

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/201848 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/35 (2006.01) G02B 26/08 (2006.01)

県名古屋市中区錦一丁目11番11号 名古屋インターシティ Aichi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012997

(22) 国際出願日: 2023年3月29日(29.03.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: s a n t e c H o l d i n g s 株式会社(SANTEC HOLDINGS CORPORATION) [JP/JP]; 〒4850802 愛知県小牧市大草年上坂5823番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 桜井 康樹 (SAKURAI, Yasuki); 〒4850802 愛知県小牧市大草年上坂5823番地 サンテック株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 名古屋国際弁理士法人 (NAGOYA INTERNATIONAL IP FIRM); 〒4600003 愛知

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: OPTICAL SWITCH

(54) 発明の名称: 光スイッチ

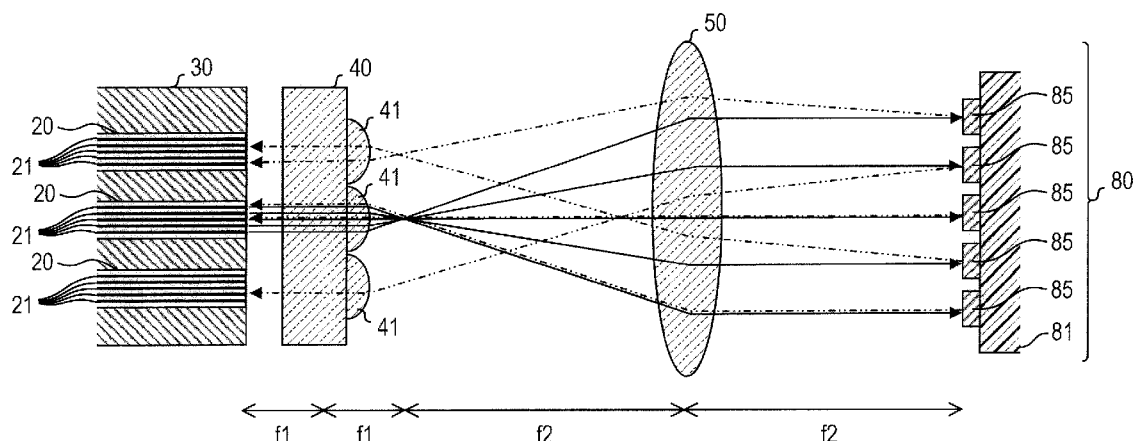


FIG. 4

(57) Abstract: This optical switch comprises a connection part, a lens, and a reflection mirror array. The lens is disposed so that input light from one or more multi-core fibers connected to the connection part passes therethrough. The reflection mirror array is configured to reflect, toward an output destination, the input light propagating through the lens. Each of the one or more multicore fibers comprises a plurality of cores two-dimensionally arranged at a predetermined pitch so as to form a predetermined geometric pattern. The reflection mirror array comprises a plurality of reflection mirrors two-dimensionally arranged in an enlarged geometric pattern and at an enlarged pitch. Each of the plurality of reflection mirrors is configured to be capable of rotationally driving the reflection surface around two rotation axes.



ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：光スイッチは、接続部と、レンズと、反射ミラーアレイとを備える。レンズは、接続部に接続された一以上のマルチコアファイバからの入力光が通過するように配置される。反射ミラーアレイは、レンズを通して伝播する入力光を、出力先に向けて反射するように構成される。一以上のマルチコアファイバのそれぞれは、所定の幾何学パターンを形成するように所定のピッチで二次元配列された複数のコアを備える。反射ミラーアレイは、拡大された幾何学パターン及びピッチで二次元配列された複数の反射ミラーを備える。複数の反射ミラーのそれぞれは、二つの回転軸の周りに反射面を回転駆動可能であるように構成にされる。

明 細 書

発明の名称：光スイッチ

技術分野

[0001] 本開示は、光スイッチに関する。

背景技術

[0002] 近年、モバイル通信の高速化に伴い、バックボーンである光ネットワークの通信トラフィック量が増加を続けている。現在の単一モードファイバ（SCF）を用いた光リンクでは、増大するトラフィック需要に継続的に答えることが困難である。このため、マルチモードファイバ（MCF）を用いた空間分割多重（SDM）ネットワークが提案されている。

[0003] SDMネットワークは、SCFを用いた波長分割多重（WDM）レイヤに加えて、MCFベースの空間分割によるチャネルルーティングを利用するSDMレイヤを備える。近年では、MCFを使用する空間クロスコネクタ（SXC）アーキテクチャとして、コア選択スイッチ（CSS）に基づくシンプルで経済性に優れたSXCアーキテクチャが提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：神野 正彦 他、「空間チャネルネットワーク用の超広帯域波長範囲で低挿入損失のコア選択スイッチ（Core selective switch with low insertion loss over ultra-wide wavelength range for spatial channel networks）」、ジャーナル・オブ・ライトウェーブ・テクノロジー（Journal of Lightwave Technology）、米国、2022年3月15日、第40巻、6号、p. 1822 - p. 1828

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 提案されるコア選択スイッチでは、スイッチング素子としてチルト式のM

EMSミラーが採用されている。MEMSミラーへの印加電圧を制御することによりMEMSミラーの傾斜角が制御される。傾斜角の制御を通じて、出力先のマルチコアファイバのコアが選択される。

[0006] ところで、上述のコア選択スイッチを含む、マルチコアファイバに対応した光スイッチにおいては、マルチコアファイバのコア集積度が高くなるほど、反射ミラーアレイにおいて反射ミラーの配置に制約を受ける。

[0007] そこで、本開示の一側面によれば、コア集積度の高いマルチコアファイバに適した光スイッチを提供できることが望ましい。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一側面によれば、光スイッチが提供される。光スイッチは、接続部と、レンズと、反射ミラーアレイとを備える。接続部には、一以上のマルチコアファイバが接続される。

[0009] レンズは、接続部に接続された一以上のマルチコアファイバからの入力光が通過するように配置される。反射ミラーアレイは、レンズを通して入射する入力光を、出力先に向けて反射するように構成される。

[0010] 一以上のマルチコアファイバのそれぞれは、所定の幾何学パターンを形成するように所定のピッチで二次元配列された複数のコアを備える。レンズは、当該レンズを通過する入力光が拡大された幾何学パターン及びピッチで反射ミラーアレイに入射するように配置される。

[0011] 反射ミラーアレイは、拡大された幾何学パターン及びピッチで二次元配列された複数の反射ミラーを備える。複数の反射ミラーのそれぞれは、二つの回転軸の周りに反射面を回転駆動可能であるように構成される。

[0012] このように構成された光スイッチによれば、反射ミラーアレイは、一以上のマルチコアファイバからの入力光を、拡大された幾何学パターン及びピッチで受けて、これらの入力光のそれぞれを、対応する出力先に向けて反射することができる。

[0013] 従って、本開示の一側面によれば、コア集積度の高いマルチコアファイバに適した光スイッチを提供することができる。

- [0014] 本開示の一側面によれば、複数の反射ミラーは、複数のMEMSチルトミラーを含み得る。スイッチング素子としてのMEMSチルトミラーは、低い光損失及び広い帯域幅を有し、低消費電力で動作可能である。
- [0015] 本開示の一側面によれば、複数の反射ミラーのそれぞれは、反射面を表面に有する本体と、給電用の電極パッドとを備え得る。電極パッドは、本体の裏面に設けられ得る。この電極パッドの配置によれば、表面に電極パッドを設ける場合と比較して、広い反射面を表面に設けることができる。従って、反射ミラーに入射する光が反射面からはみ出ることに起因した挿入損失を抑制することができる。
- [0016] 本開示の一側面によれば、反射ミラーアレイは、基板を備え得る。複数の反射ミラーは、電極パッドを通じて基板に表面実装され得る。
- [0017] 本開示の一側面によれば、反射ミラーアレイは、複数の反射ミラーとして、それぞれが一つの反射面を有するMEMSチルトミラーとして構成される複数のMEMSデバイスを備え得る。
- [0018] 本開示の一側面によれば、反射ミラーは、第一の構造体と、第二の構造体と、を備え得る。第一の構造体は、二つの回転軸の周りに回転駆動される構造体であり得る。第二の構造体は、表面及び裏面を有し、裏面で第一の構造体に接続され得る。第二の構造体の表面は、法線方向において第一の構造体にオーバーラップするように、法線方向とは垂直な方向に広がった表面であり得る。反射面は、第二の構造体の表面に設けられ得る。
- [0019] 回転駆動される第一の構造体とはオーバーラップする第二の構造体の表面に反射面を設けることによれば、第一の構造体の表面に反射面を設ける場合と比較して、広い反射面を第二の構造体に設けることができる。従って、挿入損失を抑えることが可能である。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]光ネットワークにおけるコア選択スイッチの設置例を説明する図である。
- [図2]コア選択スイッチの光学構成を説明する図である。

[図3]コア選択スイッチを制御するコントローラを説明する図である。

[図4]コア選択スイッチにおける光スイッチングを概念的に説明する図である。

[図5]図5 Aは、光軸に垂直な面におけるマルチコアファイバの二次元配置を表す平面図であり、図5 Bは、反射ミラーアレイにおけるMEMSチルトミラーの二次元配置を表す平面図である。

[図6]図6 Aは、MEMSチルトミラーの平面図であり、図6 Bは、MEMSチルトミラーの下面図である。

[図7]反射ミラーアレイの正面図である。

[図8]図8 Aは、変形例のMEMSチルトミラーの平面図であり、図8 Bは、変形例のMEMSチルトミラーの正面図である。

符号の説明

[0021] 1…光ネットワーク、10…コア選択スイッチ、20…マルチコアファイバ、21…コア、30…MCFアレイ、40…マイクロレンズアレイ、41…マイクロレンズ、50…コンデンサレンズ、80…反射ミラーアレイ、81…基板、85…MEMSチルトミラー、90…コントローラ、100…MEMSチルトミラー、110…下部構成体、111…本体、111A…開口部、111B…くし歯電極、113…フレーム、113A…くし歯電極、113B…くし歯電極、115…プレート、115A…くし歯電極、119…電極パッド、150…上部構成体、151…支柱、155…支持プレート、159…反射面、850…本体、851…反射面、859…電極パッド。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に本開示の例示的实施形態を、図面を参照しながら説明する。

[0023] 図1に示す本実施形態のコア選択スイッチ(CSS)10は、マルチコアファイバ(MCF)20を用いて構築される光ネットワーク1のノードに設置される光スイッチである。

[0024] マルチコアファイバ20のそれぞれは、一つのクラッド内に複数のコア21を備える光ファイバである。コア選択スイッチ10は、複数のマルチコア

ファイバ２０に接続される。コア選択スイッチ１０は、入力ＭＣＦと、出力ＭＣＦとの間において、光信号の伝播経路をコア単位で切替可能に構成される。

[0025] 入力ＭＣＦは、複数のマルチコアファイバ２０のうち、コア選択スイッチ１０に光信号を入力する一以上のマルチコアファイバ２０である。出力ＭＣＦは、複数のマルチコアファイバ２０のうち、コア選択スイッチ１０から外部に光信号を出力する一以上のマルチコアファイバ２０である。

[0026] 図２に示すコア選択スイッチ１０は、ＭＣＦアレイ３０と、マイクロレンズアレイ４０と、コンデンサレンズ５０と、反射ミラーアレイ８０とを備える。図２における一点鎖線は、入力光、すなわち入力ＭＣＦから入力される光信号の反射ミラーアレイ８０への伝播を概念的に表す。

[0027] 図３に示すように、コア選択スイッチ１０には、コントローラ９０が接続される。コントローラ９０は、反射ミラーアレイ８０を制御可能に、反射ミラーアレイ８０に電氣的に接続される。

[0028] 図４は、コア選択スイッチ１０において実現される光スイッチングを概念的に説明する。図４における実線矢印は、入力ＭＣＦからの入力光の伝播を概念的に表す。図４における二点鎖線矢印は、入力光に対応する反射ミラーアレイ８０からの反射光であって、出力ＭＣＦを通じて外部に出力される反射光の伝播を概念的に表す。

[0029] ＭＣＦアレイ３０は、マルチコアファイバ２０との接続部として機能する。ＭＣＦアレイ３０に接続及び固定される複数のマルチコアファイバ２０の少なくとも一部が、上述の入力ＭＣＦとして機能する。複数のマルチコアファイバ２０の少なくとも一部が、上述の出力ＭＣＦとして機能する。複数のマルチコアファイバ２０には、入力ＭＣＦ及び出力ＭＣＦの両者として機能するマルチコアファイバ２０が含まれていてもよい。

[0030] マイクロレンズアレイ４０は、複数のマイクロレンズ４１を備える。複数のマイクロレンズ４１は、マイクロレンズアレイ４０において二次元配列される。具体的には、複数のマイクロレンズ４１は、ＭＣＦアレイ３０に接続

されるマルチコアファイバ20の二次元配列に応じた二次元配列でマイクロレンズアレイ40に配置される。各マイクロレンズ41は、コリメータとして機能する。

[0031] 各マイクロレンズ41は、複数のマルチコアファイバ20のうちの一つに対応付けられる。各マイクロレンズ41は、複数のマルチコアファイバ20のうちの対応する一つのマルチコアファイバ20からの入力光、又は、当該対応する一つのマルチコアファイバ20への出力光が伝播する経路に配置される。

[0032] 入力MCFの各コア21からの入力光は、対応するマイクロレンズ41によって、コリメート光に変換され、コンデンサレンズ50に入射する。コンデンサレンズ50上の入射位置は、コア21毎に異なる。図4では、図示される3つのマルチコアファイバ20のうち、中段の一つのマルチコアファイバ20が、入力MCFに対応する。

[0033] コア選択スイッチ10の光学系は、マイクロレンズアレイ40とコンデンサレンズ50とを用いた4f光学系として構成される。従って、マルチコアファイバ20からの入力光は、マルチコアファイバ20におけるコアピッチ及びコアMFD（モードフィールド径）の f_2/f_1 倍に対応するピッチ及びビーム径で反射ミラーアレイ80に入射される。ここで f_1 は、マイクロレンズ41の焦点距離であり、 f_2 は、コンデンサレンズ50の焦点距離である。

[0034] コンデンサレンズ50は、テレセントリック光学系を形成するように配置される。入力MCFからの入力光は、コンデンサレンズ50を通じて、コンデンサレンズ50通過後の光がコンデンサレンズ50の主光線（主軸）と平行になるよう偏向され、コンデンサレンズ50の焦点位置で焦点を結ぶように集光される。

[0035] 反射ミラーアレイ80は、この焦点位置で入力光を反射するように配置される。反射ミラーアレイ80は、MEMS型の反射ミラーとして、複数のMEMSチルトミラー85を、主光線に対して垂直に配置される基板81の表

面に備える。

[0036] 複数のMEMSチルトミラー85は、コンデンサレンズ50からの入力光の結像面に設けられる。反射ミラーアレイ80は、入力MCFのコア数と同数のMEMSチルトミラー85を備えることができる。

[0037] すなわち、各MEMSチルトミラー85は、コンデンサレンズ50を通して伝播する、対応する一つのコア21からの入力光が集光する位置に配置される。複数のMEMSチルトミラー85は、入力MCFのコア21の二次元配列を拡大したパターンで、基板81上に二次元配列される。

[0038] 図5Aに示すように、各マルチコアファイバ20において、複数のコア21は、クラッド内で、所定の幾何学パターンを形成するように所定のピッチで二次元配列される。反射ミラーアレイ80に入射する入力光は、マイクロレンズアレイ40及びコンデンサレンズ50の通過によって、複数のコア21の幾何学パターン及びピッチを拡大した幾何学パターン及びピッチで反射ミラーアレイ80に入射する。

[0039] 反射ミラーアレイ80において、複数のMEMSチルトミラー85は、図5Bに示すように、拡大された幾何学パターン及びピッチで基板81上に二次元配列される。図5Bにおける符号D1は、隣接するMEMSチルトミラー85間の間隔、すなわちミラーピッチを表す。ミラーピッチD1は、隣接するMEMSチルトミラー85の反射面851の中心間の距離である。図5Bにおける符号D2は、反射面851の直径、すなわちミラー径を表す。

[0040] 図6Aは、反射ミラーアレイ80の上方からみたMEMSチルトミラー85の平面図、換言すれば上面図である。図6Bは、MEMSチルトミラー85の下面図である。図6A及び図6Bから理解できるように、MEMSチルトミラー85は、本体850の表面に一つの反射面851が形成され、裏面に給電用の複数の電極パッド859が形成された構成にされる。

[0041] MEMSチルトミラー85は、図7に示すように、電極パッド859と基板81とが向き合う姿勢で、はんだ付けにより基板81上に表面実装される。図7では、後列のMEMSチルトミラー85の図示を省略する。

- [0042] MEMSチルトミラー85は、基板81を通じて電極パッド859から供給される電力に基づき、基板81の表面に平行な二つの回転軸 C_x 、 C_y の周りに反射面851を回転駆動可能であるように構成される。二つの回転軸 C_x 、 C_y は、互いに直交する。
- [0043] 基板81には、コントローラ90が複数のMEMSチルトミラー85に対して電力供給可能に接続される。各MEMSチルトミラー85は、コントローラ90からの電力供給を、電極パッド859を通じて受けて、反射面851を回転駆動する。
- [0044] コントローラ90は、複数のMEMSチルトミラー85のそれぞれに対する印加電圧を個別に制御可能に、反射ミラーアレイ80に接続される。反射面851の回転及び反射面851の傾斜角は、コントローラ90による印加電圧の制御によって、制御される。以下では、反射面851の傾斜角のことを、MEMSチルトミラー85の傾斜角とも言う。
- [0045] 反射ミラーアレイ80が備える複数のMEMSチルトミラー85の傾斜角は、コントローラ90によって、それぞれ個別に出力コアに対応する傾斜角に制御される。ここでいう出力コアは、反射光を光結合すべき対象の出力MCFのコア21のことを言う。出力コアは、反射光の出力先に対応する。
- [0046] 各MEMSチルトミラー85は、コントローラ90により制御された傾斜角で、対応する一つのコア21からの入力光を反射する。傾斜角に応じて、反射光は、出力MCFが備える複数のコア21のうちの、コントローラ90により選択された一つのコア21、すなわち上述の出力コアに伝播し、出力光として、当該コア21からコア選択スイッチ10の外に出力される。
- [0047] 上述したように構成されるコア選択スイッチ10では、入力MCFの各コア21からの入力光が、対応するマイクロレンズ41及びコンデンサレンズ50を通過する。コンデンサレンズ50を通過した入力光は、対応するMEMSチルトミラー85に入射する。
- [0048] MEMSチルトミラー85に入射した光は、その反射面851でMEMSチルトミラー85の傾斜角に応じた方向に反射する。反射光は、対応するM

EMSチルトミラー85の傾斜角の制御を通じてコントローラ90が選択した出力MCFの一つのコア21である出力コアと光結合する。

[0049] 反射光は、MEMSチルトミラー85の反射面851から、コンデンサレンズ50、及び、対応するマイクロレンズ41を通じて、出力コアに入射する。出力コアに入射する光は、出力コアを通じてコア選択スイッチ10の外部に伝播する。

[0050] 以上に説明したコア選択スイッチ10によれば、反射ミラーアレイ80は、マルチコアファイバ20からの入力光を、拡大された幾何学パターン及びピッチで受けて、これらの入力光のそれぞれを、出力コアに向けて反射することができる。反射ミラーアレイ80における反射ミラーとしてのMEMSチルトミラー85は、低い光損失及び広い帯域幅を有し、低消費電力で動作可能である。

[0051] 更に言えば、本実施形態のMEMSチルトミラー85では、反射面851が設けられた本体850の表面とは反対側の裏面に電極パッド859が設けられる。この構成によれば、本体850の表面に電極パッド859が設けられる場合と比較して、本体850の表面に広い面積の反射面851を設けることが可能である。従って、MEMSチルトミラー85に入射する光が反射面851からはみ出ることに起因した挿入損失を抑制することができる。

[0052] コア選択スイッチ10において、挿入損失は、反射ミラーアレイ80における入力光のけられによって生じ得る。けられは、MEMSチルトミラー85の反射面851と比較して、そこに入射する入力光のビーム径が大きいことにより、入力光の一部が反射面851からはみ出ることに対応する。入力光の反射面851からはみでた部分が、挿入損失を発生させる。

[0053] けられによって生じる挿入損失は、MEMSチルトミラー85のミラー径 D_2 と、隣接するMEMSチルトミラー85との間隔 D_1 であるミラーピッチ D_1 と、の比に応じて変化する。ミラー径 D_2 とミラーピッチ D_1 の比、 D_2/D_1 は、フィルファクターとも呼ばれている。

[0054] フィルファクターが小さいほど、生じる挿入損失は大きくなる。けられに

よる挿入損失を一定割合未満に抑えようとした場合、マルチコアファイバ20のコア集積度が高いほど、高いフィルファクターが要求される。

[0055] 本実施形態では、上述したように本体850の裏面に電極パッド859が設けられることから、本体850の表面に電極パッド859が設けられる場合よりも、表面に設けられる反射面851のミラー径D2を大きくすることができる。

[0056] 本体850のサイズに対してミラー径D2を大きくすることができれば、フィルファクターを向上させることができる。従って、本実施形態によれば、けられによる挿入損失を抑えることが可能である。

[0057] 上述したMEMSチルトミラー85は、図8A及び図8Bに示すMEMSチルトミラー100に置き換えられてもよい。あるいは、上述したMEMSチルトミラー85は、図8A及び図8Bに示すMEMSチルトミラー100として構成されてもよい。

[0058] 図8A及び図8Bに示すMEMSチルトミラー100は、第一の構造体としての下部構成体110と、第二の構造体としての上部構成体150と、を備える。下部構成体110は、本体111と、フレーム113と、プレート115と、を備える。下部構成体110は、二つの回転軸Cx、Cyの周りに、プレート115を回転駆動可能に構成される。図8Aにおいて、上部構成体150の構成要素は、透過して表される。これらの構成要素は、同図において破線で表現される。

[0059] プレート115は、矩形状のプレート115であり、回転軸Cxの周りに回転可能にフレーム113に接続される。プレート115は、回転軸Cxに平行な二辺において、くし歯電極115Aを有する。くし歯電極115Aは、静電気力でプレート115を回転軸Cx周りに回転駆動するために設けられる。

[0060] フレーム113は、矩形状のフレーム113であり、プレート115を収容可能な内部空間を規定する。プレート115は、内部空間で回転軸Cxの周りに回転可能であるように、フレーム113に接続される。フレーム11

3は、プレート115と接続された状態において、プレート115の周囲を囲む。

[0061] フレーム113は、プレート115に設けられたくし歯電極115Aに対向する位置、すなわち、回転軸Cxに平行な内側の二辺に、プレート115に設けられたくし歯電極115Aに対して相補的な形状を有するくし歯電極113Aを有する。

[0062] プレート115は、プレート115に設けられたくし歯電極115Aと、フレーム113の内側の辺に設けられたくし歯電極113Aとが、微小な間隔を空けて噛み合うように、フレーム113に接続される。くし歯電極115Aとくし歯電極113Aとの間に生じる静電気力により、プレート115は、フレーム113に対して回転軸Cx周りに回転する。

[0063] フレーム113は、回転軸Cyに平行な外側の二辺に、くし歯電極113Bを有する。このくし歯電極113Bは、静電気力でフレーム113を回転軸Cy周りに回転駆動するために設けられる。

[0064] 本体111は、底を有する矩形箱状の構造体であり、フレーム113を収容可能な開口部111Aを有する。フレーム113は、開口部111Aで回転軸Cyの周りに回転可能であるように、本体111に接続される。本体111は、フレーム113と接続された状態において、その内面がフレーム113の外側と対向するようにして、フレーム113の周囲を囲む。

[0065] 本体111は、フレーム113の外側の辺に設けられたくし歯電極113Bに対向する位置、すなわち、回転軸Cyに平行な内側の二辺に、フレーム113に設けられたくし歯電極113Bに対して相補的な形状を有するくし歯電極111Bを有する。

[0066] フレーム113は、フレーム113の外側の辺に設けられたくし歯電極113Bと、本体111の内側の辺に設けられたくし歯電極111Bとが、微小な間隔を空けて噛み合うように、本体111に接続される。くし歯電極113Bとくし歯電極111Bとの間に生じる静電気力により、フレーム113は、本体111に対して回転軸Cy周りに回転する。

- [0067] 本体 111 の裏面には、MEMSチルトミラー 85 と同様に、給電用の電極パッド 119 が設けられる。変形例のMEMSチルトミラー 100 もまた、MEMSチルトミラー 85 と同様に、反射ミラーアレイ 80 の基板 81 に表面実装される。
- [0068] MEMSチルトミラー 100 は、基板 81 及び電極パッド 119 を通じてコントローラ 90 からの電圧印加を受ける。MEMSチルトミラー 100 のプレート 115 は、電圧印加によって生じる静電気力を通じて、二つの回転軸 C_x 、 C_y の周りに回転駆動される。
- [0069] MEMSチルトミラー 100 の上部構成体 150 は、このように回転駆動されるプレート 115 に固定される。上部構成体 150 は、支柱 151 と、支持プレート 155 と、反射面 159 とを備える。上述した通り、上部構成体 150 の構成要素としての支柱 151、支持プレート 155、及び反射面 159 は、図 8A において透過して表される。
- [0070] 支柱 151 は、プレート 115 の法線方向に立設されるように、その下端においてプレート 115 に固定される。具体的に、支柱 151 は、プレート 115 の中心に立設される。支持プレート 155 は、その裏面、すなわち下面において支柱 151 の上端と接続され、支柱 151 に固定される。
- [0071] 支持プレート 155 は、支柱 151 の高さだけ下部構成体 110 のプレート 115 から、プレート 115 の法線方向に間隔を空けた状態で、プレート 115 に平行に配置される。これにより、支持プレート 155 は、法線方向において下部構成体 110 とオーバーラップするように、下部構成体 110 の上に配置され、法線方向とは垂直な方向に広がる。
- [0072] 支持プレート 155 は、具体的に、下部構成体 110 のプレート 115 よりも大きいサイズを有する。支持プレート 155 は、下部構成体 110 のプレート 115 を完全に上から覆うように配置される。
- [0073] 支持プレート 155 の表面、すなわち上面は、プレート 115 の表面よりも広い面積を有する。この広い支持プレート 155 の表面に、反射面 159 が形成される。この反射面 159 は、プレート 115 の表面に形成可能な反

射面の面積よりも広い。

[0074] すなわち、変形例のMEMSチルトミラー100は、広い面積を有する支持プレート155が、下部構成体110のプレート115にオーバーラップするように設けられ、そこに広い面積の反射面159を有した構成にされる。

[0075] 従って、変形例のMEMSチルトミラー100によれば、反射ミラーアレイ80への入力光が反射面159からはみ出ることに起因した、挿入損失を効果的に抑制することができる。

[0076] [その他の実施形態]

本開示は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の態様を採ることができる。例えば、図示されるマルチコアファイバ20の数やそのコア数は、例示に過ぎない。本開示は、一以上の任意の数のマルチコアファイバ20を備える光スイッチに適用することが可能である。

[0077] 上記実施形態における1つの構成要素が有する機能は、複数の構成要素に分散して設けられてもよい。複数の構成要素が有する機能は、1つの構成要素に統合されてもよい。上記実施形態の構成の一部は、省略されてもよい。請求の範囲に記載の文言から特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

請求の範囲

- [請求項1] 一以上のマルチコアファイバが接続される接続部と、
前記接続部に接続された前記一以上のマルチコアファイバからの入力光が通過するように配置されるレンズと、
前記レンズを通して入射する前記入力光を、出力先に向けて反射するように構成される反射ミラーアレイと、
を備え、
前記一以上のマルチコアファイバのそれぞれは、所定の幾何学パターンを形成するように所定のピッチで二次元配列された複数のコアを備え、
前記レンズは、前記レンズを通過する前記入力光が拡大された幾何学パターン及びピッチで前記反射ミラーアレイに入射するように配置され、
前記反射ミラーアレイは、前記拡大された幾何学パターン及びピッチで二次元配列された複数の反射ミラーを備え、
前記複数の反射ミラーのそれぞれは、二つの回転軸の周りに反射面を回転駆動可能であるように構成される光スイッチ。
- [請求項2] 前記複数の反射ミラーは、複数のMEMSチルトミラーを含む請求項1記載の光スイッチ。
- [請求項3] 前記複数の反射ミラーのそれぞれは、前記反射面を表面に有する本体と、給電用の電極パッドとを備え、前記電極パッドは、前記本体の裏面に設けられる請求項1又は請求項2記載の光スイッチ。
- [請求項4] 前記反射ミラーアレイは、基板を備え、
前記複数の反射ミラーは、前記電極パッドを通じて前記基板に表面実装される請求項3記載の光スイッチ。
- [請求項5] 前記反射ミラーアレイは、前記複数の反射ミラーとして、それぞれが一つの反射面を有するMEMSチルトミラーとして構成される複数のMEMSデバイスを備える請求項1～請求項4のいずれか一項記載

の光スイッチ。

[請求項6]

前記反射ミラーは、

前記二つの回転軸の周りに回転駆動される第一の構造体と、

表面及び裏面を有し、前記裏面で前記第一の構造体に接続される第二の構造体と、

を備え、前記第二の構造体の前記表面は、法線方向において前記第一の構造体にオーバーラップするように、前記法線方向とは垂直な方向に広がり、

前記反射面は、前記第二の構造体の前記表面に設けられる請求項1～請求項5のいずれか一項記載の光スイッチ。

[図1]

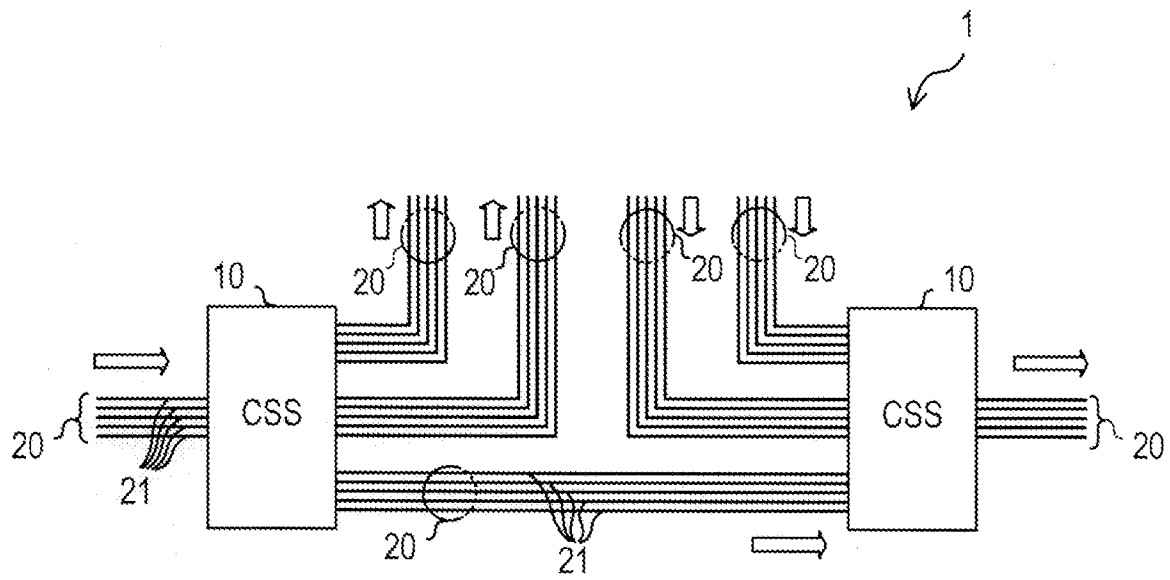


FIG. 1

[図2]

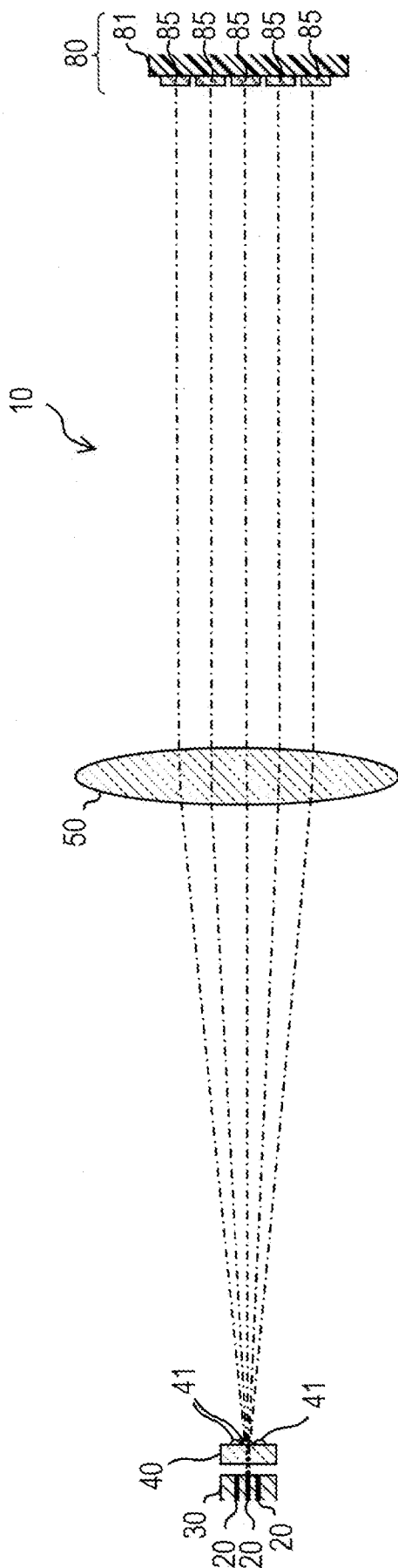


FIG. 2

[図3]

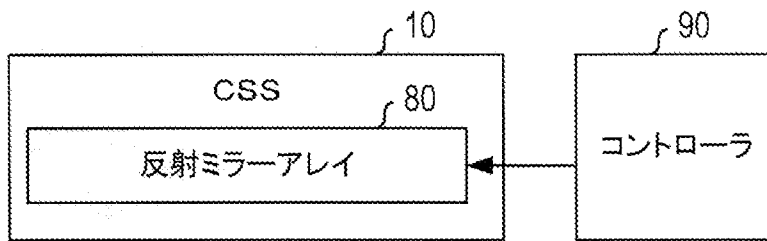


FIG. 3

[図4]

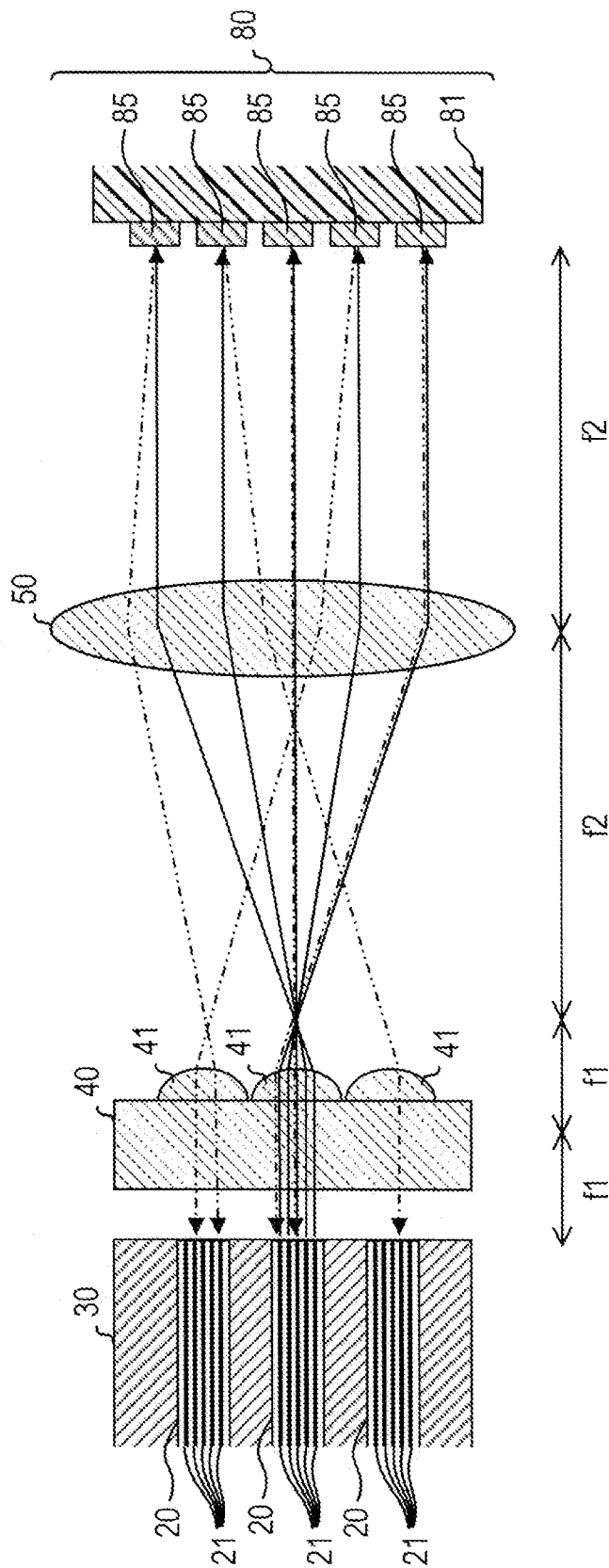


FIG. 4

[図5]

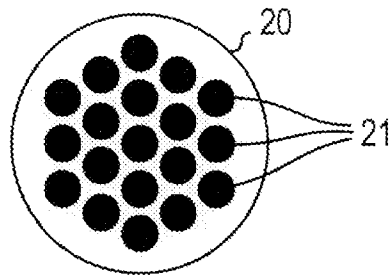


FIG. 5A

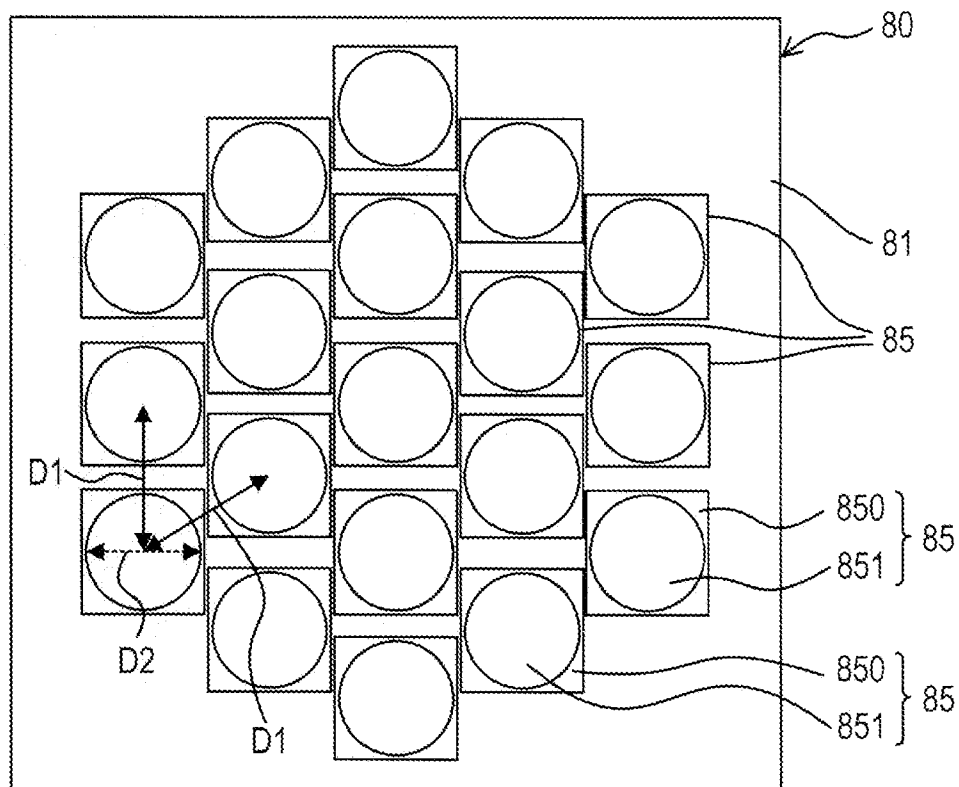


FIG. 5B

[図6]

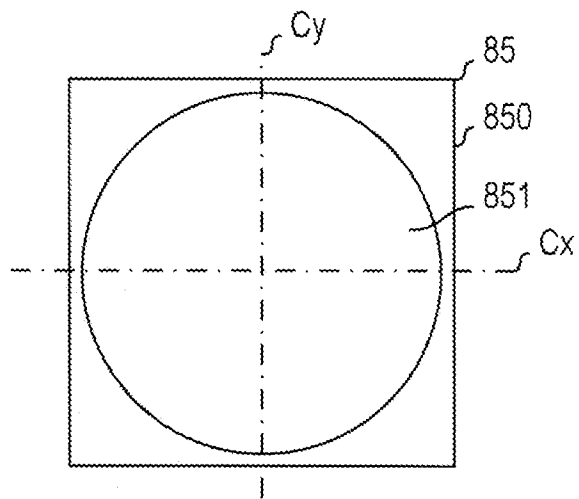


FIG. 6A

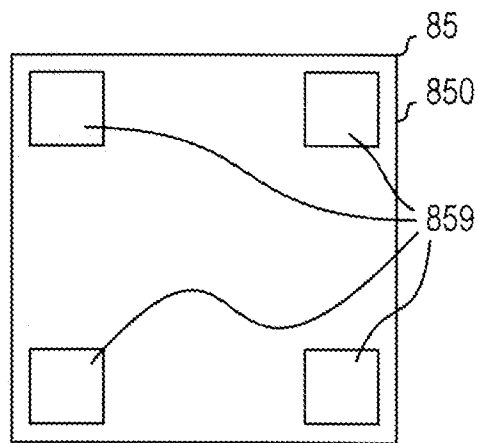


FIG. 6B

[図7]

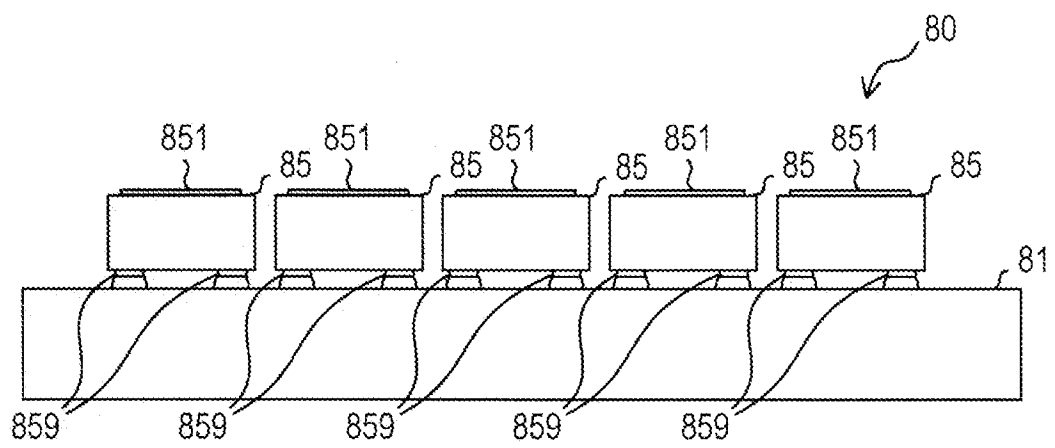


FIG. 7

[図8]

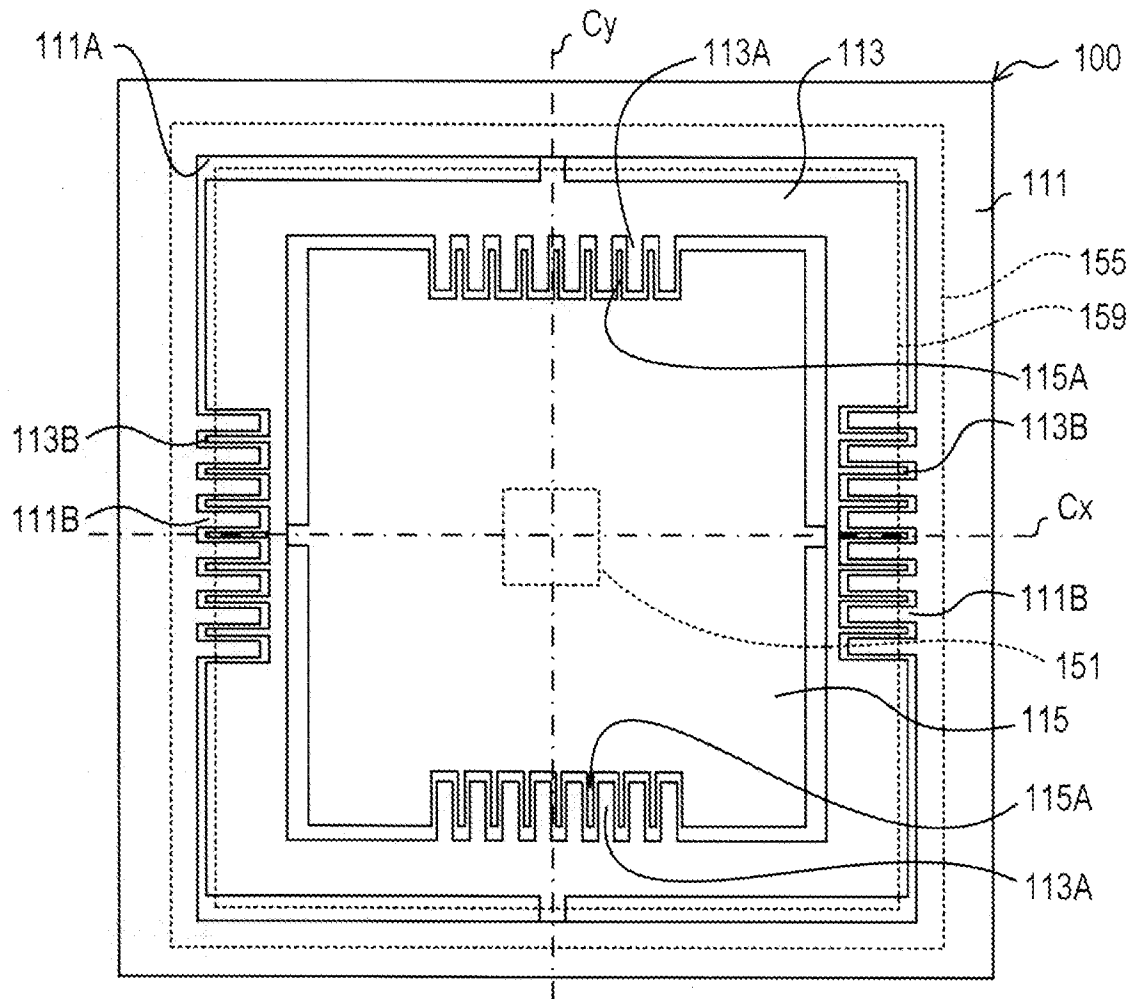


FIG. 8A

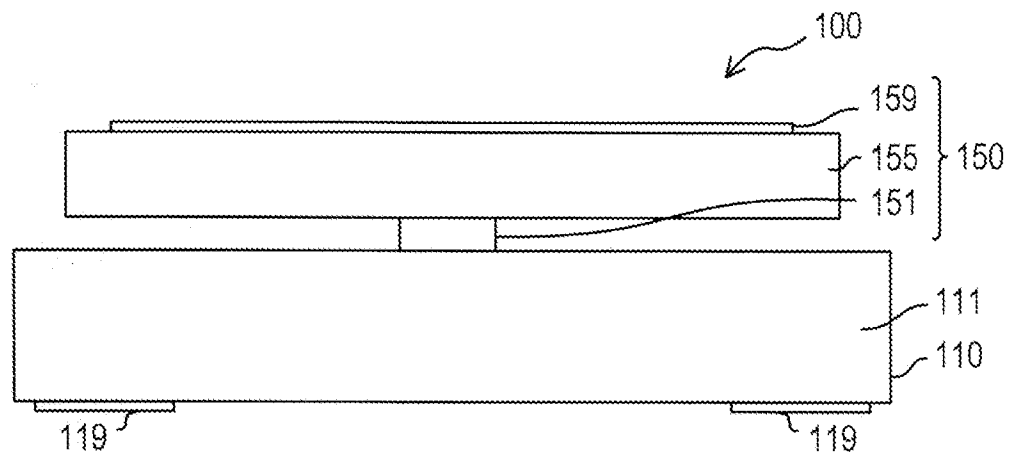


FIG. 8B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012997

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/35**(2006.01)i; **G02B 26/08**(2006.01)i

FI: G02B6/35; G02B26/08 E

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)

G02B6/35; G02B26/08; B81B3/00

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	WO 2020/174919 A1 (KAGAWA UNIVERSITY) 03 September 2020 (2020-09-03) paragraphs [0002]-[0006], [0030]-[0151], fig. 1-28	1-6
Y	CN 111596412 A (UNIV GUILIN ELECTRONIC TECH) 28 August 2020 (2020-08-28) paragraphs [0043]-[0086], fig. 1-16	1-6
Y	JP 2003-344785 A (FUJITSU LIMITED) 03 December 2003 (2003-12-03) paragraphs [0025]-[0057], fig. 1-8, 17	3-4
Y	JP 2004-109446 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 08 April 2004 (2004-04-08) paragraphs [0034]-[0038], fig. 8	6
Y	CN 114167550 A (WUHAN POSTPOST AND TELECOMMUNICATION RES INSTITUTE LIMITED COMPANY) 11 March 2022 (2022-03-11) paragraphs [0035]-[0062], fig. 1	1-6
A	JP 2016-110008 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 20 June 2016 (2016-06-20) entire text, all drawings	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 May 2023

Date of mailing of the international search report

30 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012997

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018/0180872 A1 (HOPKINS et al.) 28 June 2018 (2018-06-28) entire text, all drawings	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012997

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/174919	A1	03 September 2020	US 2022/0182741 A1 paragraphs [0002]-[0007], [0060]-[0183], fig. 1-28 EP 3916445 A1 CN 113544561 A	
CN	111596412	A	28 August 2020	(Family: none)	
JP	2003-344785	A	03 December 2003	US 2003/0218793 A1 paragraphs [0045]-[0078], fig. 1-8, 17 EP 1369730 A1 TW 200307145 A CN 1459643 A KR 10-0923846 B1	
JP	2004-109446	A	08 April 2004	(Family: none)	
CN	114167550	A	11 March 2022	(Family: none)	
JP	2016-110008	A	20 June 2016	US 2016/0170202 A1 entire text, all drawings EP 3032315 A2	
US	2018/0180872	A1	28 June 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/35(2006.01)i; G02B 26/08(2006.01)i FI: G02B6/35; G02B26/08 E		
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）） G02B6/35; G02B26/08; B81B3/00		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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	WO 2020/174919 A1 (国立大学法人香川大学) 03.09.2020 (2020-09-03) 段落[0002]-[0006], [0030]-[0151], 図1-28	1-6
Y	CN 111596412 A (UNIV GUILIN ELECTRONIC TECH) 28.08.2020 (2020-08-28) 段落[0043]-[0086], 図1-16	1-6
Y	JP 2003-344785 A (富士通株式会社) 03.12.2003 (2003-12-03) 段落[0025]-[0057], 図1-8, 17	3-4
Y	JP 2004-109446 A (セイコーエプソン株式会社) 08.04.2004 (2004-04-08) 段落[0034]-[0038], 図8	6
Y	CN 114167550 A (WUHAN POSTPOST AND TELECOMMUNICATION RES INSTITUTE LIMITED COMPANY) 11.03.2022 (2022-03-11) 段落[0035]-[0062], 図1	1-6
A	JP 2016-110008 A (スタンレー電気株式会社) 20.06.2016 (2016-06-20) 全文, 全図	1-6
A	US 2018/0180872 A1 (HOPKINS et al.) 28.06.2018 (2018-06-28) 全文, 全図	1-6
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 16.05.2023		国際調査報告の発送日 30.05.2023
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） 山本 貴一 2L 4086 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/JP2023/012997

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/174919	A1	03.09.2020	US 2022/0182741 A1 段落[0002]-[0007], [0060]- [0183], 図1-28 EP 3916445 A1 CN 113544561 A	
CN	111596412	A	28.08.2020	(ファミリーなし)	
JP	2003-344785	A	03.12.2003	US 2003/0218793 A1 段落[0045]-[0078], 図 1-8, 17 EP 1369730 A1 TW 200307145 A CN 1459643 A KR 10-0923846 B1	
JP	2004-109446	A	08.04.2004	(ファミリーなし)	
CN	114167550	A	11.03.2022	(ファミリーなし)	
JP	2016-110008	A	20.06.2016	US 2016/0170202 A1 全文, 全図 EP 3032315 A2	
US	2018/0180872	A1	28.06.2018	(ファミリーなし)	