

(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
2018年8月2日(02.08.2018)



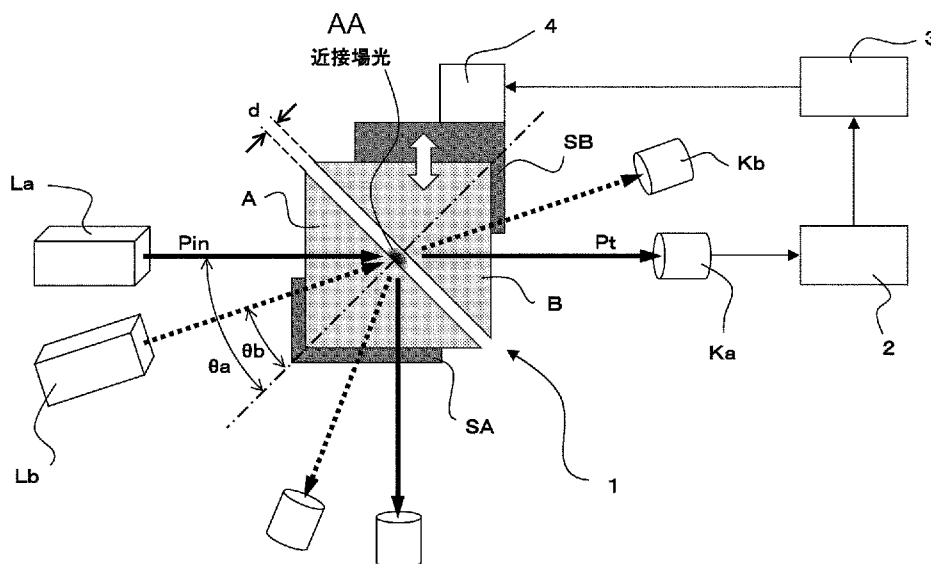
(10) 国際公開番号

WO 2018/139486 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/02 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
G02B 5/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/002122
- (22) 国際出願日: 2018年1月24日(24.01.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-012500 2017年1月26日(26.01.2017) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY)
- [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関
1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 沼田 孝之 (NUMATA Takayuki);
〒3058563 茨城県つくば市梅園1-1-1
中央第3 国立研究開発法人産業技術
総合研究所内 Ibaraki (JP).
- (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: MANUFACTURING DEVICE FOR LASER LIGHT ATTENUATOR, LASER LIGHT ATTENUATOR MANUFACTURED BY THIS MANUFACTURING DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD FOR THIS LASER LIGHT ATTENUATOR

(54) 発明の名称: レーザ光減衰器の製造装置、この製造装置により製造されたレーザ光減衰器及びこのレーザ光減衰器の製造方法



AA Near-field light

(57) Abstract: A manufacturing device for manufacturing a laser light attenuation device is configured from: a holding device (L-shaped holding parts HA, HB) which performs initial setting of a distance between opposing surfaces of two prisms A, B by pressing the opposing surfaces against with each other directly or with a spacer having a predetermined thickness therebetween; an adjustment mechanism (actuator 4) which, with the state of the initial setting as a reference, adjusts the ratio of a light output emitted from either of the prisms A, B to a light output incident on the prism A, by generating and coupling near-field light at the opposing surfaces of the prisms A, B; and an attenuation measurement



NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

system which measures the ratio between the light outputs. Consequently, an attenuation-variable light attenuator with excellent durability and practical utility can be implemented at low cost.

(57) 要約: レーザ光減衰装置を製造するための製造装置は、2つのプリズムA、Bの対向面を直接あるいは所定の厚さを有するスペーサを介して互いに押圧させることで対向面間隔を初期設定する保持装置(L型保持部HA、HB)と、この初期設定状態を基準として、プリズムA、Bの対向面での近接場光の発生と結合によって、プリズムAに入射される光出力に対し、プリズムA、Bのいずれか一方を出射する光出力の比率を調整する調整機構(アクチュエータ4)と、光出力の比率を測定する減衰量計測システムとから構成されている。これにより、耐久性、実用性に優れた減衰量可変の光減衰器を低コストに実現することができる。

明 細 書

発明の名称：

レーザ光減衰器の製造装置、この製造装置により製造されたレーザ光減衰器及びこのレーザ光減衰器の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、所望の減衰量に設定可能なレーザ光減衰器の製造装置、この製造装置により製造されたレーザ光減衰器及びこのレーザ光減衰器の製造方法に関する。

背景技術

[0002] レーザ光は、加工装置、計測装置、医療機器などの分野で広く活用されており、性能向上や安全確保のため、レーザ光の出力（パワー・エネルギー）、空間的プロファイル（レーザ光の断面形状、広がり角）、時間的プロファイル（パルス幅、繰り返し波形、波長）を正確に測定することが不可欠である。たとえば、レーザ加工装置や医療機器において、集光点のビームプロファイルの乱れは、加工不良の発生や医療事故の原因となるため、高精度な計測が求められる。同様に、工場の製造ラインで連続運転されるレーザ加工装置では、レーザ発振出力の時間的な変動が、製品のばらつきや品質低下に直結するため、レーザ出力を正確にモニタすることが求められる。

[0003] 一般に、光の出力や、空間・時間的プロファイルを高精度に計測する装置には、フォトダイオードやCCD等の光電型の光センサが使用されている。光電型の光センサは、感度が高く、しかも小型で高速である一方、高強度な光が入射した場合、センサが飽和して正しい測定が困難となるばかりでなく、センサの損傷等を招き、故障の原因となる場合もある。

そのため、高強度なレーザ光が搭載された加工装置などでは、減光フィルタ等の光減衰器を用いてレーザ光の強度を十分に減衰させた後、計測装置に入射させることで、加工点のレーザスポット形状の測定や出力変動のモニタリングを行っている。

このような高強度なレーザ光を測定する場合、光減衰器の選定が重要となる。減衰原理が不適切な場合、減衰器自体の破損を招くばかりでなく、減衰量が不足していると後段の計測装置の焼損や事故を招くことになる。一方、減衰量が過大であると、 S/N が低下し、測定誤差の要因となる。

[0004] 従来より、光減衰器として、基板内に目的の波長を吸収する物質を分散させて透過の過程で光強度を徐々に落とす吸収型、基板と周囲媒質の屈折率差や基板表面の薄膜等を利用する反射・透過型、さらに、特定の偏光方位の光のみを選択的に分離する偏光型などが存在する。

しかし、これらの光減衰器は、いずれも高強度なレーザ光の減衰に対応することができない。たとえば、吸収型や偏光型は光学素子の耐久性が低く、高強度なレーザ光が入射すると容易に破損したり、発熱によるレンズ効果によってビーム形状に歪が生じる。

[0005] また、反射・透過型は耐久性については期待できるものの、一つの素子で得られる減衰量が高々数%から0.01%程度にすぎず、高強度のレーザ光を減衰させるには、複数の素子を直列に並べて段階的に光強度を減衰させることになる。そのため、減衰光学系の大型化や多重反射による迷光の発生、光軸のずれ等が避けられず、これらの減衰器を介したレーザ光の測定では信頼性を確保することが困難であった。

このような背景から、コンパクトなサイズで、高強度のレーザ光に対しても適用可能な耐久性を持ち、減衰量を高精度に設定可能な可変型の光減衰器の開発が求められている。

[0006] ところで、光学素子が高強度なレーザ光に対して耐久性を発揮させるためには、素子内部で光エネルギーを吸収しない透明な材料を用いればよく、このような材料で光減衰器を構築する手段として、近接場光（エバネッセント光）の結合効果を利用する技術が知られている。

[0007] 特許文献1には、ビームスプリッタからモニタ光を光検出器で検出し、レーザ出力を安定化させることが記載されている。

特許文献2には、凸レンズと直角プリズムとの間でエバネッセント光を発

生させ、凸レンズの凸面形状に応じたレーザ強度分布を得ることが記載されている。

非特許文献1には、波長が数センチメートルの電波領域において、エバネッセント波（光）の発生・結合により透過率と反射率を可変させることが記載されている。

非特許文献2には、波長 $10.6\mu\text{m}$ の赤外線領域において、エバネッセント波の発生・結合によって生じた減衰量を、アクチュエータを用いて可変させることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平5－145163号公報

特許文献2：特開2009－271325号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：J.J. Brady, et al., “Penetration of Microwaves into the Rarer Medium in Total Reflection”, J. Opt. Soc. Am, Vol.50, No.11, pp.1080-1084, 1960.

非特許文献2：K. Wilner, and N.P. Murarka, “Design considerations and test result of an evanescent switch-attenuator”, Appl. Opt., Vol.20, No.20, pp.3600-3604, 1981.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 近接場光の結合特性を利用した光の減衰について、図1を用いて説明する。

プリズムAの外部から斜面に対し全反射となる角度で光（Pin）を入射すると、斜面の外側には近接場光（エバネッセント光）が発生する。この近接場光は、斜面（近接場光の発生面）近傍から波長程度の範囲に局在し、発生面の法線方向へは伝搬しない性質を持っている。

近接場光の強度はプリズム A の発生面の表面で最も大きく、発生面からの距離に従って指数関数的に減衰する。ここで近接場光の到達距離（浸み出し長） d_p は、光の波長を λ 、プリズムの屈折率を n_1 、周囲の屈折率を n_2 、プリズム斜面へのレーザ光の入射角を θ_{in} とすると、次式で与えられる。

$$d_p = \lambda / 2\pi / (n_1^2 \cdot \sin^2 \theta_{in} - n_2^2)^{1/2}$$

[0011] ところで、近接場光の存在する領域に光を散乱させる物体を近づけると、近接場光は物体に結合し、局在性を失って空間を伝搬するようになる。この空間伝搬光の強度は、散乱体の位置における近接場光の強度に依存する。このときプリズム A 内に反射する光の出力は、入射光の出力からこの伝搬光の出力を差し引いた値となる。すなわち、プリズム材料の光吸収が無視できる場合、入射光の出力を P_{in} 、反射光の出力を P_r 、散乱された伝搬光（透過光）の出力を P_t とすると、次の関係が成り立つ。

$$P_{in} = P_r + P_t$$

散乱体としてプリズム B を導入し、その斜面を結合面とすると、プリズム A への入射光の出力 P_{in} を、プリズム A から出射される反射光出力 P_r と、プリズム B への透過光出力 P_t に分岐する光分配器（ビームスプリッタ）が形成される。

[0012] 近接場光を発生、結合させるプリズム A、B の斜面を、一对の「対向面」と呼ぶこととすると、対向面間の間隔や、プリズム A 内部から対向面に入射する光の入射角 θ_{in} を変化させることで、プリズム A、B の対向面における反射減衰量及び透過減衰量を、原理的にはそれぞれ 100%～0% 及び 0%～100% の間で調整可能である。

[0013] 図 2 は、プリズム A、B を光学ガラス BK7 からなる直角プリズムとし、レーザ波長 $1.1 \mu m$ とした場合において、プリズム A、B の対向面間隔 $[nm]$ に対する反射率及び透過率の変化を示すもので、線は理論値（実線は反射率の理論値、破線は透過率の理論値）○のプロットは実験値を示す。なお、実験では、入射角 θ_{in} を 45° に設定している。

一方、図 3 は、プリズム A の斜面への入射角（図 1 の θ_{in} ）の調整によって

近接場光の浸み出し長を変化させた場合の、プリズム A、B の対向面間隔 [nm] に対する透過率の変化（実線、破線など各種の線は理論値、○のプロットは実験値）を示す。

[0014] しかし、この近接場光の結合効果を利用するには、全反射による近接場光発生面と、その近傍の近接場光結合面との間隙を、波長オーダの精度で多軸アライメントする必要がある。このため、この原理を用いた減衰器は、先行技術文献に代表されるように、波長が比較的長く、アライメント精度が要求されない電波や中赤外線を対象とするものに限られていた。

一方、産業需要の高い可視～近赤外線領域に適用するには、ナノメートルオーダのアライメント精度が不可欠で、熟練者の高度な調整技能や、自動で行う場合もセンサや多軸アクチュエータ機構及びそれらの最適化演算などが求められ、多大なコストを要することから、これまで実用化の障壁となっていた。

[0015] 加えて、近接場光の結合効果を利用した減衰器の減衰量は、原理的に、アライメントが整った後で、初めて対向面の間隔や角度で決定づけられる量であるため、アライメント自体が困難であった従来の状況の下では、その減衰量を所望の値に制御することや、減衰量を自在にかつ高精度に設定することは、技術的に不可能であった。

[0016] そこで、本発明の目的は、近接場光の発生面と結合面における多軸アライメント作業を、精度を維持したまま簡略化するとともに、減衰量の計測・調整を高精度に行うことによって、高強度レーザにも適用可能な耐久性を備え、可視～近赤外波長域で機能させることができる、実用性に優れた減衰量可変の光減衰器を低コストに実現することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 上記の課題を解決するため、本発明によるレーザ光減衰器の製造装置は、2つのプリズム A、B の対向面を直接あるいは所定の厚さを有するスペーサを介して互いに押圧させ、対向面間隔を最小化することでアライメントを初期設定する保持装置と、この初期設定状態を基準として、プリズム A、B の

対向面での近接場光の発生と結合によって、プリズム A に入射される光出力に対し、プリズム A、B のいずれか一方を出射する光出力の比率を調整する調整機構と、この光出力の比率を測定する計測システムとからなり、比率の測定結果に応じて対向面間隔を調整機構により調整し、所望の減衰量を得られるようにした。

[0018] また、本発明によるレーザ光減衰器は、上記の製造装置における調整機構により、光出力の比率が調整された状態で、プリズム A、B が固定されたもので構成されている。

[0019] 本発明によるレーザ光減衰器の製造方法は、2つのプリズム A、B の対向面を直接あるいは所定の厚さを有するスペーサを介して互いに押圧させることで対向面間隔を最小化し、アライメントの初期状態を設定する第 1 の工程と、初期設定状態を基準として、プリズム A、B の対向面での近接場光の発生と結合によって、プリズム A に入射される光出力に対し、プリズム A、B のいずれか一方を出射する光出力の比率を調整する第 2 の工程と、光出力の比率を測定する第 3 の工程と、比率の測定値に基づいて調整機構を作動させ、光出力の比率が目標値となった状態で、プリズム A、B を互いに固定する第 4 の工程とから構成されている。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、プリズムの対向面間の多軸アライメント作業の高精度化と簡略化を両立させると同時に、アライメント中、リアルタイムに計測した減衰量が所望の値となるように高精度に調整可能とすることで、近接場光結合型で、減衰量を所望の値に設定可能な光減衰器を低コストに実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図 1 は、近接場光による反射・透過率制御の基本原理を示す図である。

[図2]図 2 は、プリズム A、B の対向面間隔 $[nm]$ に対する反射・透過率の変化を示す図である。

[図3]図 3 は、プリズム A、B の対向面間隔 $[nm]$ に対する透過率と入射角

度 θ_{in} との関係を示す図である。

[図4]図4は、実施例1による保持装置を用いたプリズムA、Bの対向面のアライメントにおける平面図である。

[図5]図5は、実施例1による保持装置を用いたプリズムA、Bの対向面のアライメントにおける、対向面に沿った方向から見た側面図である。

[図6]図6は、本発明に基づいて作製しようとする減衰器1の減衰量を設定するための、対向面間隔dの調整機構と減衰量計測システムを示す図である。

[図7]図7は、図6の減衰量計測システムにおいて、ステージSBを稼働することによりプリズムA、Bの対向面間隔dを変化させて、対向面間隔と透過減衰量を同時に測定した結果を示す図である。

[図8]図8は、所望の減衰量が得られる対向面間隔を保持した状態で、プリズムA、Bを接着剤により固定した様子を示す平面図である。

[図9]図9は、厚さDを持つスペーサを介在させた状態で、L型保持部HA、HBが具備する調整機構F及びF'によってプリズムA、Bの対向面間に押圧力を加え、対向面間隔を設定する実施例2を示す図である。

[図10]図10は、厚さDを持つスペーサを介在させた状態で、保持装置が具備する調整機構F及びF'によってスペーサ形状を変化させつつ、走査機構と減衰量計測システムによって減衰量の空間分布を測定する実施例2の変形例を示す図である。

[図11]図11は、実施例1、2で構成した光減衰器を、減衰量計測システム内の回転ステージ8に設置し、対向面の近接場光発生部の近傍を軸にステージ回転角度を変化させることで、減衰量のレーザの入射角 θ_{in} に対する分布を測定する実施例3を示す図である。

[図12]図12は、実施例3で計測した減衰量の角度分布の一例を示す図である。

[図13]図13は、イメージセンサを用いたビーム形状測定器の受光部に、実施例3で構築した可変光減衰器を実装し、測定対象のレーザ光の強度を、センサに適したレベルに調整するようにした実施例4を示す図である。

[図14]図14は、多角形プリズムを用いて可変光減衰器を構築する実施例5を示す図である。

[図15]図15は、プリズムA、Bからなる円柱状の可変光減衰器の前後に、光線の向きを補正するレンズを付与した実施例6を示す図である。

[図16]図16は、プリズムA、Bからなる円柱状の可変光減衰器の前後に、レーザ光軸に対して正対する面を持つ、軸受素子15を固定した実施例7を示す図である。

[図17]図17は、実施例1～3で構築した光減衰器を、レーザ発振器の出力モニタ用ビームサンプリング素子として応用している実施例8を示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] [実施例1]

実施例1は、例えば、加工等の産業用途で多く普及する波長 $1.1\mu\text{m}$ の高出力レーザにも適用し得る透過型光減衰器を製造するものである。

まず、プリズムA、Bのアライメントについて、図面を用いて説明する。

図4はプリズムA、Bのアライメントにおける平面図、図5は対向面に沿った方向からの側面図を示している。なお、この実施例では、プリズムA、Bとして、同形状の直角プリズムを用い、図4において斜辺を形成するプリズムA、Bの面（底面）を互いに対向させて配置し、それぞれ近接場光の発生面及び結合面としている。

[0023] アライメントを行う際は、まず、プリズムの対向面外を保持する保持装置により、プリズムA、Bの対向面同士を互いに密着させる。この実施例では、保持装置は、プリズムA、Bの頂角部及び脚面部の形状に沿って対向面に向かって保持する上下一対のL型保持部HA、HBと、このL型保持部HA、HBの上側、下側において互いに対向する両端部に螺合するネジ部品F、F'とで構成され、着脱・調整可能な締結機構として機能する。

すなわち、L型保持部HA、HBをネジ部品F、F'により互いに近接するように引き付けることで、L型保持部HA、HBの内側に保持されたプリ

ズム A、B の対向面同士を互いに密着させることができる。

この状態は、プリズム A の近接場光発生面とプリズム B の近接場光結合面の間で各軸のアライメントが最適化され、対向面間の距離（以下、「対向面間隔」という。）が最小で、かつ対向面間の平行度が最大の理想的な状態に相当する。これによりプリズム A、B の対向面間隔 d 及び両対向面間のなす角度は原理的に零となるが、本発明ではこの状態を、対向面の位置関係を調整するための距離及び角度の原点と位置付け、この操作をアライメントにおける「初期設定」と呼ぶことにする。

[0024] 次いで、上記のようにアライメントが最適化された状態のプリズム A、B を、調整機構であるステージ S A、S B にそれぞれ設置する。本実施例によれば、このときステージ S A、S B のアライメントは整っている必要がなく、プリズム A、B を設置した際に生じる各ステージとプリズムの間に生じる間隙は、図 5 に示すように充填層 S を形成することで補完する。この実施例では、充填層 S を形成する未硬化のジェル状接着剤を、ステージ S A、S B の固定面に適量塗布したのち、L 型保持部 H A、H B によりプリズム A、B の対向面の密着を維持した状態のまま、プリズム A をステージ S A 上に、そして、プリズム B をステージ S B 上に配置する。この状態で接着剤を硬化させると、プリズム A、B は、最適なアライメント、すなわち、対向面間隔 $d \div 0$ かつ両対向面間のなす角度 $\div 0$ を保った状態でそれぞれステージ S A、S B 上に固定される。

[0025] 通常の手順では、ステージ S A、S B 上にプリズム A、B をそれぞれ固定したのち、ステージ S A、S B のアライメントを調整・最適化していくが、この作業は、人が行う場合、熟練者による高度な技能や時間を要し、自動で行う場合も、多軸ステージやアクチュエータ、それらを制御する計算機や最適化プログラム等の高コストな設備が不可欠である。

これに対し、本実施例では、プリズム A、B をそれぞれステージ S A、S B に固定する前段階で、前述のように L 型保持部 H A、H B を用いてプリズム A、B の対向面を密着させることにより、アライメントを整えた状態を作

り出しておく。そして、この状態のプリズム A、B とステージ S A、S B との間に残るミスアライメントは、充填層 S によって補完することで、前述したような煩雑で高コストなアライメント技術が不要となる。なおこの実施例では、厳密には、プリズム A、B を通る光軸とステージの稼働軸の間に若干ずれが生じるおそれがあるが、これは光減衰器の性能に影響するものではない。

[0026] 充填層としての接着剤が硬化した後、L 型保持部 H A、H B を取り外し、この状態を基準として調整機構であるステージ S B を並進運動させることで、プリズム A、B の対向面間隔 d を、高い平行度を維持したまま変化させることが可能である。特に、プリズム B 側を移動させることで、プリズム A への反射率及びプリズム B への透過率を調整する際、反射もしくは透過により出射するビームの光軸を一定に維持することができ、同時に行う減衰量測定の精度が向上する。

[0027] なお、この実施例では、プリズム A、B として同形状の直角プリズムを採用しているが、他の形態のプリズムや大小異なるプリズムを採用してもよいし、さらに各プリズムの対向面を種々選択してもよい。

また、充填層の材料としては、上記未硬化の接着剤の他、プリズム A、B とステージ S A、S B の隙間の形状に沿うように塑性変形する粘土状の材料を充填層として用い、それらを介して治具により外力を加えて固定する方式でもよい。

[0028] 次に、プリズム A、B の対向面間隔 d を調整し、減衰量を設定するための減衰量計測システムについて、図面を用いて説明する。

図 6 は、本発明に基づいて作製しようとする減衰器 1 の対向面間隔 d を調整する調整機構と、減衰量を測定するためのレーザ光源（減衰量測定用レーザ）と光センサからなる計測システムの平面図を示している。プリズム A から、対向面の臨界角以上の角度 θ_a （減衰量測定レーザの対向面入射角度）で減衰量測定用のレーザ L_a を入射し、プリズム A の対向面において全反射させ、近接場光を発生させる。

ここで、プリズム A に対し所定の対向面間隔 d に設定されたプリズム B の対向面に到達した近接場光の一部は伝搬光に変換され、対向面を透過して、プリズム B から出射する。ここでは、この透過光を対象に減衰量を設定するため、プリズム B から出射した透過光の出力を光センサ K a を用いて検出している。

[0029] 光センサ K a では、予め、減衰量測定用レーザ光 L a の減衰器 1 への入射出力 P_{in} を測定しておき、 P_{in} に対する減衰器出射後の出力 P_t との比から、減衰量を導出する。減衰量を正確に測定するため、光センサ K a は、 P_{in} と P_t との出力レベルの間で感度の直線性が担保されているものを用いる。たとえば、光電型センサでは、飽和しない光強度のレベルでは、 10^5 以上のオーダで良好な直線性が得られるものがあるが、複数のセンサを組み合わせることで、さらに広い範囲で直線性を担保することも可能である。

演算装置 2 は、入力される光センサ K a の信号に基づいて減衰量を計算し、目標値との差に基づいてアクチュエータ駆動回路 3 に対する制御信号を出力し、アクチュエータ 4 を介して、減衰量が目標値となるようステージ S B の位置をフィードバック制御する。

なお、アクチュエータ 4 としては、高精度な位置決めが可能なピエゾアクチュエータ等が好適である。

[0030] ここで、演算装置 2 で計算される減衰量が目標値を上回るときは、近接場光の結合量を増大させるように、すなわち、プリズム A、B の対向面間隔 d を狭める方向に、ステージ S B を稼働する。一方で、目標値を下回るときは、近接場光の結合量を減少させるように、すなわち、対向面間隔 d を広げる方向に、ステージ S B を稼働する。

本実施例では、減衰量測定用レーザ L a の対向面上のスポットに重畳させる形で、対向面間隔測定用レーザ L b として He Ne レーザを、プリズム A における対向面に臨界角を下回る角度で入射させ、プリズム A、B の対向面間での相互反射による干渉信号を、光センサ K b で検出している。なお、 θ_b は、対向面間隔測定用レーザ L b の対向面入射角度である。

干渉信号は、相互反射面の距離が変化すると、距離に応じて波長の $1/2$ の周期で正弦波が得られることから、HeNeレーザ光の波長を計測する高精度なスケールとしてステージSBの位置決め動作の指標に用いている。

[0031] 図7は、ステージSBを稼働しプリズムA、Bの対向面間隔を変化させて、対向面間隔と、透過減衰量を測定した結果を示す。図において実線は、理論反射率及び透過率、点線は干渉信号の実験値、プロットは透過率の測定値を示す。減衰量測定用レーザLa、対向面間隔測定用レーザLbには、波長 $1.1\mu\text{m}$ 、ランダム偏光の出力10WのYAGレーザ、及びHeNeレーザをそれぞれ用い、光センサKa及びKbには、それぞれGe製光電型センサ、Si製光電型センサを用いている。これより、透過減衰量をリアルタイムにモニタしながら対向面間隔dを調整し、目標とする減衰量が得られる位置にステージSBを制御することで、減衰量を高精度に調整可能である。

特に減衰量が大きい領域では、光センサKaで得られる信号の、距離に対する変化勾配が緩慢になり、S/Nも低下することから、SBの高精度な位置決め制御が難しくなることがある。このような領域では、位置決めのフィードバック信号にセンサKbの出力信号を併用することで、対向面間隔dを高精度に保持することが有効である。

[0032] このようにして、所望の減衰量が得られる対向面間隔dでステージSBを一定位置に保持した状態で、図8に示すように対向面の外周部など、プリズムA、B内を透過する光路を遮らない位置に接着剤5を塗布し硬化させる。接着剤としては、十分な機械的堅牢性が確保できるエポキシ系や透明度が高い光学接着剤が好適である。

この接着剤が硬化し、プリズムA、Bが固定化されたのち、プリズムA、BとステージSA、SBとの間の充填層を取り除くことで、所定の減衰量を持つプリズムA、Bからなるレーザ光減衰器が完成する。

[0033] なお、近接場光の到達距離は、前述の式に示すとおり、対向面間の屈折率 n_2 にも依存する。これは、湿度の変化や粉じん等の環境要因によって減衰量が変わることを意味している。そこで、対向面間を窒素ガス等の不活性ガ

スで満たした状態で、対向面の外周部を真空用接着剤等で封止することで、環境変動に対する安定性を与え実用性を向上することができる。

なお、この実施例では、ステージS Bをアクチュエータ4により稼働しているが、光センサK a、K bの信号に基づいて、ネジ機構等によりステージS Bの移動量を手動で調整するようにしてもよい。

[0034] [実施例2]

実施例2は、保持装置に具備された調整機構を用い、プリズムA、Bの対向面間に作用する押圧力に対し所定の対向面間隔を設定するスペーサを介在させた状態でこれらを互いに押圧させ、低コストに対向面間のアライメント初期設定ならびに対向面間隔の調整を行っている。

図9に平面図を示す。厚さDのスペーサ6をプリズムA、Bの対向面間のレーザ光路を遮らない位置に挟み込むように配置し、プリズムA、Bを、それぞれ、実施例1と同様の構造を有するL型保持部H A、H B内に納めた状態で、実施例1と同様に、L型保持部H A、H B間に設けられた、調整機構としてのネジ部品F、F'を動作させることで、プリズムA、Bの対向面間に押圧力を加え、対向面とスペーサとの密着状態を作り出している。

[0035] ここで、スペーサ6として、ネジ部品F、F'の最大締め付けトルクによっても厚さの変化を無視し得る剛性の高い材料を用いた場合、ネジ部品F、F'を所定の締め付けトルクで締め付けることにより、プリズムA、Bの対向面間隔dをスペーサ6の厚さDにより一律に設定することができる。

[0036] 一方、スペーサ6として、ネジ部品F、F'のトルクによって、弾性変形あるいは塑性変形して厚さDを調整できる材料を用いた場合、対向面間に印加する押圧力を加減することで、対向面間隔dの調整が可能である。

すなわち、押圧力が十分に小さな領域では、対向面間隔dは、スペーサの厚さDによって設定される。一方、押圧力を増大し、スペーサ材料を弾性変形もしくは塑性変形させることで、対向面間隔dを当初のDから徐々に縮小し、任意の値に設定することができる。

L型保持部H A、H Bの部品にレーザ光が通過する空間を設け、図6に示

す減衰量の計測システムを適用することで、実施例 1 と同様に減衰量の調整と計測を同時に行う製造装置を構築している。

この場合、プリズム A、B の脚面に接する L 型保持部 H A、H B と、調整機構を構成するネジ部品 F、F' の間に適度なアソビを持たせることで、ネジ部品 F、F' により対向面間隔 d を調整する際、プリズム A、B の対向面に作用する、法線方向以外の横力を逃がし、押圧力の微調整が可能な構造としている。

[0037] 本実施例の光減衰器において、光の入射位置によらず常に一定の減衰量が得られるようにするには、スペーサ寸法の均一性が鍵となる。そこで、スペーサとしては、箔状の金属や、直径値が高精度に与えられたポリマーの粒子径標準微粒子を対向面間に配置してもよい。あるいは、事前にプリズム対向面の光路を遮らない位置に、スパッタリング法や蒸着法、スピコート法などによって薄膜を形成しておいてもよい。特に、これらの成膜法ではナノメートルオーダーで所望の膜厚の作製が容易であるため、高精度な対向面間隔の設定に非常に有効である。

[0038] さらに、本実施例では、L 型保持部 H A、H B 間の調整機構を構成するネジ部品 F、F' は、対向面の 4 隅近傍の計 4 か所（図 9 に示されるネジ部品 F、F' 及びそれぞれの背面側）に設けている。このため、スペーサ 6 を、ネジ部品 F、F' のトルクによって弾性変形あるいは塑性変形させて厚さ D を調整できる材料で形成した場合、各位置の締結力を独立に調整することで、対向面間隔 d に分布を与えることも可能である。つまり、4 か所をバランスさせることで減衰量を均一に分布させたり、あるいは、この均一性を意図的に崩し、光が透過する場所によって減衰量の値が異なるような分布を与えることも可能である。

[0039] このように光が透過する場所によって減衰量を可変とし、対向面内の透過率や反射率の分布を計測する場合は、減衰量計測システム内に、図 10 に示すように、走査機構 7 を導入し、レーザ光に対する基準面を有する台座に固定したプリズム A、B を両者の対向面に沿って移動させることで、減衰器へ

のレーザ光の入射位置を変化させ、場所毎の減衰量をセンサK aで測定する。

より高速に測定するためには、走査機構7に代えて、検査対象領域を覆う太さに拡大した測定ビームL aを入射しつつ、光センサK aには、測定ビームを受光可能なサイズのイメージセンサ（CCD、CMOSカメラ等）を用いる。こうすることで、走査機構7を用いることなく、一枚の画像を撮影するだけで、低コストかつ高速に減衰量の多点同時測定が可能である。

このように、光減衰器における減衰量の分布を予め測定し、マップを作成しておくことで、基準面に対するレーザ入射位置を変えることによって減衰量を調整する可変光減衰器を構築できる。

[0040] 以上のように、調整機構としてのネジ部品F、F'の締め付け力を調整しつつ減衰量の測定を行い、所望の減衰量とその分布が得られる状態に至ったところで、実施例1と同様に対向面の外周部を接着剤5等で固定化する。その後、L型保持部HA、HBを取り外すことで、レーザ光減衰器が完成する。

なお、本実施例においても、ネジ部品F、F'の締結力は、所望の位置決め精度を有するモータを用いて回転駆動することにより自動的に調整するようにしてもよいし、ネジ部品F、F'をドライバ等により手動で調整するようにしてもよい。

[0041] [実施例3]

実施例3では、実施例1あるいは実施例2により、予め対向面間隔が確定されているプリズムA、Bからなるレーザ光減衰器をレーザ光に対する基準面を有する台座に固定し、この台座を回転させてレーザ光の入射角を調整することによって、減衰量可変のレーザ光減衰器を構築している。

具体的には、図11に示すように、実施例2に基づいて、厚さ $0.8\mu\text{m}$ のアルミニウム箔をスペーサとして用い、プリズムA、Bの対向面間を平行に維持した状態で、間隔dは予め確定されるよう固定化し、透過減衰量を0.2%に設定したうえで、減衰量計測システム内に設置した、回転調節機構とし

ての回転ステージ8上に配置して、レーザ入射角度に対する減衰量の分布を計測している。なお、回転ステージ8は、減衰対象とするレーザ光の入射方向に対する基準面を有しており、この基準面を回転させることで、プリズムA、Bに対する入射角度を調整することができる。

図12に示すグラフは、プリズムAのレーザ入射側の脚面に対し、垂直に入射する角度を 0° （基準角度）として、回転ステージ8の回転角度 ϕ を $\pm 15^{\circ}$ の範囲で稼働させた際の、透過減衰量の実験データを表している。回転角度 0° の位置（対向面に対する入射角は 45° ）で 0.20% の減衰量を得られ、 -7° 付近より小さい角度では臨界角を下回り、ほぼ 100% の透過率が得られる。回転角度 0° を基準に回転ステージ8を稼働することで、 $\pm 5^{\circ}$ の回転角度により、最大 10^3 のレンジで減衰量を得ることが可能であり、 -5° では 12% 、 $+5^{\circ}$ では 0.01% の減衰量が再現性良く得られる。

[0042] 回転ステージ8のアクチュエータ4は、手動とする場合は、戻りバネを内蔵しバックラッシュを排除しつつマイクロメータ等を用い、自動化する場合は、ロータリエンコーダ等と組み合わせた角度制御機構を用いることで高精度に角度を設定する。現在、自動回転ステージとして角度分解能1秒（ $= 1/3600$ 度）のものも入手可能であり、高精度でかつ広い範囲で減衰量を調整可能な可変減衰器を実現できる。

なお、この光減衰器を利用する際は、上記手順で事前に減衰量の角度特性を測定した光減衰器を、レーザ光軸に対して基準となる減衰量を得られる角度に配置したうえで、その角度を起点に、図12に示されるような事前に作成した減衰量の角度特性マップに従ってアクチュエータ4を操作することで、所望の減衰量を得られる。

なお、上記の例では、実施例2により対向面間隔が確定されたプリズムを用いているが、実施例1により対向面間隔が確定されたプリズムを用いてもよい。

[0043] [実施例4]

実施例４では、ＣＣＤやＣＭＯＳ等の高感度なイメージセンサを用いたビーム形状測定器（ビームプロファイラ）の受光部に、実施例３に基づいて構築した可変光減衰器を設置し、測定対象のレーザ光の強度を、センサに適したレベルに調整する装置を構築している。

ビームプロファイラは、特に加工や医療等の高強度レーザ光を扱う分野で、レーザ光のビーム形状を測定し、加工精度や施術の安全を確保することを目的として用いられるが、ＣＣＤカメラ等の光電型センサは、センサの許容範囲を超える強い光を入射すると測定精度の低下や破損を招く。

[0044] こうした測定精度の低下や破損を防止するため、実施例４では、図１３に示すように、測定器（ＣＣＤカメラ）９の前面に、固定したプリズムＡ、Ｂと回転ステージ８から成る可変光減衰器を納めたハウジング１０を設置し、左手から入射する高強度なレーザ光を適切なレベルにまで減衰させたうえで、右手方向へ出射し、測定器９に入射させている。

なお、プリズムＢへの透過減衰光を利用する場合、プリズムＡ側に反射する成分は、ステージ回転角に応じた角度で飛散するため、これを安全に処理する必要がある。

そこでハウジング１０の内部に光吸収構造１１を設け飛散成分を確実に吸収する構造としている。特に高強度なレーザ光を減衰する場合は、発熱に対処するためハウジングの水冷化やファンを用いた強制空冷方式を採用することが有効である。

[0045] また、ビームプロファイラをはじめとする光測定器は、各工業分野の規格で定められた形状の受光部１２を備えており、この形状に合わせることで別の部品を容易に着脱可能な構造をしている。そこで、本実施例に基づく可変光減衰器のハウジングにもこの規格形状を備えることで、市販のビームプロファイラに簡単に取り付け可能としている。これにより、耐久性の高い可変光減衰器で高強度なレーザ光を確実にかつ高精度に減衰させたのち、高感度カメラに入射させることで、ビームプロファイル測定の信頼性を向上させている。

[0046] [実施例 5]

光減衰器は、理想的には入射光の減衰過程で、光軸やビーム形状、などその他のパラメータに変化を与えないことが求められる。実施例 3、4 に示すような三角プリズムを用いる場合、プリズムの回転運動に伴ってプリズム表面への光の入射角が変化するため光線が屈折し、減衰器の前後で光軸の微小なずれが生じるおそれがある。

たとえば一辺 25 mm の直角プリズム 2 個で減衰器を構築した場合、 $\pm 5^\circ$ の角度範囲で ± 0.7 mm の光軸ずれが生じる。後段に置かれる測定器によっては減衰量の調整によって光が測定器受光部の縁に当たり、不用意な迷光が生じて、測定誤差の原因となる。

[0047] そこで、図 14 に示すような多角形プリズムを用いて減衰器を構築することが考えられる。この例では、プリズム A、B に、正十二角柱を対角線で二分したものを使用している。これにより、プリズム表面の屈折率境界面におけるレーザ光の入射角、出射角は、ステージ回転角度 30° 毎にリセットされ、 0° に戻る。対向面間隔は、実施例 1 ～実施例 3 と同様に固定することで、減衰の前後で光軸がずれず、透過率のみが変化する、理想的な可変減衰器を実現している。

[0048] [実施例 6]

ただし実施例 5 においては、原理的に、光軸をずらさずに得られる減衰量の値は段階的に変化することになる。これを解消するには、多角形プリズムの角数を無限に増大させることが考えられる。

そこで、実施例 6 では、図 15 に示すように、究極の形態として、プリズム A、B に半円筒プリズムを用い、対向面間隔を実施例 1、2 と同様に固定することで、円柱状の光減衰器構造としている。これにより、対向面の角度を連続的に変化させても、プリズム A、B の表面はレーザ光軸に対して常に正対を維持されるため、減衰の前後で光軸ずれが生じない。

[0049] しかし、実施例 6 においても、厳密には、平行に進むレーザ光が円柱状の光減衰器に入射する際、円柱の軸を通過しない光線成分は、プリズム A の表

面の凸面で屈折し対向面に到達する光線の入射角に分布が生じる。これは、入射角が大きい成分ほど透過率が低下することになり、減衰の前後でビームプロファイルの変化を招く。

そこで、プリズム A 表面における屈折を想定し、プリズム A 入射前にこの屈折を補正するレンズ構造 13 を設置することで、プリズム A から対向面に入る各光線成分の入射角を揃えるようにすると好適である。

[0050] 同様に、透過側のプリズム B の表面における屈折についても補正レンズ 14 を設置することで、減衰の前後で光軸のシフトやビームプロファイルの変化が起こらない、理想的な可変減衰器を実現している。

なお、本実施例では、プリズム A、B を単一軸対称の円柱状としているが、半球プリズムを用いて球状の減衰器を構築し、球面モータ等を用いてピッチ角、ヨー角、ロール角を独立に制御する形態としてもよい。

[0051] [実施例 7]

実施例 7 では、光軸のずれや透過ビームの歪が生じる原因を根本から排除することで、実施例 6 の補正レンズを不要としている。

すなわち、図 16 に示すように、プリズム A、B から成る円柱状の可変減衰器の前後に、レーザ光軸に対して正対する面を持つ、透明の軸受素子 15 を配置している。軸受素子は固定されており、この内側で、バッファ層 16 を介して、円柱状減衰器が回転する構造としている。バッファ層 16 には、顕微鏡用油浸オイル等の光学油を用いており、軸受素子と減衰器表面との屈折率を整合させ光学的に一体化すると同時に、摺動部の機械的な潤滑の役割を担う。このように、円柱状の減衰器が回転してもレーザ光が入射、出射する軸受素子表面は、常にレーザ光軸に対して正対を維持する構造とすることで、透過前後で光軸ずれやビーム形状の歪がない、理想的な可変光減衰器を実現している。

[0052] [実施例 8]

実施例 8 では、高出力レーザ装置における発振出力をフィードバック制御するため、これまでの実施例によって製造された光減衰器をビームサンプリ

ング素子として用いて、出力モニタリングシステムに適用した一例を示すものである。

通常、レーザ発振器の出力モニタでは、ガラス基板や誘電体多層膜基板によるビームサンプラが用いられているが、これらは素子ひとつあたりで得られる減衰量が十分でないため、後段のモニタ用光センサにはレーザ耐久性を重視した熱型センサを用いたり、サンプリング素子を複数用いて多段化・複合化することで減衰量の不足を補うことでモニタリングを行っている。しかし前者はセンサの S/N や非直線性の点で、また後者は光学系の大型・複雑化による迷光や誤差要因の増大がネックとなり、モニタリングの精度向上が難しい状況であった。

[0053] そこで本実施例では、図17に示すように、制御対象であるレーザ発振器17から出力されるレーザ光の光路中に、実施例1～7の光減衰器を配置することで、プリズムAへの入射光を、プリズムAへの反射成分と、プリズムBへの透過光とに高い分岐比で分岐させ、プリズムBへの透過減衰光を高速かつ高感度に検出可能な光センサ18により計測している。

光センサ18で検出されたモニタ信号は、演算装置2に送られ、目標値との比較演算を行った後、レーザ光の発振制御回路19にフィードバックされ、レーザ出力 P_{out} を目標値に向かって収束させる制御を行う。

[0054] 図17の例では、正六角柱を二等分したプリズムA、Bを用いて所定の減衰量が得られるようにした光減衰器を用い、対向面入射角度を最適化しつつ入射・出射界面を光軸に正対させるプリズム形状とすることで、制御対象のレーザ光に対し理想的な減衰特性が得られるビームサンプラを実現している。

本実施例によれば、モニタ用光センサの感度特性に応じて減衰量を最適化できると同時に、その減衰量を高強度なレーザ光に対しても安定に維持可能であり、コンパクトで高性能なレーザ光出力のモニタリングシステムを、低コストに構築可能である。

特に、実施例1、2で示したように、減衰量を高精度に設定しつつ、モニ

タ用光センサに感度を校正したものをを用いることで、レーザ照射量をトレーサブルに制御・管理することができる。これをレーザ加工装置に適用すれば、加工内容に応じてレーザ照射方法を高度に制御したり、加工品質の精密な管理が可能となる。

産業上の利用可能性

[0055] 以上説明したように、本発明によれば、プリズムの対向面間の多軸アライメント作業の高精度化と簡略化を両立させると同時に、アライメント中、減衰量をリアルタイムに計測し所望の値に高精度に調整可能とすることで、高出力レーザに対しても高い耐力が得られる光透過方式の近接場光結合型の光減衰器を低コストに実現することが可能となるので、レーザ加工機用の高出力レーザの減衰を含め、広い分野で適用されることが期待できる。

符号の説明

[0056] A、B：プリズム
SA、SB：ステージ
 Θ_{in} ：対向面入射角
d：対向面間隔
 P_{in} ：入射光出力（減衰量測定用レーザ）
 P_t ：透過光出力（減衰量測定用レーザ）
 θ_a ：対向面入射角度（減衰量測定用レーザ）
 θ_b ：対向面入射角度（対向面間隔測定用レーザ）
Ka：光センサ（減衰量測定用）
Kb：光センサ（対向面間隔測定用）
D：スペーサの厚さ
HA、HB：L型保持部
F：締結機構
1：本発明によるレーザ光減衰器
2：演算装置
3：アクチュエータ駆動回路

- 4 : アクチュエータ
- 5 : 接着剤
- 6 : スペーサ
- 7 : 走査機構
- 8 : 回転ステージ
- 9 : 光測定器
- 10 : ハウジング
- 11 : 光吸収部
- 12 : 接続マウント部
- 13 : 補正レンズ（入射側）
- 14 : 補正レンズ（出射側）
- 15 : 軸受素子
- 16 : バッファ層
- 17 : レーザ発振器
- 18 : 光センサ
- 19 : 発振制御回路

請求の範囲

- [請求項1] 2つのプリズムA、Bの対向面を直接あるいは所定の厚さを有するスペーサを介して互いに押圧させ、対向面間隔を最小化することでアライメントを初期設定する保持装置と、
- この初期設定状態を基準として、前記プリズムA、Bの対向面での近接場光の発生と結合によって、前記プリズムAに入射される光出力に対し、前記プリズムA、Bのいずれか一方を出射する光出力の比率を調整する調整機構と、
- 前記光出力の比率を測定する計測システムと
- からなることを特徴とする、レーザ光減衰器を製造するための製造装置。
- [請求項2] 前記保持装置は、前記プリズムA、Bを、双方の対向面を互いに密着するよう押圧してアライメントの初期設定状態を維持したまま、それぞれステージSA、SB上に固定するものであり、
- 前記調整機構は、前記ステージSA、SBの少なくとも一方を移動させるものであることを特徴とする請求項1に記載された製造装置。
- [請求項3] 前記保持装置は、前記プリズムA、Bの対向面間に配置された所定の厚さDを有するスペーサにより、両者の対向面間隔を確定させた状態を維持したまま初期設定するとともに、前記プリズムA、Bを互いに押圧することで、両者の対向面間隔を前記スペーサの厚さにより確定する調整機構を兼ね備えていることを特徴とする請求項1に記載された製造装置。
- [請求項4] 前記調整機構は、前記スペーサの形状を、前記プリズムA、Bに付加する押圧力の加減によって変形させることで対向面間隔を可変とするものであることを特徴とする請求項3に記載された製造装置。
- [請求項5] 前記調整機構は、前記スペーサの形状を前記プリズムA、Bの対向面両端において異ならせ、前記プリズムA、Bの対向面に沿って、両者の対向面間隔を変化させることを特徴とする請求項4に記載された

製造装置。

- [請求項6] 前記調整機構により予め対向面間隔が確定されている前記プリズム A、B を、レーザ光に対する基準面を有する台座に固定し、前記台座の基準面を回転させることで、レーザ光の入射角を調節する回転調節機構をさらに備えていることを特徴とする請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載された製造装置。
- [請求項7] 前記調整機構により、前記光出力の比率が調整された状態で、前記プリズム A、B が固定されている、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載された製造装置により製造されたレーザ光減衰器。
- [請求項8] 固定された前記プリズム A、B がレーザ光に対する基準面を有する台座に固定され、前記台座の基準面を保ちつつ、レーザ光の入射位置を変化させることにより、減衰量を調整可能としたことを特徴とする請求項 7 に記載されたレーザ光減衰器。
- [請求項9] 固定された前記プリズム A、B がレーザ光に対する基準面を有する台座に固定され、前記台座の基準面を回転させ、レーザ光の入射角を変化させることにより、減衰量を調整可能としたことを特徴とする請求項 7 に記載されたレーザ光減衰器。
- [請求項10] 固定された前記プリズム A、B は、前記調整機構の回転軸に対して軸対称の形状をなすことを特徴とする請求項 9 に記載されたレーザ光減衰器。
- [請求項11] 固定された前記プリズム A、B の前後の少なくとも一方に、レンズ状の光学素子を設置することで、固定された前記プリズム A、B によるレーザ光の屈折を補正することを特徴とする、請求項 9 または請求項 10 に記載されたレーザ光減衰器。
- [請求項12] 2つのプリズム A、B の対向面を直接あるいは所定の厚さを有するスペーサを介して互いに押圧させることで対向面間隔を最小化し、アライメントの初期状態を設定する第 1 の工程と、
初期設定状態を基準として、前記プリズム A、B の対向面での近接

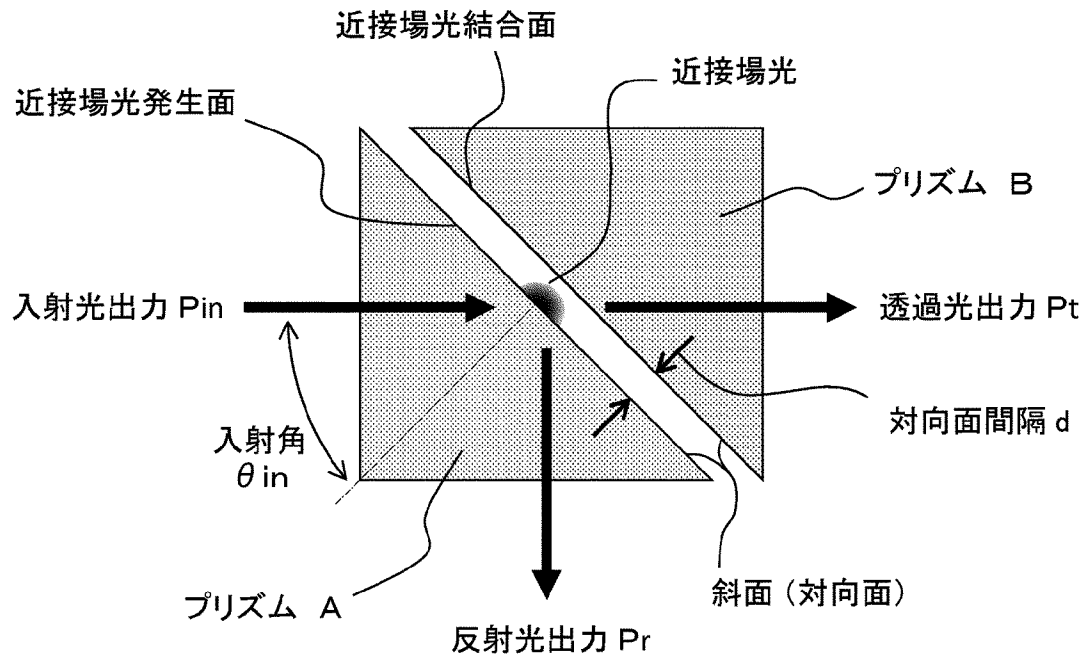
場光の発生と結合によって、前記プリズム A に入射される光出力に対し、前記プリズム A、B のいずれか一方を出射する光出力の比率を調整機構を用いて調整する第 2 の工程と、

前記光出力の比率を、減衰量を計測する計測システムを用いて測定する第 3 の工程と、

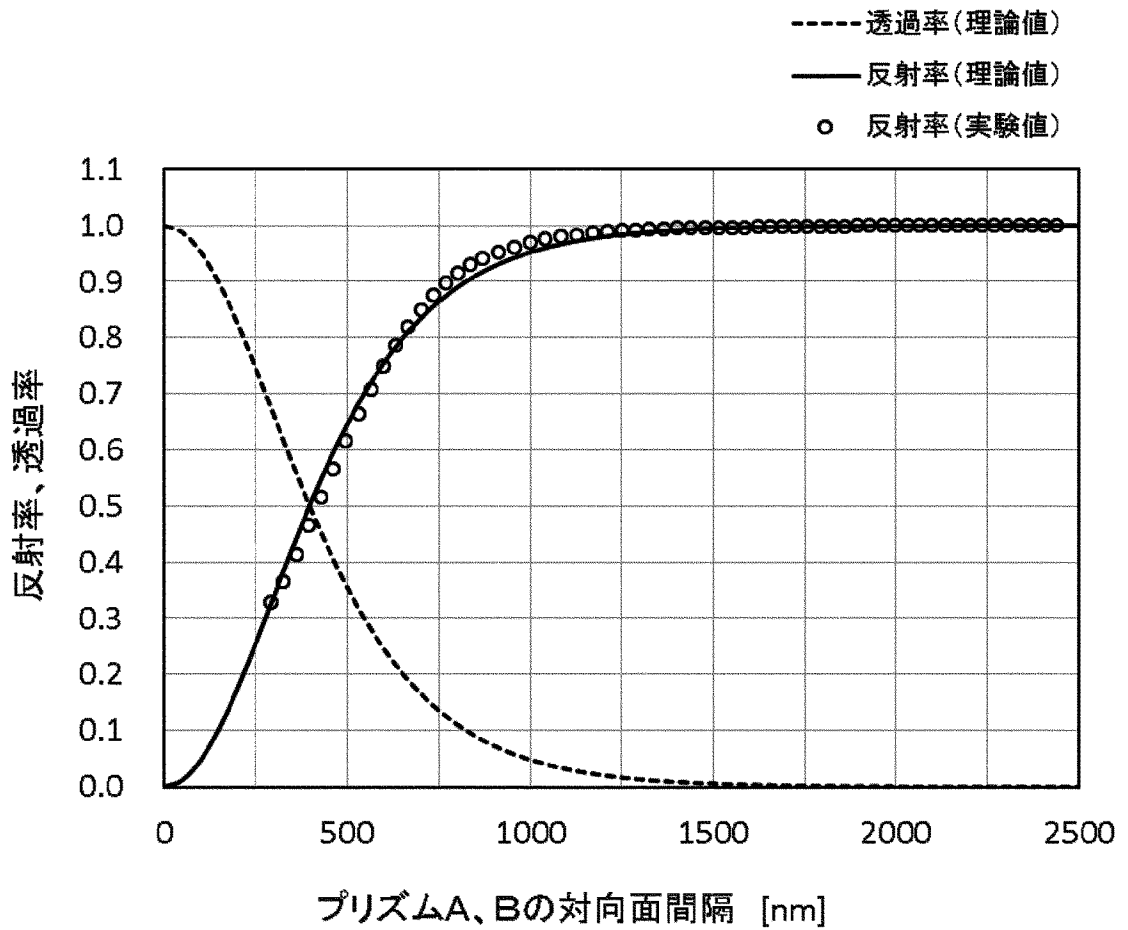
前記計測システムによる測定値に基づいて前記調整機構を作動させ、前記光出力の比率が目標値となった状態で、前記プリズム A、B を互いに固定する第 4 の工程と、

からなることを特徴とするレーザ光減衰器の製造方法。

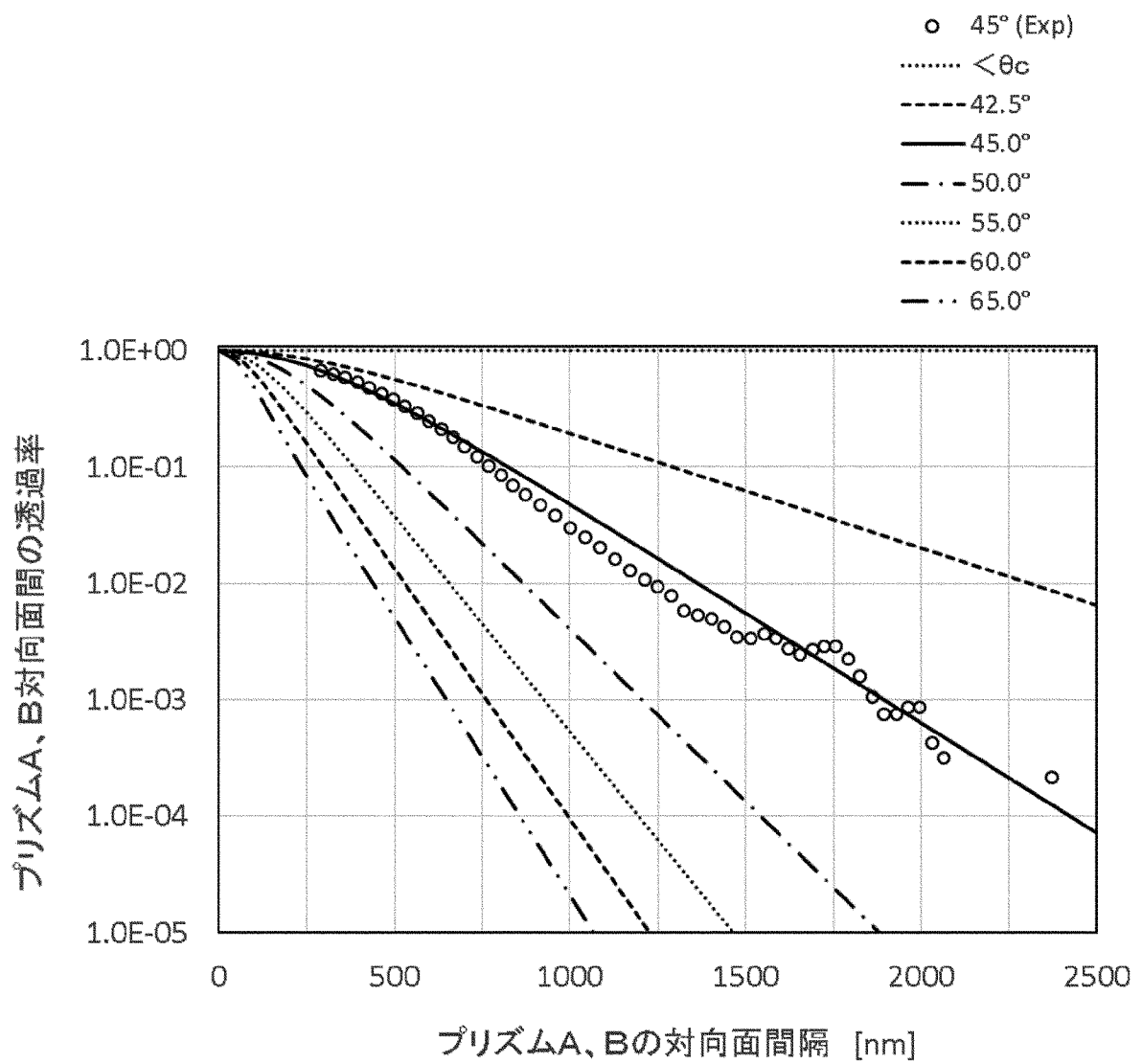
[図1]



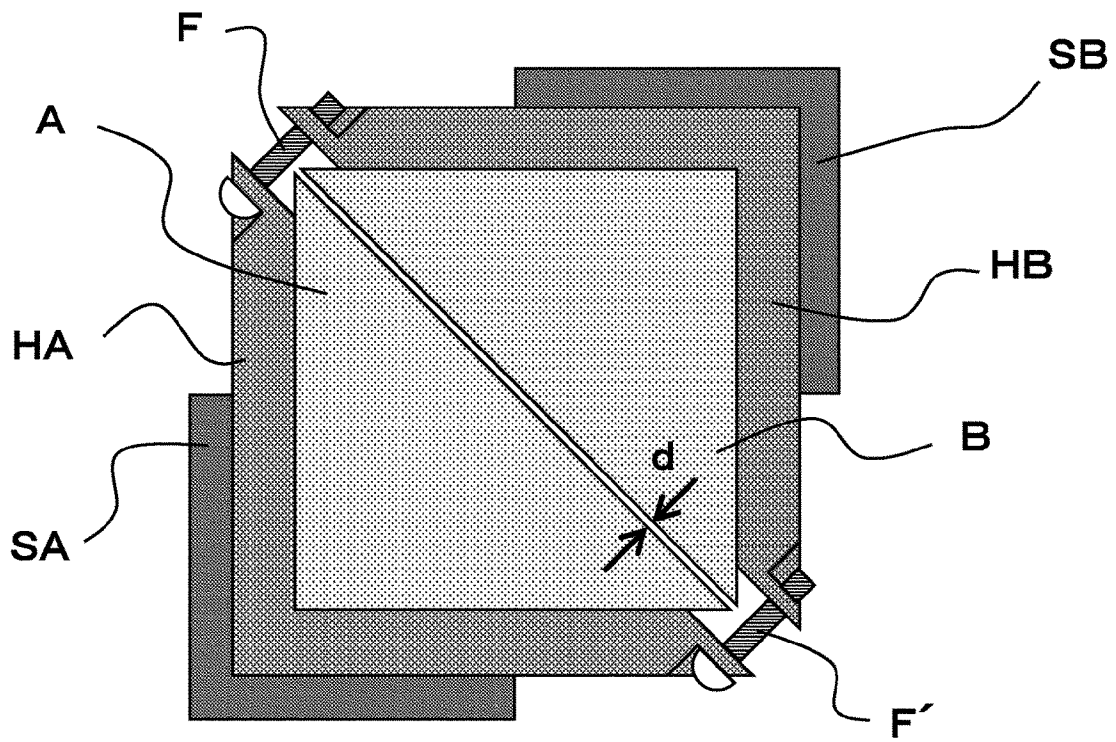
[図2]



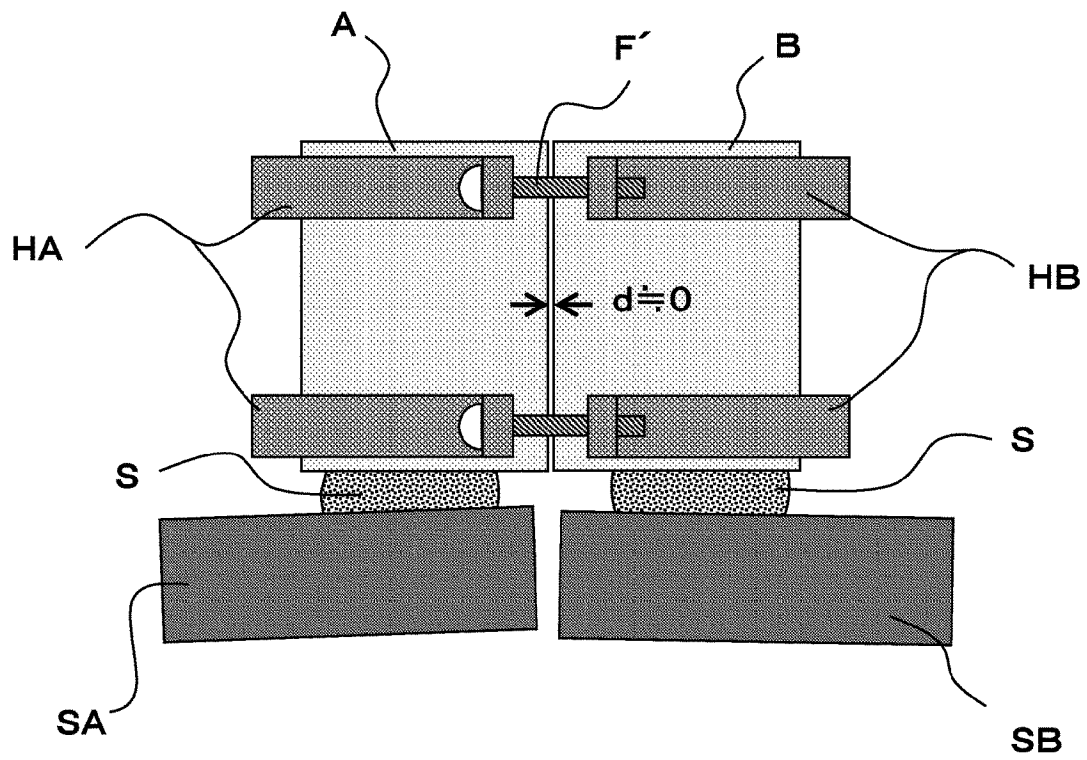
[図3]



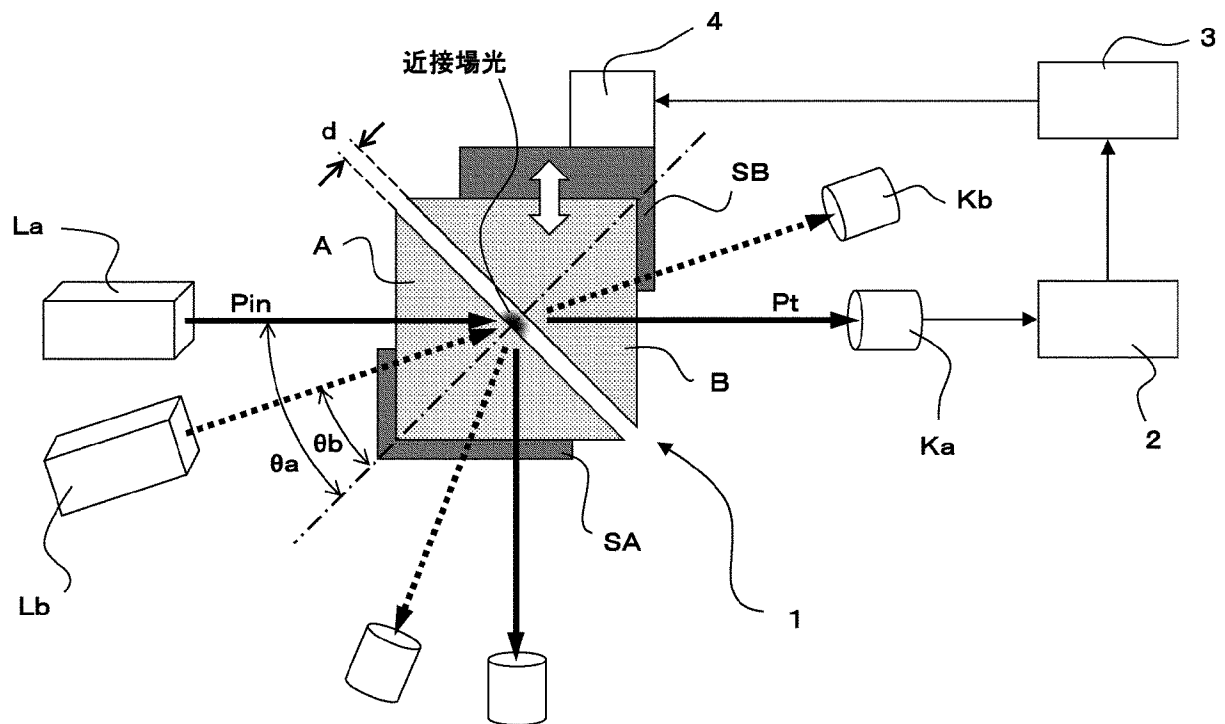
[図4]



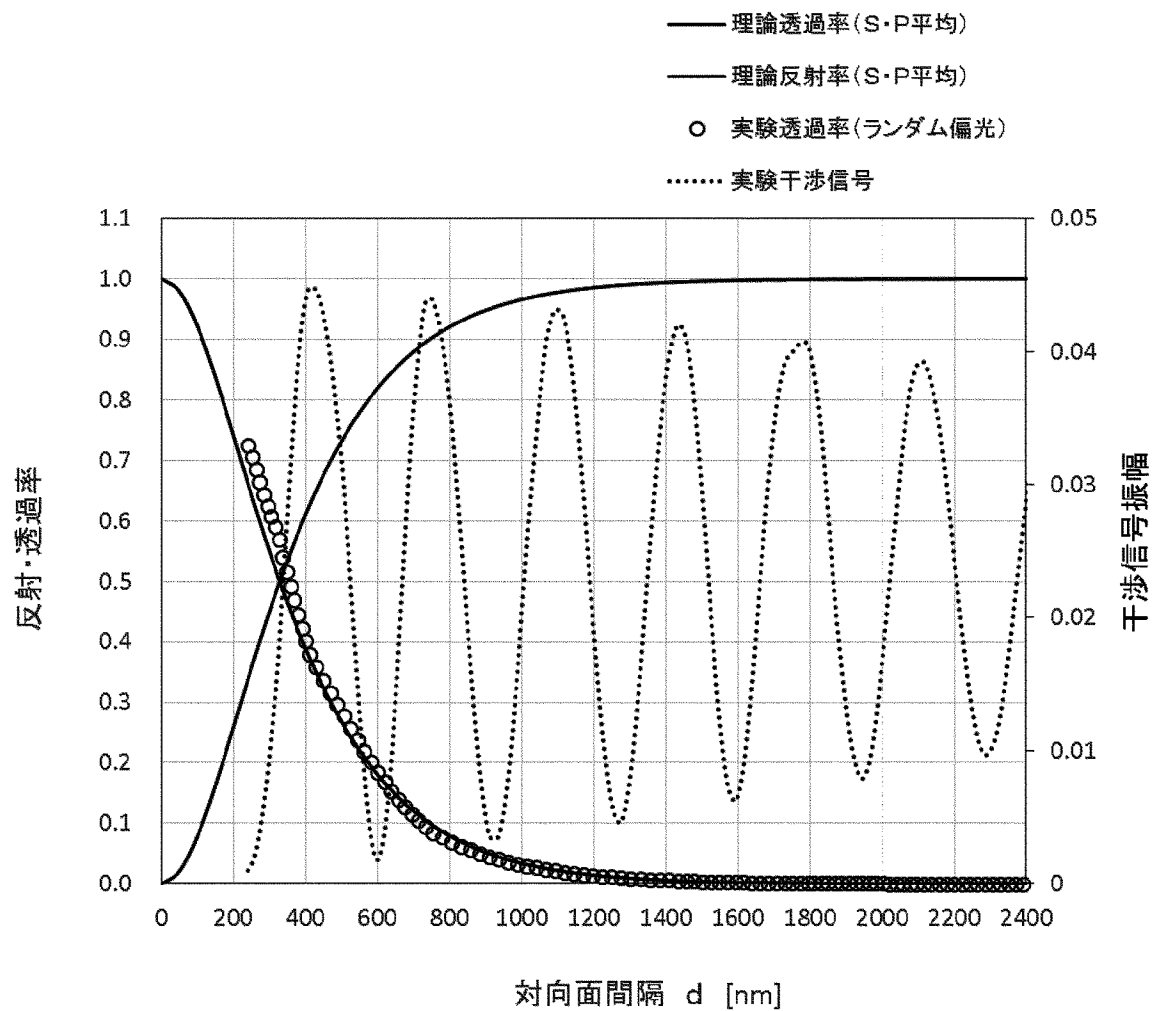
[図5]



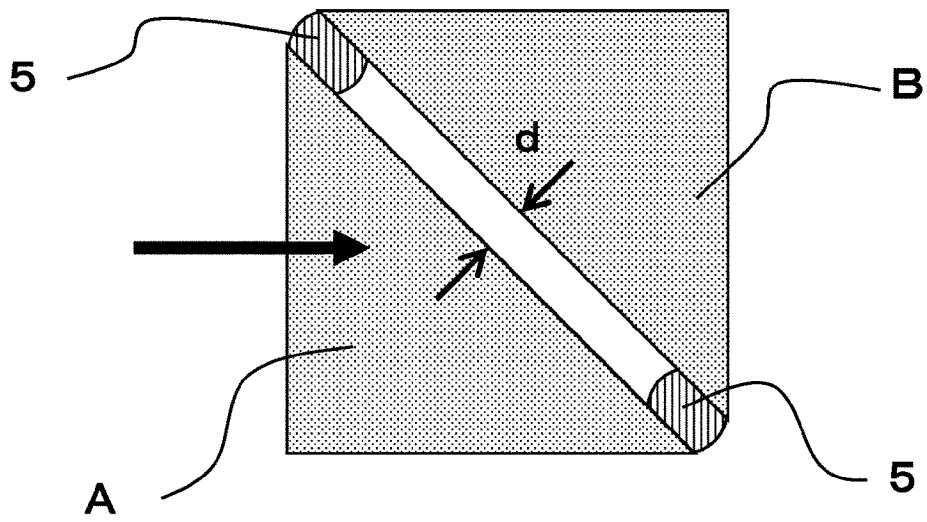
[図6]



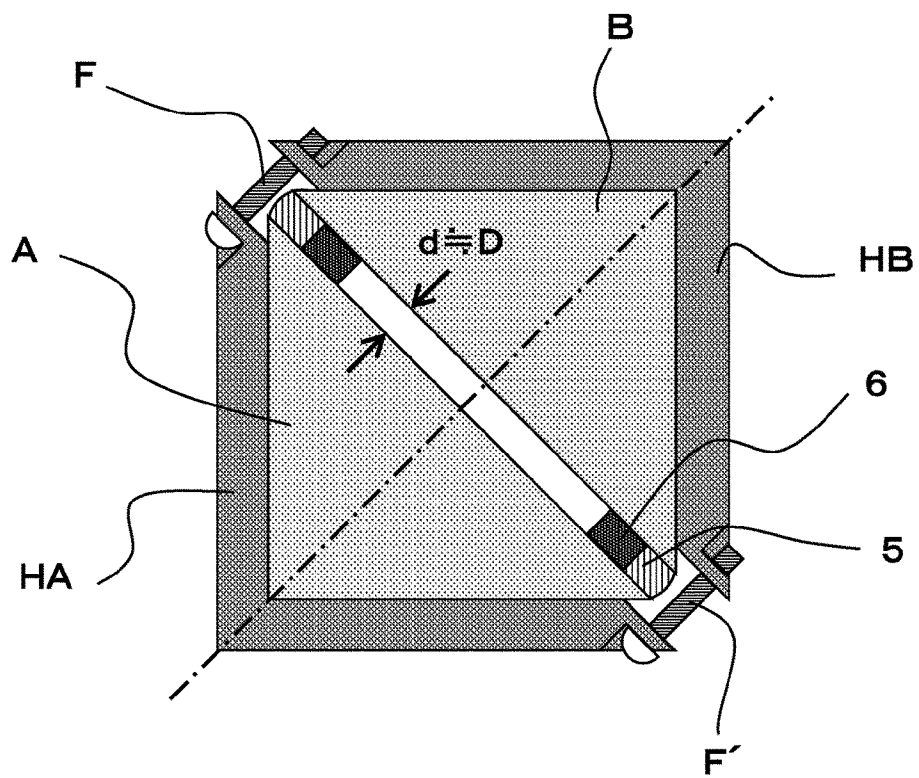
[図7]



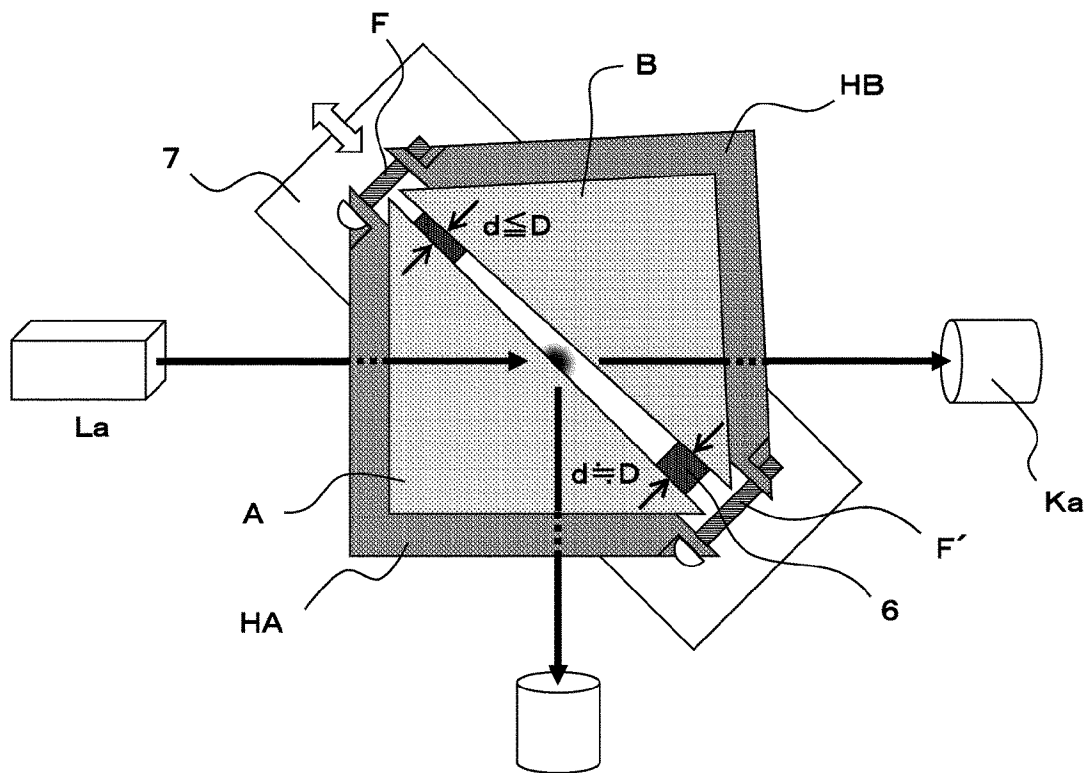
[図8]



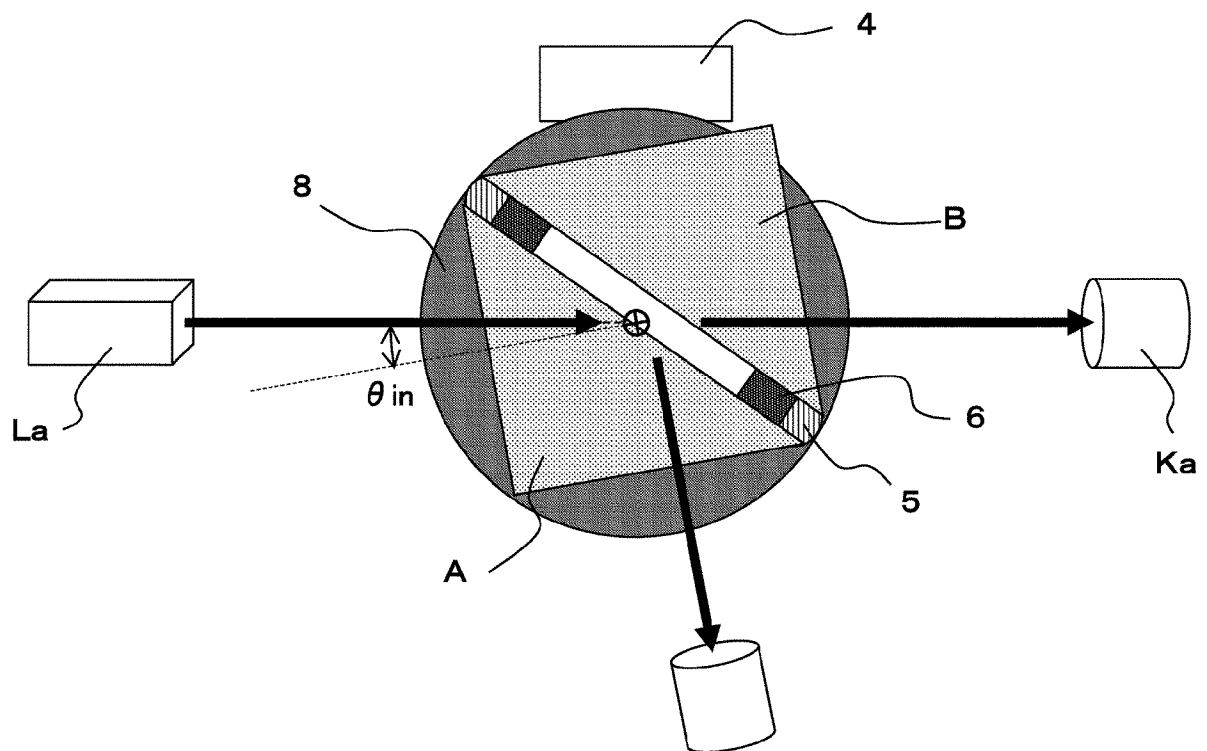
[図9]



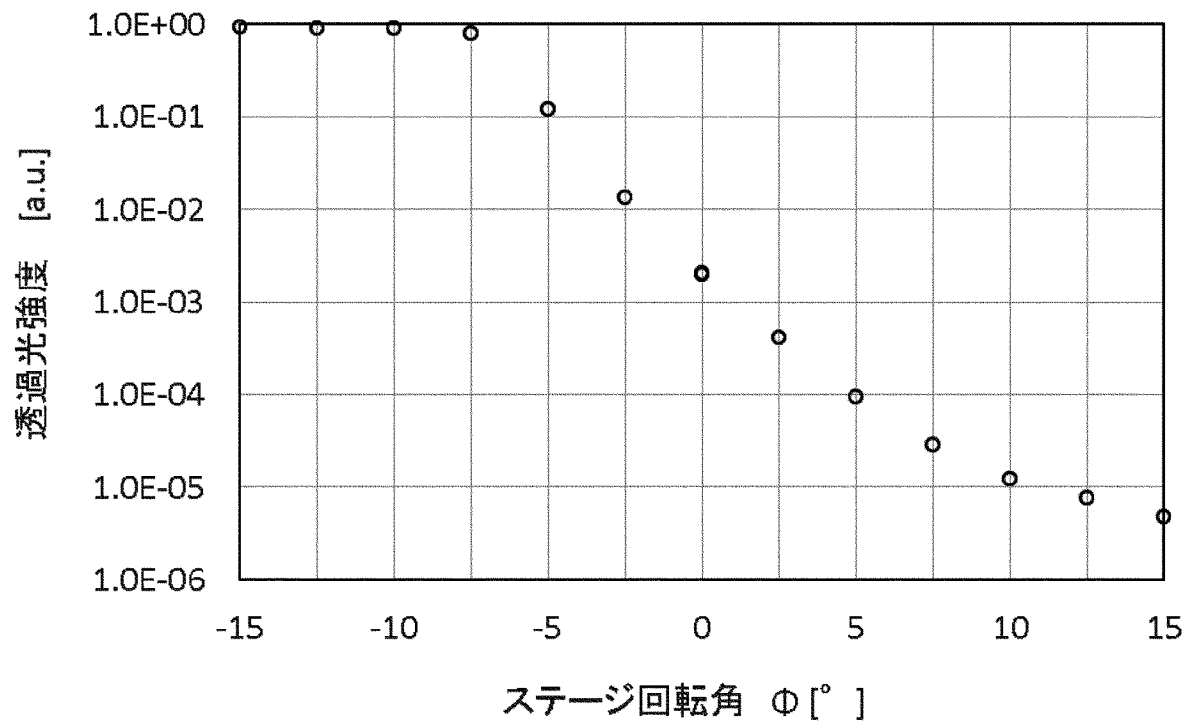
[図10]



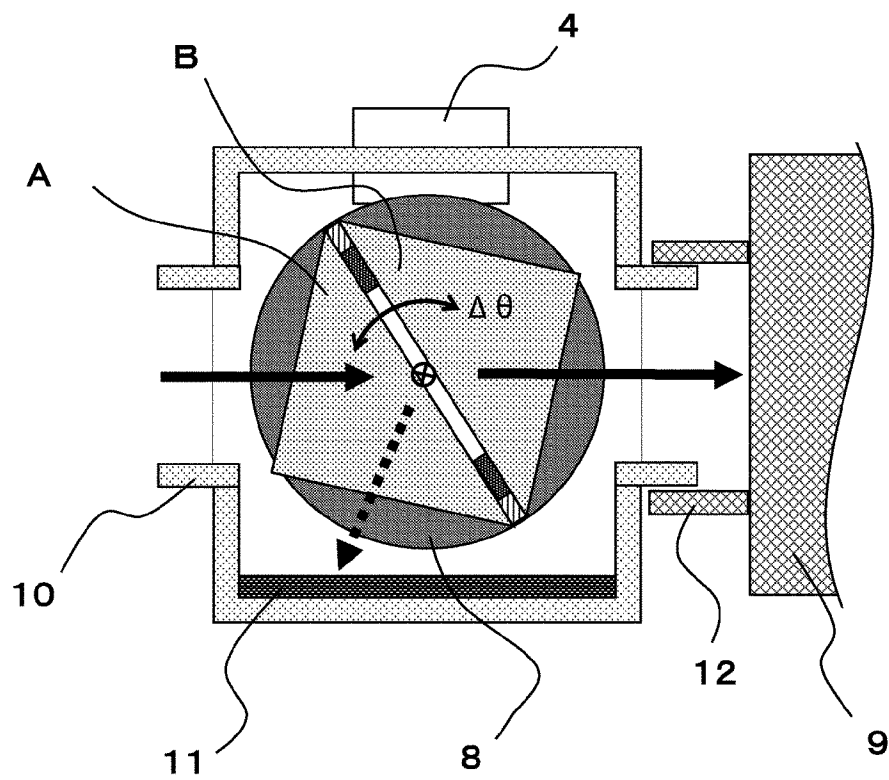
[図11]



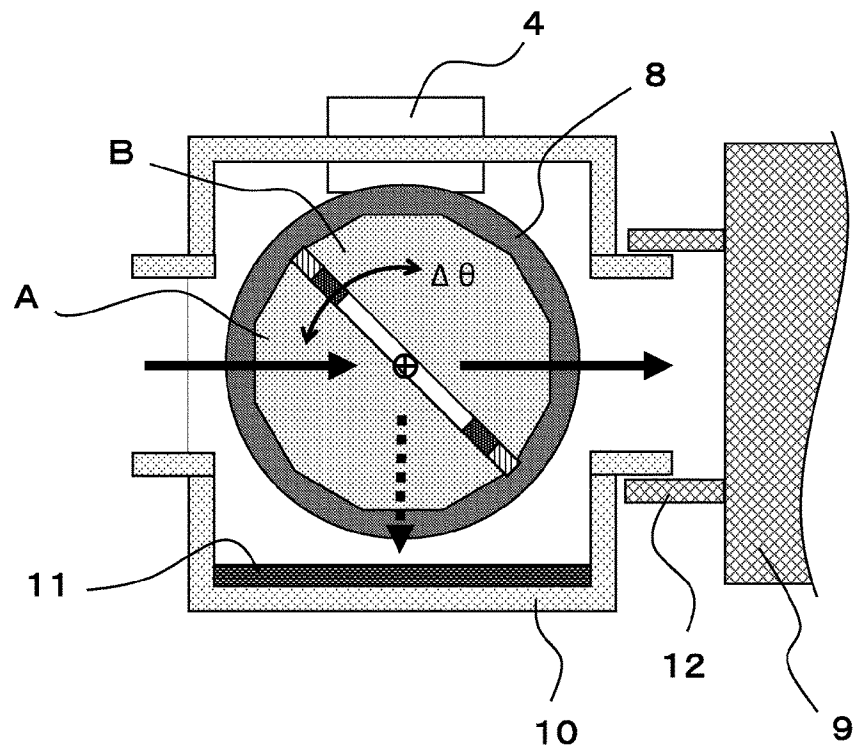
[図12]



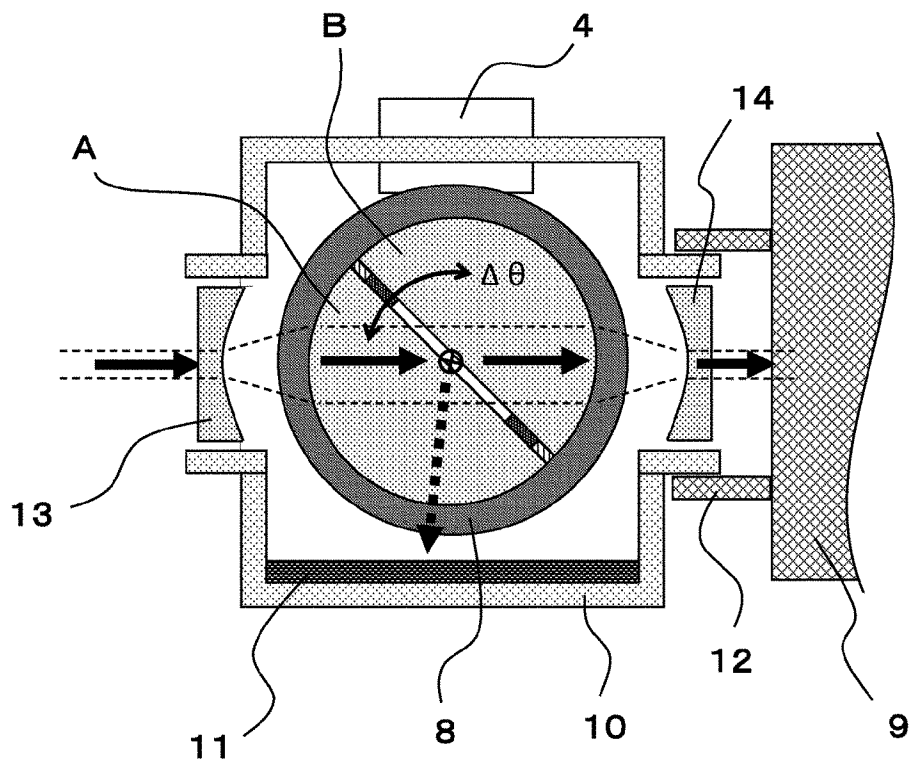
[図13]



[図14]



[図15]



A cross-sectional view of a circular device. A central rotating element, indicated by a circle with a dot, is shown with a dashed line representing its initial position and a solid line with an arrow representing its current position, with the angle of rotation labeled $\Delta \theta$. The device is housed within a rectangular frame (10) with a thick bottom layer (16). A central shaft (4) passes through the top of the frame. The inner cavity is lined with a material (8). Two horizontal arrows (15) point outwards from the center. On the right, a curved, cross-hatched component (9) is connected to the frame via a bracket (12). Various other components are labeled with numbers 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 13, 14, and 17.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/002122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B26/02 (2006.01) i, G02B5/04 (2006.01) i, H01S3/10 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G02B26/02, G02B5/04, H01S3/10

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X A	JP 4-331910 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK) 19 November 1992, paragraphs [0016]-[0036], fig. 1, 3A-4B (Family: none)	1, 3-4, 7, 12 2, 5-6, 8-11
X A	JP 2006-74035 A (ASML NETHERLANDS BV) 16 March 2006, paragraphs [0036]-[0047], fig. 2A-3B & US 2006/0044653 A1, paragraphs [0049]-[0062], fig. 2A-3B	7, 9-11 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
03.04.2018

Date of mailing of the international search report
17.04.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/002122

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-192706 A (HOYA CORPORATION) 27 August 2009, paragraph [0026], fig. 5-1 to 5-4 (Family: none)	7-8 5
Y	JP 2012-215656 A (FUJIFILM CORPORATION) 08 November 2012, paragraphs [0009]-[0011], fig. 1 (Family: none)	7-8
A	JP 9-101466 A (NIKON CORPORATION) 15 April 1997, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 9-33339 A (NIKON CORPORATION) 07 February 1997, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
P, X	WO 2017/209277 A1 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 07 December 2017, entire text, all drawings, particularly, paragraph [0027] (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/02(2006.01)i, G02B5/04(2006.01)i, H01S3/10(2006.01)i

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））

Int.Cl. G02B26/02, G02B5/04, H01S3/10

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X A	JP 4-331910 A（浜松ホトニクス株式会社）1992. 11. 19, 段落[0016]-[0036], 図 1, 3A-4B（ファミリーなし）	1, 3-4, 7, 12 2, 5-6, 8-11
X A	JP 2006-74035 A（エイエスエムエル ネザランドズ ベスローテン フエンノートシャップ）2006. 03. 16, 段落[0036]-[0047], 図 2A-3B & US 2006/0044653 A1, 段落[0049]-[0062], 図 2A-3B	7, 9-11 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矛盾するものではなく、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

03. 04. 2018

国際調査報告の発送日

17. 04. 2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

堀部 修平

2 L

9215

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 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 A	JP 2009-192706 A (HOYA株式会社) 2009. 08. 27, 段落[0026], 図 5-1~5-4 (ファミリーなし)	7-8 5
Y	JP 2012-215656 A (富士フイルム株式会社) 2012. 11. 08, 段落[0009]-[0011], 図 1 (ファミリーなし)	7-8
A	JP 9-101466 A (株式会社ニコン) 1997. 04. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 9-33339 A (株式会社ニコン) 1997. 02. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
P, X	WO 2017/209277 A1 (国立研究開発法人産業総合研究所) 2017. 12. 07, 全文, 全図 (特に、段落[0027]) (ファミリーなし)	1-12