

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-116744
(P2017-116744A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 6/12 (2006.01)	G02B 6/12 331	2H137
G02B 6/126 (2006.01)	G02B 6/126	2H147
G02B 6/125 (2006.01)	G02B 6/125	
G02B 6/42 (2006.01)	G02B 6/42	
G02B 6/136 (2006.01)	G02B 6/136	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-252378 (P2015-252378)
(22) 出願日 平成27年12月24日 (2015.12.24)

(71) 出願人 304021417
国立大学法人東京工業大学
東京都目黒区大岡山2丁目12番1号

(71) 出願人 301021533
国立研究開発法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 110001807
特許業務法人磯野国際特許商標事務所

(72) 発明者 雨宮 智宏
東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大学法人東京工業大学内

(72) 発明者 荒井 滋久
東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大学法人東京工業大学内

最終頁に続く

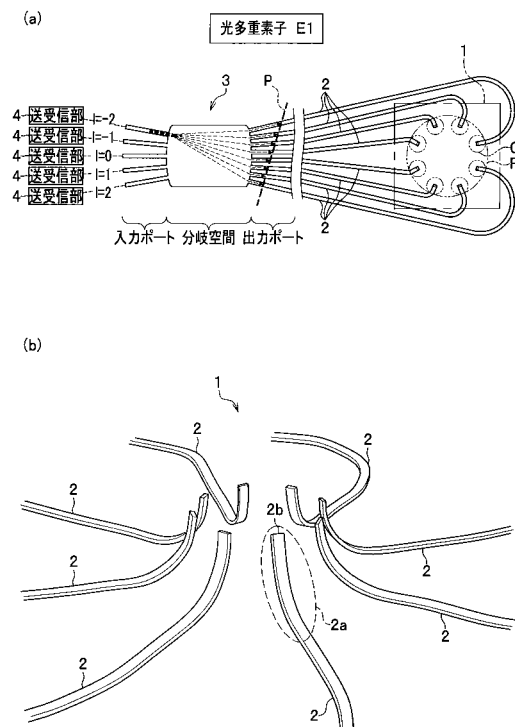
(54) 【発明の名称】 光多重素子、および、光多重素子製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光渦多重によって光伝送容量を増大させた光多重素子を提供する。

【解決手段】 波長、偏波、および光渦を利用した多重化を行う光多重素子E1であって、複数の導波路2と、波長、偏波、および位相の組み合わせが異なる光波を導波路2の端部の各々から出力し、出力される光波を用いて光渦を生成する光渦生成部1と、を備える。また、光多重素子E1は、固有の波長、固有の偏波、および固有のOAM (Orbital Angular Momentum) を有する光波の送受信を行う複数の送受信部4と、複数の送受信部4の各々から入力される光波を分岐し、分岐した光波の各々の間で位相差を作り出して、分岐した光波の各々を導波路2の各々から出力する位相差生成部3と、をさらに備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長、偏波、および光渦を利用した多重化を行う光多重素子であって、
 複数の導波路と、
 波長、偏波、および位相の組み合わせが異なる前記光波を前記導波路の端部の各々から
 出力し、前記出力される光波を用いて光渦を生成する光渦生成部と、を備える、
 ことを特徴とする光多重素子。

【請求項 2】

固有の波長、固有の偏波、および固有の O A M (Orbital Angular Momentum) を有する
 前記光波の送受信を行う複数の送受信部と、

複数の前記送受信部の各々から入力される前記光波を分岐し、前記分岐した光波の各々
 の間で位相差を作り出して、前記分岐した光波の各々を前記導波路の各々に出力する位相
 差生成部と、をさらに備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光多重素子。

10

【請求項 3】

前記光渦生成部は、

複数の前記導波路の端部が、同一面上に配置されている構造をとっている、
 ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光多重素子。

【請求項 4】

前記光渦生成部は、前記導波路の先頭部を特定の方向に湾曲させて、前記導波路の端部
 が前記同一面上に配置される構造をとっている、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光多重素子。

20

【請求項 5】

前記同一面は、平面である、

ことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の光多重素子。

【請求項 6】

前記光渦生成部は、

複数の前記導波路の端部が、環状に配置されている構造をとっている、
 ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の光多重素子。

【請求項 7】

波長、偏波、および光渦を利用した多重化を行う光多重素子を製造する光多重素子製造
 方法であって、

基板上の支持層に複数の導波路を、前記導波路の先頭部が微小領域内に配置されるよう
 に形成する導波路形成工程と、

前記支持層のうち、前記微小領域に対応する部分を除去する除去工程と、

前記導波路の先頭部に向けてイオンを打ち込むことにより、前記導波路の端部が特定の
 方向に向くように前記先頭部の各々をセルフアライメント的に湾曲させる湾曲工程と、

前記湾曲した先頭部を被覆する被覆工程と、を備える、

ことを特徴とする光多重素子製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を伝送する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、波長多重 (W D M (Wavelength Division Multiplex)) や偏波多重 (例: D P
 - Q P S K (Dual-polarization quadrature phase shift keying)) などのさまざまな
 多重化方式を導入した光伝送技術によって、1 0 0 G b i t / s もの伝送容量の光ネット
 ワークが実現されている。しかし、光ネットワークに対して、伝送容量が 1 0 0 G b i t
 / s を超えるリンクの低コスト化および低消費電力化への要求が高まっている。そのよう

50

な状況下で、従来の多重化方式に加えて、未利用の光の自由度を積極的に利用した多重化方式に関心が集まっている。具体的には、光渦（またはOAM (Orbital Angular Momentum) : 軌道角運動量) を利用した多重化方式に関心が集まっている。

【0003】

光渦多重については、波面のらせん周期に情報を乗せることから、理論上無限チャネル多重化が可能である。また、光渦は、大容量伝送に欠かせないマルチコアファイバとの整合性にも優れている。このため、光渦多重の研究は盛んに行われている。

【0004】

光渦多重を導入した光伝送技術を実用化するためには、光渦多重を担う光学系をチップ化できる程度に小型化および低コスト化する必要がある。現状では、例えば、光渦多重の研究の大部分は自由空間データリンクとして行われている（非特許文献1, 2参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Nature Photonics 6,498,2012

【非特許文献2】Optics Letters 39,197,2014

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、自由空間データリンクとして研究される光渦多重では、送受信器として大きな光学系 ($> 1 \text{ m}^2$) を組む必要があり、チップ化には程遠い。また、光伝送容量を増大する際、光渦多重は、波長多重や偏波多重といった既存の多重化方式と整合できることが望ましい。つまり、光渦多重を採用すると既存の波長多重や偏波多重はできなくなるという不都合は排除したい。

【0007】

そこで、本発明は、上記事情に鑑みて、光渦多重によって光伝送容量を増大させた光多重素子を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するために、本発明は、
波長、偏波、および光渦を利用した多重化を行う光多重素子であって、
複数の導波路と、
波長、偏波、および位相の組み合わせが異なる前記光波を前記導波路の端部の各々から出力し、前記出力される光波を用いて光渦を生成する光渦生成部と、を備える、
ことを特徴とする光多重素子である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光渦多重によって光伝送容量を増大させた光多重素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】光渦多重を実現するための光多重素子の構成を示す図であり、(a)は全体図、(b)は光渦生成部の拡大図である。

【図2】光多重素子の光渦生成部の製造方法を示す図であり、(a1)~(i1)の各々は、工程1~工程9の各々の光渦生成部の要部側面図であり、(a2)~(i2)の各々は、工程1~工程9の各々の光渦生成部の上面図である。

【図3】6光渦3波長2偏波の多重化の説明図である。

【図4】波長、偏波、および光渦を利用した多重化を行う光多重素子全体の回路内構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明を実施するための形態（実施形態）について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0012】

素子構成

図1(a)に示すように、光渦多重を実現するための光多重素子E1は、光渦生成部1、複数の導波路2、位相差生成部3、複数の送受信部4、といった構成要素を備える。これらの構成要素は、1つの基板上に集積して配置されている。光渦多重は、OAMモードの多重化を意味する。光渦は、らせん状の等位相面を有する光波であり、一般的なOAMモードは、ドーナツ状の電界分布をとることが知られている。また、光渦の位相は、らせんの中心軸まわりに波面を1周すると2の整数倍($2 \times l$)となるように分布する。ここで、 l は、トポロジカルチャージ数、または単に、チャージ数と呼ばれる。チャージ数の異なるOAMモードは互いに直交性があるため、理論上はそれらのOAMモードを無限に多重化することができる。

10

【0013】

送受信部4は、固有の波長、固有の偏波、および固有のOAMを有する光波の送受信を行う。光波には、変調素子（図示せず）によってQPSKなどの多値信号が乗せられている。本実施形態では、送受信部4は、位相差生成部3に光波を送信する送信機(Tx)として機能するものとして説明を続けるが、位相差生成部3から光波を受信する受信機(Rx)として機能することもできる。図1(a)の複数の送受信部4の各々は、同一の波長、同一の偏波を有し、チャージ数 l がそれぞれ異なる（図1(a)では、 $l = -2, -1, 0, 1, 2$ ）光波を位相差生成部3に送信する。なお、偏波は、光波の進行方向（螺旋の中心軸）に垂直であり、互いに直交する2成分（TE（Transverse Electric Wave）とTM（Transverse Magnetic Wave））が存在し、2つの自由度を持つことができる。

20

【0014】

位相差生成部3は、複数の送受信部4の各々から入力される光波を分岐し、分岐した光波の各々の間で位相差を作り出して、分岐した光波の各々を各導波路2に出力する。位相差生成部3は、例えば、スターカプラとすることができる。

【0015】

導波路2は、位相差生成部3から入力される光波を光渦生成部1に案内する。導波路2は、例えば、シリコン(Si)製の細線である。

30

【0016】

光渦生成部1は、複数の導波路2の端部が、例えば円周上に配置される構造をとっており、これらの端部の各々から出力される光波を用いて光渦を生成する。図1(b)に示すように、光渦生成部1は、端部2bを含む導波路2の先頭部2aを、例えば、（基板に対して）上方に湾曲させて、端部2bが円周上に配置される構造をとることができる。導波路2の先頭部2aを湾曲させる技術として、例えば、特許第5794574号公報（参考文献1）に記載されている発明を採用する。光渦生成部1は、エレファントカプラとも呼ばれる。参考文献1の技術を用いれば、光渦生成部1の寸法をサブミクロンオーダーにすることができる。

40

【0017】

位相差生成部3は、複数の送受信部4の各々に連結しており、アレイ導波路となる入力ポートと、分岐空間と、導波路2の各々に連結しており、アレイ導波路となる出力ポートとを有している。1つの送受信部4から送信された光波は、対応の入力ポートを經由して分岐空間内を伝搬する。伝搬した光波は、出力ポートの各々に到達し、導波路2の各々に入力されることで分岐される。このとき、1つの入力ポートから各出力ポートまでの距離が異なるため、分岐される光波の光路長が異なり、その結果、分岐される光波間で位相差を作り出すことができる。

【0018】

例えば、図1(a)に示すように、 $l = -2$ のチャージ数を有する光波が対応の入力ポ

50

ートから分岐空間内を伝搬する場合、図1(a)中最上部の出力ポートまでの光路長が最短となり、その最上部の出力ポートから離れるにつれて出力ポートまでの光路長が段階的に大きくなり、図1(a)中最下部の出力ポートまでの光路長が最長となる。各出力ポート内の光波は、図1(a)に示すように、各出力ポートとの距離が異なる仮想的な等位相面Pに到達した時点で同じ位相となる。

【0019】

なお、図1(a)には示していないが、入力ポート($l = -1$)から分岐空間内を伝搬し、各出力ポートに分岐された光波は、等位相面Pとは異なる等位相面を形成する。つまり、分岐された光波間の位相差が、入力ポート($l = -2$)の場合の位相差と異ならせることができる。また、図1(a)には示していないが、中央の入力ポート($l = 0$)から分岐空間内を伝搬し、各出力ポートに分岐された光波は、各出力ポートまでの光路長が同じとなるため、図1(a)の紙面上下方向に延在する等位相面を形成する。つまり、分岐された光波間の位相差を0にすることができる。

10

【0020】

複数の導波路2の各々は、位相差生成部3が作り出した位相差を維持して光波を端部2bに伝送することができる。必要であれば、導波路2の各々に設けたヒータ(詳細は後記。図4の位相補正部5に相当。)によって導波路2を加熱し、位相差生成部3が作り出した位相差を崩す要因(例:導波路2そのものの長さのばらつき、位相差生成部3の設計誤差)を取り除くことで、その位相差を維持することができる。

20

【0021】

光渦生成部1は、3次元湾曲した導波路2の先頭部2aを介して端部2bから、位相差が維持された光波を出力することで、空間位相が同心円状に分布した光渦を実現することができる。導波路2の端部2bの各々は、光渦生成部1の上方のマルチコアファイバF(外部の光デバイスの例)のコアCに結合している。光渦生成部1から出力された光渦は、コアCに向けて効率的に出力される。参考文献1の湾曲の技術を用いれば、円周上に端部2bを高精度に配置することができる。このため、導波路2から外部の光デバイスへの出力に関して、損失かつ位相ずれを大幅に抑制することができる。

【0022】

なお、送受信部4が、受信機(Rx)として機能する場合、OAMモードが多重化した光波は、マルチコアファイバFから導波路2の端部2bの各々に入力され、位相差生成部3の出力ポートの各々から1つの入力ポートに向けて合流する。送受信部4はその合流した光波を得ることができる。

30

【0023】

製造方法

次に、光多重素子E1の光渦生成部1の製造方法について説明する。この製造方法は、参考文献1の技術の応用である。

図2に示すように、光渦生成部1の製造工程は、主に、工程1:マーク形成、工程2:Si細線形成、工程3:ヒータ電極形成、工程4:SiO₂堆積、工程5:片持ち梁構造形成、工程6:イオン打ち込み、工程7:SiO₂堆積、工程8:ヒータ電極窓開け、工程9:電極引き回し、に分けることができる。なお、図2中(a1)~(i1)の各々は、工程1~工程9の各々の光渦生成部1の要部側面図であり、(a2)~(i2)の各々は、工程1~工程9の各々の光渦生成部1の上面図である。

40

【0024】

[工程1:マーク形成]

(a1)および(a2)に示すように、光多重素子E1の基板となるシリコン基板11の上に形成されている支持層12の上に形成されているシリコン層13を、リソグラフィ技術を用いて加工し、導波路2の端部2bの位置合わせに用いるマークMを形成する。支持層12は、例えば、SiO₂(シリコン酸化膜)でできている。

【0025】

[工程2:Si細線形成]

50

(b1) および (b2) に示すように、シリコン層 13 を、リソグラフィ技術を用いて加工し、導波路 2 となる Si 細線を形成する。図 2 では、導波路 2 は、1 点に向かって 4 本形成されているが、4 本よりも少なくてもよいし、5 本以上でもよい。

【0026】

[工程 3 : ヒータ電極形成]

(c1) および (c2) に示すように、導波路 2 を加熱して導波路 2 を伝送する光波の位相を補正するヒータ電極 14 (図 4 の位相補正部 5 を構成する。) を導波路 2 の各々の一部を覆うように設ける。

【0027】

[工程 4 : SiO₂ 堆積]

(d1) および (d2) に示すように、支持層 12 の上に SiO₂ を堆積する。堆積した SiO₂ は、導波路 2、および、ヒータ電極 14 を被覆する第 1 の被覆層 15 となる。

【0028】

[工程 5 : 片持ち梁構造形成]

(e1) および (e2) に示すように、ウェットエッチングやドライエッチングにより、第 1 の被覆層 15 のうち、導波路 2 の端部の各々を含む微小領域 S の部分、および支持層 12 のうち、導波路 2 の端部の各々を含む微小領域 S の部分を除去する。これにより、支持層 12 および第 1 の被覆層 15 に微小領域 S に対応する孔が形成される。また、導波路 2 の端部 2b の各々は、微小領域 S に対応する孔の周縁部から片持ち梁状に孔内に伸長する自由端となる。

【0029】

[工程 6 : イオン打ち込み]

(f1) および (f2) に示すように、微小領域 S を含むシリコン基板 11 の領域に亘って、シリコン基板 11 の上方からイオンを打ち込む。イオンの打ち込み条件 (イオン種、加速電圧、ドーズ) を適切に選択することにより、微小領域 S の孔内の原子密度の疎密の差を引き起こし、導波路 2 の先頭部 2a の各々を上方にセルフアライメント的に、かつ、均等に湾曲させることができる。

【0030】

[工程 7 : SiO₂ 堆積]

(g1) および (g2) に示すように、第 1 の被覆層 15 の上に SiO₂ を堆積する。堆積した SiO₂ は、片持ち梁構造をとる導波路 2 の先頭部 2a を含む微小領域 S を被覆する第 2 の被覆層 16 となる。

【0031】

[工程 8 : ヒータ電極窓開け]

(h1) および (h2) に示すように、ウェットエッチングやドライエッチングにより、第 2 の被覆層 16 の一部領域を除去し、ヒータ電極 14 の部分を露出させる。

【0032】

[工程 9 : 電極引き回し]

(i1) および (i2) に示すように、第 2 の被覆層 16 の上に、ヒータ電極 14 の露出部分に当接する金属板 17, 17 (図 4 の位相補正部 5 を構成する。) を配置する。この金属板 17, 17 の各々は、導波路 2 を加熱するための外部の熱源 (図示せず) に連結している。

【0033】

端部 2b が上方に向いた微小領域 S に対向して光デバイスを配置することで、導波路 2 と光デバイスとの間で、損失も位相ずれも大幅に抑制された光波のやり取りを実現することができる。

【0034】

光渦・波長・偏波多重

光多重素子 E1 は、光渦生成部 1 が生成した光渦を利用した光渦多重に加えて、既存の波長多重および偏波多重を併せることができる。

10

20

30

40

50

図3に示すように、光渦生成部1において、各波長（波長1～波長3）、各偏波（偏波1、偏波2）を有する光波を伝送する導波路2の端部（長方形で図示）を同心円状に並べることができる。そして、例えば、全周（360°）に亘って位相がだけ変化する位相変化を6分割し、時計回りに / 6 ずつ増大する位相ごとに偏波多重（多重度2）、および、波長多重（図3では、多重度3）を行う。これにより、6光渦（例えば、チャージ数1が、 $l = -1 \sim -3, +1 \sim +3$ の6種類の光渦）、3波長、2偏波の多重化された（多重度36（ $= 6 \times 3 \times 2$ ））の光変調信号（光波）を光デバイスに出力することができる。なお、図3に示す光学系では導波路2を36本使用しており、図2に示す製造方法によって、36本の導波路2の端部を微小円周上に配置することができる。

【0035】

光渦・波長・偏波多重を実現する光多重素子の全体構成

図1(a)に示す光多重素子E1を複数組み合わせた冗長構成をとることで、図3に1例を示す光渦・波長・偏波多重を実現する光多重素子E2（図4）を構築することができる。図4に示すように、光多重素子E2は、波長ごと（ $l = 1, \dots, m$ ）、かつ、偏波ごと（TE, TM）に用意される複数の位相差生成部3を有する。図1(a)に示す光多重素子E1と同様にして、光多重素子E2の位相差生成部3の各々に対し、複数の送受信部4および複数の導波路2が連結している。位相補正部5は、図2のヒータ電極14に相当する。

【0036】

送受信部4の各々は、固有の波長、固有の偏波、および固有のOAMを有する光波の送受信を行う。さらに、1つの位相差生成部3に連結する複数の送受信部4の各々は、同じ波長、同じ偏波を有するが、OAMが各々異なる光波の送受信を行う。例えば、図4中最上段の位相差生成部3に連結する（ $2n+1$ ）個（ n は自然数）の送受信部4の各々は、偏波はTE波、波長は $l = 1$ として共通するが、OAMは $l = -n, \dots, 0, \dots, n$ の光波をそれぞれ送受信する。

【0037】

複数（図4では、 $2 \times m \times (2n+1)$ 本）の導波路2の端部は、図1(a)と同様にして、円周上に配置することができる。1つの光渦生成部1を構築することができる。図4では示していないが、導波路2の端部2bを含む先頭部2aは、図1(a)と同様にして、例えば、（基板に対して）上方にセルフアライメント的に、かつ、均等に湾曲させることができ、位相差生成部3ごとに円周配置構成をとる必要は無い。なお、配置の形状は任意である。

【0038】

図4に示すような光渦生成部1の構築は、さまざまな様式（例：波長の種類を増やす、OAMの種類を増やす）の多重化に応用できる汎用性があり、既存の4次元変調に光渦多重を組み込む際の標準モデルとなるものである。

【0039】

（まとめ）

本実施形態によれば、光渦生成部1は、複数種類の波長の各々、および、複数種類の偏波の各々を有する光波を、複数の端部2bのうちの1つから自在に出力させることができる。よって、光渦生成部1が生成する光渦に円周上の空間位相分布を持たせることで高精度に実現される光渦多重に対して、波長多重、および、偏波多重も同時に実現することができる。また、複数の導波路2の端部2bが配置される円周は、波長ごとや、偏波ごとに用意するわけではなく、1つで済ませることができる。チップ化に相当するサイズに設計することができる。

したがって、光渦多重によって光伝送容量を増大させた光多重素子を提供することができる。

【0040】

また、位相差生成部3などの、複数の導波路を伝送する光波間に位相差を作り出す素子（例：スターカプラ）はすでにチップ化が実現されているが、本実施形態の光渦生成部1

10

20

30

40

50

を、このような位相差生成部 3 に組み合わせることは容易である。よって、光渦・波長・偏波多重を実現する光多重素子を容易に構築することができる。

【 0 0 4 1 】

また、光渦生成部 1 が、導波路 2 の先頭部 2 a を上方に湾曲させて、端部 2 b が円周上に配置される構造をとっていることで、複数の導波路 2 の端部 2 b を微小領域上に高精度に密集させることができ、チップ化に大きく寄与する。

また、導波路 2 の先頭部 2 a をセルフアライメント的、かつ、均等に湾曲させることができる。このため、導波路 2 の先頭部 2 a の上方に配置される外部の光デバイスと導波路 2 とを高精度に結合させることができる。その結果、導波路 2 から外部の光デバイスへの出力に関して、損失かつ位相ずれを大幅に抑制することができる。また、光デバイスの構造が予め分かっているならばその構造に合わせて先頭部 2 a を適宜湾曲させることができる。さらに、光渦生成部 1 とレーザ等の能動素子との組み合わせも良好にすることができ、小型で安価の O A M 光モジュールを実現することができる。

また、光渦生成部 1 の上方に外部の光デバイスを配置させることができるので、光多重素子をモノリシックに集積された素子として構築することができる。

【 0 0 4 2 】

(変形例)

(1) : 本実施形態では、光渦生成部 1 にて、複数の導波路 2 の端部 2 b が円周上に配置されていた。しかし、例えば、複数の端部 2 b は、三角や四角の周上に配置してもよいし、一般的には環状に配置してもよい。また、例えば、複数の端部 2 b は、線状に配置してもよい。また、円周上に配置する場合、径の異なる同心円の周上に配置することもできる。これにより、径の異なる同心円状の空間位相分布の光渦を出力することができる。また、複数の導波路 2 の端部 2 b は、同一面上に配置することもできる。このとき同一面を平面とすることもできる。また、この平面は、光多重素子の基板に平行であってもよいし、非平行であってもよい。これらの設計変更は、参考文献 1 の技術によって自在にでき、光渦多重に求められる品質の光渦の生成を可能にする。

【 0 0 4 3 】

(2) : 本実施形態では、光渦生成部 1 にて、複数の導波路 2 の先頭部 2 a を上方に湾曲させた例を示していた。しかし、例えば、複数の導波路 2 の先頭部 2 a は、横方向、下方向など任意の方向に湾曲させることができる。これらの設計変更は、参考文献 1 の技術によって自在にできる。

【 0 0 4 4 】

(3) : 本実施形態では、光渦生成部 1 と結合する光デバイスとして、マルチコアファイバ F を採り上げた (図 1 参照)。しかし、光デバイスとしては、マルチコアファイバ以外にも光渦ファイバでもよいし、フォトディテクタでもよい。

【 0 0 4 5 】

(4) : 図 2 を参照して説明した工程 6 : イオン打ち込みにおいて、微小領域 S に向けて打ち込むイオン種は、シリコンイオン、リンイオン、ホウ素イオン、ヒ素イオンとすることができる。

【 0 0 4 6 】

本実施形態で説明した種々の技術を適宜組み合わせた技術を実現することもできる。

その他、本発明の構成要素の形状、配置などは、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

- 1 光渦生成部
- 2 導波路
- 2 a 先頭部
- 2 b 端部
- 3 位相差生成部

10

20

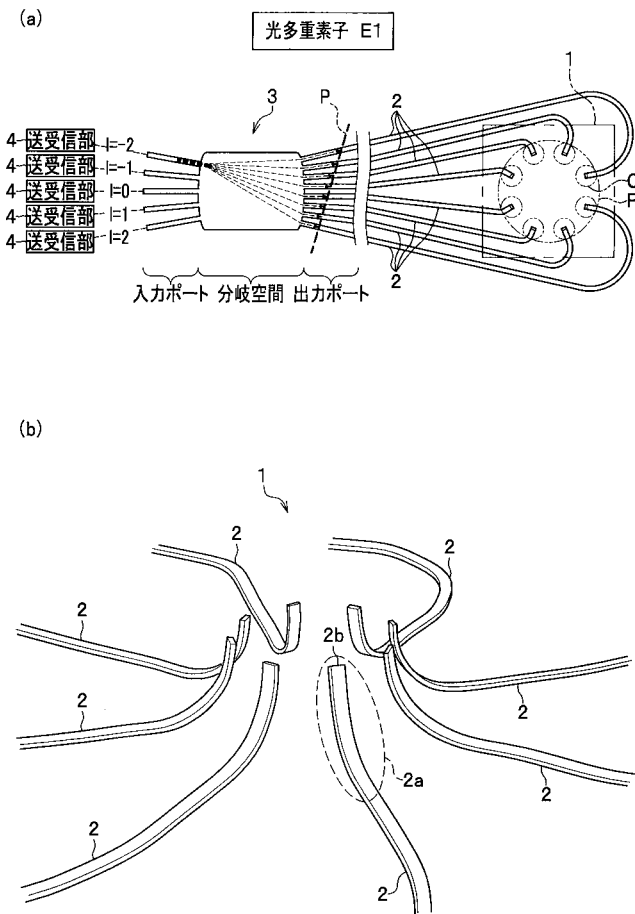
30

40

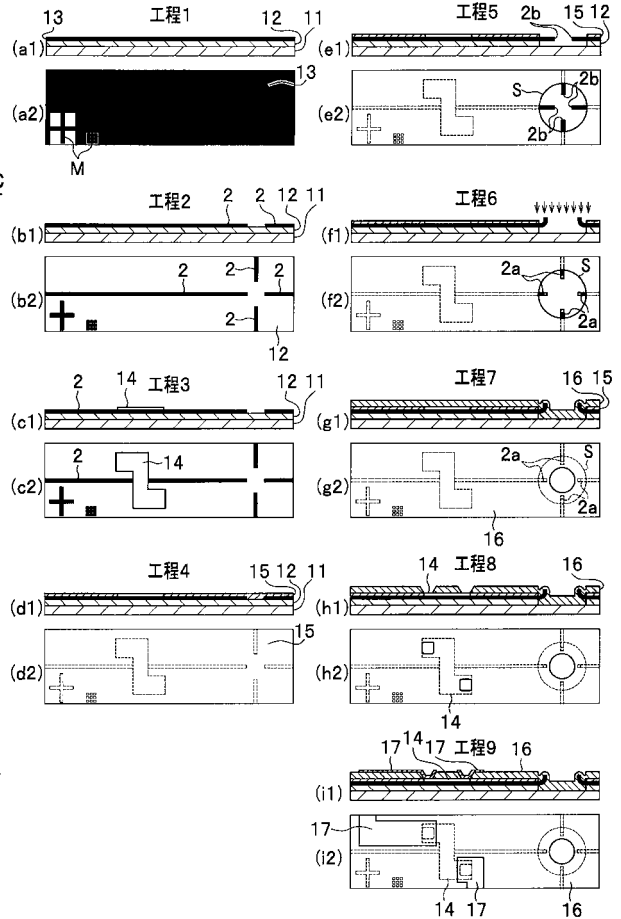
50

- 4 送受信部
- 5 位相補正部
- E 1 , E 2 光多重素子

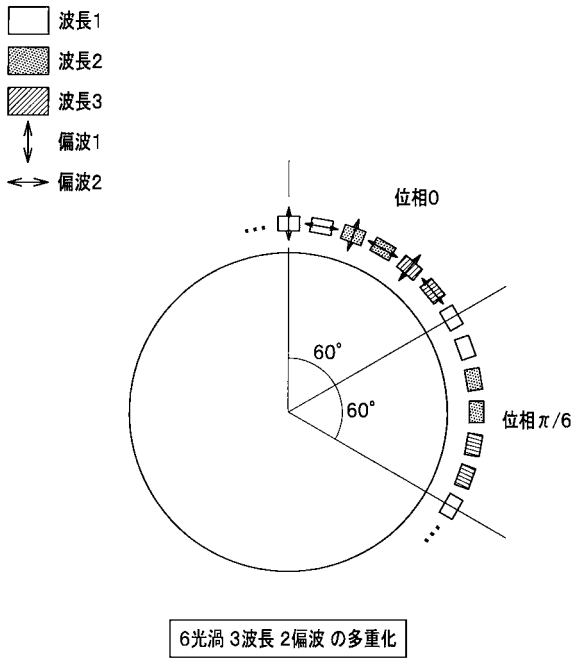
【 図 1 】



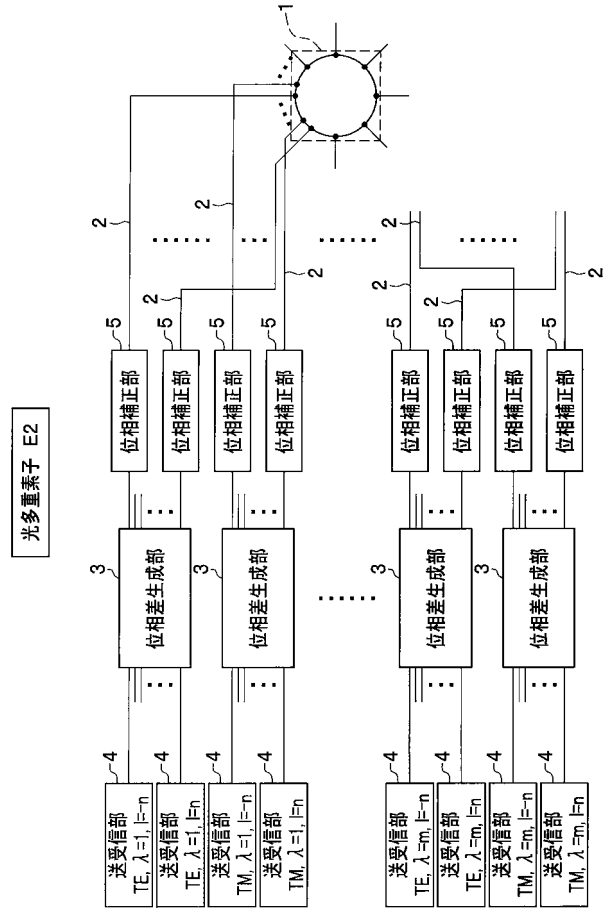
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 6/30 (2006.01)	G 0 2 B 6/30	
G 0 2 B 6/134 (2006.01)	G 0 2 B 6/125 3 0 1	
	G 0 2 B 6/134	

(72)発明者 榊原 陽一

茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所つくばセンター内

(72)発明者 吉田 知也

茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所つくばセンター内

Fターム(参考) 2H137 AB09 AB11 BA04 BA18 BA44 BA53 BB02 BB12 BB17 CA19A
 CA19F CB03 CB22 CB25 CB32 EA04 EA05
 2H147 AB04 AB05 AB11 AB17 AB21 AB27 AC04 AC05 AC17 BD01
 BE23 BG03 CA05 CB02 CD02 CD13 EA13A EA13C EA14B FB13
 FC02 FC03 GA10 GA19 GA21