

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6535848号
(P6535848)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int.Cl.

F I

GO2B	6/04	(2006.01)	GO2B	6/04	A
GO2B	6/12	(2006.01)	GO2B	6/12	331
GO2B	6/125	(2006.01)	GO2B	6/12	301
GO2B	6/42	(2006.01)	GO2B	6/125	301
GO2B	6/46	(2006.01)	GO2B	6/42	

請求項の数 3 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-267190 (P2014-267190)
(22) 出願日	平成26年12月18日(2014.12.18)
(65) 公開番号	特開2016-118750 (P2016-118750A)
(43) 公開日	平成28年6月30日(2016.6.30)
審査請求日	平成29年12月11日(2017.12.11)

(73) 特許権者	519098095 成沢 湘 東京都江東区南砂4-5-21
(74) 代理人	110000165 グローバル・アイピー東京特許業務法人
(72) 発明者	成沢 潤 東京都江東区南砂4-5-21
(72) 発明者	成沢 湘 東京都江東区南砂4-5-21
審査官	奥村 政人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チップ型バンドルファイバ合波器及びチップ型マルチ波長光源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数本の光ビームを、1つの点光源からの光ビームになるように空間的に合波して出力する光ビームの合波器であって、

光ビームの入射端面と出射端面を有する、コア、及び厚み1 μ m以下のクラッドで構成される外径10 μ m以下の複数本の光ファイバ素線と、

前記光ファイバ素線のそれぞれを固定する複数の固定溝が表面に設けられたチップ型板と、を備え、

前記固定溝は、前記チップ型板の1つの縁に沿ってお互いに間隔をあけて前記入射端面が配置されるように設けられた複数の入射部と、前記チップ型板の他の縁に前記出射端面が配置される出射部と、を備え、前記固定溝は、前記光ファイバ素線のそれぞれを前記入射部から前記出射部まで誘導するように、前記光ファイバ素線のそれぞれに対応して前記チップ型板の表面上に設けられ、

前記複数の固定溝は、前記入射部から前記出射部に進むに連れて互いに近づき、前記出射部において前記複数の固定溝が1つの溝として統合され、

前記出射部における統合された前記固定溝では、前記光ファイバ素線を密状態に束ねて接着剤で固定した前記光ファイバ素線の束が、統合された前記固定溝内に固定される、ことを特徴とする光ビームの合波器。

【請求項2】

前記出射部における統合された前記固定溝の溝断面形状は、前記複数の光ファイバ素線

10

20

の束の固定のために、溝深さ方向において溝底に向かって溝幅が狭くなる先細り形状になっている、請求項 1 に記載の光ビームの合波器。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の光ビームの合波器と、

前記チップ型板の前記 1 つの縁に沿って前記入射部の位置に対応した位置に配置される、互いに異なる複数の波長の光を発するレーザーダイオード光源と、

前記レーザーダイオード光源及び前記チップ型板を載置する基板と、を備え、

前記レーザーダイオード光源からの光ビームを、レンズを用いて、あるいはレンズを用いることなく直接、前記入射部から前記コアへ入射させる、ことを特徴とするチップ型マルチ波長レーザー光源。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は画像処理装置、内視鏡と眼科装置等光による医療診断と治療、光通信及び、MEMS によるスキャン型或いは LCOS による投影型プロジェクタ三原色 RGB (R = Red、G = Green、B = Blue 波長) 光源など応用装置における多波長レーザーでの合波、又は、同一波長の LD 多数で空間的な合波による点光源での高出力化の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来光通信にファイバ波長多重での合波器及び分波器は、高密度波長分割多重方式 (DWDM = Dense Wavelength Division Multiplex) の場合にアレイ導波路グレーティング (AWG = Array Wave-Guide Grating) を多く使っている (1 例として特許文献 1)。最近、プロジェクタ方式小型レーザーディスプレイは、携帯電話と車載に実用化される為、小型化された導波路方式の RGB 三波長合波器もある (例えば特許文献 2 参照)。尚車載ヘッドアップ型及びメガネ型レーザープロジェクタ用途で低コスト且つ高結合効率のファイバ出力、フィルタ方式の RGB 合波器もある (例えば特許文献 3 参照)。

20

【先行技術文献】

【0003】

【特許文献 1】 特開 2005 - 234245 号公報

【特許文献 2】 特開 2013 - 195603 号公報

【特許文献 3】 特開 2013 - 228651

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の様な従来の技術で様々なマルチ波長の合波器と分波器を作れるが、レーザーを用いる医療機、画像処理と表示装置、及び投射型テレビ等デバイスと装置に、これら従来の合波器は適用される条件と制限が以下の様に幾つかある。

【0005】

先ず、従来の技術での合波器は製造コストが高く、特に携帯電話等マスプロダクト向けに要求される極めて低いコストに対して製造段階でのコストダウンは難しい。又、波長による合波の技術は従来いくつかあるが、合波される波長の本数を増やすほど、コストが高くなる一方、合波される光のロスも急激に増えるので、これも解決すべき課題になる。

40

【0006】

従来の技術では、合波器の波長依存性により、各ビーム波長のバンド幅に対する制限があり、極端の二つ特例として、バンド幅を持たない波長が極めて接近或いは同一波長の複数の光源の場合、又波長と波長間にバンド幅が数百 nm 以上広すぎる場合の複数光源の場合に、このような制限を掛けられてしまう問題があり、解決すべき課題である。更に、合波される光源からの光ビームを容易且つ効率高く合波器に入力出来る事も本発明に解決し

50

ようとする課題である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明では、複数本の光ビームを、1つの点光源からの光ビームになるように空間的に合波して出力する光ビームの合波器を提供する。当該合波器は、

光ビームの入射端面と出射端面を有する、コア、及び厚み $1\mu\text{m}$ 以下のクラッドで構成される外径 $10\mu\text{m}$ 以下の複数本の光ファイバ素線と、

前記光ファイバ素線のそれぞれを固定する複数の固定溝が表面に設けられたチップ型板と、を備える。

前記固定溝は、前記チップ型板の1つの縁に沿ってお互いに間隔をあけて前記入射端面が配置されるように設けられた複数の入射部と、前記チップ型板の他の縁に前記出射端面が配置される出射部と、を備え、前記固定溝は、前記光ファイバ素線のそれぞれを前記入射部から前記出射部まで誘導するように、前記光ファイバ素線のそれぞれに対応して前記チップ型板の表面上に設けられ、

前記複数の固定溝は、前記入射部から前記出射部に進むに連れて互いに近づき、前記出射部において前記複数の固定溝が1つの溝として統合され、

前記出射部における統合された前記固定溝では、前記光ファイバ素線を密状態に束ねて接着剤で固定した前記光ファイバ素線の束が、統合された前記固定溝内に固定される。

また、本発明では、チップ型マルチ波長レーザー光源を提供する。当該チップ型マルチ波長レーザー光源は、

前記光ビームの合波器と、

前記チップ型板の前記1つの縁に沿って前記入射部の位置に対応した位置に配置される、互いに異なる複数の波長の光を発するレーザーダイオード光源と、

前記レーザーダイオード光源及び前記チップ型板を載置する基板と、を備え、

前記レーザーダイオード光源からの光ビームを、レンズを用いて、あるいはレンズを用いることなく直接、前記入射部から前記コアへ入射させる。

具体的には、 N 対1バンドルファイバを用いる合波器において、入力側に横並びになる N 本ファイバ中の特定な1本に入れられた N 本の光ビーム中の特定な1本の光は、出力側に束ねた N 本ファイバ中の該当ファイバの端面からそのまま出射されるので、合波器内部の各々のファイバ中において各々の波長の光ビームのロスは殆どなく、つまり、合波器本体において光学的な効率ほぼ 100% に達している。

【0008】

尚、合波器に使われるファイバ素線について、一般光通信に使われるガラスファイバの様なものだと、シングル横モードファイバの場合コア径は数 μm (=micrometer)程度だが、ハンドリングし易い為クラッド径は $125\mu\text{m}$ になり、束ねられたファイバのコアとコア間に $125\mu\text{m}$ 以上の距離を離れてしまう。

【0009】

その代わりに、請求項1の合波器に述べた N 本のコアとクラッドで構成されるファイバ素線について、シングル或いは低次横モードの場合にコア径数 μm 程度、それに対して極端に薄めにするクラッドの肉厚は、 $1\mu\text{m}$ 程度か或いは $1\mu\text{m}$ 以下、従って素線の外径は $10\mu\text{m}$ 以下の様なものになり、合波器の出力側に前記 N 本ファイバの出射端面はお互い密接的に束ねてあるので、各ファイバの各コアとコア間の距離は $10\mu\text{m}$ 程度で非常に接近されている。

【0010】

この様なファイバ素線で上述の様な手段でバンドルされる合波器の出力側に前記の N 本ファイバの出射端から出射される N 本のビームを、実用レベルで一つの点光源に収束して一つのビームに合波されて出力する様になっている。

【0011】

この論点を検証の為、合波器出力側に焦点距離 $=F$ のレンズを用いて N 本のファイバの出

10

20

30

40

50

射端からのN本の出射ビームを平行光にコリメートして考查してみよう。例えば赤緑青のRGB三色合波の為N = 3、尚、ファイバ素線は、NA = 0.12、コア径 = 5 μmのシングルモードにし、クラッドの肉厚を1.5 μmに薄くする事により素線の外径 = 8 μmとすると、前記方法で出射端にバンドルされたファイバ3本中に任意2本の間にコア対コアの間隔は、D (= 素線外径) = 8 μmになり、前記レンズをF = 10 mmにして、コリメートされて出射する3本平行光ビーム中任意2本間のなす角、

$$\theta = 2 \times \tan^{-1} (D \div 2 \div F) = 0.0458^\circ = 0.8 \text{ mrad}$$

式中に角度の単位は、ミクロン弧度 = mard (= milli-radian) になる。ここに、0.8 mradの角度としては、コリメートされた3本のRGBレーザービームの拡がり角と同等レベルの小さなものである。

10

【0012】

つまり、複数N = 3際にRGB三波長の場合に請求項1に述べたファイバ素線の諸仕様及びバンドルされる際の諸条件さえ合えば、前記合波器出力端に3本ファイバの3個出射端面から3個点光源で出力されるRGBの3本のビームを、実用レベルで、一つの点光源から出射される一つのビームと見做される。

【0013】

以上N = 3際にバンドルファイバ出射端面から出る3本ビームの同光軸性に関する検証は、複数N = 3の場合にも請求項1に述べたファイバ素線の諸仕様とバンドル際の諸条件付で実用レベルに適用出来る。

【0014】

複数N本波長が異なるN個のシングル横モードLDを光源とする場合に請求項1の合波器に使われるファイバ素線の選定について、波長が異なると、ファイバ素線ガラスの分散、尚コア径と開口数NAによってファイバ中に伝搬される光のモードフィールド径MFD (= Mode Field Diameter) も異なる。それにより合波される複数N本波長の全帯域幅に対して、一種のファイバ素線で全ての波長にシングル横モードに合わせられない場合は多い。

20

【0015】

請求項1の場合にN本のファイバは独立に使われて、出射端にバンドルされるだけなので、各波長に合わせて各種ファイバで、コア径とNAは独自に選ばれ、N本波長が異なる光ビームの全てに対してシングル横モードファイバの条件を満たす事は可能である。

30

【0016】

更に、一般導波路型とフィルタ型の様な合波と違って、請求項1に、空間的な合波に基づいているので、合波器の波長依存性は殆ど無く、ある意味で非常に汎用的なものになる。つまり、空間的に独立な光源であれば、同じ波長のみ複数の光源又は、違う波長と同じ波長を交えて複数の光源に問題なく適用出来る。例えば、RGB三波長の3個LDの場合にも、RGG、つまり赤と青波長各1個と緑波長2個、総じて4個LDの場合にも、請求項1の合波器は適用出来る。

【発明の効果】

【0017】

本発明請求項1により、バンドルされるファイバで合波するため、合波器本体の光学効率は、ほぼ100%に得られる。尚、光効率と合波される光ビームの本数は無関係で、本数を増やすほど光効率の効果は高くなる。

40

【0018】

又、複数波長シングル横モード光源からのビーム合波の場合、請求項1バンドルファイバ方式で合波される各光源の波長尚ビームの横モードに合わせて各々のファイバを個別に選ばれるので、各光源からの出力ビームの空間コヒーレンスを最大限に保てる。

【0019】

又、請求項1バンドルファイバを用いる合波器は、チップ型なので、請求項2に述べた複数波長の複数表面実装レーザーダイオード(LD)光源から作り上げるコンパクトで薄いチップ型のマルチ波長光源の欠かせないキー部品になる。

50

【0020】

このようなバンドルファイバを用いるチップ型合波器は、従来導波路型か、或いは、ロングパスかショートパスの様な二波長性を有するフィルタ型合波器と比べ、コストを劇的に低減出来、尚シングル横モードのLDからシングル横モードのファイバの間に光の結合効率も容易に上げられ、二者間の実装もし易いため、請求項2の様なコンパクトで薄いチップ型のRGBレーザー光源を高度な信頼性に低コストで量産出来る。

【発明を実施するための形態】

【実施例1】

【0021】

本発明請求項1に述べたバンドルファイバを用いるチップ型合波器で、複数 $N = 3$ に、RGB三波長シングル横モードLDの合波に使われるものを実施例1として図1のCAD図面に基本構造を示している。

10

【0022】

光源はシングル横モードLDなので、使われる素線ファイバもシングル横モード、つまり $NA = 0.12 \sim 0.13$ 、コア径 $= 3.5 \sim 4.0 \mu\text{m}$ のものであれば、元LDのビームの空間的な干渉性は崩されない。

【0023】

但し、市販品のシングル横モードファイバのクラッド径は、 $125 \mu\text{m}$ なので、本実施例1に理想的なファイバ素線は、コア径 $4 \mu\text{m}$ にクラッド径 $8 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度のものだが、本発明出願の時点では、実用レベルで、 $NA = 0.2$ 、コア径 $7 \mu\text{m}$ 、クラッド径 $10 \mu\text{m}$ のファイバ素線の既存品はバンドルされて合波器に使われてある。この様な請求項1に $N = 3$ のRGB合波器は、幅と長さ共に 6mm 、厚み 2mm 程度のチップ型になっている。

20

【0024】

図1で構成される実施例1のRGB三波長シングル横モード合波器出力側にバンドルされたファイバの出射端面の顕微鏡写真を図2に示している。写真に示す通りに、密接的にバンドルされたファイバ3本の相隣コア間の距離は大よそ $10 \mu\text{m}$ 程度になっている。

【0025】

作り方として、バンドルされる3本ファイバ端面を研磨で仕上げる為、中心に $25 \mu\text{m}$ 程度の穴がある 1mm 外径のガラスチューブ型フェルール中に素線を入れて接着剤で固定してある。

30

【0026】

前述の通り、実施例1の合波器本体の光学伝搬ロスは何れもないが、合波器入力側にLDからファイバへ光の結合効率を調べたところ、シングル横モード 638nm 波長LDからのレーザービームを合わせ込みアクティブ調芯、つまり光源とするLDからのビームを出力しながら結合レンズを光軸調整してファイバ入射端面に光を入力すると、バンドルされたファイバ出射端に、約 85% のスループットで出力を得られている。光学的な効率を更に向上する為、ファイバの入射と出射両端面に反射防止誘電体薄膜を付けることも出来る。

【0027】

尚合波器の出力側にファイバから出射される 638nm 光ビームの横モード特性も調べたが、ビーム横モードの品質の指数 $M^2 = 2$ 以下になっている。つまり本実施例1合波器実際に出力されるビームの横モードは、ファイバ素線本体のコア径 $7 \mu\text{m}$ 、 $NA 0.2$ から試算される $M^2 = 3.4$ より、かなり良くなっている。

40

【0028】

こうなった理由だが、本実施例1合波器のファイバ素線の長さは約 6mm 程度で、ビームの伝搬距離は極めて短く、ビームのファイバ中に高次モードへの混ぜる効果は未だ顕在してなく、入力されたビームは横モードが崩れてないままに出力端に到着してしまう事である。

【0029】

更に、実施例1合波器の出力側に 638nm 、 520nm と 450nm のRGB三波長の

50

バンドルファイバからの出射光ビームを焦点距離20mmのアクロマティックレンズを用いてコリメートし、1メートル先前方にビーム径を最小になる様に調整し合わせた際に、測れた3個RGB三色レーザービームスポット径は、大よそ1mm以下($M^2=2$)になって、尚三波長ビームのお互いに離れた距離は、0.5mm程度になって、一つ1.5mmの同心円中に入っているため、実用レベルで三波長の一つビームとして使える。

【0030】

本発明請求項による実施例1の合波器を用いて請求項2に述べたチップ型RGBの3波長同光軸出力光源を実施例2として、図3にCAD図面での基本構成を示している。

【0031】

光源であるシングル横モードLDは表面実装チップ型のタイプで、外形は、幅0.8mm、長さ2.0mm、厚み0.3mmのものになる。実装の便利さから、実施例1合波器入力側に、RGB三波長で3個のLDを等間隔2mmに横一列に、銅板のヒートシンク上に固定している。本実施例2の場合、LDからファイバへレーザービームをレンズ無しで直接結合して大よそ50%程度出力はバンドルされたファイバ出射端に出力されている。

【0032】

図3の様な構成図に示した配置関係で、一つLD発光点と相手の一つファイバの入射端面の間に光を1対1の直接結合なので、結合効率を向上する為ファイバへ光ビームの合わせ込み調芯精度は、 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以内に必須。尚本実施例2の場合に、光源側に一列に横並びの3個RGBのLDと相手合波器入力側に一列に横並びRGB入射ファイバ端面のお互い配置の位置も実装される際に、全て揃って同じ $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以内の精度で必要なので、非常に難しい。

【0033】

その代わりに、LD発光点と相手ファイバ受光端面の間に結合レンズを用いて光を結合する事により、LDの実装及び相手側の合波器入力側のファイバ受光端面の位置合わせ実装精度を緩和できる。尚合波器ファイバをV溝で位置を合わせたり、LDをアクティブ調芯したり組立して精度を上げたりする事により、光のファイバへの結合効率を向上出来る。

【0034】

実施例2のRGB三波長チップ型光源は、LDとファイバの間にレンズ無しで光を直接結合する場合、図3に示す通り、幅6mm、長さ8.5mm、厚み1.8mmの外形で、LDと合波器ファイバ間の光結合効率は大よそ50%しか出来ない。光源LDと合波器ファイバ受光端面間に結合レンズを用いる場合、光の結合効率は、75%以上に上がるが、外形について長さ方向に11mmに長くなってしまふ。この様に作り上げている光のスループロットが高い本実施例2のチップ型RGB光源は、現状最大に、赤638nmで80mW、緑520nmで55mW、青450nmで波長50mWのパワーで、ファイバから三波長共にほぼシングル横モードのビームで出力され、車載と携帯電話用の投射型プロジェクタに要求される高輝度高出力に達している。

【産業上の利用可能性】

【0035】

請求項1に述べたバンドルファイバを用いるチップ型の合波器は、複数N個空間的に独立な光源からN個独立な光ビームを空間的に合波して光軸が揃って一つ点光源になって出力出来るので、複数 $N=3$ の場合、RGB三原色、又 $N=4$ の時にセンシング用近赤外波長を加え、四波長の独立な光源LDからの光を低コスト且つ高度な実用レベルにRGB三波長或いは近赤外NIR(=Near Infrared)も加えて四波長で合波される一つの点光源として、MEMSスキャンを用いるレーザープロジェクタ等の応用に期待出来る。

【0036】

尚、請求項2の様な小型化されるチップ型RGB或いはRGB+NIRの様なマルチ波長光源は、極めてコンパクトで薄さを要求されるメガネ方式と携帯電話に内蔵される投射型

10

20

30

40

50

ディスプレイに初めて小型化に適用出来て、尚車載と携帯電話用プロジェクタに必要以上の高輝度高出力にも実現されているので、これらの応用に欠かせないものである。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】 実施例1として、請求項1に述べた複数 $N = 3$ のバンドルファイバを用いる3ビーム入力、1ビーム出力の3対1光ビームの空間的な合波器

【図2】 実施例1の合波器出力側にフェルールの径 $25 \mu\text{m}$ 穴中にバンドルされてある3本ファイバの出射端面の顕微鏡写真

【図3】 実施例2として、実施例1複数 $N = 3$ 場合の合波器の入力側に実装されてある 638 nm 、 520 nm 及び 450 nm のRGB三波長シングル横モード表面実装型LDの3本空間的に独立な光ビームから合波器出力側に一光源として出力されるコンパクトで薄いチップ型RGBレーザー光源

10

【符号の説明】

【0038】

図1に関する符号：

100 請求項1に述べた合波器のファイバを固定されてあるチップ型板

101 合波器の入力側

102 合波器の出力側

103 以上100のチップ型板上にファイバの固定位置を決める溝

110 合波器出力側にバンドルされてある複数 $N = 3$ 本ファイバの出射端

20

111 合波器入力側に1本目ファイバの入射端面

112 合波器入力側に2本目ファイバの入射端面

113 合波器入力側に3本目ファイバの入射端面

図2の顕微鏡写真に関する符号：

200 研磨されてあるフェルール端面

211 フェルール端面にバンドルされたクラッド径 $10 \mu\text{m}$ のファイバ素線その一

212 フェルール端面にバンドルされたクラッド径 $10 \mu\text{m}$ のファイバ素線その二

213 フェルール端面にバンドルされたクラッド径 $10 \mu\text{m}$ のファイバ素線その三、以上3本ファイバ素線を正三角形に密接的にバンドルされてある様子を写真中に良く映されてある

30

221 ファイバ素線のコア

222 ファイバ素線のクラッド

230 顕微鏡写真に示すスケール、単位長さ = $10 \mu\text{m}$

図3に関する符号：

301 青 (Blue) 波長 450 nm 表面実装シングル横モードLD

302 赤 (Red) 波長 638 nm 表面実装シングル横モードLD

303 緑 (Green) 波長 520 nm 表面実装シングル横モードLD

304 RGB三波長LDのヒートシンク銅板

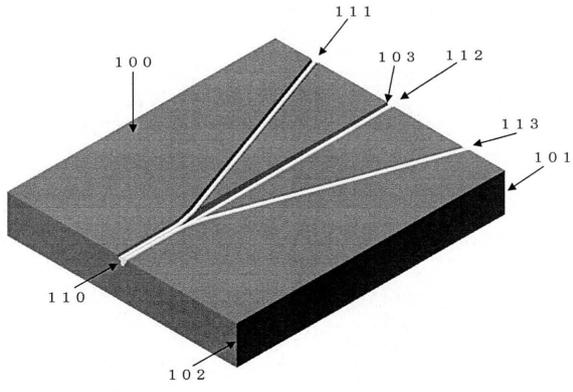
305 請求項1に述べた合波器のファイバを固定されてあるチップ型板

31*i* $i = 1, 2, 3$, 合波器入力側にRGBのLD光源と1対1直接光結合方式で実装されてある複数 $N = 3$ 本のファイバ、本実施例1の場合に3本ファイバ素線のコアは、径 $7 \mu\text{m}$ にNA0.2、尚クラッド径は $10 \mu\text{m}$ のものである

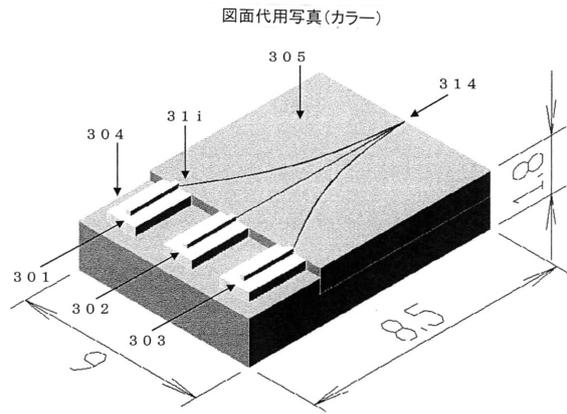
40

314 合波器出力側に請求項1に述べた条件を満たしてバンドルされてある複数 $N = 3$ 本ファイバの出射端面

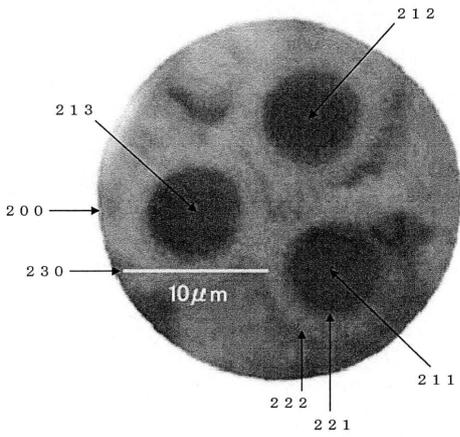
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 1 S	5/022	(2006.01)	G 0 2 B	6/46	3 1 1
H 0 1 S	5/40	(2006.01)	H 0 1 S	5/022	
			H 0 1 S	5/40	

(56)参考文献 特開2013-228651(JP,A)
特開2006-126373(JP,A)
国際公開第2004/055568(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G 0 2 B 6 / 0 4 - 6 / 4 3