

(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2020-170089

(P2020-170089A)

(43) 公開日 令和2年10月15日(2020.10.15)

(51) Int.Cl.			F I		テーマコード (参考)
GO3B	39/06	(2006.01)	GO3B	39/06	2H045
GO2B	26/10	(2006.01)	GO2B	26/10	Z 4E168
HO4N	5/335	(2011.01)	HO4N	5/335	5C024
B23K	26/03	(2006.01)	B23K	26/03	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2019-71419 (P2019-71419)
 (22) 出願日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(71) 出願人 000134051
 株式会社ディスコ
 東京都大田区大森北二丁目13番11号
 (74) 代理人 100075177
 弁理士 小野 尚純
 (74) 代理人 100113217
 弁理士 奥貫 佐知子
 (74) 代理人 100202496
 弁理士 鹿角 剛二
 (74) 代理人 100202692
 弁理士 金子 吉文
 (72) 発明者 能丸 圭司
 東京都大田区大森北二丁目13番11号
 株式会社ディスコ内

最終頁に続く

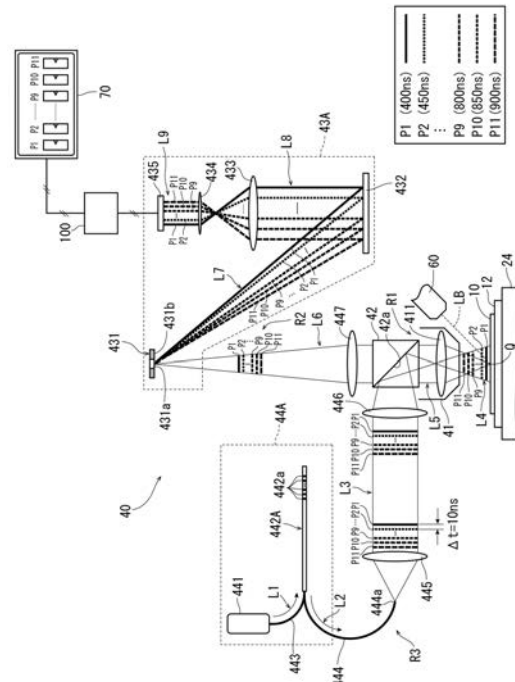
(54) 【発明の名称】 超高速撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 より高い分解能で撮像できる超高速撮像装置を提供する。

【解決手段】 超高速撮像装置の撮像手段40は、被撮像物10に対向する対物レンズ411から延びる第一の光路R1に配設されたビームスプリッター42から延びる第二の光路R2に配設された画像処理手段43Aと、第三の光路R3に配設された照明手段44Aとを含み、照明手段44Aは、ブロードバンドパルス光源441と、ブロードバンドパルス光源441から出力された1パルスの光L1を複数の波長に分光すると共に時間差を生じさせる分光器442Aとを備え、画像処理手段43Aは、時間差をもって被撮像物10に照射された戻り光L6を波長毎に角度を変えて分光する回折格子431、432と、回折格子431、432によって分光された戻り光L8を波長に対応した角度毎の領域で分解写真の如く撮像するイメージセンサー435と、から少なくとも構成される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超高速撮像装置であって、

被撮像物を支持する支持手段と、該支持手段に支持された被撮像物を撮像する撮像手段とを備え、

該撮像手段は、該支持手段に支持された被撮像物に対向する対物レンズと、該対物レンズから延びる第一の光路に配設されたビームスプリッターと、該ビームスプリッターから延びる第二の光路に配設された画像処理手段と、該ビームスプリッターから延びる第三の光路に配設された照明手段とを含み、

該照明手段は、ブロードバンドパルス光源と、該ブロードバンドパルス光源から出力された 1 パルスの光を複数の波長に分光すると共に時間差を生じさせる分光器とを備え、

該画像処理手段は、時間差をもって該支持手段に支持された被撮像物に照射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光する回折格子と、該回折格子によって分光された戻り光を波長に対応した角度毎の領域で分解写真の如く撮像するイメージセンサーと、

から少なくとも構成される超高速撮像装置。

【請求項 2】

該イメージセンサーによって撮像された画像を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された画像を表示する表示手段と、を含む請求項 1 に記載の超高速撮像装置。

【請求項 3】

該回折格子は、第一の回折格子と、第二の回折格子とを備え、該第一の回折格子によって戻り光を波長毎に角度を変えて分光し、該第二の回折格子は、該第一の回折格子によって分光された戻り光を平行にして該イメージセンサーに導く請求項 1 に記載の超高速撮像装置。

【請求項 4】

該回折格子は、反射ミラーで所定の角度をもって反射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光し、コリメーションレンズを通して該イメージセンサーに導く請求項 1 に記載の超高速撮像装置。

【請求項 5】

該分光器は、該ブロードバンドパルス光源からの 1 パルスの光を複数の波長毎に角度を変えて分光する回折格子と、該回折格子が分光した波長毎に光路長が異なり時間差を生じさせる遅延ラインと、該遅延ラインによって波長毎に遅延した光を合波する合波器と、から構成される請求項 1 に記載の超高速撮像装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、支持手段に支持された被撮像物を高速度で連続して撮像する超高速撮像装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

IC、LSI 等の複数のデバイスが分割予定ラインによって区画され表面に形成された被撮像物は、切削ブレードを備えたダイシング装置、レーザー集光器を備えたレーザー加工装置等によって個々のデバイスチップに分割され携帯電話、パソコン等の電気機器に利用される。

【0003】

また、切削装置において、切削ブレードと被加工物とを、いわゆるハイスピードカメラで連続的に撮像し、切削加工が施されている最中のメカニズムを検証することが試みられている。ここで、切削ブレードの回転数が、例えば、30,000rpm 程度で、ハイスピードカメラの撮像コマ数が、例えば 45,000/秒である場合には、切削ブレードが

10

20

30

40

50

1回転する間の様子を90コマ程度の画像に納めることができることから、切削ブレードによる切削加工の様子を検証することは十分に可能である。

【0004】

他方、例えば、レーザー光線を照射することにより加工を実施して加工痕を形成する（例えば、特許文献1を参照）際のメカニズムを検証したり、破壊試験等を実施してクラックを生じさせる際に、該クラックがどのように伝播して形成されるかについてそのメカニズムを検証したりする場合、上記した従来一般的に知られたハイスピードカメラの分解能が、せいぜい数万コマ/秒程度であることから、該メカニズムを十分に検証することができず、より高い分解能で撮像できる超高速撮像装置が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2014-221483号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記事実に鑑みなされたものであり、その主たる技術課題は、より高い分解能で撮像できる超高速撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記主たる技術課題を解決するため、本発明によれば、超高速撮像装置であって、被撮像物を支持する支持手段と、該支持手段に支持された被撮像物を撮像する撮像手段とを備え、該撮像手段は、該支持手段に支持された被撮像物に対向する対物レンズと、該対物レンズから延びる第一の光路に配設されたビームスプリッターと、該ビームスプリッターから延びる第二の光路に配設された画像処理手段と、該ビームスプリッターから延びる第三の光路に配設された照明手段とを含み、該照明手段は、ブロードバンドパルス光源と、該ブロードバンドパルス光源から出力された1パルスの光を複数の波長に分光すると共に時間差を生じさせる分光器とを備え、該画像処理手段は、時間差をもって該支持手段に支持された被撮像物に照射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光する回折格子と、該回折格子によって分光された戻り光を波長に対応した角度毎の領域で分解写真の如く撮像するイメージセンサーと、から少なくとも構成される超高速撮像装置が提供される。

【0008】

該イメージセンサーによって撮像された画像を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された画像を表示する表示手段と、を含むことが好ましい。

【0009】

該回折格子は、第一の回折格子と、第二の回折格子とを備え、該第一の回折格子によって戻り光を波長毎に角度を変えて分光し、該第二の回折格子は、該第一の回折格子によって分光された戻り光を平行にして該イメージセンサーに導くようにしてもよい。また、該回折格子は、反射ミラーで所定の角度をもって反射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光し、コリメーションレンズを通して該イメージセンサーに導くようにしてもよい。

【0010】

該分光器は、該ブロードバンドパルス光源からの1パルスの光を複数の波長毎に角度を変えて分光する回折格子と、該回折格子が分光した波長毎に光路長が異なり時間差を生じさせる遅延ラインと、該遅延ラインによって波長毎に遅延した光を合波する合波器と、から構成されるようにしてもよい。

【発明の効果】

【0011】

本発明の超高速撮像装置は、被撮像物を支持する支持手段と、該支持手段に支持された被撮像物を撮像する撮像手段とを備え、該撮像手段は、該支持手段に支持された被撮像物に対向する対物レンズと、該対物レンズから延びる第一の光路に配設されたビームスプ

10

20

30

40

50

リッターと、該ビームスプリッターから延びる第二の光路に配設された画像処理手段と、該ビームスプリッターから延びる第三の光路に配設された照明手段とを含み、該照明手段は、ブロードバンドパルス光源と、該ブロードバンドパルス光源から出力された1パルスの光を複数の波長に分光すると共に時間差を生じさせる分光器とを備え、該画像処理手段は、時間差をもって該支持手段に支持された被撮像物に照射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光する回折格子と、該回折格子によって分光された戻り光を波長に対応した角度毎の領域で分解写真の如く撮像するイメージセンサーと、から少なくとも構成されることにより、例えば、10 nsの時間差をもって被撮像物に照射された戻り光を波長毎に角度を変えて分光し、該分光された戻り光を波長に対応した角度毎の領域で分解写真の如く撮像することができるので、10 ns / 1秒、すなわち、1 / 1億の分解能の超高速画像を容易に取得することが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】超高速撮像装置の斜視図である。

【図2】図1に示す超高速撮像装置に配設される撮像手段のブロック図である。

【図3】超高速撮像装置の支持手段に支持された被撮像物の平面図である。

【図4】図2に示す撮像手段に配設される画像処理手段の他の実施形態を示す図である。

【図5】図2に示す撮像手段に配設される照明手段の他の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

20

以下、本発明に基づき構成される超高速撮像装置に係る実施形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

図1には、本実施形態の超高速撮像装置1の斜視図が示されている。超高速撮像装置1は、被撮像物10を支持する支持手段20と、支持手段20を移動させる移動手段30と、被撮像物10を撮像する撮像手段40と、アライメント手段50と、を備えている。さらに、本実施形態では、被撮像物10に対してレーザー光線LBを照射する際のメカニズムを検証すべく、支持手段20に支持される被撮像物10にレーザー光線LBを照射するレーザー光線照射手段60も配設されている。

【0015】

30

支持手段20は、図中に矢印Xで示すX軸方向において移動自在に基台2に載置される矩形のX軸方向可動板21と、図中に矢印Yで示すY軸方向において移動自在にX軸方向可動板21に載置される矩形のY軸方向可動板22と、Y軸方向可動板22の上面に固定された円筒状の支柱23と、支柱23の上端に固定された矩形のカバー板26とを含む。カバー板26には、カバー板26上に形成された長穴26aを通過して上方に延びる円形状のチャックテーブル24が配設されている。チャックテーブル24は被撮像物10を支持し、図示しない回転駆動手段により回転可能に構成されている。チャックテーブル24の上面には、多孔質材料から形成され実質上水平に延在する円形状の吸着チャック(図示は省略)が配置されている。なお、図1では、チャックテーブル24の上面に中央に被撮像物10を接着した円形状のプレート12を配し、プレート12を介して被撮像物10がチャックテーブル24に支持されている。

40

【0016】

移動手段30は、基台2上に配設され、支持手段20をX軸方向に移動するX軸方向移動手段31と、支持手段20をY軸方向に移動させるY軸方向移動手段32と、を備えている。X軸方向移動手段31は、パルスモータ33の回転運動を、ボールねじ34を介して直線運動に変換してX軸方向可動板21に伝達し、基台2上の案内レール2a、2aに沿ってX軸方向可動板21をX軸方向において進退させる。Y軸方向移動手段32は、パルスモータ35の回転運動を、ボールねじ36を介して直線運動に変換してY軸方向可動板22に伝達し、X軸方向可動板21上の案内レール21a、21aに沿ってY軸方向可動板22をY軸方向において進退させる。なお、図示は省略するが、X軸方向移動手段3

50

1、Y軸方向移動手段32、及びチャックテーブル24には、位置検出手段が配設されており、チャックテーブル24のX軸方向の位置、Y軸方向の位置、周方向の回転位置が正確に検出される。チャックテーブル24の位置は、後述する制御手段100に伝達され、制御手段100から指示される指示信号に基づいて、X軸方向移動手段31、Y軸方向移動手段32、及び図示しないチャックテーブル24の回転駆動手段が駆動され、任意の座標位置、及び回転角度にチャックテーブル24を位置付けることが可能である。

【0017】

移動手段30の側方には、枠体4が立設される。枠体4は、基台2上に配設される垂直壁部4a、及び垂直壁部4aの上端部から水平方向に延びる水平壁部4bと、を備えている。枠体4の水平壁部4bの内部には、撮像手段40の光学系が内蔵されている。図1に加え、図2に示す撮像手段40のブロック図を参照しながら、撮像手段40の概略構成について説明する。

10

【0018】

撮像手段40は、支持手段20に支持された被撮像物10に対向する撮像器41に内蔵された対物レンズ411と、対物レンズ411から延びる第一の光路R1に配設されたビームスプリッター42と、ビームスプリッター42から一方に延びる第二の光路R2に配設された画像処理手段43Aと、ビームスプリッター42から他方に延びる第三の光路R3に配設された照明手段44Aとを少なくとも含む。

【0019】

照明手段44Aは、ブロードバンドパルス光源441と、ブロードバンドパルス光源441から出力された1パルスの光を複数の波長に分光すると共に時間差を生じさせる分光器442Aとを備える。ブロードバンドパルス光源441は、広帯域のパルス状の光を発振することが可能な光源であり、例えば、パルスレーザー発振器、Super Continuum光源、フラッシュランプ等から構成することが可能である。

20

【0020】

ブロードバンドパルス光源441は、例えば、以下のような条件で光を照射することが可能になっている。

波長	: 400nm ~ 900nm
出力	: 100W
繰り返し周波数	: 1kHz ~ 1MHz
パルス幅	: 100ns ~ 100ps

30

【0021】

分光器442Aは、一例として、図2に示すFBG(Fiber Bragg Grating)によって実現される。FBGは、光ファイバー内の所定の位置に複数の回折格子を所定の間隔で刻むことで反射部442aを形成し、反射部442aにおいて入力された光の特定の波長成分の光のみを反射させることができる。このような所定の波長の光を反射させる反射部442aを、光ファイバー内において所定の距離を置いて複数配設し、ブロードバンドパルス光源441から発振された光L1を、複数の波長の光に分光すると共に、波長に応じて分光された各光に該所定の距離に応じた時間差を生じさせて出力する。より具体的には、ブロードバンドパルス光源441から発振された400nm~900nmの波長を含む広帯域の光(白色光)であるパルス光L1を、光ファイバー443を介してFBGによって構成される分光器442Aに導入し、分光器442Aによって、該光L1を50nm間隔の波長(400nm、450nm・・・850nm、900nm)で分光し、それぞれの波長に応じて、10nsの時間差を生じさせた分光P1~P11からなる光L2とする。分光器442Aによって分光された光L2は、分光器442Aに接続された光ファイバー444に導かれ、端部444aから外部に出力される。

40

【0022】

光ファイバー444の端部444aから出力された光L2は、コリメーションレンズ445を介して平行光L3とされ、集光レンズ446によって集光されると共に、ビームスプリッター42に導かれる。上記したように、平行光L3は、波長に応じて、10nsの

50

時間差を生じさせた分光 P 1 ~ P 1 1 から構成される。図では説明の都合上、P 1、P 2、P 9、P 1 0、及び P 1 1 のみを表示しているが、実際は、P 3 ~ P 8 も含まれている。ビームスプリッター 4 2 に導かれた平行光 L 3 は、ビームスプリッター 4 2 の斜面 4 2 a で所定の割合で反射し、ビームスプリッター 4 2 及び対物レンズ 4 1 1 を含む第一の光路 R 1 側に導かれ、対物レンズ 4 1 1 を介して照明光 L 4 として被撮像物 1 0 に照射される。

【 0 0 2 3 】

照明光 L 4 が照射された被撮像物 1 0 で反射した戻り光 L 5 は、対物レンズ 4 1 1 で平行光とされて、ビームスプリッター 4 2 に戻り、ビームスプリッター 4 2 の斜面 4 2 a を透過して集光レンズ 4 4 7 によって集光された戻り光 L 6 となり、画像処理手段 4 3 A に導かれる。なお、ビームスプリッター 4 2 から延びる画像処理手段 4 3 A が配設された光路を第二の光路 R 2 とする。

10

【 0 0 2 4 】

画像処理手段 4 3 A は、被撮像物 1 0 から反射して伝達された戻り光 L 6 によって被撮像物 1 0 を撮像する手段であり、より具体的には、戻り光 L 6 を分光する第一の回折格子 4 3 1 及び第二の回折格子 4 3 2 と、を備える。第一の回折格子 4 3 1 は、戻り光 L 6 を波長毎に角度が変えられ分光された戻り光 L 7 とするものであり、第二の回折格子 4 3 2 は、戻り光 L 7 を波長毎に角度が調整されて平行に調整された戻り光 L 8 とするものである。戻り光 L 8 は、集光レンズ 4 3 3 及びコリメーションレンズ 4 3 4 により、その拡がり範囲が調整された戻り光 L 9 としてイメージセンサー 4 3 5 に導かれる。イメージセンサー 4 3 5 は、制御手段 1 0 0 に接続される。

20

【 0 0 2 5 】

制御手段 1 0 0 は、コンピュータにより構成され、制御プログラムに従って演算処理する中央演算処理装置 (CPU) と、制御プログラム等を格納するリードオンリメモリ (ROM) と、撮像した画像情報等を一時的に格納するための読み書き可能なランダムアクセスメモリ (RAM) と、入力インターフェース、及び出力インターフェースとを備えている (詳細についての図示は省略)。イメージセンサー 4 3 5 によって撮像された画像情報は、制御手段 1 0 0 のメモリ (RAM) によって構成される記憶手段 1 1 0 に記憶されると共に、制御手段 1 0 0 の出力インターフェースを介して接続された表示手段 7 0 に出力することができる。画像処理手段 4 3 A をこのように構成することで、イメージセンサー 4 3 5 は、被撮像物 1 0 で反射されて伝送された戻り光 L 9 に基づいて被撮像物 1 0 を 1 0 n s の時間間隔で分解写真の如く撮像することができる。なお、制御手段 1 0 0 には、超高速撮像装置 1 に配設される各種センサーや、種々の作動部、例えば、X 軸方向移動手段 3 1、Y 軸方向移動手段 3 2、レーザー光線照射手段 6 0 等も接続され、制御手段 1 0 0 によって制御される。

30

【 0 0 2 6 】

図 1 に戻り説明を続けると、枠体 4 の水平壁部 4 b の内部には、さらに、レーザー光線照射手段 6 0 の光学系 (図示は省略する) が内蔵されている。水平壁部 4 b の先端部下面には、レーザー光線照射手段 6 0 の一部を構成する集光器 6 2 が配設され、集光器 6 2 の内部には、図示しない集光レンズ等が内蔵されている。レーザー光線照射手段 6 0 には、レーザー発振器 (図示は省略する) が配設され、該レーザー発振器から発振されたレーザー光線 L B は集光器 6 2 によって集光され、支持手段 2 0 に保持される被撮像物 1 0 の所定の照射位置に照射される。

40

【 0 0 2 7 】

アライメント手段 5 0 は、水平壁部 4 b の先端部下面において、撮像手段 4 0 の撮像器 4 1 の X 軸方向で隣接する位置に配設される。アライメント手段 5 0 は、可視光線を照射する照明手段と、可視光線により撮像する撮像素子 (CCD) と、を備えている。アライメント手段 5 0 によって被撮像物 1 0 を撮像することにより、撮像器 4 1 によって撮像する位置と、チャックテーブル 2 4 に支持された被撮像物 1 0 の撮像すべき位置との位置合わせが精密に行われる。

50

【0028】

本実施形態の超高速撮像装置1は、概ね上記したとおりの構成を備えており、この超高速撮像装置1を用いて、支持手段20に支持された被撮像物10に対してレーザー光線LBを照射して加工痕を形成するプロセスを、超高速撮像装置1により分解写真の如く撮像する手順について説明する。

【0029】

先ず、図1に基づいて説明したように、長方形のプレート状に形成された、例えばシリコン(Si)からなる被撮像物10を円形のプレート12の中央に接着したものを用意し、チャックテーブル24に載置して、図示しない吸引手段を作動させることにより吸引支持させる。

【0030】

上記したように支持手段20のチャックテーブル24に被撮像物10を支持したならば、X軸方向移動手段31、Y軸方向移動手段32を作動して、チャックテーブル24を移動して、被撮像物10をアライメント手段50の直下に位置付け、レーザー光線LBを照射する照射位置の位置を検出する。なお、照射位置には、所望のマーキングが施されていることが好ましい。

【0031】

アライメント手段50により照射位置の検出が行われたならば、移動手段30を作動して、被撮像物10の照射位置を、対物レンズ411を備えた撮像器41の直下に位置付ける。図3に、対物レンズ411側から見た被撮像物10を示し、レーザー光線照射手段60によって照射されるレーザー光線LBの照射位置Qと、対物レンズ411によって焦点が合わせられて撮像される領域Aを点線で示す。

【0032】

被撮像物10を撮像器41の直下に位置付けたならば、図2に示す撮像手段40の照明手段44Aを作動する。照明手段44Aを作動することにより、ブロードバンドパルス光源441から光ファイバー443を介して、パルス幅が100nsの広帯域の光L1が分光器442Aに導入される。分光器442Aは、分光器442Aに導入された光L1を50nm間隔の波長(400nm、450nm・・・800nm、850nm、900nm)の光に分光すると共に、分光された各光に対して10nsの時間差を生じさせた光L2とし、光ファイバー444を介して出力する。光ファイバー444の端部444aから照射された光L2は、コリメーションレンズ445により平行光とされ、10nsの時間差で波長が400nm、450nm・・・800nm、850nm、900nmである分光P1～分光P11(平行光L3)として出力される。なお、ブロードバンドパルス光源441からは、所定の周波数に応じて、広帯域のパルス状の白色の光L1が繰り返し照射され、各パルス状の光L1に対応して、各光L1が分光器442によって上記のように分光される。

【0033】

上記した平行光L3は、集光レンズ446を経てビームスプリッター42に導入され、斜面42aにて所定の割合で反射されて、チャックテーブル24側に光路が変更され光L4となる。ビームスプリッター42によって光路が変更された光L4は、対物レンズ411を経て被撮像物10に導かれる。これに合わせ、被撮像物10の照射位置Qに対して、レーザー光線照射手段60から加工用のレーザー光線LBが照射される。

【0034】

レーザー光線LBが照射された照射位置Qを含む領域A(図3を参照)、及び領域Aの周辺領域を含む範囲で反射した戻り光L5を、対物レンズ411にて平行光としてビームスプリッター42に導き、ビームスプリッター42を透過させる。ビームスプリッター42を透過した戻り光L5は、集光レンズ447にて集光された戻り光L6とされ、画像処理手段43Aに導かれる。

【0035】

画像処理手段43Aに導入された戻り光L6は、まず、第一の回折格子431に導かれ

10

20

30

40

50

る。第一の回折格子431には、回折格子として機能する中心部431aと、回折格子として機能しないようにマスク処理が施されたマスク部431bが形成されており、レーザー光線LBが照射された領域Aを、より狭い照射位置Q近傍のみに制限する1次元マスクとしての機能を備えている。第一の回折格子431に導かれた戻り光L6は、図2に示す如く分光されて、波長毎に角度を変えて拡がりをもつ戻り光L7とされる。

【0036】

第一の回折格子431にて分光された戻り光L7は、第二の回折格子432に導かれて各波長の分光P1~P11が平行な戻り光L8とされる。第二の回折格子432で反射して平行とされた戻り光L8は、集光レンズ433、コリメーションレンズ434にて、イメージセンサー435の撮像領域に合うように拡がり範囲が調整されて、イメージセンサー435に導かれる。

10

【0037】

イメージセンサー435には、10nsの時間間隔で被撮像物10上に照射された分光P1~P11によって被撮像物10にレーザー光線LBが照射された際のプロセスが、第一の回折格子431、第二の回折格子432によって角度が変えられた状態で画像情報として伝達される。

【0038】

イメージセンサー435にて撮像された上記画像情報は、制御手段100に配設された記憶手段110にて記憶されると共に、制御手段100に接続された表示手段70に出力され、図2に示す如く、分光P1~P11に対応して連続的に表示される。分光P1~P11は、10ns毎に被撮像物10の照射位置Qを含む領域Aを捉えたものであり、合計100nsの時間の間の変化を、10ns間隔で分解写真の如く撮像して画像情報として出力している。すなわち、この画像処理手段43Aで捕えられる分解画像の分解能は10ns/秒であることから、1/1億の分解能の超高速画像であり、被撮像物10が、レーザー光線LBで高速で加工される際のメカニズムを正確に検証することができる。さらに、ブロードバンドパルス光源441の繰り返し周波数と、分光器442Aによって分光P1~P11に生じさせられる時間間隔とを適宜調整することで、さらに連続的に被撮像物10が加工される際のメカニズムを検証することも可能である。

20

【0039】

本発明によれば、上記した実施形態に限定されず、種々の変形例が提供される。図2に示す撮像手段40に配設された画像処理手段43Aでは、第一の回折格子431及び第二の回折格子432によって、被撮像物10に照射され反射した戻り光を波長毎に角度を変えて分光するようにしたが、本発明はこれに限定されず、図4に示す他の画像処理手段43Bを採用することもできる。なお、図4に示す画像処理手段43Bを採用した撮像手段40は、図4に示す他の画像処理手段43Bを除き、図2に示す撮像手段40と同様の構成であることからその説明を省略する。図4に示す画像処理手段43Bでは、図2に示す第一の回折格子431及び第二の回折格子432に代えて、反射ミラー45及び第三の回折格子46が配設されている。反射ミラー45は、画像処理手段43Bに導入される50nm間隔の波長(400nm、450nm・・・850nm、900nm)で分光された分光P1~P11を含む戻り光L6を反射してその光路方向を調整して戻り光L7'とする。なお、反射ミラー45にも反射ミラーとして機能する中心部45aと反射ミラーとして機能しないようにマスク処理されたマスク部45bが形成されており、レーザー光線LBが照射された領域Aに対し、より狭い領域に撮像領域を制限する1次元マスクとしての機能を有する。

30

40

【0040】

戻り光L7'は、第三の回折格子46に導かれ、第三の回折格子46に導かれた戻り光L7'は、図4に示す如く分光されて、波長毎に角度を変えて拡がりをもつ戻り光L8'とされる。戻り光L8'は、コリメーションレンズ434によって平行光とされ、イメージセンサー435に導かれ、画像情報として捕えられる。イメージセンサー435に導かれた画像情報は、上記した実施形態と同様に、制御手段100に伝達され、制御手段1

50

00に配設された記憶手段110にて記憶されると共に、制御手段100に接続された表示手段70に出力されて分光P1~P11に対応して、図2に示すような10ns間隔で分解写真の如く撮像した画像情報となる。

【0041】

さらに、本発明は、上記した実施形態の照明手段44Aに代えて、図5に示す他の照明手段44Bを採用することができる。図5を参照しながら、他の照明手段44Bについて説明する。

【0042】

図5に示す照明手段44Bにも、照明手段44Aと同様のブロードバンドパルス光源441が配設される。ブロードバンドパルス光源441から照射される広帯域の光L1は、光ファイバー443を介して、分光器442Bに導入される。分光器442Bに導入された光L1は、分光器442Bに配設されたコリメーションレンズ448によって平行光とされて、第四の回折格子47に導かれる。第四の回折格子47に導かれた光L1は、第四の回折格子47によって波長に応じて角度を変えられ50nm間隔の波長(400nm、450nm・・・850nm、900nm)で分光された分光P1~P11を含む光L10となり、光L10が反射ミラー48に導かれる。なお、図5では、波長毎の光軸のみを示しているが、実際には、波長に応じて連続的に角度が変更された光となって照射される。

10

【0043】

反射ミラー48によって反射された光L10は、コリメーションレンズ449によって平行な光L11とされて、第四の回折格子47が分光した波長毎に光路長が異なり時間差を生じさせる遅延ライン49の導入部49Aに導入される。遅延ライン49は、長さの異なる11本の光ファイバー49a~49kによって構成され、光ファイバー49a~49kのそれぞれに、第四の回折格子47によって50nm間隔の波長毎に角度を変えられた波長(400nm、450nm・・・850nm、900nm)の分光P1~P11が導入される。遅延ライン49に導入された分光P1~P11は、遅延ライン49を構成する光ファイバー49a~49kを通り、合波器80に導入される。

20

【0044】

遅延ライン49を構成する光ファイバー49a~49kは、光ファイバー49aが最も短く、光ファイバー49b、光ファイバー49c・・・となるに従って順に長くなり、光ファイバー49kが最も長くなるように設定されている。この際、隣接する各光ファイバーの長さの差は、導入部49Aに同時に入射された光が10nsの時間間隔をもって合波器80に達するように設定される。合波器80に導入された分光P1~P11は、合波器80において合波され、光ファイバー444の端部444aから光L2として出力されて、撮像手段40のコリメーションレンズ445に導かれる。なお、上記した合波器80は、周知のファイバカプラ、積分ロッド(integration rod)等により構成することができる。この照明手段44Bによっても、図2に基づいて説明した照明手段44Aと全く同様の機能を奏することができる。

30

【0045】

上記した実施形態では、被撮像物10にレーザー光線照射手段60から照射されるレーザー光線LBを照射して加工痕を形成するプロセスを撮像すべく、超高速撮像手段1にレーザー光線照射手段60を配設したが、本発明では、必ずしも超高速撮像手段1にレーザー光線照射手段60を配設する必要はなく、超高速撮像手段1とは別に、レーザー光線照射手段60を用意してもよい。また、超高速撮像装置1に支持された被撮像物10に対して加工を施す手段として、必ずしもレーザー光線照射手段60を備える必要はなく、クラックの発生プロセスを撮像するために、被撮像物10に対して衝撃を付与する装置であってもよく、加工プロセスを撮像するために配設される手段は、特定の手段に限定されるものではない。

40

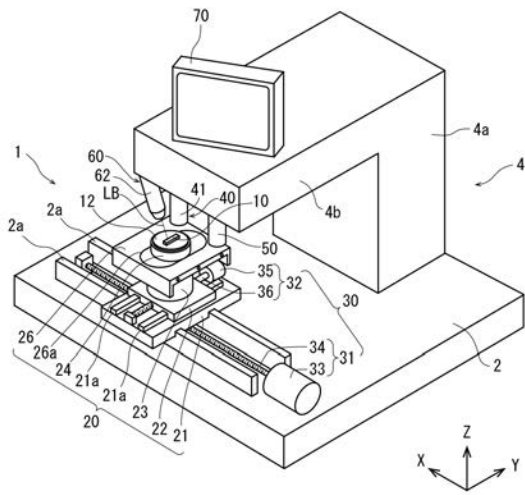
【符号の説明】

【0046】

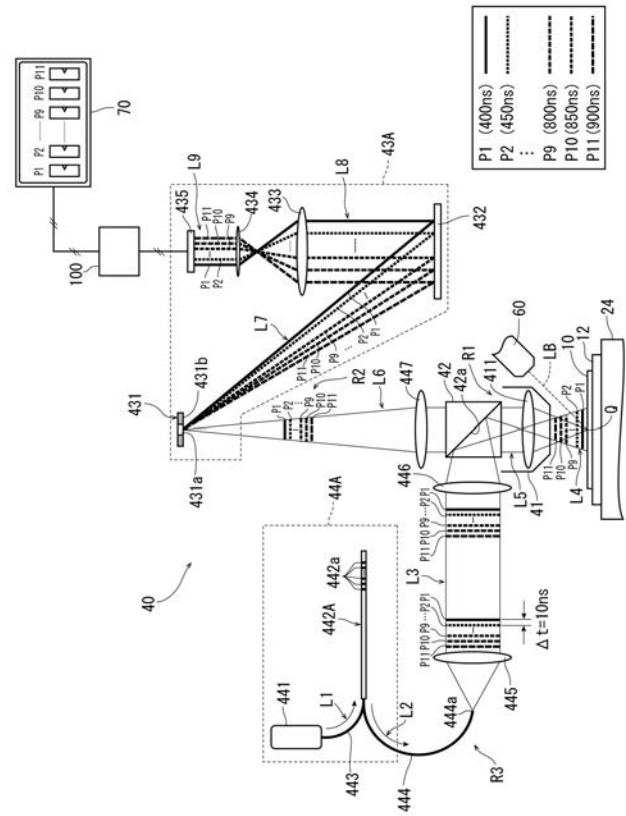
50

1	: 超高速撮像装置	
2	: 基台	
4	: 枠体	
10	: 被撮像物	
12	: プレート	
20	: 支持手段	
24	: チャックテーブル	
30	: 移動手段	
31	: X軸方向移動手段	
32	: Y軸方向移動手段	10
40	: 撮像手段	
41	: 撮像器	
411	: 対物レンズ	
42	: ビームスプリッター	
43A、43B	: 画像処理手段	
431	: 第一の回折格子	
432	: 第二の回折格子	
44A、44B	: 照明手段	
441	: ブロードバンドパルス光源	
442A、442B	: 分光器	20
45	: 反射ミラー	
46	: 第三の回折格子	
47	: 第四の回折格子	
49	: 遅延ライン	
50	: アライメント手段	
60	: レーザー光線照射手段	
62	: 集光器	
80	: 合波器	
R1	: 第一の光路	
R2	: 第二の光路	30
R3	: 第三の光路	

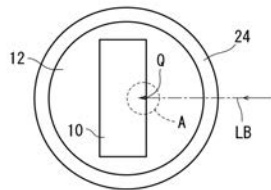
【 図 1 】



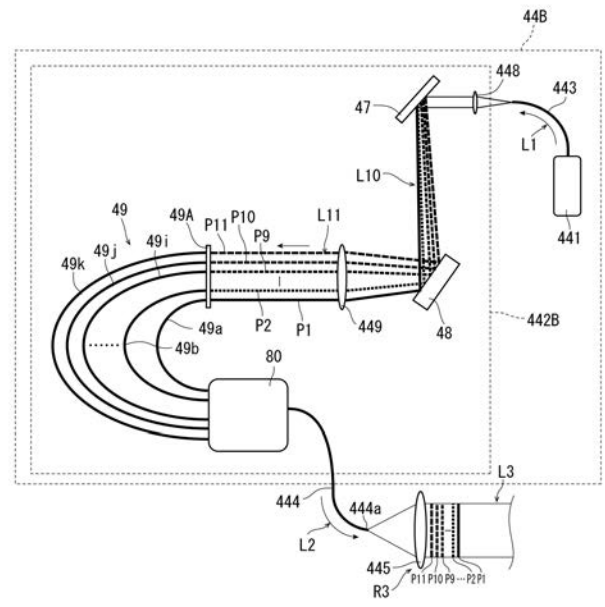
【 図 2 】



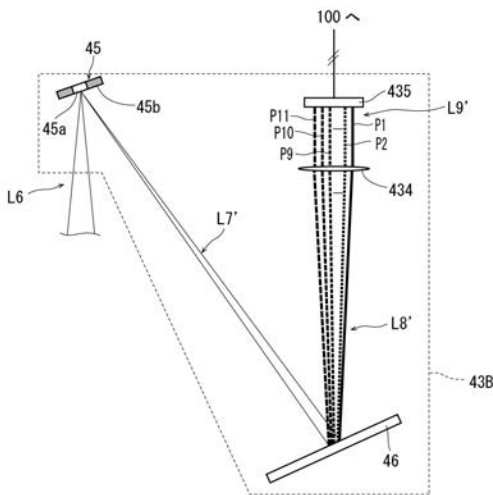
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 優作

東京都大田区大森北二丁目13番11号 株式会社ディスコ内

Fターム(参考) 2H045 AD00 BA02

4E168 CA06 CA07 HA01

5C024 AX01 AX06 CX37 CY04 EX31 EX41 HX58 HX60