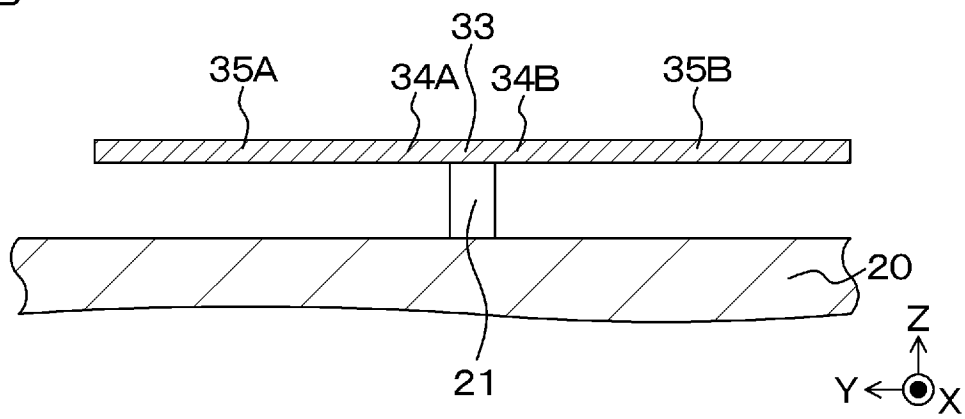


図 4 B



[図5]

図 5 A

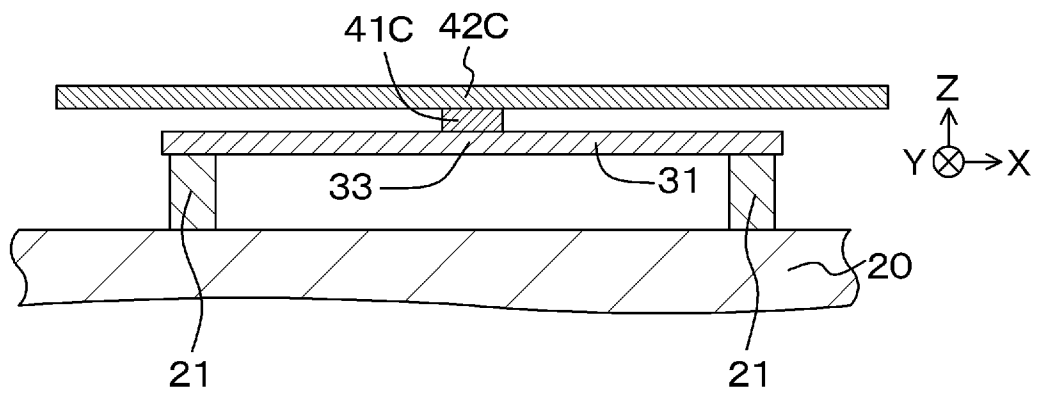
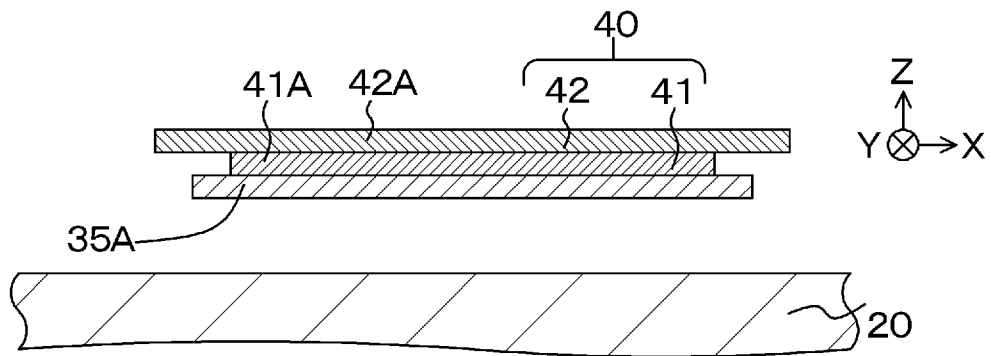


図 5 B



[図6]

図 6 A

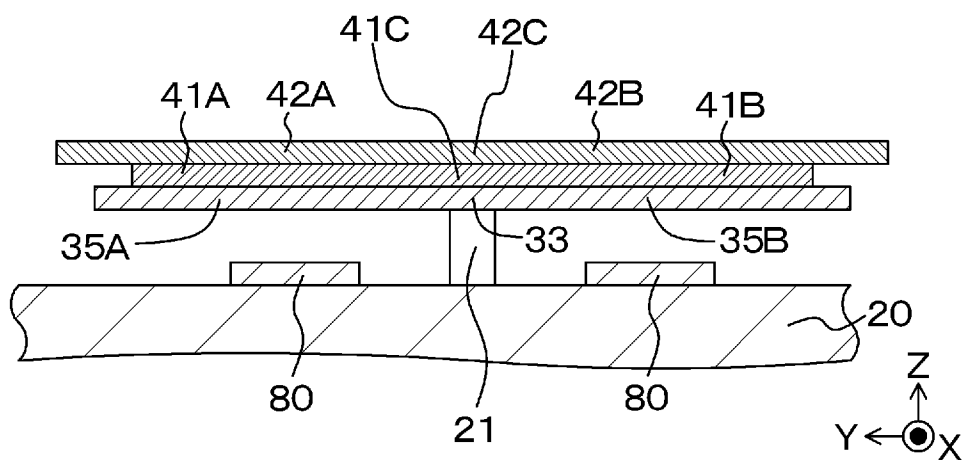
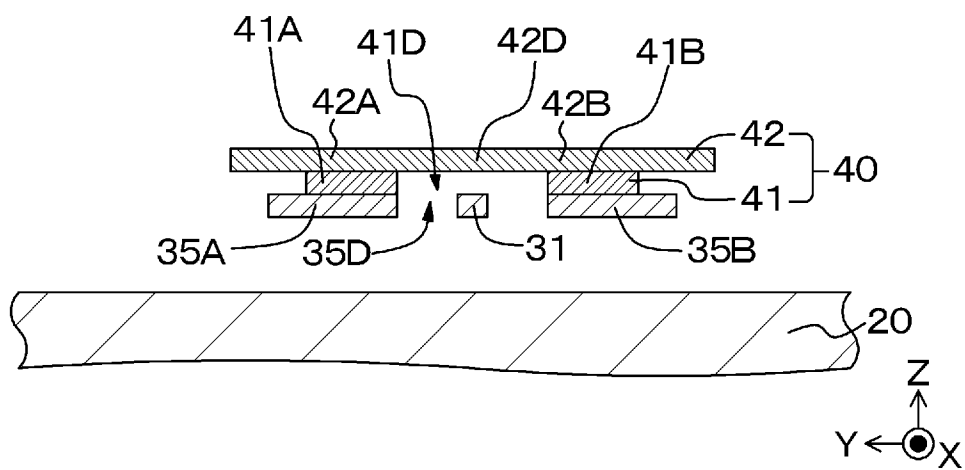


図 6 B



[図7]

図 7 A

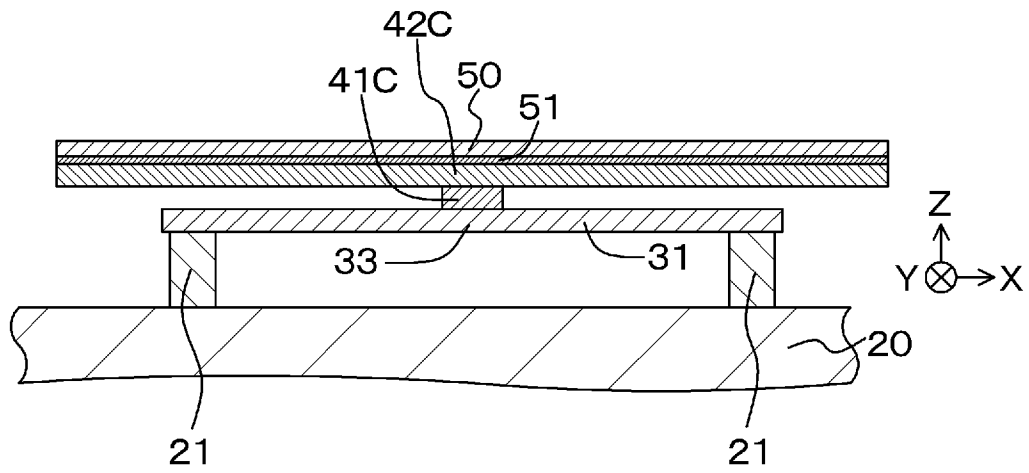
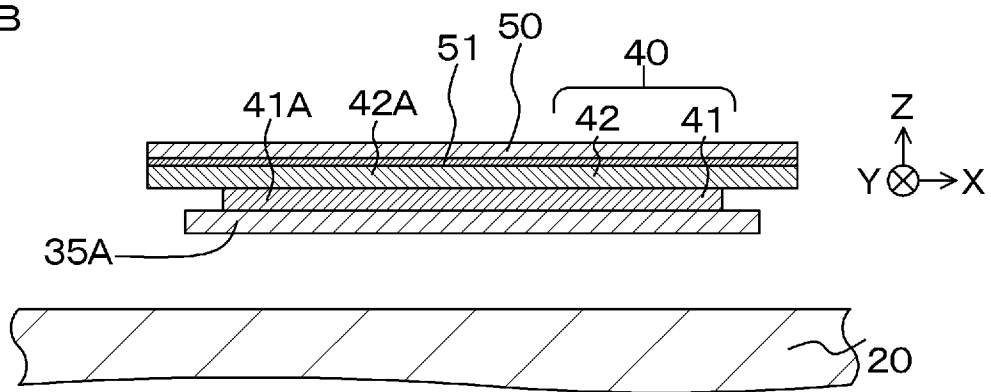


図 7 B



[図8]

図 8 A

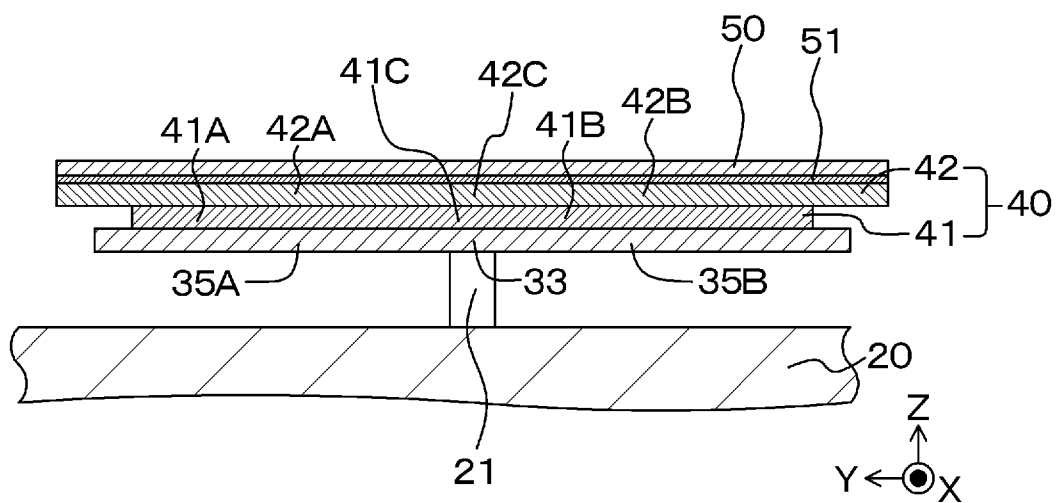


図 8 B

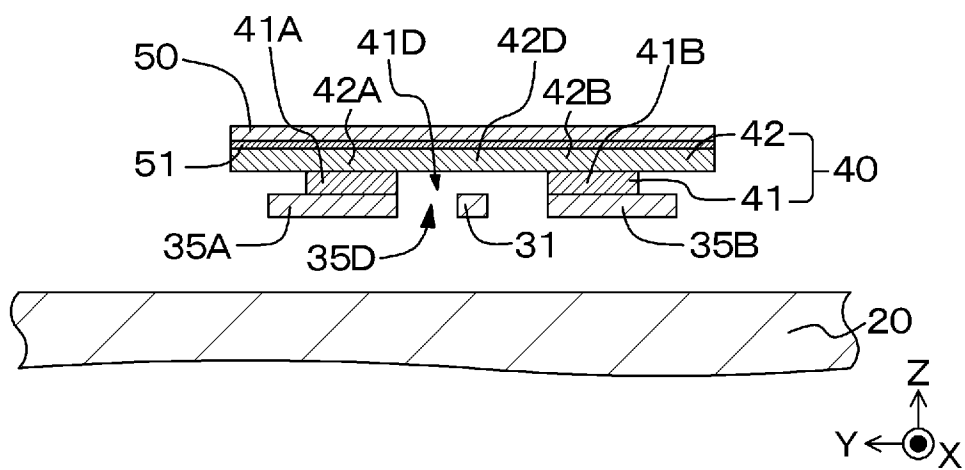
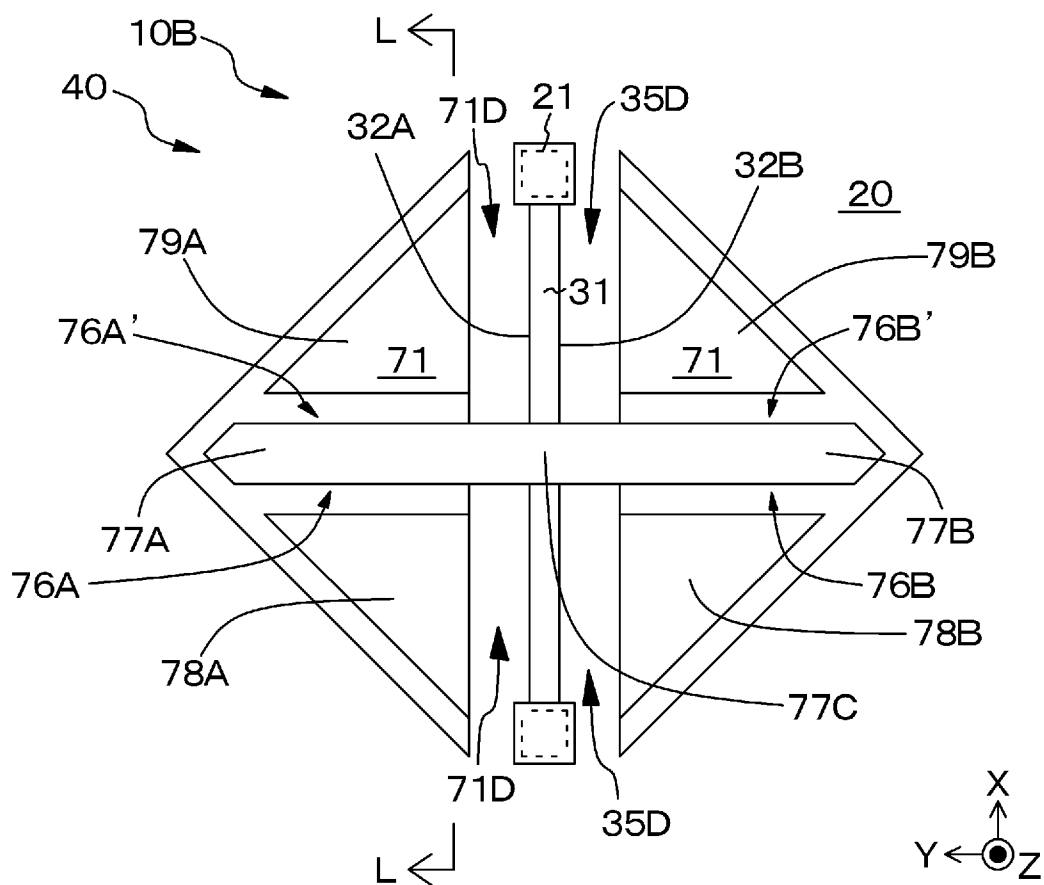
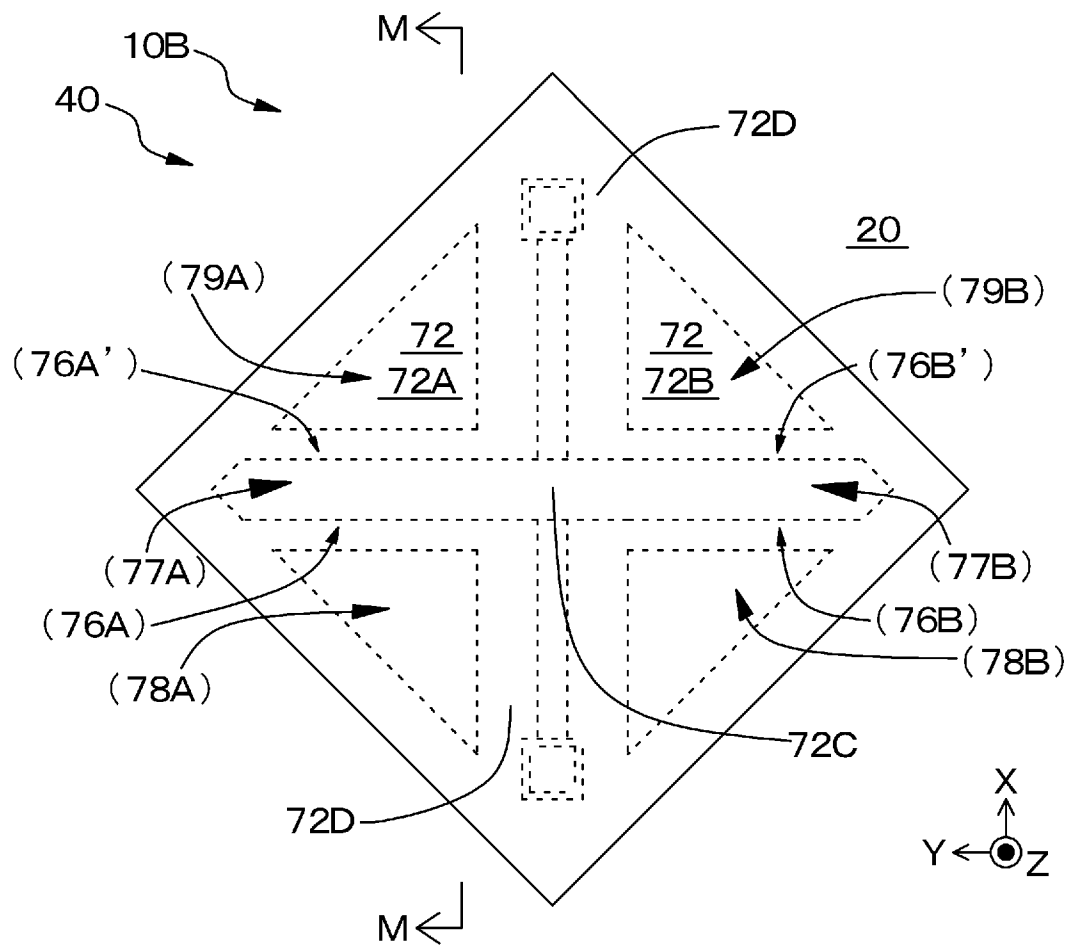


图 9



[図10]

図 10



[図11]

図 1 1 A

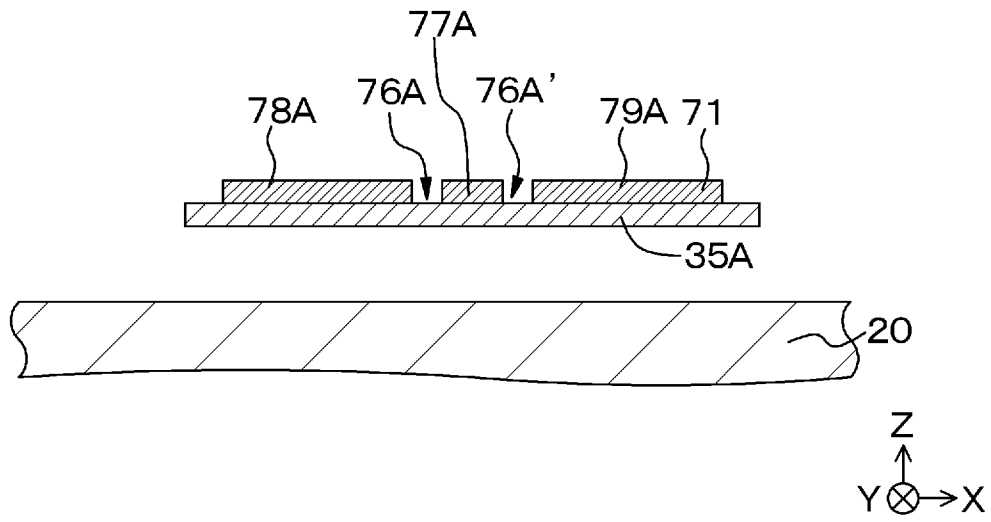
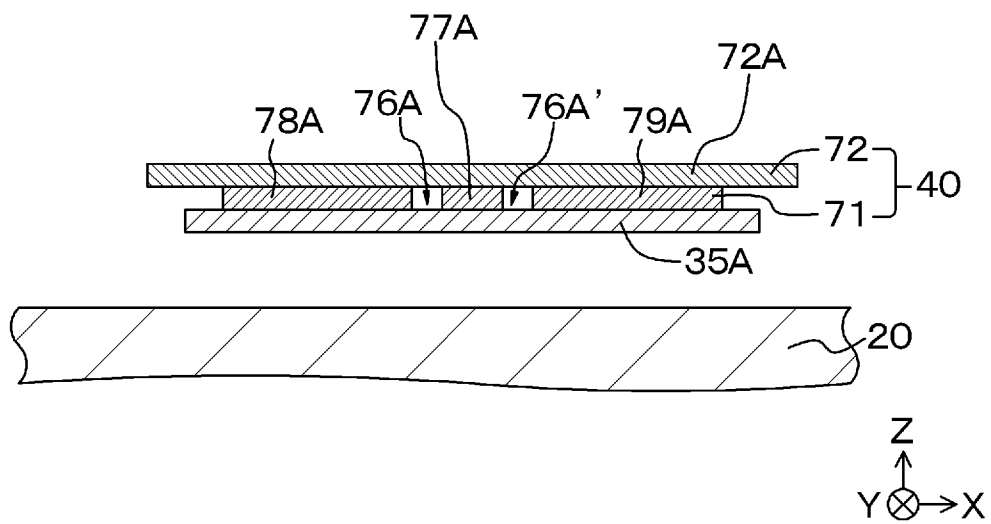


図 1 1 B



[図12]

図 1 2 A

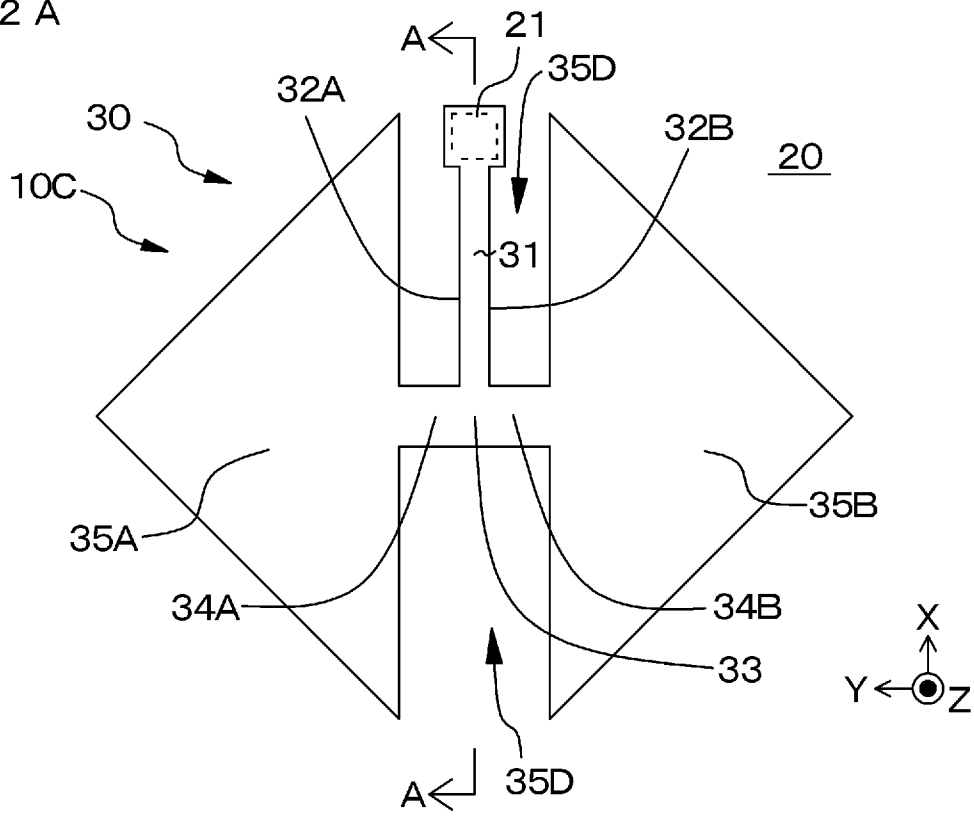
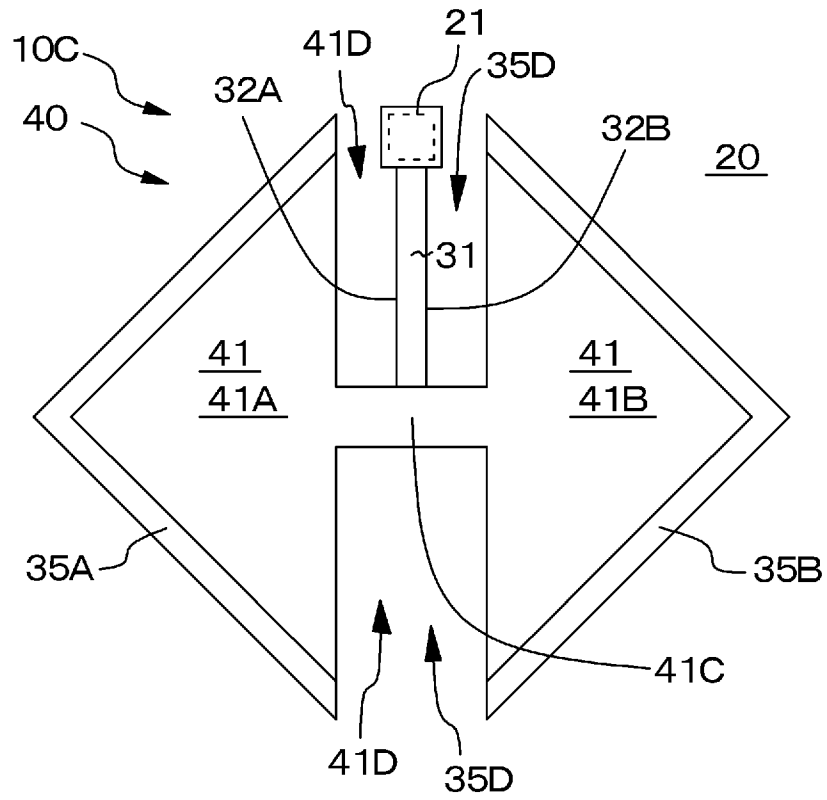
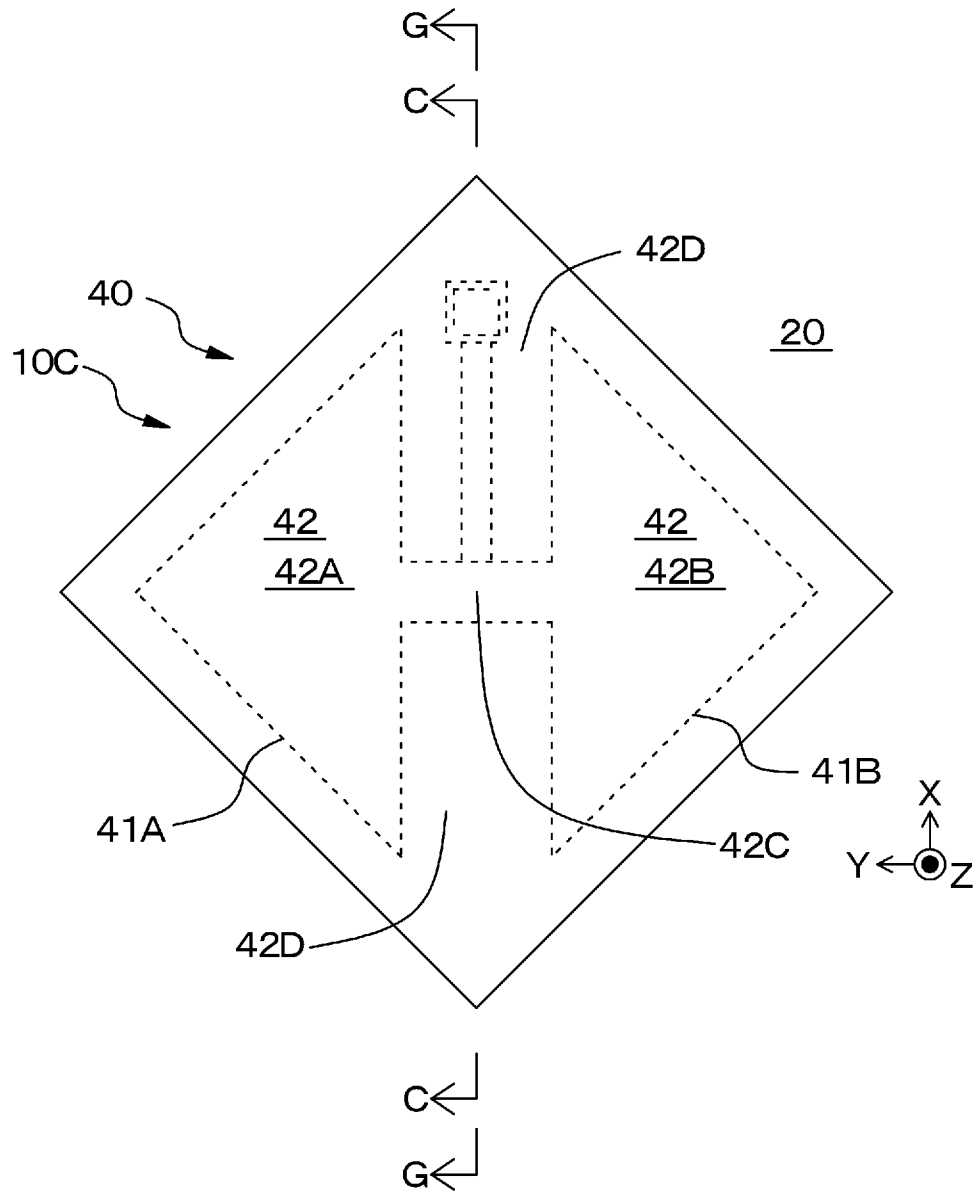


図 1 2 B



[図13]

図 1 3



[図14]

図 1 4 A

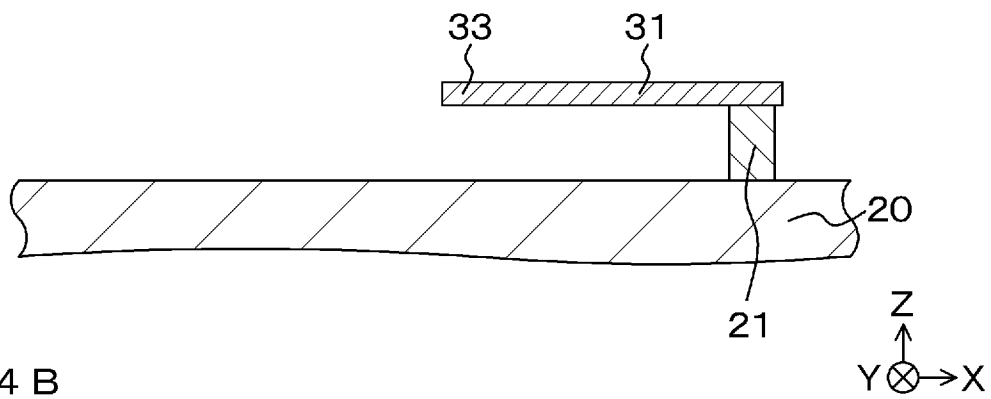


図 1 4 B

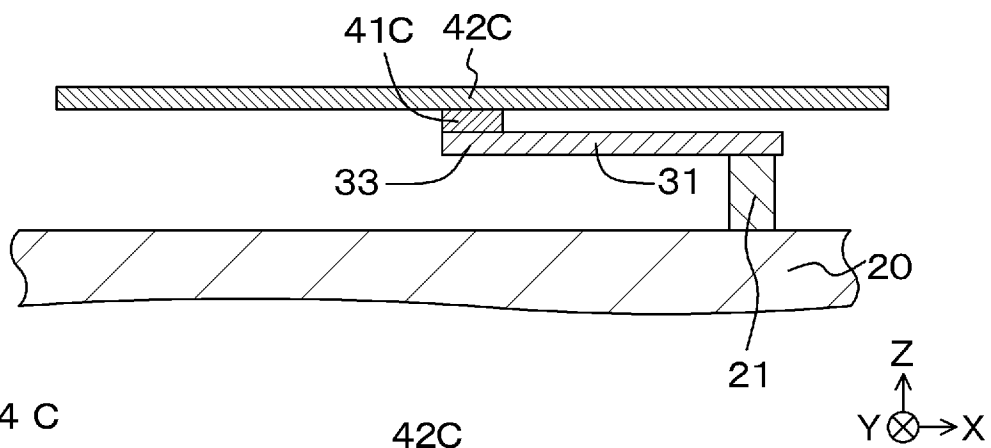
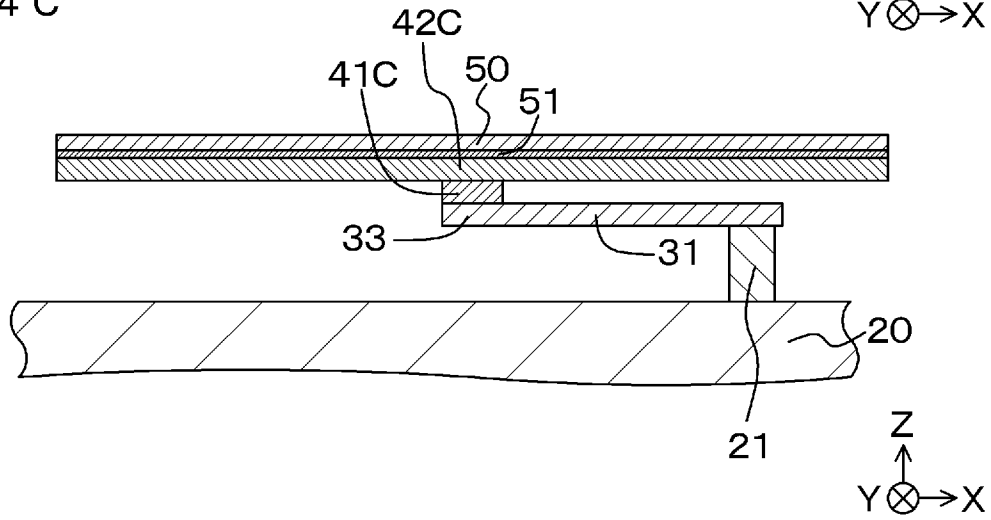
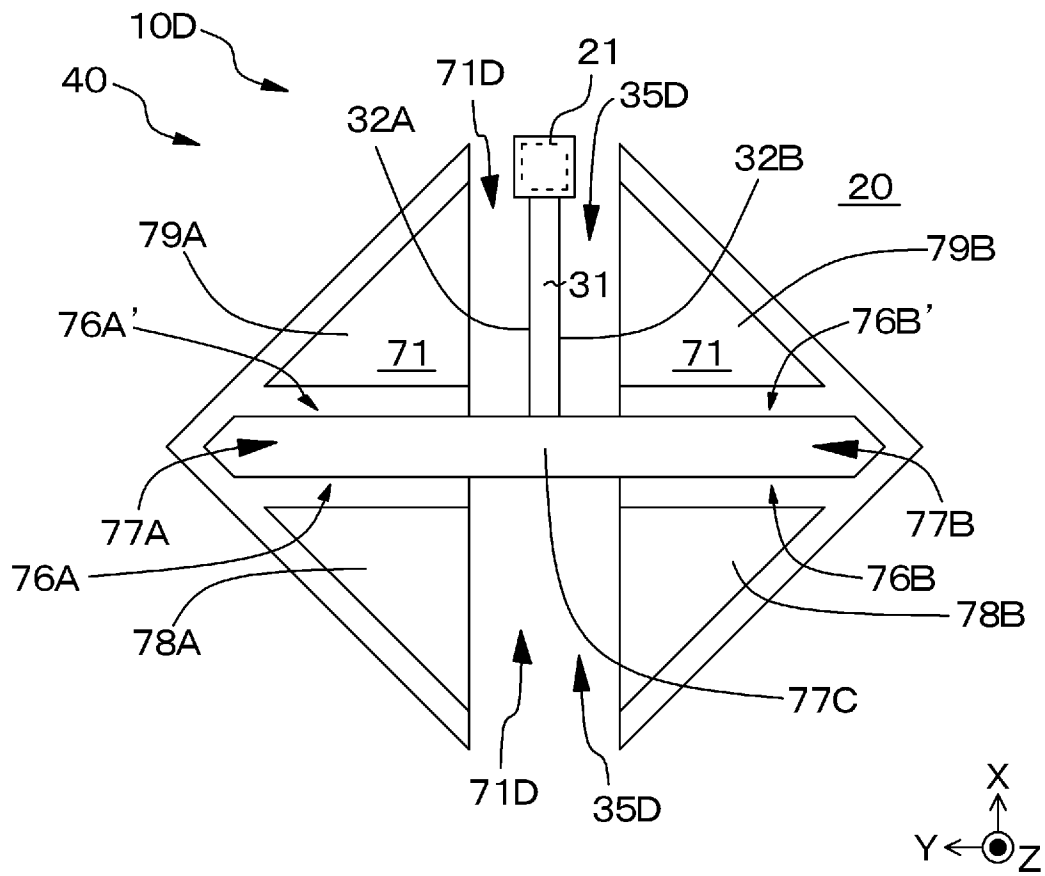


図 1 4 C



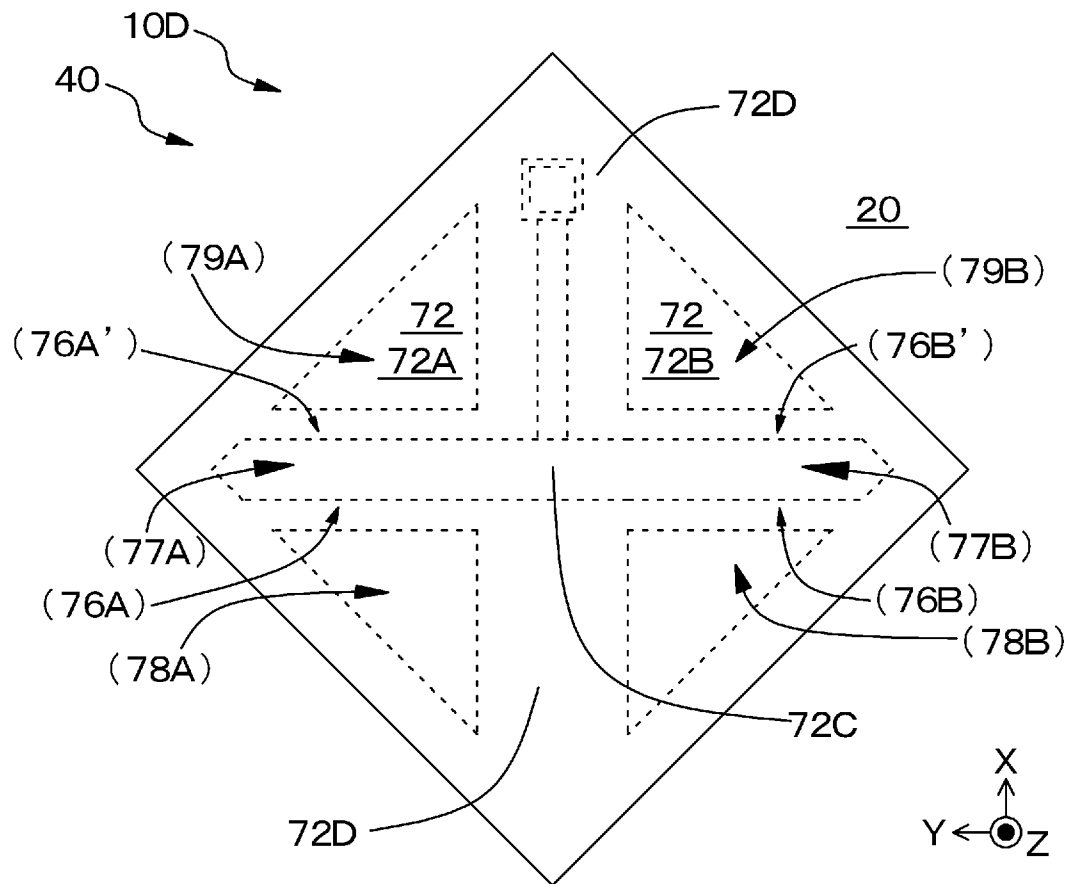
[図15]

図 15



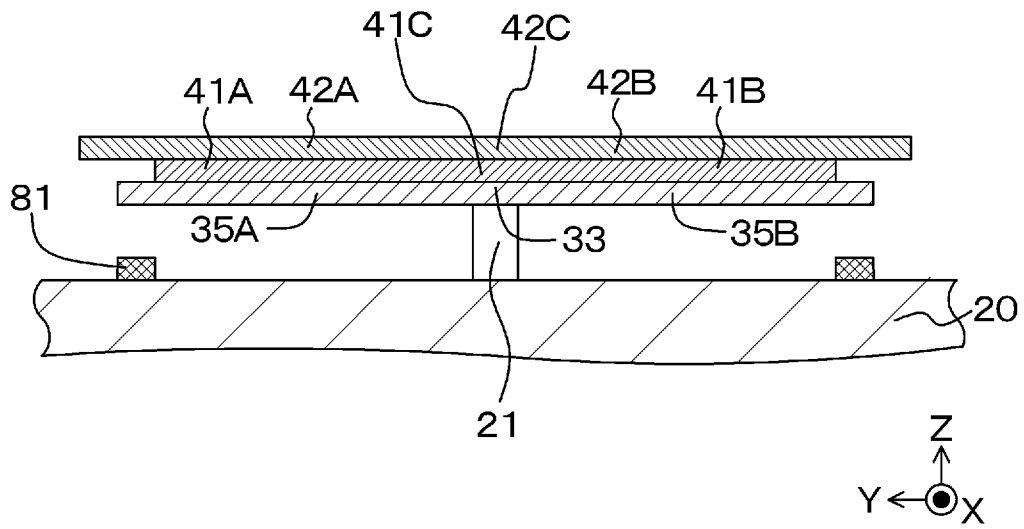
[図16]

図 16



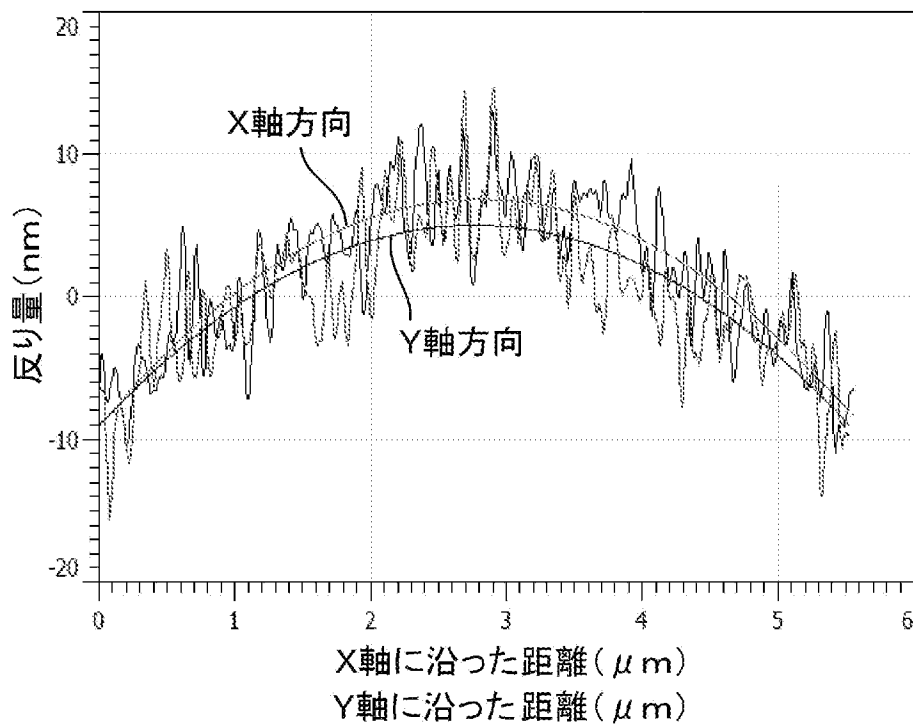
[図18]

図 1 8



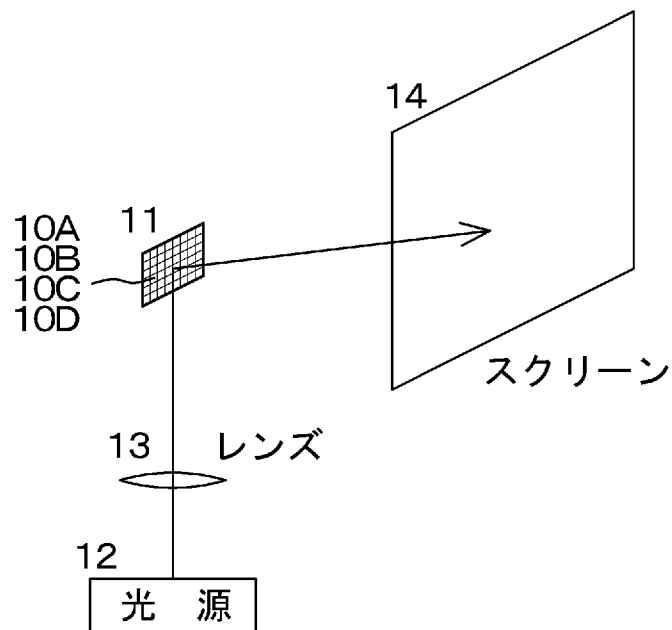
[図19]

図 1 9



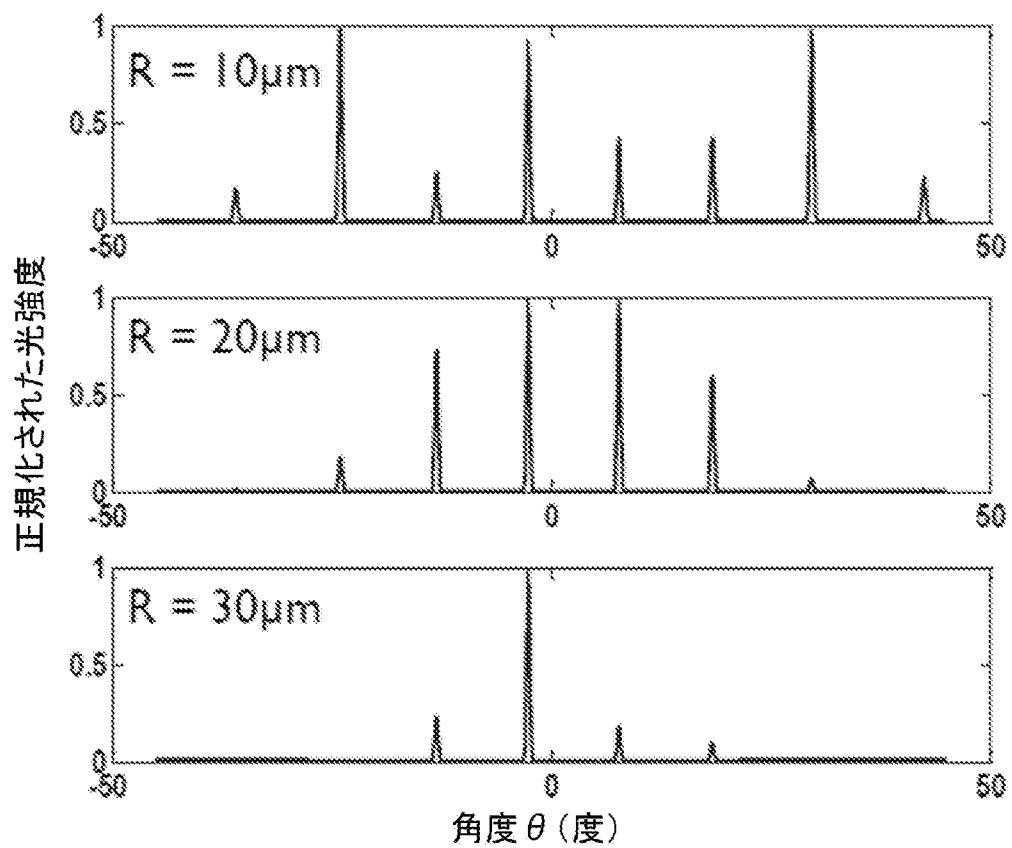
[図20]

図 20



[図21]

図 21



[図22]

図22A

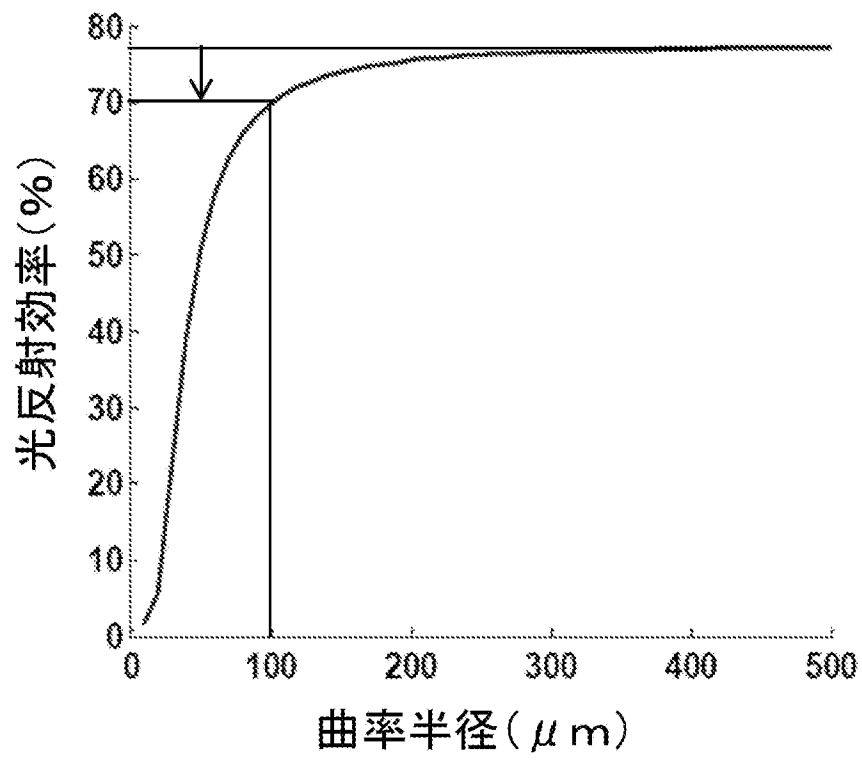
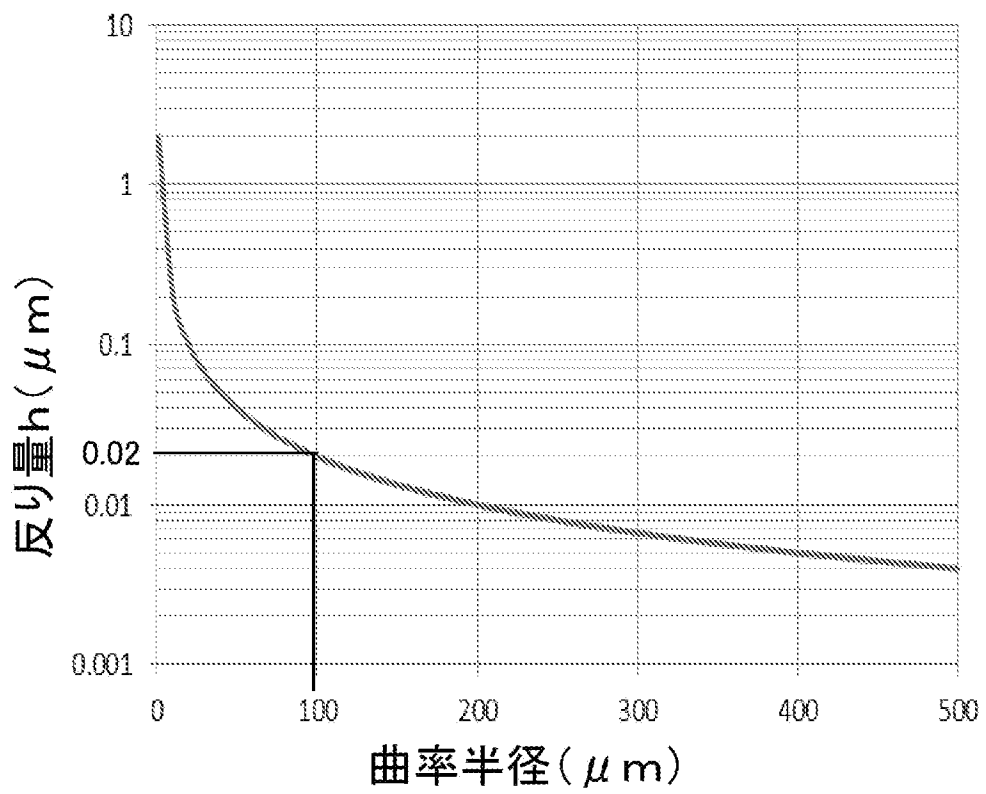


図22B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/047860

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B26/08 (2006.01) i, B81B3/00 (2006.01) i, G02B26/10 (2006.01) i, G03B21/00 (2006.01) i

FI: G02B26/08E, B81B3/00, G02B26/10104Z, G03B21/00F

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.
X Y A	JP 2007-156466 A (SPATIAL PHOTONICS INC.) 21 June 2007, paragraph [0035], fig. 35	1-3, 6, 7, 9-13 8 4, 5
X Y A	US 2006/0126152 A1 (PAN, S. X.) 15 June 2006, paragraphs [0023]-[0031], fig. 1	1, 6, 7, 9-13 8 2-5
X Y A	JP 2017-68213 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 06 April 2017, paragraphs [0029]-[0041], fig. 1-3	1, 6, 7, 9 8 2-5, 10-13
Y	JP 2007-514183 A (ISHII, Fusao) 31 May 2007, paragraphs [0029]-[0031], fig. 4, 5	8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
17.01.2020

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 REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/047860

JP 2007-156466 A 21 June 2007 US 2007/0121192 A1
paragraph [0091], fig. 35
EP 1793260 A1
CN 101029965 A

US 2006/0126152 A1 15 June 2006 (Family: none)

JP 2017-68213 A 06 April 2017 (Family: none)

JP 2007-514183 A 31 May 2007 US 6862127 B1
column 7, line 51 to column 8, line 21,
fig. 4, 5
WO 2005/045505 A1

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 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
X	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, 6, 7, 9-13
Y		8
A		4, 5
X	US 2006/0126152 A1（PAN, Shaober X.）15.06.2006（2006-06-15） 段落[0023]-[0031]及び図1	1, 6, 7, 9-13
Y		8
A		2-5
X	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, 6, 7, 9
Y		8
A		2-5, 10-13
Y	JP 2007-514183 A（イシイ フサオ）31.05.2007（2007-05-31） 段落【0029】-【0031】及び図4, 5	8
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 17.01.2020		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

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/JP2019/047860

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	2007-514183	A	31.05.2007	US 6862127 B1 第7欄第51行-第8欄第21行及び図4, 5 WO 2005/045505 A1	