

(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2006-259439

(P2006-259439A)

(43) 公開日 平成18年9月28日(2006.9.28)

(51) Int. Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

F I

G02B 5/18

テーマコード (参考)

2H049

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-78702 (P2005-78702)  
 (22) 出願日 平成17年3月18日 (2005.3.18)

(71) 出願人 000000044  
 旭硝子株式会社  
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
 (72) 発明者 河盛 淳  
 福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二  
 工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内  
 Fターム(参考) 2H049 AA03 AA33 AA44 AA45 AA48  
 AA59

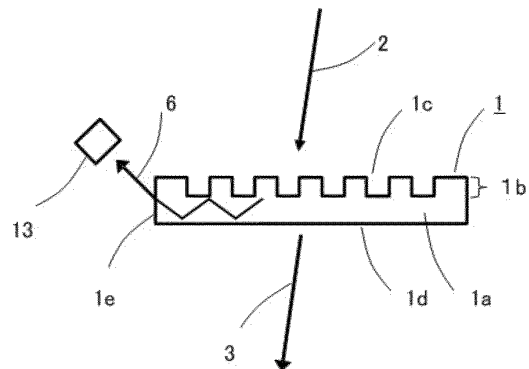
(54) 【発明の名称】 分波素子および分波方法

## (57) 【要約】

【課題】 信号光の一部を光路から分波しようとするときに、従来用いられている分波素子では、入射光と出射光がそれぞれ入射、出射される位置と、分波光を取り出す位置とを、離すことが難しかったり、小型化が難しかったりする問題点があった。

【解決手段】 本発明は前述の課題を解決するために、一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子が備えられた回折格子形成面と、透過光出射面と、分波光出射面と、を有する透明基体を備えた分波素子であって、前記分波素子は、前記回折格子形成面に入射した入射光を、直進透過させて透過光出射面から出射させるとともに前記入射光の一部を回折させ、前記回折された回折光を前記透明基体内で前記透過光出射面により全反射させて前記分波光出射面へ導き、前記分波光出射面より分波光として出射させることを特徴とする分波素子を提供する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

回折格子形成面と、透過光出射面と、分波光出射面と、を有する透明基体を備えた分波素子であって、

前記回折格子形成面は、一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子を備えていて、

前記分波素子は、前記回折格子形成面に入射した入射光を直進透過させて透過光出射面から出射させるとともに前記入射光の一部を回折させ、前記回折された回折光を前記透明基体内で前記透過光出射面により全反射させて前記分波光出射面へ導き、前記分波光出射面より分波光として出射させることを特徴とする分波素子。

10

**【請求項 2】**

前記回折光は 1 次回折光である請求項 1 記載の分波素子。

**【請求項 3】**

前記透明基体は平板状基板であって、相対する基板表面の一方が前記回折格子形成面とされ、他方が前記透過光出射面とされていて、端面の 1 つが平坦で前記回折格子の凹凸構造の周期方向と実質的に垂直に配設され前記分波光出射面とされている請求項 1 または 2 に記載の分波素子。

**【請求項 4】**

前記凹凸構造が、前記透明基体の表面を加工して形成されている請求項 1、2 または 3 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

20

**【請求項 5】**

前記凹凸構造が、前記透明基体の回折格子形成面に透明材料層を形成し、かかる層を加工して形成されている請求項 1、2 または 3 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

**【請求項 6】**

前記透明材料が、窒化ケイ素、酸化ケイ素、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、および酸化亜鉛のいずれかから選ばれる 1 種を主たる成分とする請求項 5 に記載の分波素子。

**【請求項 7】**

前記凹凸構造が、矩形の凸部と矩形の凹部の断面形状をもつ請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

30

**【請求項 8】**

前記凹凸構造が、鋸歯形状の断面形状をもつ請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

**【請求項 9】**

前記格子状の凹凸構造が、所望の鋸歯形状を階段状に近似した断面形状をもつ請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

**【請求項 10】**

前記回折格子で回折された前記回折光は、前記透過光出射面で 1 回全反射された後、前記回折格子形成面および前記透過光出射面でさらに反射されることなく前記分波光出射面から出射される請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の分波素子。

40

**【請求項 11】**

入射光を分波素子に入射させて直進透過させるとともに入射光の一部を光路を変えて分波光として取り出す分波方法において、

前記分波素子が、

透明材料からなる平板状基板を用いて形成されていて、

前記平板状基板の相対する基板表面の、一方の表面が一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子が備えられた回折格子形成面とされ、他方の表面が透過光出射面とされていて、端面の 1 つが平坦で前記回折格子の凹凸構造の周期方向と実質的に垂直に配設され前記分波光出射面とされている分波素子であって、

前記分波素子の前記回折格子形成面に入射させた前記入射光を、前記透明基体の全反射角

50

より大きい回折角で回折させて前記透明基体内を前記分波光出射面へ導き、前記分波光出射面から分波光として出射させることを特徴とする分波方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分波素子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光通信などで、信号光の一部を光路から取り出して、その強度や波長分布を測定するときには、プリズムや回折格子を用いて入射光の一部を分波し、出射光とは異なる方向に取り出していた。しかしながら、プリズムは小型化が難しく、また、回折格子は、入射光と出射光がそれぞれ入射、出射される位置と、分波光を取り出す位置とを、離すことが難しいという問題点があった。

10

【0003】

【特許文献1】特開2003-307606号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は前述の事情を鑑みてなされたもので、透過光、出射光と分波光とを十分離れた位置から取り出すことができる小型の分波素子を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、前述の課題を解決するために、回折格子形成面と、透過光出射面と、分波光出射面と、を有する透明基体を備えた分波素子であって、前記回折格子形成面は、一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子を備えていて、前記分波素子は、前記回折格子形成面に入射した入射光を直進透過させて透過光出射面から出射させるとともに前記入射光の一部を回折させ、前記回折された回折光を前記透明基体内で前記透過光出射面により全反射させて前記分波光出射面へ導き、前記分波光出射面より分波光として出射させることを特徴とする分波素子を提供する。

30

このとき、前記回折光は1次回折光であることが好ましい。

また、前記透明基体は平板状基板であって、相対する基板表面の一方が前記回折格子形成面とされ、他方が前記透過光出射面とされていて、端面の1つが平坦で前記回折格子の凹凸構造の周期方向と実質的に垂直に配設され前記分波光出射面とされていることが好ましい。

【0006】

前記凹凸構造は、前記透明基体の回折格子形成面に透明材料層を形成し、かかる層を加工して形成されていることが好ましく、前記透明材料は、窒化ケイ素、酸化ケイ素、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、および酸化亜鉛のいずれかから選ばれる1種を主たる成分とすることが好ましい。

前記凹凸構造は、矩形の凸部と矩形の凹部の断面形状、あるいは、鋸歯形状の断面形状をもつことが好ましい。あるいはまた、前記凹凸構造は、所望の鋸歯形状を階段状に近似した断面形状をもつことが好ましい。

40

【0007】

また本発明の分波素子において、前記回折格子で回折された前記回折光は、前記透過光出射面で1回全反射された後、前記回折格子形成面および前記透過光出射面でさらに反射されることなく前記分波光出射面から出射されることが好ましい。

【0008】

さらに、本発明は、入射光を分波素子に入射させて直進透過させるとともに入射光の一部を光路を変えて分波光として取り出す分波方法において、前記分波素子が、透明材料からなる平板状基板を用いて形成されていて、前記平板状基板の相対する基板表面の、一方

50

の表面が一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子が備えられた回折格子形成面とされ、他方の表面が透過光出射面とされていて、端面の１つが平坦で前記回折格子の凹凸構造の周期方向と実質的に垂直に配設され前記分波光出射面とされている分波素子であって、前記分波素子の前記回折格子形成面に入射させた前記入射光を、前記透明基体の全反射角より大きい回折角で回折させて前記透明基体内を前記分波光出射面へ導き、前記分波光出射面から分波光として出射させることを特徴とする分波方法を提供する。

【発明の効果】

【０００９】

本発明の分波素子は小型であるが、入射光の一部を分波させた分波光を、入射光および入射光が直進透過させた透過光の出射位置から十分離れた位置から、出射させることができる。また、入射光の波長により異なる出射角度で分波光を出射させることができる。本発明の分波素子を用いると、入射光の強度などの特性を検出する装置をコンパクトな構成で実現できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【００１０】

以下、本発明の分波素子の詳細を図面を用いて説明するが、本発明は以下の説明に何ら限定されない。

【００１１】

図１に示す本発明の実施形態の分波素子１は透明な平板状基板１ａを用いて形成されている。相対する基板表面の一方には、一方向に伸長する凹凸構造が周期的に形成された回折格子１ｂが備えられて回折格子形成面１ｃとされていて、他方の基板表面は透過光出射面１ｄとされている。また、透明基板１ａの端面のひとつが分波光出射面１ｅとされている。分波光出射面１ｅは、出射角の変動や散乱によるロスを防ぐために、研磨を施す等により平滑とすることが好ましい。さらに、入射光の波長の光に対する低反射コーティングを形成すると、分波光の出射光量を増すことができて好ましい

20

回折格子形成面１ｃに入射された入射光２のうち、回折格子１ｂにより回折されずに直進透過された光は透過光出射面１ｄから透過光３として出射され、回折格子１ｂにより回折された回折光は、透過光出射面１ｄおよび回折格子形成面１ｃにより全反射されて分波光出射面１ｅに導かれ分波光６として出射される。出射された分波光６に対して、光検出器１３を用いて強度などの特性の測定をおこなうことができる。

30

【００１２】

前記平板状基板は、本発明の分波素子を用いる波長に対して実質的に透明な材料で構成されていればよく、石英ガラス、光学ガラスなどのガラス材料、シリコン、および、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート（ＰＭＭＡ）などの樹脂材料が例示されるが、耐久性などの観点から石英ガラス、および光学ガラスで攻勢されていることが好ましい。

【００１３】

前記凹凸構造は、透明基板自体の表面を加工して作製してもよく、また、透明基板の表面に透明材料からなる層を形成し、かかる層を加工して作製してもよい。かかる加工方法としては、切削、プレス、モールド、フォトリソグラフィグラフィおよびエッチングなどが例示される。

40

【００１４】

前記凹凸構造を透明材料からなる層を形成、加工して作製する場合、透明材料としては、前述の加工のための加工性に優れたものが好ましく、前述の加工をフォトリソグラフィグラフィおよびエッチングによりおこなうときには、窒化ケイ素、酸化ケイ素、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、酸化亜鉛、およびシリコンのいずれかから選ばれる１種を主たる成分とする材料が好ましい。

【００１５】

また、透明材料として高屈折率材料を用いると、回折効率が高い回折格子が得られ、さらに凹凸部の深さを浅くできるため加工が容易になり好ましい。このような高屈折率の透明材料としては、窒化ケイ素、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、酸化亜鉛、およ

50

びシリコンのいずれかから選ばれる 1 種を主たる成分とする材料が例示される。

【0016】

本発明の分波素子に入射した光の挙動について、図 2 を用いて説明する。本発明の分波素子 1 の回折格子形成面 1 c に対して波長  $\lambda$  の入射光 2 を、回折格子形成面 1 c の法線を含み回折格子 1 b の凹凸構造の伸長方向と直交する面内で入射角  $\theta_1$  (すなわち、回折格子形成面 1 c の法線方向となす角度で図 2 の符号 7) で入射させる。回折格子 1 b の格子周期を P とすると、入射光 2 は屈折率 n の基板内で (1) 式：

$$\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = m \cdot \lambda / (n \cdot P) \quad \cdots (1)$$

なる関係を満たす内部回折角  $\theta_2$  (図 2 中の符号 8) の方向に m 次の回折光 4 を生じる。ここで m は自然数であり、内部回折角  $\theta_2$  とは、回折格子 1 b により回折され透明基板 1 a 内へ出射される光が、回折格子形成面 1 c の法線方向となす角である。 10

【0017】

この実施態様の分波素子では、回折格子形成面 1 c と透過光出射面 1 d とは平行なので、回折格子形成面 1 c を内部回折角  $\theta_2$  で回折された回折光 4 は、透明基板内を進行して内部回折角  $\theta_2$  と等しい入射角で透過光出射面 1 d に入射する。透過光出射面 1 d に入射した回折光 4 が、透明基板 - 空気界面で屈折されて出射されるときの出射角すなわち透過光出射面の法線方向に対する角度  $\theta_3$  は、内部回折角  $\theta_2$  と (2) 式：

$$\sin \theta_3 = n \cdot \sin \theta_2 \quad \cdots (2)$$

の関係にあり、 $\sin \theta_3 > 1$  のとき、回折光 4 は、透過光出射面 1 d を透過することができず、全反射される。透過光出射面 1 d で全反射された回折光 4 は、内部屈折角  $\theta_2$  と等しい角度で回折格子形成面 1 c に入射するが、一部回折され透過する以外は同様に全反射される。このようにして回折光 4 は、回折格子形成面 1 c および透過光出射面 1 d のいずれをも透過することができず、全反射されて基板内を進行し、前記分波光出射面 1 e に到達する。 20

【0018】

基板内部で偶数回反射されて前記分波折光出射面に到達した光は (3) 式、奇数回反射されて前記分波光出射面 1 e に到達した光は、分波光出射面 1 e の法線に対して (4) 式、

$$\sin \theta_1 = n \cdot \sin (\theta_2 - \theta_3) \quad \cdots (3)$$

$$\sin \theta_1 = n \cdot \sin (\theta_2 + \theta_3) \quad \cdots (4)$$

をそれぞれ満たす角度すなわち出射角  $\theta_3$  (図 2 の符号 11 で表される) の方向に出射される。両式中の  $\theta_2$  は、前記分波光出射面 1 e と、回折格子 1 b が形成された前記回折格子形成面とのなす角である。このとき  $\sin \theta_3 > 1$  となると分波光 6 が分波光出射面 1 e で全反射されるため、分波光出射面 1 e から分波光 6 を取り出すためには  $\sin \theta_3 < 1$  となる必要がある。 30

角度  $\theta_3$  を 90 度とすると、透明基板 1 a を平行基板面と垂直に切断して分波光出射面 1 e を形成できるので製造が容易で好ましいが、 $\sin \theta_3 < 1$  が満足される範囲で斜めに傾けてもよく、その場合、前記入射光 2 あるいは前記透過光 3 の方向に対する前記分波光 6 の取り出し角を調整することができて好ましい。

【0019】

前記回折格子の凹凸構造の周期方向が分波光出射面 1 e と実質的に垂直でないと、分波光出射面 1 e への分波光 5 の入射角が、前記入射角である  $\theta_1$  または  $\theta_2$  と、凹凸構造の伸長方向と分波光出射面 1 e がなす角度とが合成された角度となり、凹凸構造の周期方向が分波光出射面 1 e と実質的に垂直である場合と比べて入射角が大きくなり、前記分波光出射面 1 e で全反射させずに射出させるための制約がきつくなる。すなわち凹凸構造の周期方向が分波光出射面 1 e と実質的に垂直とすると、回折格子 1 b や前記角  $\theta_1$  の選択の幅が広がって好ましい。 40

【0020】

本発明の分波素子においては、下記の a)、b)、c) が満たされるように前述の回折格子の凸部と凹部との幅の比、回折格子 1 b の繰返し周期、および凹凸部の深さ、図 2 の 50

符号 12 で表される回折格子形成面 1c と前記回折格子形成面 1c とのなす角、および回折格子 1b への入射角などの各パラメータの値が決められ、この構成により、回折格子形成面 1a に備えられた回折格子 1b により回折格子形成面 1c に入射された入射光 2 を直進透過させて透過光出射面 1d から透過光 3 として出射させるとともに、入射光 2 の一部を回折格子 1b により回折させ、回折された回折光 4 を透過光出射面 1d により全反射させて分波光出射面 1e に導いて分波光 6 として出射される。必要に応じて、回折格子 1b により回折された回折光 4 は透過光出射面 1d とおよび回折格子形成面 1c とにより全反射させて分波光出射面 1e に導かれる。

#### 【0021】

a) 分波素子 1 に入射された入射光が回折されて透明基板内に出射されるために、(1) 式において  $\sin \theta < 1$  である。 10

b) 透過光出射面 1d により回折光 4 が全反射されるために、(2) 式において  $\sin \theta < 1$  である。

c) 分波光出射面 1e により分波光 5 が全反射されず出射されるように、(3) 式または (4) 式において  $\sin \theta < 1$  である。

#### 【0022】

(1) 式における  $m$  は +1 または -1 とすることが好ましい。すなわち本発明の分波素子 1 において、前記回折格子 1b により回折された光のうち +2 次以上または -2 次以下の高次回折光を用いることもできるが、分波光 6 として +1 次または -1 次回折光を用いると、より高次の回折光と比べて大きい回折強度が得られるので、入射光 2 に対して透過光 3 および分波光 6 の強度を高くすることができて好ましい。 20

#### 【0023】

例えば、透明基板 1a として石英ガラスからなる透明基板を用い、前記入射光 2 として 1580 ~ 1620 nm の波長帯の光を回折格子形成面 1c に垂直入射させる場合には、前記回折格子 1b の平行かつ周期的に形成された凹凸構造の周期は 1122 nm から 1580 nm とされる。すなわち回折光が透明基板内に回折されるように内部屈折角  $\theta$  を 90 度未満とするために、凹凸構造の周期は 1122 nm 以上とされる。また、回折光が透明基板内で全反射されるように、内部回折角  $\theta$  を石英ガラスの全反射角度 44 度より大きくするために、1580 nm 以下とされる。この構成により、垂直入射された入射光を、透過光出射面 1d および回折格子形成面 1a により全反射させ、分波光出射面 1e へと導くことができる。 30

#### 【0024】

また、本発明の分波素子 1 は、回折格子形成面 1c に備えられた回折格子 1b により回折された回折光 4 が、透過光出射面 1d、あるいは、回折格子形成面 1c と透過光出射面 1d とにより全反射されて分波光出射面 1e に導かれ出射されるように構成されていれば、前述の透明基体として、透明平板状基板を用いる代わりに、回折格子形成面 1c と透過光出射面 1d とが平行でない基体を用いることも可能である。

#### 【0025】

また、前記回折格子で回折された前記回折光 4 が、前記透過光出射面 1d で 1 回全反射された後、前記回折格子形成面 1c および前記透過光出射面 1d でさらに反射されることなく、前記分波光出射面 1e から出射されるようにすると、分波素子 1 内でのロスを減らすことができて好ましい。回折光 3 は、透明基板 1a 内を回折格子形成面 1c から透過光出射面 1d まで進む間に、凹凸構造の周期方向に、回折角と基板厚さに応じた距離だけ変位するので、回折角、基板厚さ、および分波素子に対して入射光を入射させる位置と分波光出射面との距離を調整することにより、この構成とすることができる。例えば、格子周期が 1500 nm の回折格子が形成された厚さ 2 mm の石英ガラス基板からなる分波素子に、波長 1580 ~ 1620 nm でビーム径 1 mm の入射光を垂直入射させると、この波長帯の光に対する 1 次回折角は 47 ~ 48 度であって石英ガラスの全反射角度 44 度より大きいので、垂直入射された入射光に対する 1 次回折光は、前記透過光出射面により全反射される。さらに入射光を入射させる位置を、分波光出射面となる平行基板面と端面から 40 50

2.8mmから3.8mmの距離の点とすると、前記回折格子で回折された回折光は、前記透過光出射面で1回全反射された後、前記および透過光出射面でさらに反射されることがなく前記分波光出射面から出射される。

【0026】

また、入射光2を、回折格子形成面の法線方向から凹凸構造の周期方向に傾けるとともに、さらに凹凸構造の伸長方向に対しても傾ける構成とすると、入射光2を回折格子形成面に対して垂直入射させる場合と比べて、回折光4が透過光出射面1dに入射するときの入射角が大きくなることができる。これにより透明基板-空気界面で全反射させる条件を緩和することができるので、回折格子の格子周期を大きくすることができて好ましい。

【0027】

例として波長が1600nmの光を入射する場合を記す。入射光2を回折格子形成面1cに対して垂直に入射させる場合には、透過光出射面1dにより回折光4を全反射させるために回折格子1bの格子周期を1600nm以下としなければならないが、入射光を回折格子形成面1cの法線方向から凹凸構造の伸長方向すなわち図1の紙面と垂直な方向へ10度傾けて入射させた場合には1627nm以下とすることができる。すなわち、格子周期を大きくすることができるので、回折格子の作製が容易になり好ましい。入射光2を、回折格子1bの凹凸構造の伸長方向と直交する面内で格子面の法線方向から傾けるとともに、格子の周期方向と直交する面内で格子面の法線方向から傾けて入射させると、回折光が透明基板と空気との界面で全反射される条件をさらに緩和することができ、回折格子の格子周期をさらに大きくすることができるのでさらに好ましい。

【0028】

回折格子1bの前記凹凸構造の断面形状は、矩形または台形とすることが好ましく、このいずれであっても本発明における効果を有するが、矩形に近いものが作製が容易なため好ましい。この断面構造における凹部と凸部との幅の比、凹凸構造の繰返し周期、および凹凸部の深さは、種々の組合せを用いることができる。屈折率1.444の石英ガラス基板の表面を加工して凸部と凹部との幅の比が2:1、格子周期が1500nmの断面形状をもつ回折格子形成するときには、凹凸部の深さを1000nmあるいは3400nmとした構成とすると入射光の偏光方向によらず高い回折効率を得られて好ましいが、適用可能な凹凸部の深さおよび格子周期はこの例に限定されない。また、高屈折率透明材料であるTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜を石英ガラス基板上に形成し、これを加工して凸部と凹部との幅の比が2:1、凹凸構造の繰返し周期が1500nmの断面形状をもつ回折格子を形成するときには、凹凸部の深さを800nmとする構成が例示される。この構成によれば、格子の周期方向と平行な偏光方向および直交する偏光方向のいずれの偏光方向の直線偏光に対しても、浅い凹凸部深さで高い回折効率を得ることができて好ましいが、これに限定されない。

【0029】

また、前記凹凸構造の断面形状を矩形断面に代えて、凹凸構造の伸長方向に垂直な面内において左右非対称とすると、+1次回折光または-1次回折光をいずれか一方の回折効率を大きくすることができる。このとき前記分波光出射面側への回折効率を大きくすると、分波光出射面1eから出射される分波光強度を高めることができて好ましい。左右非対称の断面形状は、鋸歯状、あるいは、所望の鋸歯形状を階段状に近似した断面形状とすることが好ましい。鋸歯形状の断面構造をもつ凹凸構造は、グレースケールマスクを用いたフォトリソグラフィ加工により形成することができる。所望の鋸歯形状を階段状に近似した断面形状は、3~8ステップのフォトリソグラフィ加工を繰り返すことにより形成することができて、鋸歯形状の断面形状より製造が容易なため好ましい。

【0030】

また、前記分波光出射面1eとは反対側の端面に入射光の波長の光を反射するミラーを形成すると、分波光出射面1eへの出射光量を増すことができて好ましい。

【実施例】

【0031】

以下本発明の実施例である例1、2について図面を用いて説明するが、本発明はこれに

10

20

30

40

50

限定されない。

#### 【0032】

##### [例1]

例1の分波素子1は石英ガラス製平板状基板からなる透明基板1aを用いて形成されていて、図3に概略断面図で示した構成をもつ。まず直径125mmで厚さ2.0mm、屈折率1.444の石英ガラスからなる透明基板1aの一方の表面に、フォトリソグラフィおよびエッチングにより、矩形断面の直線状の溝を周期的に形成して回折格子1bを形成する。前記矩形断面の溝は幅が500nmで深さが3400nmであり、互いに平行に1500nmのピッチで、凸部と凹部との幅の比が2:1とする。回折格子1bを形成した面を回折格子形成面1cとし、この面と対向する表面を透過光出射面1dとする。

10

次に、ダイシングソーにより、端面が表面に対して直角となるように、前記透明基板を10mm×6mmの長方形に切断する。このとき、回折素子10の短辺を前記回折格子の周期方向と直交するようにし、短辺の端面を平滑に研磨し、前記光の波長に対する低反射コーティングを施し、分波光出射面1eとする。以上の工程により本例の分波素子1を得る。

#### 【0033】

このようにして得られた本例の分波素子10の回折格子形成面1cの中央に、波長1580nm、1600nmおよび1620nmの3波長の光が合波された直線偏光の入射光2を垂直入射させる。ここで、前記直線偏光の偏光方向は、回折格子1bの周期方向と平行または直交する方向とする。前記入射光は、前記回折格子を直進透過して透過光出射面から透過光として出射されるとともに、一部は前記回折格子により波長1580nm、1600nmおよび1620nmの波長に応じてそれぞれ内部回折角47度、48度および48度で回折される。それぞれの波長の回折光4は、対向する透過光出射面1dに対してそれぞれの波長の内部回折角と同角度の入射角で入射するが、これらの入射角はいずれも石英ガラスの全反射角度44度より大きいため、全反射される。透過光出射面1dにより全反射された光は、次いで内部回折角と同角度の入射角で回折格子形成面に入射し、同様に全反射される。このように分波された回折光は透過光出射面および回折格子形成面により順次全反射されて、分波光出射面1eから分波光として出射される。

20

#### 【0034】

入射光束の偏光方向を、回折格子の周期方向に対して平行および直交としたときの、それぞれの波長に対する、透明基板の左右の側面から出射される分波光の強度と出射角度、および透過光の強度の測定結果を、表1および2にまとめた。ここで分波光の強度とは、分波光の入射光に対する強度比、分波光の出射角度とは、分波光の出射方向が入射光の入射方向となす角度をいう。

30

#### 【0035】

【表1】

	左側面への分 波光の強度	右側面への分 波光の強度	透過光の強度	分波光の取出 し角度
1580nm	2%	0.5%	94%	9度
1600nm	2.5%	1.0%	94%	13度
1620nm	2%	1.5%	96%	17度

40

#### 【0036】



【表 2】

	左側面への分 波光の強度	右側面への分 波光の強度	透過光の強度	分波光の取出 し角度
1 5 8 0 nm	1 0 %	2 %	6 7 %	9 度
1 6 0 0 nm	1 0 %	6 %	7 3 %	1 3 度
1 6 2 0 nm	1 0 %	6 %	7 3 %	1 7 度

## 【 0 0 3 7 】

表 1 および 2 からわかるように、本例の分波素子 1 を用いて、入射光を透過させるとともにその一部を分波し、平板状基板の端面のひとつである分波光出射面 1 e から取り出すことができる。また分波された光は、波長毎に分離して取り出すことができる。

## 【 0 0 3 8 】

## [ 例 2 ]

本例の分波素子は図 4 に概略断面図を示すように、厚さ 2 . 0 mm の石英ガラス製平板状基板からなる透明基板 1 a を用い、その一方の面にスパッタリング法により成膜された屈折率が 2 . 1 0 7 で厚さ 8 0 0 nm の  $Ta_2O_5$  膜を、フォトリソグラフィおよびドライエッチングにより格子状の溝が周期的に配列された回折格子 1 b に加工して、形成される。すなわち、本例の回折格子 1 b は、屈折率が 2 . 1 0 7 で幅 1 0 0 0 nm、高さ 8 0 0 nm の凸部が、1 5 0 0 nm の周期で配列された構造をもつ。

次に、ダイシングソーにより、端面が平行基板面に対して直角となるように、前記透明基板を 6 mm × 6 mm の正方形に切り出す。このとき、回折素子 1 の一边を、前記回折格子の長手方向と平行となるようにし、この辺の端面を平滑に研磨し、前記光の波長に対する低反射コーティングを施し、分波光出射面 1 e とする。以上の工程により本例の分波素子 1 を得る。

## 【 0 0 3 9 】

前記 3 つの波長の光が合波された直線偏光の入射光 2 を垂直入射させると、例 1 と同様に、入射光 2 は透過光 3 として直進透過されるとともに、一部は前記回折格子により波長 1 5 8 0 nm、1 6 0 0 nm および 1 6 2 0 nm の波長に応じてそれぞれ内部回折角 4 7 度、4 8 度および 4 8 度で回折される。回折光は対向する透過光出射面に対して同角度で入射するが、いずれも石英ガラスの全反射角度 4 4 度より大きいため全反射され、分波光出射面 1 e から分波光として出射される。

## 【 0 0 4 0 】

入射光束の偏光方向を、回折格子の周期方向に対して平行および直交としたときの、分波光の強度と出射角度、および透過光の強度の測定結果を、表 3 および 4 にまとめた。ここで分波光の強度とは、分波光の入射光に対する強度比、分波光の出射角度とは、分波光の出射方向が入射光の入射方向となす角度をいう。

## 【 0 0 4 1 】

【表 3】

	左側面への分 波光の強度	右側面への分 波光の強度	透過光の強度	分波光の取出 し角度
1 5 8 0 nm	3 3 %	3 3 %	1 7 %	1 7 1 度
1 6 0 0 nm	3 2 %	3 2 %	1 8 %	1 6 7 度
1 6 2 0 nm	3 1 %	3 1 %	1 8 %	1 6 3 度

## 【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

【表 4】

	左側面への分 波光の強度	右側面への分 波光の強度	透過光の強度	分波光の取出 し角度
1 5 8 0 nm	3 3 %	3 3 %	1 3 %	1 7 1 度
1 6 0 0 nm	3 2 %	3 2 %	1 5 %	1 6 7 度
1 6 2 0 nm	3 2 %	3 2 %	1 8 %	1 6 3 度

## 【0 0 4 3】

表 3 および 4 からわかるように、本例の分波素子 1 を用いて、入射光を透過させるとともにその一部を分波し、平板状基板の端面のひとつである分波光出射面 1 e から取り出すことができる。また分波された光は、波長毎に分離して取り出すことができる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0 0 4 4】

本発明の分波素子は小型で、入射光の入射位置、透過光の出射位置から離れた位置から分波光を出射させることができるので、分波光の強度や波長などの特性を測定する光検出器やその配置に対する制約が小さい。このため、入射光の特性を透過させつつモニターする測定系をコンパクトな構成で実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0 0 4 5】

【図 1】本発明の分波素子を用いた、入射光を分波させ入射光の特性を測定する測定装置の概略構成図。

【図 2】本発明の分波素子により分波される光の経路図。

【図 3】透明基板表面を加工して形成された本発明の分波素子の概略断面図。

【図 4】透明材料層を加工して形成された本発明の分波素子の概略断面図。

【図 5】従来技術の回折格子を用いた分波素子を用いた、入射光を分波させ入射光の特性を測定する測定装置の概略構成図。

## 【符号の説明】

## 【0 0 4 6】

- 1：分波素子
- 1 a：透明平板状基板
- 1 b：回折格子
- 1 c：回折格子形成面
- 1 d：透過光出射面
- 1 e：分波光出射面
- 2：入射光
- 3：透過光
- 4：回折光
- 5：透過光出射面により全反射された回折光
- 6：光検出器
- 7：入射光の回折格子形成面への入射角
- 8：内部回折角
- 9：回折光の透過光出射面への入射角
- 1 0：回折光の分波光出射面への入射角
- 1 1：分波光の分波光出射面からの出射角
- 1 2：入射光の方向に対する分波光の取出し角
- 1 3：光検出器
- 2 3：低反射コーティング

10

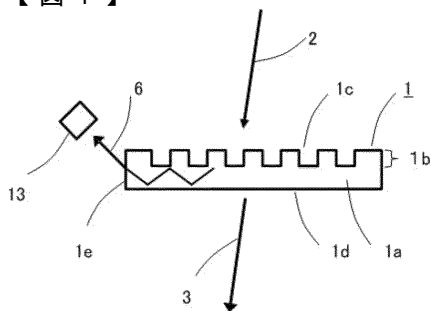
20

30

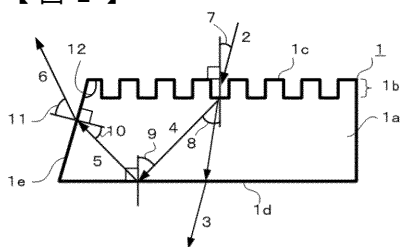
40

50

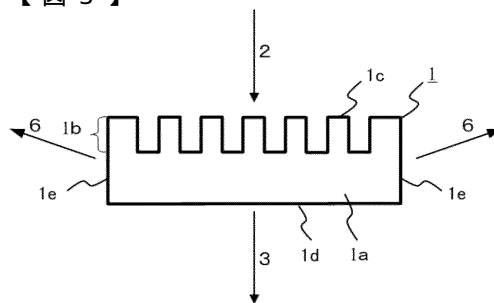
【図 1】



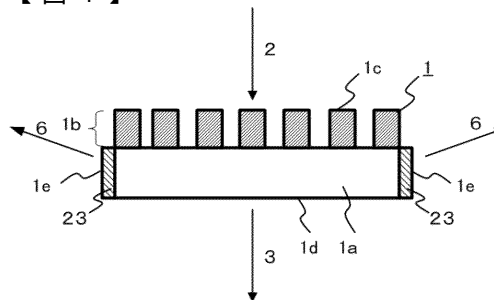
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【 図 5 】

