

(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
2014 年 8 月 7 日(07.08.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/119660 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/956 (2006.01) *G01N 21/892* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/052088
- (22) 国際出願日: 2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)
- (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:
61/758955 2013 年 1 月 31 日(31.01.2013) US
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP). カリフォルニア大学理事会 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) [US/US]; 946075200 カリフォルニア州オークランド、フランクリンストリート 1 1 1、1 2 階 California (US).
- (72) 発明者: 中尾 敏之(NAKAO Toshiyuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 渡辺 正浩(WATANABE Masahiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所

内 Tokyo (JP). 吉武 康裕(YOSHITAKE Yasuhiro); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). ジャラリ バーラム(JALALI Bahram); 90049 カリフォルニア州ロサンゼルス、パーキンストリート 1 2 8 3 0 California (US). 合田 圭介(GODA Keisuke); 〒1130033 東京都文京区本郷 4-20-2-304 Tokyo (JP).

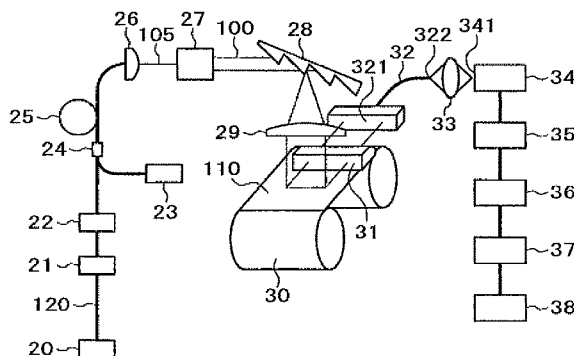
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, 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,

[続葉有]

(54) Title: INSPECTION METHOD AND INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 検査方法および検査装置

[図4]



(57) Abstract: In order to make it possible to use a simple configuration to detect defects in a quick and highly sensitive manner on a sheet-shaped sample that is continuously conveyed at high speed and that is likely to exhibit a relatively large amount of positional variation in the height direction thereof, this inspection device is configured to: change the delay amount of a pulse laser according to wavelength; spatially expand, according to wavelength, the pulse laser for which the delay amount has been changed according to wavelength; irradiate a sample from a first direction with the pulse laser that has been spatially expanded according to wavelength; collect light that scatters in a direction that differs from the first direction from among scattered light from the sample that is irradiated with the pulse laser; photoelectrically convert the collected scattered light; process a detection signal for each occurrence of photoelectrically converted scattered light for which the delay amount has been changed according to wavelength; and extract defect information.

(57) 要約: 連続的に高速に搬送されて高さ方向に比較的大きな位置の変動が発生しやすいシート状のサンプル上の欠陥を、比較的簡単な構成で高速に、かつ高感度に検査することを可能にするために、検査装置を、パルスレーザを波長に応じて遅延量を変え、この波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを波長に応じて空間的に広げ、この波長に応じて空間的に広げられたパルスレーザを第1の方向からサンプルに照射し、このパルスレー

ザが照射されたサンプルからの散乱光のうち前記第1の方向とは異なる方向に散乱した光を集光し、この集光された散乱光を光電変換し、この光電変換された波長に応じて遅延量が変わった散乱光ごとの検出信号を処理して欠陥情報を抽出するように構成した。



MZ, NA, RW, SD, SL, 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))

明 細 書

発明の名称： 検査方法および検査装置

技術分野

[0001] 本発明はパルスレーザを用いて試料を高速に検査する方法および検査装置に関する。

背景技術

[0002] 有機ELテレビ、タッチパネル等、各種電子パネルの薄型化が進んでおり、ロールトゥロール方式で製造される製品が増加している。ロールトゥロール方式では、例えば、ロール状に巻いた長さ数百m、幅1mほどの大きなシートに回路パターンを印刷し、ロールに巻いた封止膜などと貼り合せてから、再びロールに巻き取る。今までは個別に切り離された基板単位で処理を行っていたため、搬送に時間がかかり、また装置毎に搬入・搬出部を設ける必要があるため装置の規模も大きくならざるを得なかった。しかし、ロールトゥロール方式では、基板（シート）は装置の間を連続的に流れることになる。また、製造装置は互いに連結され、搬送の時間短縮ができ、さらに装置規模も小さくすることが可能となる。製造スピードを向上させるだけでなく、製造コストも大幅に下げることができる。

[0003] ロールトゥロール方式が広まるにつれ、それに対応した検査方法の開発も進んでいる。市場に出ている検査装置の多くはラインセンサを複数台使用し、シートを高速に巻き取りながら撮像することで、表面の付着異物、きずなどを検査している。検査速度の高速化のためには、ラインセンサの読み取り速度を向上させる、画素数を増加させる、またはラインセンサの台数を増加させるなどの手法が存在するが、ラインセンサの開発には膨大な時間・費用がかかり、また市販品でも高性能なラインセンサは非常に高価であり、高速化と低コストを両立させることは難しい。そこで、ラインセンサを用いない、新たな検査手法：STEAM（Serial Time-Encoded Amplified Microscopy）が開発されている（特許文献1）。

[0004] 図1を用いて、特許文献1に開示されているSTEAMの概要の説明を行う。

STEAMは、光源1、シングルモードファイバ2、サーキュレータ3、コリメータ4、回折格子5、F θ レンズ6、励起LD7、WDMカプラ8、増幅ファイバ9、波長遅延部10、フォトダイオード11、A/D変換器12、信号処理部13、出力部14を備えて構成される。

[0005] このような構成において、光源1から射出されたレーザはシングルモードファイバ2の内部を伝播する。レーザビームはサーキュレータ3を経由し、コリメータ4から外部へ射出される。外部に射出されたレーザ100は回折格子5に照射され、レーザの波長、回折格子への入射角度、回折格子に刻まれた周期構造のピッチに応じて多数の方向へ回折される。レーザ100と回折格子5の接触点はF θ レンズ6の焦点位置であり、回折されたレーザはF θ レンズ6により、サンプル110へ照射される。

[0006] コリメータ4、回折格子5、F θ レンズ6、サンプル110の拡大図を図2に示す。回折格子5により回折されたレーザは波長毎に分離されており、例えば波長が λ_A であるレーザ101、波長が λ_B であるレーザ102、波長が λ_C であるレーザ103に分離される。波長毎に回折角度が異なるため、波長毎にサンプル110に照射される座標が変わる。図2の例では、サンプル110の座標A地点は波長 λ_A で照明され、サンプル110の座標B地点は波長 λ_B で照明され、サンプル110の座標C地点は波長 λ_C で照明されることになる。

[0007] サンプル110からの反射光は再度F θ レンズ6で集光され、焦点位置にある回折格子5に収束される。反射光は回折格子5によりコリメータ光に変換され、コリメータ4を通じてシングルモードファイバ2へ導光される。反射光はさらにサーキュレータ3を経由して、WDMカプラ（Wavelength Division Multiplexing）8へ導光される。励起LD（Laser Diode）7から射出された励起光はWDMカプラ8を経由してサンプルからの反射光と合波され、励起光は増幅ファイバ9で吸収される。

- [0008] サンプルからの反射光が、励起光を吸収した増幅ファイバ9を通過することで、エネルギーが増幅される。増幅された反射光はさらに波長遅延部10へと導光される。波長遅延部は数km程度の長さのシングルモードファイバなどを束ねたものである。ガラスには屈折率の波長依存性があり、波長によって速度が異なるため、数km程度の長さのファイバを通過する間に単一パルスは波長毎に分離されることになる。つまり、波長遅延部10を通過することにより、パルス幅が広がり、波長毎に信号を分離することが可能となる。
- [0009] 図3を用いて波長遅延部10を通過する前後でのパルス波形の説明を行う。図3に示した構成において、増幅ファイバ9を通過した反射光は、シングルモードファイバ2を矢印で示した方向に進む。波長遅延部10を通過する前の反射光は、図3のグラフ301に示すように反射光のパルス幅は広がっておらず、サンプル110の座標A地点、B地点、C地点からの反射光は同一時間軸上に存在する。
- [0010] 波長遅延部10では波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C によって進行速度が異なるため、波長遅延部10を通過した後の反射光は、グラフ302に示すように波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の信号が空間的に分離される。この波長を空間的に分離したパルス波形をフォトダイオード11で時分割検出することで、各サンプル110の座標A地点、B地点、C地点からの信号を分離して検出可能となる。フォトダイオード11で検出された光信号は電気信号に変換され、さらにA/D変換器12でデジタル信号に変換される。信号処理部13では時系列の取得データを座標データに変換し、出力部14において画像データ等として出力される。
- [0011] 特許文献1には、サンプル110を透過した光を検出する方式についても記載されているが、その検出の原理は、図1乃至3を用いて説明したものと同一である。
- [0012] 高性能なラインセンサのラインレートは数十kHz程度だが、上記技術を用いれば数MHz程度の高速化が可能である。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：公表特許公報 特表2011-529230号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] STEAMではサンプルからの反射光に対して、増幅、パルス幅伸張を行っているため、反射光を再度ファイバのコアに戻す必要がある。サンプルの高さ変動が小さければ、反射光をファイバのコアに集光することは容易であるが、ロールトゥロール方式では数十 μm もサンプルの高さ変動が発生するため、ファイバのコアに反射光を戻すことが困難となる。つまり、ロールトゥロール方式において、ファイバのコアに反射光に戻すためには、オートフォーカスが必須になる。さらに、STEAMは数MHzといったラインレートを有するため、それに追従できる高性能なオートフォーカスが必要となる。

[0015] さらに、ロールトゥロール方式で搬送されるサンプルの表面に付着した微小な異物（ごみ）や微細な傷を検出するためには、サンプルからの正反射光を検出するよりも、散乱光を検出する方が高感度に検出することができる。しかし、特許文献1には、サンプルからの散乱光を検出することについては記載されていない。

[0016] 本発明は、連続的に高速に搬送されて高さ方向に比較的大きな位置の変動が発生しやすいシート状のサンプル上の欠陥を、比較的簡単な構成で高速に、かつ高感度に検査することを可能にする検査法及び検査装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 上記した課題を解決するために、本発明では、パルスレーザを生成するパルスレーザ生成工程と、このパルスレーザ生成工程で生成したパルスレーザを波長に応じて遅延量を変えるパルス幅伸張工程と、このパルス幅伸張工程で波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを波長に応じて空間的に広げる拡張工程と、この拡張工程で波長に応じて空間的に広げられたパルスレーザを第1の方向からサンプルに照射する照射工程と、この照射工程でパルスレーザが照射されたサンプルからの散乱光のうち前記第1の方向とは異なる方

向に散乱した光を集光する集光工程と、この集光工程で集光された散乱光を光電変換する光電変換工程と、この光電変換工程で光電変換された波長に応じて遅延量が変わえられた散乱光ごとの検出信号を処理して欠陥情報を抽出する欠陥情報抽出工程とを有する検査方法とした。

[0018] また、上記課題を解決するために、本発明では、パルスレーザを生成する光源と、この光源で生成したパルスレーザの波長に応じてパルスレーザの遅延量を変化させるパルス幅伸張部と、このパルス幅伸張部で波長に応じて遅延量を変化させたパルスレーザを空間的に広げる回折素子と、この回折格子により空間的に広げられた波長に応じて遅延量が変わえられたパルスレーザを第1の方向からサンプルに照射する照明光学系と、この照明光学系によりパルスレーザが照射されたサンプルからの散乱光のうち第1の方向とは異なる方向に散乱した光を集光する集光光学系と、この集光光学系により集光されたサンプルからの散乱光を光電変換する光電変換部と、この光電変換部で光電変換された検出信号を処理する信号処理部とを備えて検査装置を構成した。

発明の効果

[0019] 本発明により、サンプルの高さ変動に対してロバストなロールトゥロール対応検査装置を提供可能になる。

[0020] 又、本発明によれば、連続的に高速に搬送されて高さ方向に比較的大きな位置の変動が発生しやすいシート状のサンプル上の欠陥を、比較的簡単な構成で高速に、かつ高感度に検査することを可能にした。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]従来技術として特許文献1に記載されているS T E AMの概略の構成を示すブロック図である。

[図2]特許文献1に記載されているS T E AMにおけるサンプルにレーザを照射するレーザ照射部の概略の構成を示すレーザ照射部の正面の拡大図である。

[図3]特許文献1に記載されているS T E AMにおける波長遅延部でパルス幅が広がる状態を示す波長遅延部のブロック図と、波長遅延部の前後におけるパ

ルスレーザの波形を示すグラフである。

[図4]本発明の第一の実施例における検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

[図5]第一の実施例における検出光学系の変形例の構成を示すブロック図である。

[図6]本発明の第二の実施例における検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0022] 本発明は、連続的に高速に搬送されて高さ方向に比較的大きな位置の変動が発生しやすいシート状のサンプル上の欠陥を、比較的簡単な構成で高速に、かつ高感度に検査することを可能にする検査方法及び検査装置に関するものである。

[0023] 即ち、本発明では、パルスレーザを波長に応じて遅延量を変え、この波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを波長に応じて空間的に広げ、この波長に応じて空間的に広げられたパルスレーザを第1の方向からサンプルに照射し、このパルスレーザが照射されたサンプルからの散乱光のうち第1の方向とは異なる方向に散乱した光を集光し、集光された散乱光を光電変換し、光電変換された波長に応じて遅延量が変わられた散乱光ごとの検出信号を処理してサンプル上の欠陥情報を抽出するようにしたものである。

以下に、本発明の実施例を、図を用いて説明する。

実施例 1

[0024] 本発明の第一の実施形態を図4を用いて説明する。

図4に示した第1の実施例における検査装置は、レーザを発射する光源20、シングルモードファイバ120、パルスピッカ21、波長遅延部22、励起LD23、WDMカプラ24、エドープファイバ25、コリメータ26、ビームエキスパンダ27、回折格子28、F θ レンズ29、シリンドリカルレンズ31、バンドルファイバアレイ32、レンズ33、フォトダイオード34、A/D変換器35、メモリ36、欠陥情報抽出部37、出力部38

をそなえて構成され、１対の回転ローラ 30 の一方に巻き付けられたサンプル 110 を他方の回転ローラで巻き取りながらサンプル 110 の表面を検査する。

[0025] このような構成において、光源 20 から射出されたレーザ（パルスレーザ）はシングルモードファイバ 120 を通じて伝播する。光源 20 の中心波長は 1550 nm、スペクトル幅は半値幅で 50 nm、繰返し周波数は 80 MHz である。レーザはパルスピッカ 21 で繰返し周波数を所望の周波数に変化させられる。パルスピッカ 21 は音響光学素子であり、外部パルスジェネレータ（図示せず）からの信号に基づき、レーザのパルス列を遮断、通過させることでレーザの繰返し周波数を変化させる。パルスピッカ 21 には Gooch & Housego 社の T-M200-0.1C2J-3-F2S などを用いればよい。

[0026] 次に、繰返し周波数が変化したレーザは、波長遅延部 22 でパルス幅の伸張が行われる。波長遅延部 22 には三菱電線社の分散補償ファイバモジュール：DC-M1U/2-1700（分散の大きさ：1700 ps/nm）などを用いればよい。光源 20 から発射されるレーザのスペクトル幅が 50 nm であるとき、波長遅延部 22 を通過することで、パルス幅は 85 ns まで伸張される（ $1700 \text{ ps/nm} \times 50 \text{ nm} = 85 \text{ ns}$ ）。

[0027] 励起 LD 23 からは、ポンプ光が出射される。励起 LD 23 から射出されたポンプ光は WDM カプラ 24 で光源 20 から射出されたレーザと合波される。ポンプ光はエルビウム（Er）をドープした Er ドープファイバ 25 で吸収され、光源 20 から射出されたレーザを増幅させる。励起 LD 23 の発振波長は 976 nm であり、WDM カプラ 24 では波長 1550 nm と 976 nm の波長を合波させる。サンプルにレーザを照射する前にパルス幅の伸張を行うため、図 1 で説明した従来技術の構成のようにサンプルからの戻り光を再度ファイバに戻す必要がなくなる。

[0028] Er ドープファイバ 25 を透過してパルス幅伸張・増幅されたレーザは、コリメータ 26 から freespace にレーザビーム 105 として射出される。レーザビーム 105 はビームエキスパンダ 27 で光軸に垂直な断面が所望

の径に拡大される。ビームエキスパンダ27にはSill Optics社のS6EXP0100/008（倍率：10倍）などを用いればよい。ビームエキスパンダ27で径を拡大されたレーザ100は回折格子28に入射し、図2で説明したのと同じ原理で、波長に応じた角度方向へ回折される。回折格子28には堀場製作所の53066110（周期構造の本数：900本/mm）などを用いればよい。

[0029] 回折格子28で回折されたレーザ105は、F θ レンズ29に入射する。この入射したレーザは、F θ レンズ29によりサンプル110に対して鉛直方向からライン状に集光されてサンプル110を照明する。サンプル110上の照明範囲は100mm $\times$ 50 μ mである。F θ レンズ29にはSill Optics社のS4LFT1330/008（焦点距離：345mm、走査角度： ± 24.1 度）などを用いればよい。サンプル110は例えばトリアセチルセルロースなどの透明フィルムであり、幅は1.5mである。サンプル110は1対の回転ローラ30の一方から送り出され、他方で巻き取られながら移動する。このサンプル110の移動方向をy方向とする。

[0030] サンプル110のレーザが照射された部分から発生した散乱光のうちシリンドリカルレンズ31の方向に散乱した光はシリンドリカルレンズ31で集められ、バンドルファイバアレイ32の受光部に集光される。シリンドリカルレンズ31の光軸はXZ面内に存在し、シリンドリカルレンズ31、バンドルファイバアレイの受光面はY軸方向に並行に配置されている。シリンドリカルレンズ31にはシグマ光機のCLB-30100-130PM（焦点距離：130mm）、バンドルファイバアレイ32にはモリテックス社のMKG180-1500S（受光面サイズ：180mm $\times$ 1mm）などを用いればよい。

[0031] バンドルファイバアレイ32の受光部321はライン上に配置されているが、終端部322ではファイバが一箇所に集められているため、サンプル110上のライン状の照射部からの散乱光を一点に容易に集めることができる。バンドルファイバアレイ32の終端部322から射出された散乱光はレンズ33を介して、フォトダイオード34の受光面341に集光して検出され、光電変換される。レンズ33にはシグマ光機のDLB-20-30PMを、フォトダイ

オード 34 にはNew Focus社の1567-A-M（帯域：12GHz）などを用いればよい。

[0032] フォトダイオード 34 で光電変換された信号は、A/D変換器 35 でデジタルサンプリングされる。A/D変換器 35 にはTektronix社のDP07354C（サンプリング速度：40GS/s）などを用いればよい。デジタルサンプリングされたデジタル信号はメモリ 36 に蓄積され、一定数のライン情報が蓄積される度に順次、欠陥情報抽出部 37 で欠陥情報が抽出される。

[0033] 欠陥情報抽出部 37 では、例えば、欠陥からの散乱光量に基づき欠陥サイズの大きさを推定する、散乱光の分布より欠陥の座標を特定するなどの処理が行われる。欠陥情報抽出部 37 で抽出した欠陥情報を出力部 38 に送り、例えば図示していないディスプレイ画面上に表示して出力する。

[0034] 〔変形例 1〕

図 4 では散乱光を検出する検出系（シリンドルカルレンズ 31 から出力部 38 までの構成）が 1 つだけある例で説明を行ったが、図 5 に示すように複数の光学系が存在しても構わない。

[0035] 図 5 に示した構成では、反射散乱光検出光学系 200、201、透過散乱光検出光学系 202、203、透過光検出光学系 204、正反射光検出光学系 205 が存在する。回折格子 28 の上流には、図 4 で説明したのと同様に、光源 20、パルスピッカ 21、波長遅延部 22、励起 LD 23、WDM カプラ 24、Er ドープファイバ 25、コリメータ 26、ビームエキスパンダ 27 がある（これらの構成は、図 4 で説明した構成と同じであるので、図 5 においては図示を省略する）。また、反射散乱光検出光学系 200、201、透過散乱光検出光学系 202、203、透過光検出光学系 204、正反射光検出光学系 205 では、シリンドルカルレンズ 31、40、42、44、46、49 とバンドルファイバアレイ 32、41、43、45、47、50 の後段には、図 4 で説明したフォトダイオード 34、A/D 変換器 35、メモリ 36、欠陥情報抽出部 37、出力部 38 に相当する構成が、それぞれの検出光学系ごとに存在する（これらの構成は、図 4 で説明した構成と同じである

ので、図5においては図示を省略する)。

- [0036] 反射散乱光検出光学系200の検出仰角 θ_1 は20度であり、反射散乱光検出光学系201の検出仰角 θ_2 は40度である。レーザ105の照射によるサンプル110の表面の凸欠陥から発生する散乱光は低仰角側に大きく発生し、凹欠陥から発生する散乱光は高仰角側に大きく発生する傾向がある。そこで、それぞれの反射散乱光検出光学系を異なる検出仰角位置に配置することで、より多くの種類の欠陥からの散乱光を捕捉することが可能である。
- [0037] 透過散乱光検出光学系202の検出仰角 θ_3 は40度であり、透過散乱光検出光学系203の検出仰角 θ_4 は60度である。サンプル110からの透過散乱光も欠陥の凹凸によって、強い散乱光が発生する仰角方向が異なるため、それぞれの透過散乱光検出光学系を異なる検出仰角位置に配置することで、より多くの種類の欠陥からの散乱光を捕捉することが可能である。
- [0038] 透過光検出光学系204はサンプル110を透過したレーザ105の進行方向に配置され、サンプル110からの透過光を検出する。正反射光検出光学系205ではサンプル110からの正反射光をサンプル110とF θ レンズ29との間に配置したハーフミラー48を介して検出する。サンプル110から発生する正反射光や透過光の大きさはサンプル110の材質に依存するため、正反射光と透過光を同時に検出することで、様々な種類の材質のサンプルを検査することが可能になる。
- [0039] 各検出光学系で欠陥情報抽出部37を共有して、それぞれの検出光学系で検出された信号を全て加算して欠陥情報抽出部37で処理するように構成しても構わない。加算して処理することにより、検出光量を増加させることができるため、より微細な欠陥の検出が可能となる。また、それぞれの検出光学系で検出された信号は個別に備えた欠陥情報抽出部37で処理した後に図示していない統合処理部で統合するように構成しても構わない。欠陥の形状によっては正反射光、透過光、散乱光の発生の仕方に偏りがでるため、それぞれの信号の大きさを比較することで、欠陥形状の分類をより精度よく行うことができる。

- [0040] 図5に示した構成において、反射散乱光検出光学系200の検出仰角 θ_1 が20度、反射散乱光検出光学系201の検出仰角 θ_2 が40度、透過散乱光検出光学系202の検出仰角 θ_3 が40度、透過散乱光検出光学系203の検出仰角 θ_4 が60度の例で説明を行ったが、これに限定されるものではない。欠陥の形状、サイズによって、散乱光の発生の仕方の偏りに変化がでるため、最も集光効率の高い検出仰角に検出光学系を配置すればよい。
- [0041] 欠陥の大きさ、形状によっては反射光、透過光、散乱光が特定の方向に偏光する場合があるため、それぞれの検出系に偏光子を組み込んでも構わない（図示せず）。偏光子の透過偏光軸を最適化することで、ノイズとなる背景光を抑制し、欠陥からの反射光、透過光、散乱光だけを効率よく透過させることができる。偏光子の偏光透過軸はそれぞれの検出光学系で独立に制御しても、統一していても構わない。
- [0042] 図5に示した構成では、反射散乱光検出光学系の個数が2つ、透過散乱光検出光学系の個数が2つの例で説明を行ったが、本発明はこれに限定されるものではない。散乱光検出光学系の個数を増加させることで、散乱光の集光効率向上、欠陥分類性能の向上が望める。また、検出光学系のNAを大きくし、検出光学系の数を減少させても構わない。これにより、検出感度の低下を抑制しつつ、装置コストの低下、調整手順の簡略化が行える。
- [0043] 本実施例では、光源20に関して、中心波長が1550nm、スペクトル幅は50nmの例で説明を行ったが、これに限定される必要はない。例えば、中心波長が1030nmの光源を用いた場合、ミラー、レンズなどのバルク光学素子の種類が豊富であり、低価格であるため、装置コストを抑制することができる。
- [0044] 本実施例では、波長遅延部22での分散の大きさが -1700ps/nm 、励起LD23の発振波長が976nm、ビームエキスパンダ27の倍率が10倍、回折格子28の周期構造のピッチが900本/mm、F θ レンズ29の焦点距離が345mm、走査角度が ± 24.1 度、シリンダリカルレンズ31の焦点距離が130mm、フォトダイオード34の応答速度が12GHz、A/D変換器3

5のサンプリングレートが40GHzの例で説明したが、これに限定される必要はない。

- [0045] 本実施例では、被測定対象がトリアセチルセルロースなどの透明フィルム、幅1.5mのフィルムである例で説明を行ったが、これに限定される必要はない。例えば、半導体ウエハやガラス基板をXYステージで保持し、ラスタスキャンを行ってもよく、Rθステージで保持し、回転走査を行っても構わない。または、上記装置を電車や車両に取り付け、走行しながらレールの疵や道路のへこみの検査を行っても構わない。

実施例 2

- [0046] 本発明の第二の実施例を図6で説明する。

図6に示した第2の実施例における検査装置の構成において、図4で説明した第1の実施例における検査装置の構成と同じのものについては同じ番号を付してある。

- [0047] 図6に示した第2の実施例における検査装置は、光源70、パルスピッカ71、レンズ72、コリメータ73、励起LD74、WDMカプラ75、波長遅延部76、コリメータ77、ビームエキスパンダ78、回折格子79、Fθレンズ80、シリンドリカルレンズ81、バンドルファイバアレイ82、レンズ83、光電子増倍管84、A/D変換部35、メモリ36、欠陥情報抽出部37、出力部38を備えて構成されている。

- [0048] このような構成において、光源70から freespace にレーザ106が射出される。光源70の中心波長は780nm、スペクトル幅は半値幅で60nm、繰返し周波数は80MHzである。第一の実施形態よりも照明波長が短いため、より小さい欠陥や対象物の構造まで検出可能である。レーザ106はパルスピッカ71で繰返し周波数を所望の周波数に変化させられる。パルスピッカ71は音響光学素子であり、外部パルスジェネレータ（図示せず）からの信号に基づき、レーザのパルス列を遮断、通過させることでレーザの繰返し周波数を変化させる。パルスピッカ71にはGooch&Housego社の17389-.93-FOA-SMFなどを用いればよい。パルスピッカ71を通過したレーザ106をレ

ンズ 7 2 でコリメータ 7 3 に集光し、シングルモードファイバ 1 2 1 のコアにレーザを導く。

[0049] シングルモードファイバ 1 2 1 に入射したレーザは、WDMカプラ 7 5 に到達する。一方、励起 LD 7 4 から射出されたポンプ光も WDMカプラ 7 5 に到達し、WDMカプラで光源 7 0 から射出されたレーザと合波される。励起 LD 7 4 の発振波長は 7 5 0 nm であり、WDMカプラ 7 5 では波長 7 8 0 nm と 7 5 0 nm の波長を合波させる。励起 LD 7 4 から射出されたポンプ光は波長遅延部 7 6 で吸収され、光源 7 0 から射出されたレーザを誘導ラマン増幅により増幅させる。

[0050] 波長遅延部 7 6 では、パルス幅の伸張が行われる。波長遅延部 7 6 は長距離のシングルモードファイバを巻いたものであり、その長さは 3.3 km である。波長 7 8 0 nm におけるシングルモードファイバの分散の大きさは約 1 2 0 ps/nm/km であり、波長遅延部 7 6 を通過することでパルス幅は 2 3.8 ns まで伸張される ($120 \text{ ps/nm/km} \times 60 \text{ nm} \times 3.3 \text{ km} = 23.8 \text{ ns}$)。

[0051] 波長遅延部 7 6 でパルス幅伸張・増幅されたレーザはコリメータ 7 7 からフリースペースへ射出される。コリメータ 7 7 からフリースペースに射出されたレーザ 1 0 6 はビームエキスパンダ 7 8 に入射して所望の径に拡大されて出射する。ビームエキスパンダ 7 8 にはシグマ光機社の LBE-3L (倍率: 3 倍) などを用いればよい。径を拡大されたレーザ 1 0 6 は回折格子 7 9 に入射し、図 2 で説明した原理に基づいて波長に応じた角度へ回折される。回折格子 7 9 には堀場製作所の 530 50 110 (周期構造の本数: 1 2 0 0 本/mm) などを用いればよい。回折されたレーザ 1 0 6 は F θ レンズ 8 0 でサンプル 1 1 0 に鉛直方向から X 軸に平行な方向にライン状に集光される。F θ レンズ 8 0 には Sill Optics 社の S4LFT0089/094 (焦点距離: 8 8.4 mm) などを用いればよい。サンプル 1 1 0 はトリアセチルセルロースなどの透明フィルムであり、幅は 1.5 m である。サンプル 1 1 0 は 1 対の回転ローラ 3 0 の一方から送り出されて、他方の回転ローラで巻き取られながら移動する。

[0052] サンプル 1 1 0 のライン状のレーザ照射部から発生した散乱光のうちシリ

シリンダリカルレンズ 8 1 の方向に散乱した光はシリンダリカルレンズ 8 1 で集められ、バンドルファイバアレイ 8 2 の受光部に集光される。シリンダリカルレンズ 8 1 の光軸は X Z 面内に存在し、シリンダリカルレンズ 8 1、バンドルファイバアレイ 8 2 の受光面は Y 軸方向に並行に配置されている。シリンダリカルレンズ 8 1 にはシグマ光機の CLB-30100-130PM（焦点距離：130 mm）、バンドルファイバアレイ 8 2 にはモリテックス社の MKG180-1500S（受光面サイズ：180 mm×1 mm）などを用いればよい。

[0053] バンドルファイバアレイ 8 2 の受光部 8 2 1 はライン状であるが、終端 8 2 2 ではファイバが一箇所に集められているため、シリンダリカルレンズ 8 1 で集光したサンプル 1 1 0 のライン状のレーザ照射部からの散乱光をバンドルファイバアレイ 8 2 の射出部で一点に集めることができる。バンドルファイバアレイ 8 2 の終端から射出された散乱光はレンズ 8 3 を介して、光電子増倍管 8 4 に集光される。レンズ 8 3 にはシグマ光機の DLB-20-30PM を、光電子増倍管 8 4 には浜松ホトニクス社の R3809U-51（立上り時間：150 ps）などを用いればよい。

[0054] 光電子増倍管 8 4 に入射して光電変換された散乱光による信号は A/D 変換部 3 5 でデジタルサンプリングされる。A/D 変換部 3 5 には Tektronix 社の DP07354C（サンプリング速度：40 GS/s）などを用いればよい。デジタルサンプリングされたデジタル信号はメモリ 3 6 に蓄積され、一定数のライン情報が蓄積される度に順次メモリ 3 6 から欠陥情報抽出部 3 7 へ送られて、欠陥情報抽出部 3 7 で欠陥情報が抽出される。欠陥情報抽出部 3 7 では、例えば、欠陥からの散乱光量に基づき欠陥サイズの大きさを推定する、散乱光の分布より欠陥の座標を特定するなどの処理が行われる。欠陥情報抽出部 3 7 で抽出した欠陥情報を出力部 3 8 に送り、例えば図示していないディスプレイ画面上に表示して出力する。

[0055] 本実施例では光源 7 0 に関して、中心波長が 780 nm、スペクトル幅は 60 nm の例で説明を行ったが、これに限定される必要はない。

[0056] 本実施例では、波長遅延部 7 6 での分散の大きさが 120 ps/km/nm、励起

L D 7 4 の発振波長が 7 5 0 nm、ビームエキスパンダ 7 8 の倍率が 3 倍、回折格子 7 9 の周期構造のピッチが 1 2 0 0 本/mm、F θ レンズ 8 0 の焦点距離が 8 8 . 4 mm、光電子増倍管 8 4 の立上り時間が 1 5 0 ps の例で説明したが、これに限定される必要はない。

[0057] 本実施例では、サンプル 1 1 0 からの散乱光のみを検出する例で説明を行ったが、実施例 1 において、図 5 を用いて説明したように複数の散乱光検出光学系、正反射光検出光学系、透過光検出光学系が存在しても構わない。検出光学系の数が増えることで、トータルでの検出光量の増加、または各検出光学系の検出信号を個別に比較処理することで、欠陥分類性能の向上が狙える。

[0058] 本実施例では、被測定対象がトリアセチルセルローズなどの透明フィルム、幅 1 . 5 m のフィルムである例で説明を行ったが、本実施例における被測定対象はこれに限定される必要はない。例えば、半導体ウエハやガラス基板を X Y ステージで保持し、ラスタスキャンを行ってもよく、R θ ステージで保持し、回転走査を行っても構わない。または、上記装置を電車や車両に取り付け、走行しながらレールの疵や道路のへこみの検査を行っても構わない。

[0059] 以上、本発明者らによってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

符号の説明

[0060] 1、2 0、7 0 . . . 光源 2、1 2 0、1 2 1 . . . シングルモードファイバ 3 . . . サーキュレータ 4、2 6、7 3、7 7 . . . コリメータ 5、2 8、7 9 . . . 回折格子 6、2 9、8 0 . . . F θ レンズ 7、2 3、7 4 . . . 励起 L D 8、2 4、7 5 . . . WDM カプラ 9 . . . 増幅ファイバ 1 0、2 2、7 6 . . . 波長遅延部 1 1、3 4 . . . フォトダイオード 1 2、3 5 . . . A/D 変換器 1 3 . . . 信号処理部 1 4、3 8 . . . 出力部 2 1、7 1 . . . パルスピッカ 2 5 . . . E r ドープファイバ 2 7、7 8 . . . ビームエ

キスパンダ 30・・・回転ローラ 31、40、42、44、46、
49、81・・・シリンドリカルレンズ 32、41、43、45、47
、50、82・・・バンドルファイバアレイ 33、72、83・・・レ
ンズ 36・・・メモリ 37・・・欠陥情報抽出部 48・・・ハ
ーフミラー 84・・・光電子増倍管 100、105、106・・・
レーザ 101・・・波長が λ_A であるレーザビーム 102・・・波長
が λ_B であるレーザビーム 103・・・波長が λ_C であるレーザビーム
110・・・サンプル 200、201・・・反射散乱光検出光学系
202、203 透過散乱光検出光学系 204・・・透過光検出光学
系 205・・・正反射光検出光学系 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ ・・・
検出仰角。

請求の範囲

- [請求項1] パルスレーザを生成するパルスレーザ生成工程と、
該パルスレーザ生成工程で生成したパルスレーザを波長に応じて遅延量を変えるパルス幅伸張工程と、
該パルス幅伸張工程で波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを前記波長に応じて空間的に広げる拡張工程と、
該拡張工程で前記波長に応じて空間的に広げられたパルスレーザをサンプルに対して垂直な方向からサンプルに照射する照射工程と、
該照射工程でパルスレーザが照射されたサンプルからの散乱光のうち前記垂直な方向とは異なる方向に散乱した光を集光する集光工程と、
該集光工程で集光された散乱光を光電変換する光電変換工程と、
該光電変換工程で光電変換された前記波長に応じて遅延量が変わられた散乱光ごとの検出信号を処理して欠陥情報を抽出する欠陥情報抽出工程とを有することを特徴とする検査方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の検査方法であって、前記集光工程において、前記サンプルに対して複数の仰角方向から散乱光を集光し、前記光電変換工程において、前記複数の仰角方向で集光した散乱光をそれぞれ光電変換することを特徴とする検査方法。
- [請求項3] 請求項1に記載の検査方法であって、前記集光工程において、前記サンプルからの反射光と透過光とをそれぞれ集光し、前記光電変換工程において、前記集光した反射光と透過光とをそれぞれ光電変換することを特徴とする検査方法。
- [請求項4] 請求項2または3に記載の検査方法であって、前記欠陥情報抽出工程において、前記光電変換工程で光電変換された複数の検出信号を個別に処理することを特徴とする検査方法。
- [請求項5] 請求項2または3に記載の検査方法であって、前記欠陥情報抽出工程において、
前記光電変換工程で光電変換された複数の検出信号を統合して処理す

ることを特徴とする検査方法。

[請求項6] 請求項1に記載の検査方法であって、前記パルスレーザ生成工程で生成するパルスレーザが、近赤外域、または可視域のパルスレーザであることを特徴とする検査方法。

[請求項7] 請求項1に記載の検査方法であって、前記パルス幅伸張工程で波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを光増幅する光増幅工程を更に有し、該光増幅工程で増幅されたパルスレーザを前記照射工程において前記サンプルに照射することを特徴とする検査方法。

[請求項8] パルスレーザを生成する光源と、
該光源で生成したパルスレーザの波長に応じて該パルスレーザの遅延量を変化させるパルス幅伸張部と、
該パルス幅伸張部で波長に応じて遅延量を変化させたパルスレーザを空間的に広げる回折素子と、
該回折格子により空間的に広げられた波長に応じて遅延量に変化させられたパルスレーザをサンプルに対して垂直な方向からサンプルに照射する照明光学系と、
該照明光学系により前記パルスレーザが照射されたサンプルからの散乱光のうち前記垂直な方向とは異なる第1の方向に散乱した光を集光する集光光学系と、
該集光光学系により集光された前記サンプルからの散乱光を光電変換する光電変換部と、
該光電変換部で光電変換された検出信号を処理する信号処理部とを備えたことを特徴とする検査装置。

[請求項9] 請求項8に記載の検査装置であって、前記集光光学系は前記第1の方向とは異なる複数の方向に散乱した光をそれぞれ集光する複数の集光部を有することを特徴とする検査装置。

[請求項10] 請求項8に記載の検査装置であって、前記集光光学系は照明光学系により前記パルスレーザが照射されたサンプルからの反射光を検出する

反射光集光部と、前記サンプルを透過した透過光を検出する透過光集光部とを含む複数の集光部を有することを特徴とする検査装置。

[請求項11] 請求項9又は10に記載の検査装置であって、前記光電変換部は、前記集光光学系の複数の集光部のそれぞれで集光された前記サンプルからの反射光又は透過光をそれぞれ光電変換する複数の光電変換器を有し、前記信号処理部は前記光電変換部の前記複数の光電変換器で光電変換された検出信号を個別に処理することを特徴とする検査装置。

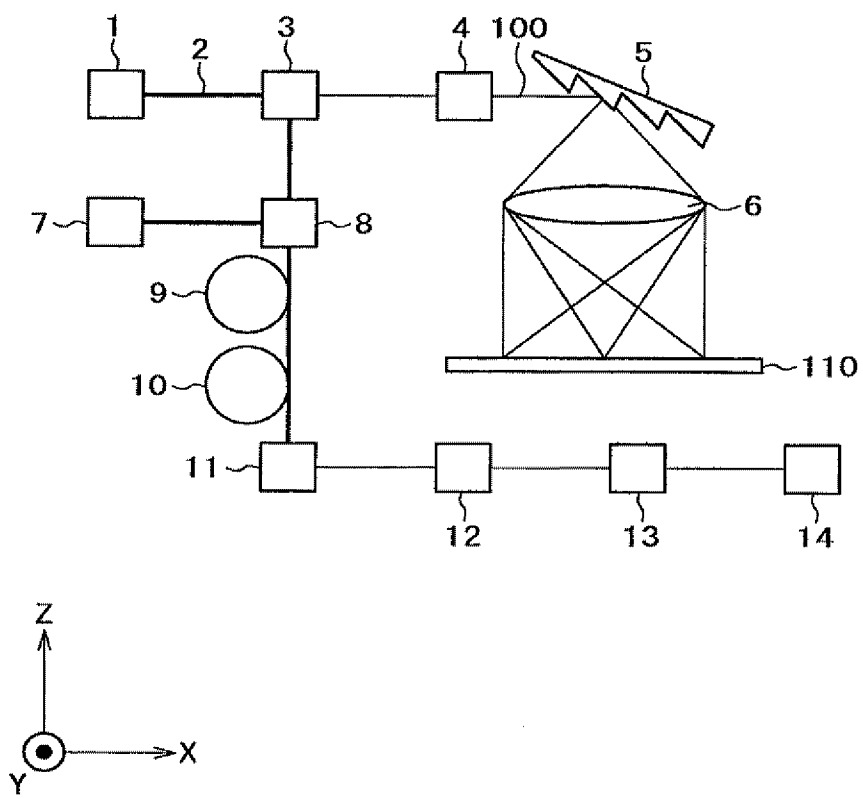
[請求項12] 請求項9又は10に記載の検査装置であって、前記光電変換部は、前記集光光学系の複数の集光部のそれぞれで集光された前記サンプルからの反射光又は透過光をそれぞれ光電変換する複数の光電変換器を有し、前記信号処理部は前記光電変換部の前記複数の光電変換器で光電変換された検出信号を統合して処理することを特徴とする検査装置。

[請求項13] 請求項8に記載の検査装置であって、前記光源は、近赤外域、または可視域のパルスレーザを生成することを特徴とする検査装置。

[請求項14] 請求項8に記載の検査装置であって、前記パルス幅伸張部で波長に応じて遅延量を変えたパルスレーザを光増幅する光増幅部を更に有し、該光増幅部で増幅されたパルスレーザを前記照射光学系を介して前記サンプルに照射することを特徴とする検査装置。

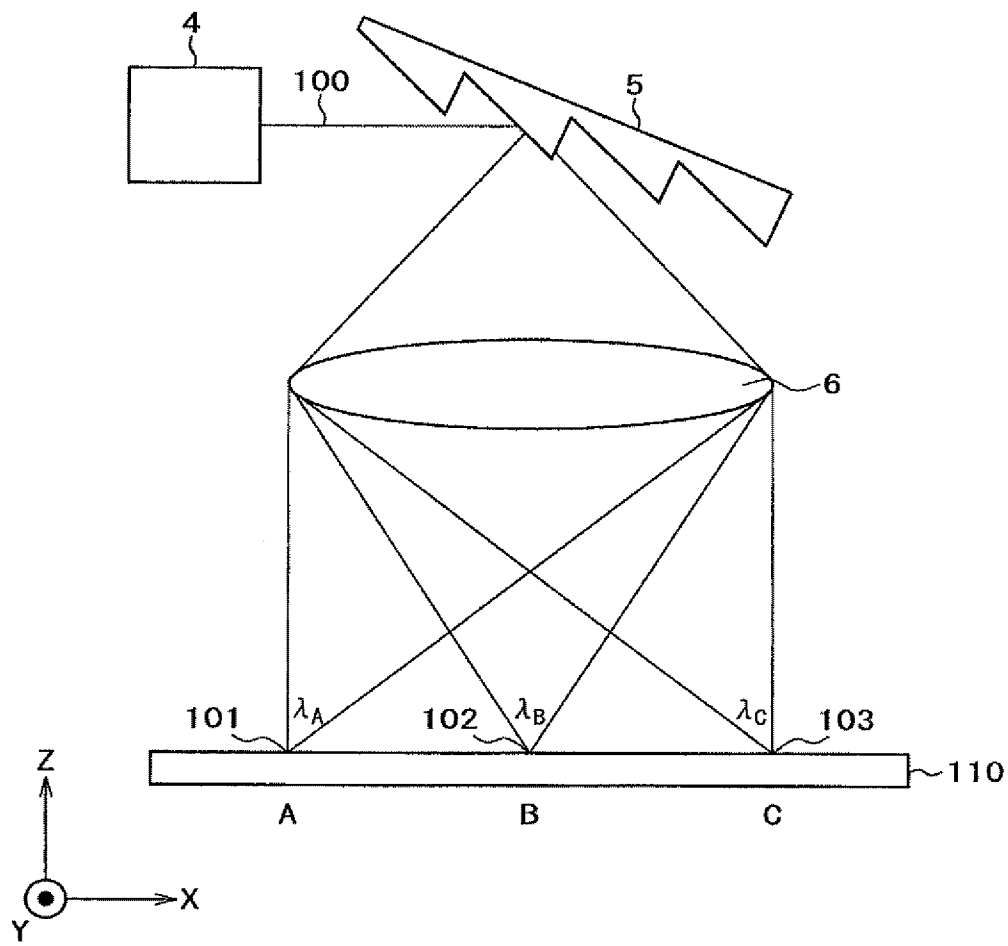
[図1]

図 1



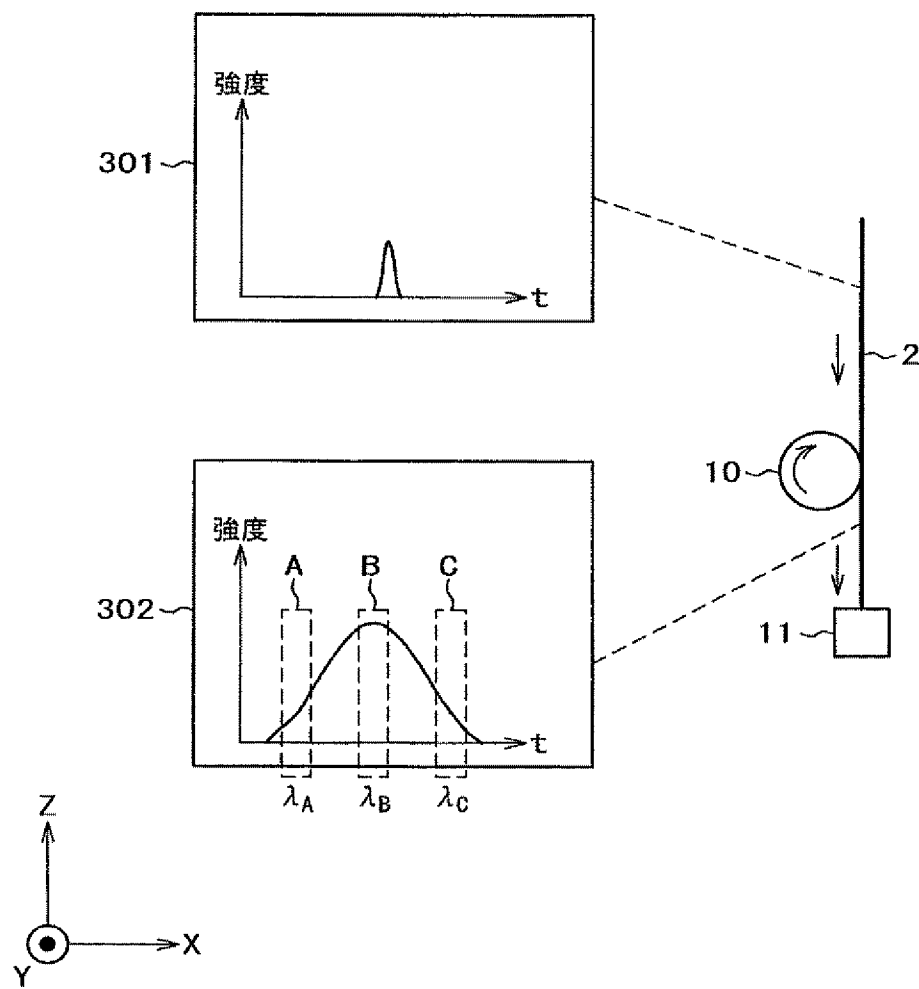
[図2]

図 2



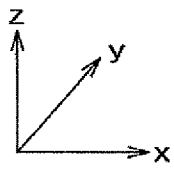
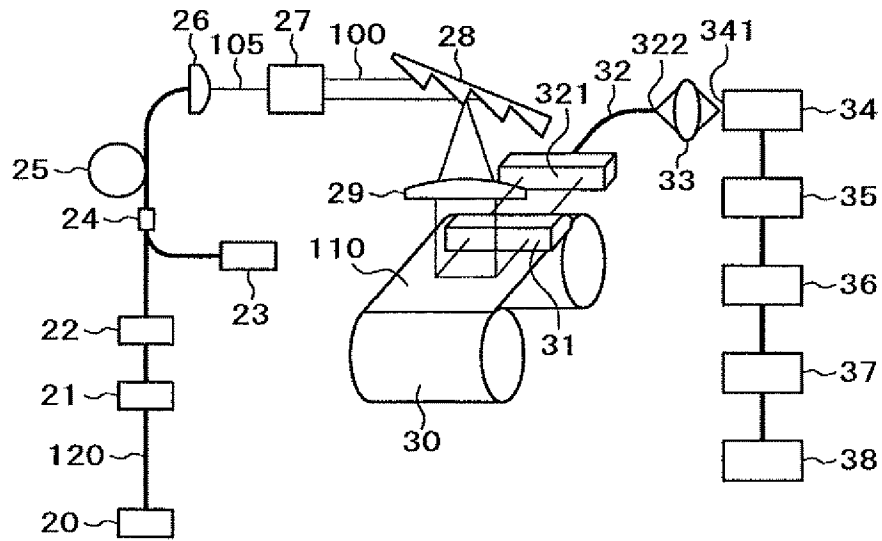
[図3]

図 3



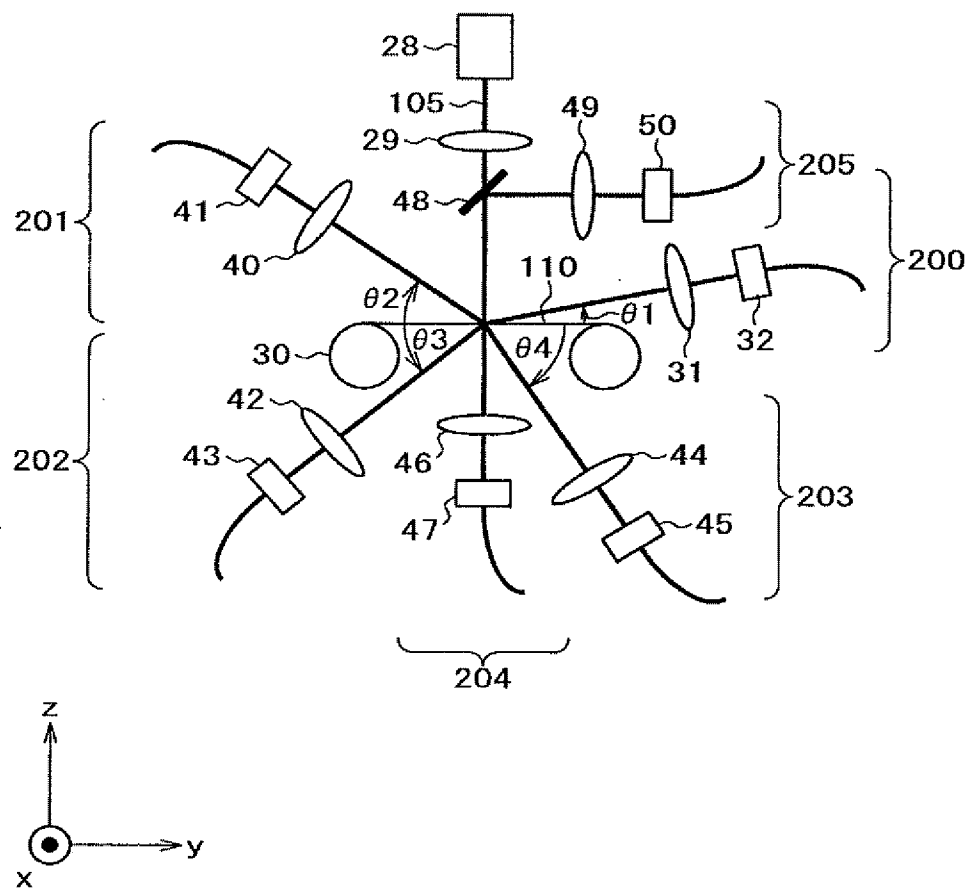
[図4]

図 4



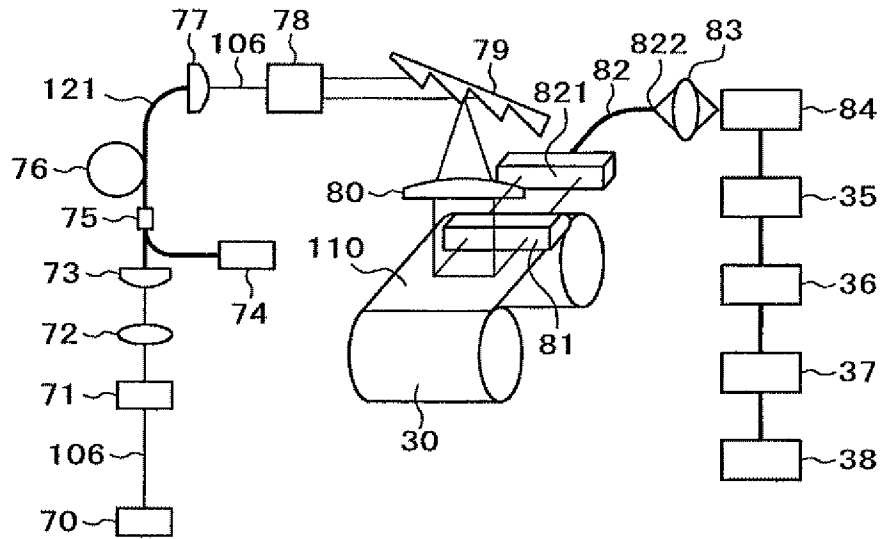
[図5]

図 5



[図6]

図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/956(2006.01) i, G01N21/892(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)

G01N21/956, G01N21/892

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 2011-529230 A (The Regents of the University of California), 01 December 2011 (01.12.2011), entire text; all drawings & WO 2010/011875 A2	1-14
Y	JP 2009-509689 A (The General Hospital Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), entire text; all drawings & WO 2007/038787 A1	1-14
Y	JP 2000-174370 A (Sony Corp.), 23 June 2000 (23.06.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

☒ 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
11 March, 2014 (11.03.14)

Date of mailing of the international search report
25 March, 2014 (25.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052088

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-128639 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 30 April 1992 (30.04.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
Y	JP 63-295952 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 02 December 1988 (02.12.1988), entire text; all drawings & WO 1988/009497 A1	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01N21/956(2006.01)i, G01N21/892(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（I P C））

Int.Cl. G01N21/956, G01N21/892

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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
Y	JP 2011-529230 A（ザ リージェンツ オブ ザ ユニヴァーシティー オブ カリフォルニア）2011.12.01, 全文全図 & WO 2010/011875 A2	1-14
Y	JP 2009-509689 A（ザ ジェネラル ホスピタル コーポレイション） 2009.03.12, 全文全図 & WO 2007/038787 A1	1-14

☒ 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
11.03.2014

国際調査報告の発送日
25.03.2014

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A/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） 森口 正治	2W	9403
電話番号 03-3581-1101 内線 3292		

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	JP 2000-174370 A (ソニー株式会社) 2000. 06. 23, 全文全図 (ファミリーなし)	1-14
Y	JP 4-128639 A (三菱レイヨン株式会社) 1992. 04. 30, 全文全図 (ファミリーなし)	1-14
Y	JP 63-295952 A (日本板硝子株式会社) 1988. 12. 02, 全文全図 & WO 1988/009497 A1	1-14