

(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2021-18392
(P2021-18392A)

(43) 公開日 令和3年2月15日(2021.2.15)

(51) Int.Cl.

G02B 5/18 (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01)

F 1

G02B 5/18
G01J 3/18

テーマコード(参考)

2 G02O
2 H249

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2019-135679 (P2019-135679)

(22) 出願日

令和1年7月23日(2019.7.23)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74) 代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74) 代理人 100134175

弁理士 永川 行光

最終頁に続く

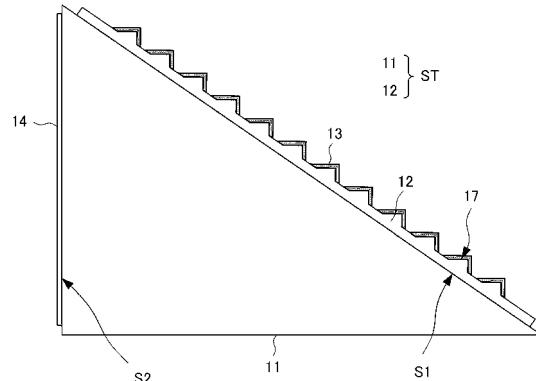
(54) 【発明の名称】回折素子および分光装置、ならびに回折素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】回折素子の製造を容易にするために有利な技術を提供する。

【解決手段】回折素子1は、ZnS部材11と、ZnSe部材11に結合されたZnSe部材12とを有し、ZnSe部材11に回折格子17が設けられている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ZnS部材と、前記ZnS部材に結合されたZnSe部材とを有し、前記ZnSe部材に回折格子が設けられていることを特徴とする回折素子。

【請求項 2】

イマージョン型回折素子として構成されていることを特徴とする請求項1に記載の回折素子。

【請求項 3】

前記回折格子がブレーズ型回折格子であることを特徴とする請求項1又は2に記載の回折素子。

10

【請求項 4】

前記ZnSe部材の最大厚さが 150μ 以上かつ $1000\mu m$ 以内の範囲内であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の回折素子。

【請求項 5】

前記ZnS部材は、第1面および第2面を有し、前記第1面上に前記ZnSe部材が結合され、前記第2面上に第2ZnSe部材が結合され、前記第2ZnSe部材に第2回折格子が設けられていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の回折素子。

【請求項 6】

前記回折格子の周期方向と前記第2回折格子の周期方向とが互いに直交していることを特徴とする請求項5に記載の回折素子。

20

【請求項 7】

前記回折格子の格子間隔は、前記第2回折格子の格子間隔より大きいことを特徴とする請求項5に記載の回折素子。

【請求項 8】

前記回折格子が赤外域の光を分光可能に構成していることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の回折素子。

【請求項 9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載の回折素子を含む光学系を備えることを特徴とする分光装置。

【請求項 10】

30

ZnS部材とZnSe部材とが結合させた構造体を形成する形成工程と、前記構造体における前記ZnSe部材に回折格子を形成する加工工程と、を含むことを特徴する回折素子の製造方法。

【請求項 11】

前記加工工程は、ダイヤモンド工具を用いて実施される、ことを特徴とする請求項10に記載の製造方法。

【請求項 12】

前記形成工程では、前記ZnS部材に対して前記ZnSe部材をオプティカルコンタクト接合によって結合することによって前記構造体を形成する、ことを特徴とする請求項10又は11に記載の製造方法。

40

【請求項 13】

前記形成工程では、前記ZnS部材に対してZnSe材料を堆積法によって堆積させることによって前記ZnSe部材を形成し、これにより前記構造体を形成する、ことを特徴とする請求項10又は11に記載の製造方法。

【請求項 14】

前記堆積法は、CVD法を含む、ことを特徴とする請求項13に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

50

本発明は、回折素子および分光装置、ならびに回折素子の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

位相型回折格子は、格子溝形状を鋸歯型（ブレーズ型）、正弦波型、矩形波状等にすることにより、格子の1つの周期内で入射光に位相差を与え、回折光強度特性を用途に合わせて選択できるようにした回折格子である。ブレーズ型回折格子は、三角断面の格子溝を有する位相型回折格子である。ブレーズ型回折格子は、工具形状を転写するルーリング加工、指向性ビームによるエッティング加工、砥石を用いた研削加工あるいはダイヤモンドバイトを用いた切削加工などを通して所定の断面形状の格子溝を形成することによって製作される。

10

【0003】

結晶材料からなる切削によるブレーズ型回折格子は、多くは高次の回折光を使用するよう設計された回折格子であり、良好な光学特性を得るためにには、格子溝を形成する機械加工を延性モードで行う必要がある。延性モードと脆性モードとの境界には臨界切り取り厚さが存在する。臨界切り取り厚さは、結晶の滑り面の結晶方位と加工面との関係、結晶軸と切削方向との関係、結晶軸と切削力方向（工具すくい角と切削方向に依存する）との関係に依存する。例えば、特許文献1には、SiやGeからなる結晶材料に対して、単結晶ダイヤモンドバイトを使用して超精密切削加工を行うことによって格子溝を形成することが記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-075622号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体材料のブレーズ型回折格子のような回折格子をダイヤモンド工具を用いて機械加工によって製作する場合、加工においては材料特有の脆性モード加工面が優勢となりやすい。回折格子に要求される形状精度、寸法精度および表面粗さを得るためにには、延性モードの加工条件での加工を実現することが求められる。また、回折格子は、使用される波長に準じた寸法の構造を有し、ある用途において使用されうる回折格子は、格子長が非常に長く、そのために、加工すべき距離が非常に長くなる。これは、工具の摩耗をもたらし、所望の形状の回折格子を得ることを困難にする。大型の単結晶を得ることは難しいことから、一般的に大きなZnSおよびZnSeは多結晶構造を有する。多結晶構造は、細かい単結晶構造の集合体であるため、単結晶の様に一意的な結晶方位関係を多結晶構造において規定することはできないが、適切な条件下ではやはり臨界切り取り厚さが存在する。

30

【0006】

回折格子の溝面の分散方向（溝が延びる方向に直交する方向）における断面形状と同じ断面形状を有するダイヤモンドバイトを分散方向と直交する方向（溝が延びる方向）に並進運動させてその形状を材料に転写するシェーパー方式が知られている。シェーパー方式では、回折格子の約200nm～200μm程度の深さを有する溝を形成する場合、良好な光学表面を得るために臨界切り取り厚さ以下の最大切り取り厚さを設定して、数十回～数百回の加工を繰り返すことが必要となる。これにより、切削を行う必要がある総距離は、単純な格子の長さの合計ではなく、格子の長さの数十～数百倍の長さとなる。したがって、工具に無視できない摩耗を生じさせるような材料を使って実用的な回折素子を得ることは極めて難しいと言える。また、ダイヤモンド工具を回転運動させて加工を行うフライカット方式でも、回転速度に応じて溝方向への進行速度を調整することで臨界切り取り厚さ以下の最大切り取り厚さが設定される。それに応じてダイヤモンド工具の先端部分は多くの材料接触を強いられるため、やはり摩耗の問題がある。

40

50

【 0 0 0 7 】

摩耗した工具を交換しながら材料の加工を続けることは一般的に行われる手法である。しかし、優れた回折効率を得るために、回折格子の間隔や形状が数ナノメータから数マイクロメートルであるような精度が要求されるため、加工途中における工具の交換・調整には多くの困難と時間を要する。

【 0 0 0 8 】

ZnS（硫化亜鉛）の加工においては、ダイヤモンド工具の摩耗が大きく、臨界切り取り厚さをパラメータとしても工具の摩耗による形状誤差や欠陥を避けることはできず、加工に伴う回折格子の光学性能の劣化を避けることはできない。一方で、ZnSe（セレン化亜鉛）の加工においては、ダイヤモンド工具の摩耗が小さく、臨界切り取り厚さをパラメータとして、安定した光学性能を有する回折格子を加工することができる。10

【 0 0 0 9 】

他方、光学特性の観点に注目すると、ZnSは近赤外（750 nm）付近でも高い透過率を有しているが、ZnSeは近赤外付近では光の吸収が大きい。ZnSeで構成される回折格子において、その厚さが10 mmを超えるような素子では高い効率を実現することは困難である。

【 0 0 1 0 】

本発明は、回折素子の製造を容易にするために有利な技術を提供することとする。20

【 課題を解決するための手段 】**【 0 0 1 1 】**

本発明の1つの側面は、回折素子に係り、前記回折素子は、ZnS部材と、前記ZnS部材に結合されたZnSe部材とを有し、前記ZnSe部材に回折格子が設けられている。25

【 発明の効果 】**【 0 0 1 2 】**

本発明によれば、回折素子の製造を容易にするために有利な技術が提供される。

【 図面の簡単な説明 】**【 0 0 1 3 】**

【図1】一実施形態の回折素子の構成を模式的に示す図。

30

【図2】一実施形態の回折素子を製造するために使用される加工装置の構成を示す図。

【図3】加工装置によるZnSe部材の加工の様子を模式的に示す図。

【図4】一実施形態の回折素子の応用例の構成を模式的に示す図。

【図5】一実施形態の分光装置の構成を示す図。

【図6】他の実施形態の分光装置の構成を示す図。

【 発明を実施するための形態 】**【 0 0 1 4 】**

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。尚、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、添付図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。40

【 0 0 1 5 】

図1には、本発明の一実施形態の回折素子1の構成が模式的に示されている。回折素子1は、ZnS部材11と、ZnS部材11に結合されたZnSe部材12とを有する。ZnSe部材12は、ZnS部材11の第1面S1に結合される。ZnSe部材12には、回折格子17が設けられる。ZnS部材11は、ZnSで構成される。ZnSは、近赤外域を含む赤外域の光について、良好な透過率を有する。ZnS部材11は、プリズム形状を有しうる。ZnSe部材12は、ZnSeで構成される。ZnSe部材12の最大厚さ（第1面S1に直交する方向における最大厚さ）は、例えば、150 μ以上かつ1000

50

μm 以内の範囲内でありうる。ZnSe部材12は、例えば、オプティカルコンタクト接合によってZnS部材11に結合されうる。あるいは、ZnSe部材12は、ZnS部材11に対して堆積法によってZnSe材料を堆積させることによって形成され、これにより、ZnS部材11に結合されたZnSe部材12が形成されうる。

【0016】

回折素子1は、イマージョン型回折素子として、または、透過型回折素子として構成されうる。回折格子17は、ブレーズ型回折格子として構成されうる。回折格子17の表面には、膜13が設けられうる。イマージョン型の回折素子1においては、膜13として反射膜が設けられうる。そのような反射膜は、赤外域の光について高い反射率を有する膜、例えば、金属をベースとする膜でありうる。透過型の回折素子1においては、膜13として反射防止膜が設けられうる。ZnS部材11の第2面S2には、反射防止膜14が設けられうる。ZnS部材11の第2面S2は、外部から光が入射する入射面でありうる。また、イマージョン型の回折素子1の構成では、第2面S2は、第2面S2に入射した光がZnS部材11の内部を透過して回折格子17に至り、回折格子17で回折され、再びZnS部材11の内部を透過して外部に出るときに通過する射出面でもありうる。反射防止膜14は、第2面S2に入射する光が入射する際および第2面S2から光が射出する際の反射損失を低減する。

【0017】

回折素子1を製造する製造方法は、ZnS部材11とZnSe部材12とが結合させた構造体STを形成する形成工程と、構造体STにおけるZnSe部材12に回折格子17を形成する加工工程とを含みうる。形成工程では、プリズム形状を有するZnS部材11と、板形状を有するZnSe部材12とが準備され、ZnS部材11に対してZnSe部材12をオプティカルコンタクト接合によって結合することによって構造体STが形成されうる。あるいは、形成工程では、プリズム形状を有するZnS部材11が準備され、ZnS部材11に対して堆積法によってZnSe材料を堆積させることによってZnSe部材12を形成し、これにより構造体STが形成されうる。堆積法は、例えば、CVD法でありうる。該形成工程で形成される構造体STにおいて、ZnSe部材12は、例えば、 $150\mu\text{m}$ 以上かつ $1000\mu\text{m}$ 以内の範囲内の厚さ（第1面S1に直交する方向における厚さ）を有しうる。

【0018】

加工工程では、形成工程で形成された構造体STにおけるZnSe部材12に対して、ダイヤモンド工具等の工具を使用して、回折格子17が形成されうる。回折格子17が形成されたZnSe部材12の最大厚さ（第1面S1に直交する方向における最大厚さ）は、例えば、 $150\mu\text{m}$ 以上かつ $1000\mu\text{m}$ 以内の範囲内でありうる。ここで、ZnS部材をダイヤモンド工具等の工具を使用して加工しようとすると、前述のように、工具の摩耗による形状誤差や欠陥が発生するという問題がある。一方、ZnSe部材の加工においては、ZnS部材の加工に比べて、工具の摩耗が少ない。したがって、本実施形態の加工工程では、ZnS部材12を臨界切り取り厚さ以下で加工することにより脆性破壊を最小限に留めることができる。これにより、良質の回折格子17を得ることができる。

【0019】

その他、回折格子17の表面に膜13（反射膜または反射防止膜）を形成する工程が実施されうる。また、ZnS部材11の第2面S2に反射防止膜14を形成する工程が実施されうる。

【0020】

図2には、加工工程において構造体STにおけるZnSe部材12を加工するために使用されうる加工装置20が模式的に示されている。加工装置20は、例えば、数十nmオーダーで切込み加工を数値制御可能な高精度加工機であり、加工装置20において使用される工具は、先端が鋭利で高精度な加工転写性が得られるダイヤモンドバイト22を含む。

【0021】

10

20

30

40

50

加工装置 20 は、外部振動に対して強い高剛性を有する筐体 21 内に配置された X Y ステージを有する。該 X Y ステージは、X 方向に移動可能な X ステージ 25 と Y 方向に移動可能な Y ステージ 26 とで構成され、被加工物としての構造体 ST の位置を制御する。また、筐体 21 内には、ダイヤモンドバイト 22 を保持して Z 方向に移動可能な Z ステージ 27 が配置されている。Z ステージ 27 には、ダイヤモンドバイト 22 は回転させる回転機構が設けられててもよい。

【0022】

図 3 には、加工装置 20 による構造体 ST の ZnSe 部材 12 の加工の様子が模式的に示されている。加工装置 20 は、ZnSe 部材 12 に転写するための断面形状を規定する稜線切れ刃 23、24 を有し、稜線切れ刃 23、24 の先端がなす角度 θ は、回折格子 17 を構成する溝の開き角 α とほぼ等しく、例えば $85 \sim 90^\circ$ である。稜線切れ刃 23、24 の先端の丸みは極力少ない方がよい。稜線切れ刃 23、24 の稜線の直線精度は、双方とも先端部で非常に高い。

10

【0023】

ダイヤモンドバイト 22 と被加工物としての構造体 ST とが対向する位置で深さ方向 (Z 方向)への切込み量が例えば $0.1 \mu\text{m}$ となるようにダイヤモンドバイト 22 を構造体 ST に下ろした状態で X Y ステージによって構造体 ST が駆動されうる。ダイヤモンドバイト 22 と構造体 ST との相対移動による切削速度で、構造体 ST の ZnSe 部材 12 が切削加工される。相対移動は、ダイヤモンドバイト 22 の移動によってなされてもよい。ダイヤモンドバイト 22 に対して過負荷がかかるなどを防止するために、Z 方向への総切込み量を分割して、分割された切込み量での切込みを繰り返してもよい。また、ダイヤモンドバイト 22 は、切削条件に応じて回転されてもよい。その場合、切り込み量は、回転速度と相対移動速度とにより決定されるため、ダイヤモンドバイト 22 に対する負荷を抑えるに相対移動速度を低下させてもよい。加工の際にはオイルミストをバイトすくい面の裏側から噴射させ加工熱を除去しながら切り屑を潤滑に流すことが好ましい。

20

【0024】

本実施形態によれば、ZnS 部材 11 と ZnSe 部材 12 とが結合された構造体 ST を準備し、構造体 ST の ZnSe 部材 12 を加工することで ZnSe 部材 12 に回折格子 17 を形成する方法によって、優れた光学特性を有する回折素子 1 を製造することができる。ZnS は、近赤外域を含む赤外域において高い透過率を有するので、回折素子 1 は、赤外域の光を分光可能な分光装置の光学系に好適に組み込まれうる。

30

【0025】

図 4 には、上記の実施形態の応答例として回折素子 1' が模式的に示されている。回折素子 1' に関して言及しない事項は、回折素子 1 に関する説明に従う。回折素子 1' は、ZnS 部材 11 と、ZnS 部材 11 に結合された ZnSe 部材 12、18 とを有する構造体 ST' を含む。第 1 ZnSe 部材 12 は、ZnS 部材 11 の第 1 面 S1 に結合される。ZnSe 部材 12 には回折格子 17 が設けられる。第 2 ZnSe 部材 18 は、ZnS 部材 11 の第 2 面 S2 に結合される。第 2 ZnSe 部材 18 には第 2 回折格子 19 が設けられる。第 1 回折格子 17 および第 2 回折格子 19 は、第 1 回折格子 17 の周期方向と第 2 回折格子 19 の周期方向とが互いに直交するように構成されうる。このような構成によれば、第 1 回折格子 17 の回折次数が複数の次数で重複して出力される場合に、これらを第 2 回折格子 19 によって次数方向に分離することができる。第 2 回折格子 19 の格子間隔は、第 1 回折格子 17 の格子間隔より小さく設定されうる。逆に言えば、第 1 回折格子 17 の格子間隔は、第 2 回折格子 19 の格子間隔より大きく設定されうる。

40

【0026】

イマージョン型回折素子では、一般的な反射型回折素子（回折格子）よりも高い屈折率 (n) を有する材料内で回折が行われるため、分光波長は材料内で屈折率 (n) に反比例して短波長化される。これにより、イマージョン型回折素子は、反射型回折素子と同じ大きさであれば、屈折率 (n) に比例して高い分解能を得ることができ、逆の観点では、同じ分解能であれば $1/n$ にコンパクト化が可能である。

50

【0027】

上記の方法に従って製造されたイマージョン型回折素子が組み込まれた分光装置は、イマージョン効果による優れた分解能またはコンパクトさと、良好な材料透過率と良好な回折格子に依る優れた効率を有しうる。図5には、本発明の一実施形態の分光装置100の構成が示されている。分光装置100は、イマージョン分光装置と呼ばれる。分光対象の光が入射するスリットまたは光ファイバーで構成されうる導光部51から拡がる光線は、コリメータ52でコリメートされ、イマージョングレーティング53（イマージョン型の回折素子1に相当）で分光されうる。イマージョングレーティング53は、高次回折素子として構成されうる。次数の重複を分離するために、イマージョングレーティング53の下流には、クロスディスパーサー54（イマージョングレーティング53の回折方向に對して直交する方向に光を回折させる回折素子）が配置されうる。クロスディスパーサー54からの回折光は、2次元空間に波長ごとに展開され、集光光学系55、56によって光センサ57の受光面に結像され、光センサ57によって撮像される。

【0028】

イマージョングレーティング53としてイマージョン型の回折素子1を使用することにより、前述のイマージョン効果により、例えば、従来の2倍以上の分解能、または、同じ分解能であるなら1/2のコンパクト化を実現することができる。更に、イマージョン型回折素子では、それを構成する材料内では回折角が屈折率に応じて抑えられているため、反射型回折素子が面内で所望の回折角を生じて光が拡がるのに比して、出射部まで相対的に光の拡がりが抑えられ、出射部で所望の発散角に拡がる。このような利点は、コンパクトで優れた分光装置の実現において有用である。

【0029】

図6には、本発明の他の実施形態の分光装置100'の構成が示されている。分光装置100'では、図5に示された分光装置100におけるイマージョングレーティング53およびクロスディスパーサー54として図4に示されたイマージョン型の回折素子1'が採用されている。つまり、イマージョン型の回折素子1'は、イマージョングレーティング53およびクロスディスパーサー54の機能を兼ねることができる。なお、反射型回折素子を採用する場合、それがクロスディスパーサーの機能を兼ねることはできない。

【0030】

図5、図6に示された分光装置は、例示的な分光装置に過ぎず、ミラーの枚数などの詳細は設計に依存するものであり、本発明の分光装置を限定するものではない。また、光センサ57は、イメージセンサであってもよいし、ラインセンサであってもよいし、単一の受光素子であってもよい。また、回折素子が1次回折素子であればクロスディスパーサーは不要である。

【0031】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】**【0032】**

1：回折素子、1'：回折素子、11：ZnS部材、12：ZnSe部材、17：回折格子、19：回折格子、100：分光装置

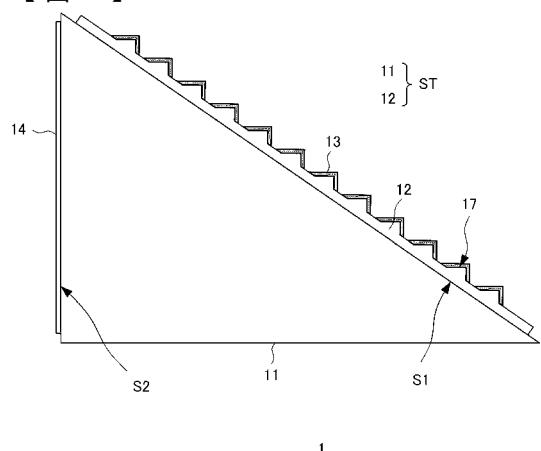
10

20

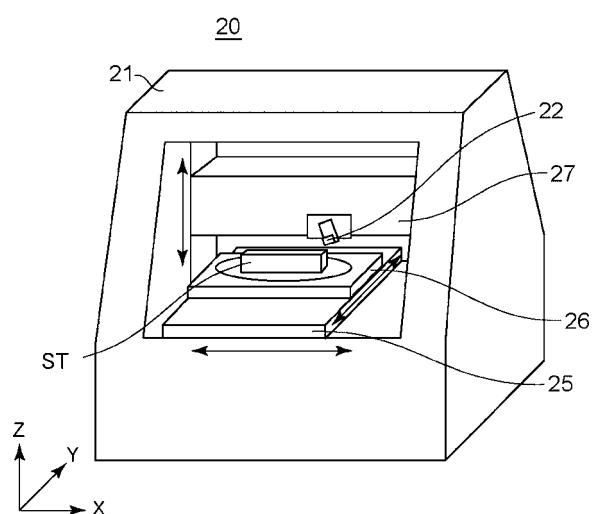
30

40

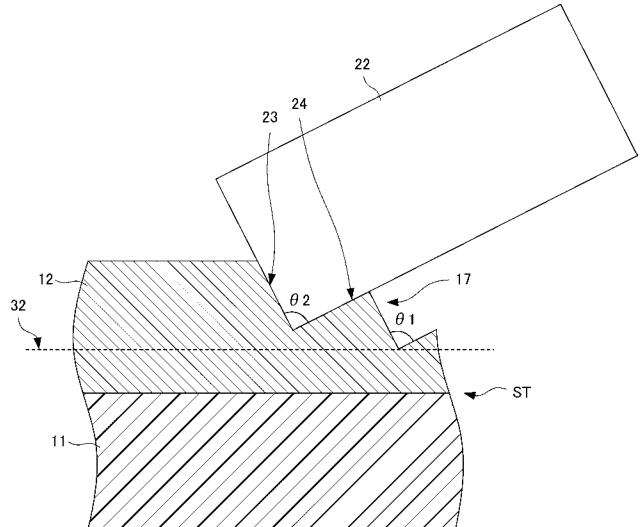
【図1】



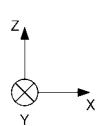
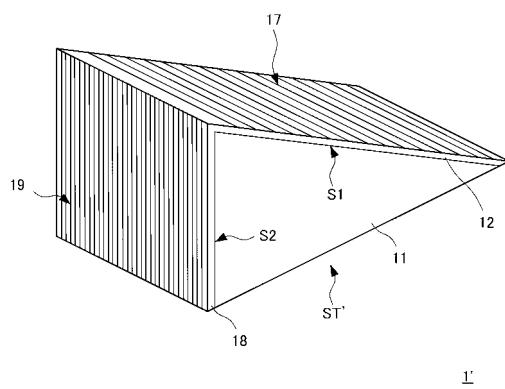
【図2】



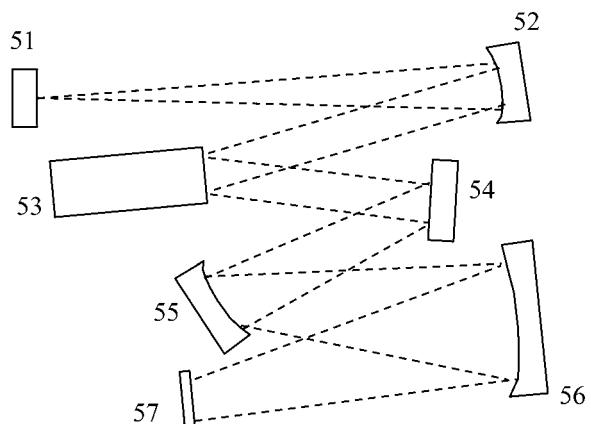
【図3】



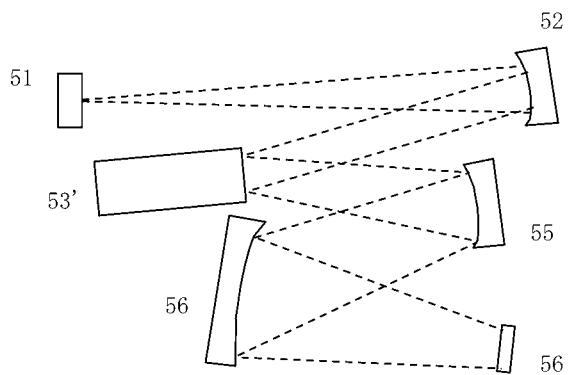
【図4】



【図5】

100

【図6】

100'

フロントページの続き

(72)発明者 助川 隆
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
F ターク(参考) 2G020 AA03 CC04 CC08 CC11 CC63 CD03
2H249 AA07 AA13 AA17 AA22 AA32 AA44 AA53 AA58 AA63