

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4712151号  
(P4712151)

(45) 発行日 平成23年6月29日 (2011. 6. 29)

(24) 登録日 平成23年4月1日 (2011. 4. 1)

(51) Int. Cl.

F 1

G 0 2 B 21/06 (2006. 01)  
A 6 1 B 19/00 (2006. 01)G 0 2 B 21/06  
A 6 1 B 19/00 5 0 8

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-102275 (P2000-102275)  
 (22) 出願日 平成12年4月4日 (2000. 4. 4)  
 (65) 公開番号 特開2001-290079 (P2001-290079A)  
 (43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)  
 審査請求日 平成19年3月30日 (2007. 3. 30)

(73) 特許権者 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
 (74) 代理人 100084618  
 弁理士 村松 貞男  
 (74) 代理人 100100952  
 弁理士 風間 鉄也  
 (74) 代理人 100097559  
 弁理士 水野 浩司  
 (72) 発明者 原田 満雄  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス光学工業株式会社内  
 (72) 発明者 島田 佳弘  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス光学工業株式会社内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 顕微鏡用光量調整装置及びレーザ走査型顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から出射される光の光量を調整して顕微鏡本体に供給する顕微鏡用光量調整装置において、

前記光源からの前記光の径を拡大しかつ平行光にするビームエキスパンダと、

前記ビームエキスパンダを経由して前記光源からの前記光が平行光となる位置に配置され、偏向方向を各々独立して制御可能な微小光偏向素子を面状に多数配列した光偏向手段と、

前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子で照明光路上に偏向した前記光源からの光を集光する集光光学系と、

前記集光光学系の集光位置に内部で集光された光を散乱させて前記顕微鏡本体に供給する光学系と、

前記多数の微小光偏向素子の偏向方向を各々独立して制御して前記光源からの前記光を偏向する割合を調整し、前記光源からの前記光を前記照明光路上と該照明光路外との各方向に偏向し、前記光源からの光の光量を調整する制御手段と、

前記制御手段の制御により前記照明光路外に偏向された光が、前記照明光路上に混入するのを防止する手段と、

を具備したことを特徴とする顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 2】

前記内部で集光された光を散乱させる光学系は、光ファイバであることを特徴とする請

求項 1 記載の顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 3】

前記光ファイバは、シングルモードファイバであることを特徴とする請求項 2 記載の顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 4】

前記内部で集光された光を散乱させる光学系は、光散乱板であることを特徴とする請求項 1 記載の顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 5】

前記光偏向手段は、前記微小光偏向素子として前記微小ミラーを同一平面上に格子状に多数配列し、これら微小ミラーの偏向方向を各々独立して制御可能な微小ミラーアレイであることを特徴とする請求項 1 記載の顕微鏡用光量調整装置。

10

【請求項 6】

前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子を制御して調整した前記光源からの前記光の光量を検出する光量検出手段を備え、

前記制御手段は、前記光量検出手段により検出された前記光量と予め設定された設定光量とを比較し、その結果に基づいて前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子の各偏向方向を各々独立して制御する、

ことを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 7】

前記光偏向手段は、正立型顕微鏡または倒立型顕微鏡における照明光路の開口絞りの位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 の顕微鏡用光量調整装置。

20

【請求項 8】

前記光源は、ランプ光源であり、

前記制御手段は、前記ランプ光源のフィラメント電圧が一定のまま、前記多数の微小光偏向素子の制御を行うことによって照明光の光量調整を行うことを特徴とする請求項 7 の顕微鏡用光量調整装置。

【請求項 9】

レーザ光源と、

前記レーザ光源からのレーザ光のビーム径を拡大しかつ平行光にするビームエキスパンダと、

30

前記ビームエキスパンダを経由して前記レーザ光源からの前記レーザ光が平行光平行光となる位置に配置され、偏向方向が各々独立して制御可能な微小光偏向素子を面状に多数配列した光偏向手段と、

照明光路上と該照明光路外との方向に前記光偏向手段の微小光偏向素子で前記レーザ光源からの前記レーザ光を偏向するために前記微小光偏向素子を各々独立して制御する制御手段と、

前記微小光偏向素子によって照明光路上に偏向された前記レーザ光を集光する集光光学系と、

前記集光光学系の集光位置に配置されるシングルモード光ファイバと、

前記シングルモード光ファイバから出射される前記レーザ光が供給され、当該レーザ光を 2 次元走査するスキャナと前記レーザ光の走査により発生する試料からの光を検出する光検出器を有する走査型顕微鏡本体と、  
を具備し、

40

前記制御手段による微小光偏向素子の各々独立した制御により、前記レーザ光源からの前記レーザ光を偏向する割合を調整し、前記走査型顕微鏡本体に供給される前記レーザ光の光量を調整することを特徴とするレーザ走査型顕微鏡。

【請求項 10】

前記レーザ光源は、互いに異なる波長のレーザ光を発生する複数のレーザ光源であり、

前記光偏向手段は、前記複数のレーザ光源のそれぞれに対応して設けられ、

前記制御手段は、前記各光偏向手段を個別に制御することにより、前記レーザ光が波長

50

ごとに光量を調整されて、前記シングルモード光ファイバによって前記走査型顕微鏡本体に供給される、

ことを特徴とする請求項 9 のレーザー走査型顕微鏡。

【請求項 11】

前記微小ミラーアレイで反射した照明光路には、前記絞り、前記集光レンズおよび前記光ファイバの入射端が配置されていることを特徴とする請求項 9 のレーザー走査型顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば走査型顕微鏡や光学顕微鏡などに用いられる顕微鏡用光量調整装置及びレーザー走査型顕微鏡に関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

従来、走査型顕微鏡の光源として、レーザー光を発生するレーザー光源装置が用いられているが、このようなレーザー光源装置は、構造的に大型であるため、顕微鏡本体に直接取付けることが困難な場合がある。

【0003】

そこで、従来では、レーザー発生源のレーザー共振器と顕微鏡本体の間を光ファイバにより結合し、レーザー共振器から発したレーザー光を集光レンズにより光ファイバの入射端に集光させ、光ファイバの出射端に配置されたコリメータレンズを介して顕微鏡本体内部の光偏向機構に進めるようにしている。

20

【0004】

ところで、走査型顕微鏡に供給されるレーザー光は、必要に応じて光量を可変できることが好ましく、このため、従来では、光ファイバへの入射端の集光レンズの前または後に光量調整装置として可変光減衰器を配置し、この可変光減衰器により光ファイバへ入射させるレーザー光の光量を変化させることで、必要に応じた光量のレーザー光を走査型顕微鏡に供給する方法が考えられている。

【0005】

この場合、可変光減衰器としては、複数の固定減衰フィルタを回転体に取り付け、この回転体を回転させて、所望する固定減衰フィルタを光路上に位置させることで、光量を変化させるもの、複数の固定減衰フィルタを直線体に一列に取り付け、この直線体をスライドさせて、所望する固定減衰フィルタを光路上に位置させるもの、あるいは、円板状のガラス板の円周方向に沿って順次透過率が異なるように金属膜を蒸着させ、このガラス板を回転させることで、連続して光量を変化させるようにしたものなどが用いられる。

30

【0006】

一方、光ファイバへ入射させるレーザー光の光量を最大、最小の間で断続的に切換えるような場合、可変光減衰器の一種としてシャッターが用いられており、このようなシャッター機能を有するものとして、例えば、特開平 11 - 232122 号公報に開示されるような音響光学素子 (AOTF) が用いられている。

【0007】

40

【発明が解決しようとする課題】

ところが、複数の固定減衰フィルタを使用したものによると、光路上に位置される固定減衰フィルタを選択するようにしているため、光量を段階的に可変することはできるが、断続的に光量を変化させるには、多くのフィルタを必要とするとともに、回転機構またはスライド機構を要することから、可変光減衰器全体が大型化して大きなスペースを必要とし、また、光量の変化速度を高速化することも難しいという問題があった。

【0008】

また、円板状のガラス板に金属膜を蒸着させたものは、滑らかに減衰能を変化させることはできるが、回転機構を要することから、やはり大型化するとともに、光量の変化速度を高速化することの難しいという問題があった。

50

## 【 0 0 0 9 】

一方、レーザ走査型顕微鏡では、UV域から赤外域までの複数の波長の光源を選択的に使用することが多く、しかも、特定波長については、レーザ光を高速で断続的に切換えるという要求があるとともに、光路遮断のときは、完全に光量を0にできることが必要である。ところが、上述のシャッタとして用いられる音響光学素子(AOTF)では、構造上の問題から完全に光量0にできないという問題があった。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、高速な光量調整が可能で且つ断続制御が可能な顕微鏡用光量調整装置及びレーザ走査型顕微鏡を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 1 】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、光源から出射される光の光量を調整して顕微鏡本体に供給する顕微鏡用光量調整装置において、前記光源からの前記光の径を拡大しかつ平行光にするビームエキスパンダと、前記ビームエキスパンダを経由して前記光源からの前記光が平行光となる位置に配置され、偏向方向を各々独立して制御可能な微小光偏向素子を面状に多数配列した光偏向手段と、前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子で照明光路上に偏向した前記光源からの光を集光する集光光学系と、前記集光光学系の集光位置に内部で集光された光を散乱させて前記顕微鏡本体に供給する光学系と、前記多数の微小光偏向素子の偏向方向を各々独立して制御して前記光源からの前記光を偏向する割合を調整し、前記光源からの前記光を前記照明光路上と該照明光路外との各方向に偏向し、前記光源からの光の光量を調整する制御手段と、前記制御手段の制御により前記照明光路外に偏向された光が、前記照明光路上に混入するのを防止する手段とを具備したことを特徴としている。

## 【 0 0 1 2 】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記内部で集光された光を散乱させる光学系は、光ファイバであることを特徴としている。

## 【 0 0 1 3 】

請求項3の発明は、請求項2記載の発明において、前記光ファイバは、シングルモードファイバであることを特徴としている。

## 【 0 0 1 4 】

請求項4の発明は、請求項1記載の発明において、前記内部で集光された光を散乱させる光学系は、光散乱板であることを特徴としている。

## 【 0 0 1 5 】

請求項5の発明は、請求項1記載の発明において、前記光偏向手段は、前記微小光偏向素子として前記微小ミラーを同一平面上に格子状に多数配列し、これら微小ミラーの偏向方向を各々独立して制御可能な微小ミラーアレイであることを特徴としている。

## 【 0 0 1 6 】

請求項6の発明は、請求項1又は5記載の発明において、前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子を制御して調整した前記光源からの前記光の光量を検出する光量検出手段を備え、前記制御手段は、前記光量検出手段により検出された前記光量と予め設定された設定光量とを比較し、その結果に基づいて前記光偏向手段の前記多数の微小光偏向素子の各偏向方向を各々独立して制御することを特徴としている。

## 【 0 0 1 7 】

請求項7の発明は、請求項1の発明において、前記光偏向手段は、正立型顕微鏡または倒立型顕微鏡における照明光路の開口絞りの位置に配置されていることを特徴としている。

## 【 0 0 1 8 】

請求項8の発明は、請求項7の発明において、前記光源は、ランプ光源であり、前記制御手段は、前記ランプ光源のフィラメント電圧が一定のまま、前記多数の微小光偏向素子の制御を行うことによって照明光の光量調整を行うことを特徴としている。

## 【 0 0 1 9 】

請求項 9 の発明は、レーザ光源と、前記レーザ光源からのレーザ光のビーム径を拡大しかつ平行光にするビームエキスパンダと、前記ビームエキスパンダを経由して前記レーザ光源からの前記レーザ光が平行光平行光となる位置に配置され、偏向方向が各々独立して制御可能な微小光偏向素子を面状に多数配列した光偏向手段と、照明光路上と該照明光路外との方向に前記光偏向手段の微小光偏向素子で前記レーザ光源からの前記レーザ光を偏向するために前記微小光偏向素子を各々独立して制御する制御手段と、前記微小光偏向素子によって照明光路上に偏向された前記レーザ光を集光する集光光学系と、前記集光光学系の集光位置に配置されるシングルモード光ファイバと、前記シングルモード光ファイバから出射される前記レーザ光が供給され、当該レーザ光を 2 次元走査するスキャナと前記レーザ光の走査により発生する試料からの光を検出する光検出器を有する走査型顕微鏡本体とを具備し、前記制御手段による微小光偏向素子の各々独立した制御により、前記レーザ光源からの前記レーザ光を偏向する割合を調整し、前記走査型顕微鏡本体に供給される前記レーザ光の光量を調整することを特徴としている。

10

請求項 10 の発明は、請求項 9 の発明において、前記レーザ光源は、互いに異なる波長のレーザ光を発生する複数のレーザ光源であり、前記光偏向手段は、前記複数のレーザ光源のそれぞれに対応して設けられ、前記制御手段は、前記各光偏向手段を個別に制御することにより、前記レーザ光が波長ごとに光量を調整されて、前記シングルモード光ファイバによって前記走査型顕微鏡本体に供給されることを特徴としている。

請求項 11 の発明は、請求項 9 の発明において、前記微小ミラーアレイで反射した照明光路には、前記絞り、前記集光レンズおよび前記光ファイバの入射端が配置されている。

20

【 0 0 2 0 】

この結果、本発明によれば、光偏向手段の個々の微小光偏向素子の数、位置について、それぞれ独立して偏向方向を制御し光源からの光を偏向する割合を調整することにより、光量の増減を高速で調整でき、また、光量を最大、最小の間で断続的に切替えるシャッタとして用いる場合も、高速で切替える動作が可能である。

【 0 0 2 1 】

また、本発明によれば、光偏向手段の微小光偏向素子の偏向方向を、予め設定された設定光量を用いて制御することにより、設定光量に応じた光量に調整することができる。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

30

以下、本発明の実施の形態を図面に従い説明する。

【 0 0 2 3 】

( 第 1 の実施の形態 )

図 1 は、本発明の光量調整装置が適用されるレーザ走査型顕微鏡の概略構成を示している。図において、1 はレーザ共振器からなるレーザ発生源で、このレーザ発生源 1 は、平行光束からなるレーザ光を出射するものである。そして、このレーザ発生源 1 からのレーザ光の出射光路 2 には、ビームエキスパンダ 3 および光偏向手段として微小ミラーアレイ 4 とを備えた光量調整装置 100 が配置されている。

【 0 0 2 4 】

ビームエキスパンダ 3 は、平行光束からなるレーザ光のビーム径を拡大するビーム拡大光学系からなるものである。微小ミラーアレイ 4 は、ビームエキスパンダ 3 を経由してビーム径が拡大された平行光束上に配置されており、ビーム径が拡大されたレーザ光が微小ミラーアレイ 4 に投影される。

40

【 0 0 2 5 】

ここで、微小ミラーアレイ 4 について説明すると、かかる微小ミラーアレイ 4 は、半導体プロセスなどのマイクロプロセスにより製作されるもので、ここでは、図 2 に示すように同一平面上に微小光偏向素子として多数の微小ミラー 41 が格子状に整列されており、あたかも一枚の平面鏡のようになっている。この場合、各微小ミラー 41 自体の構成は、種々あるが、例えば、それぞれ独立して両端を回動自在に支持され、電磁力や静電力などの作用力により、両端の支持を中心に、図 3 ( a ) の状態から同図 ( b ) の状態に回動可能

50

になっている。これら微小ミラー４１は、回動方向を一個一個独立して、またはグループ単位で悉無的に制御することにより微小ミラーアレイ４全体に投射されたレーザ光の反射光量を変化可能にしている。つまり、反射光の偏向方向を変化させる微小ミラー４１を選択してレーザ発生源１からのレーザ光を偏向する微小ミラー４１の割合を調整することにより、選択された微小ミラー４１の数に比例して反射光量を減衰させることができるので、このときの選択数を設定するのみで、連続的にレーザ発生源１からのレーザ光の光量を変化させることができる。微小ミラーアレイ４には、微小ミラーアレイ４の微小ミラー４１の偏向方向を各々独立した駆動制御を行うためのミラー制御装置１０１がミラー駆動装置１０２を介して接続されている。

#### 【００２６】

微小ミラーアレイ４で反射した照明光路５には、絞り６、集光レンズ７および光ファイバ８の入射端８１が配置されている。絞り６は、照明光路外に微小ミラー４１で偏向された軸外光１０３を遮断して、集光レンズ７に照明光路外の軸外光１０３が入射してレーザ光の光量調整に影響を与えることを防止するためのものである。集光レンズ７は、絞り６を介して入射されるレーザ光を光ファイバ８の入射端８１に集光させるものである。そして、光ファイバ８は、出射端８２より出射されるレーザ光を被光源供給装置である走査型顕微鏡本体１０４側に供給するようにしている。

#### 【００２７】

ここで、走査型顕微鏡本体１０４の構成について簡単に説明する。

#### 【００２８】

走査型顕微鏡本体１０４は、出射軸８２より供給したレーザ光を２次元走査するためのＸ－Ｙスキャナ１０５、Ｘ－Ｙスキャナ１０５で２次元走査されたレーザ光を試料１０６に照射する対物レンズ１０７、試料１０６から対物レンズ１０７、Ｘ－Ｙスキャナ１０５を介して同一光路を戻ってきた光、例えば蛍光を分割するダイクロイックミラー１０８、ダイクロイックミラー１０８で反射した蛍光を集光レンズ１０９で集光し、その集光位置に配置された絞り１１０および絞り１１０を通過した光を検出する光検出器１１１から構成されている。

#### 【００２９】

次に、以上のように構成した実施の形態の動作を説明する。

#### 【００３０】

いま、レーザ発生源１より、平行光束からなるレーザ光が出射すると、このレーザ光は、ビームエキスパンダ３によりビーム径が拡大され、微小ミラーアレイ４に投影される。

#### 【００３１】

レーザ光は、微小ミラーアレイ４で反射され、絞り６、集光レンズ７を介して光ファイバ８の入射端８１に入射される。

#### 【００３２】

光ファイバ８の入射端８１に入射されたレーザ光は、光ファイバ８を通り、出射端８２より走査型顕微鏡本体１０４内に導かれる。

#### 【００３３】

走査型顕微鏡本体１０４内では、レーザ光がダイクロイックミラー１０８を介してＸ－Ｙスキャナ１０５に導かれ、２次元走査される。

#### 【００３４】

Ｘ－Ｙスキャナ１０５で２次元走査されたレーザ光は、対物レンズ１０７で集光され、試料１０６上を２次元走査される。

次いで、試料１０６からの光、例えば蛍光は、光路を逆に戻り、対物レンズ１０７、Ｘ－Ｙスキャナ１０５を介してダイクロイックミラー１０８で反射される。

#### 【００３５】

ダイクロイックミラー１０８で反射された光は、集光レンズ１０９で集光され、絞り１１０を介して光検出器１１１で検出され、不図示の画像処理装置で画像処理され顕微鏡画像が得られる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 6 】

ここで、光ファイバ 8 の入射端 8 1 へのレーザ光の入射量を最大にする場合について、以下に説明する。

## 【 0 0 3 7 】

まず、ミラー制御装置 1 0 1 で、微小ミラーアレイ 4 の全ての微小ミラー 4 1 を図 3 ( a ) に示すような状態になるように設定する。これによりビームエキスパンダ 3 より微小ミラーアレイ 4 に入射されるレーザ光の全光量が同一方向、ここでは、照明光路 5 に偏向され、絞り 6、集光レンズ 7 を介して光ファイバ 8 の入射端 8 1 に最大光量のレーザ光が入射される。

## 【 0 0 3 8 】

一方、光ファイバ 8 の入射端 8 1 へのレーザ光の入射量を調整する場合について、以下に説明する。

## 【 0 0 3 9 】

まず、ミラー制御装置 1 0 1 で微小ミラーアレイ 4 の任意の微小ミラー 4 1 について、電磁力や静電力などの作用力を用いて回動させ、これら微小ミラー 4 1 を図 3 ( b ) に示すような回動状態になるように設定する。この場合、図 2 に示す微小ミラーアレイ 4 の微小ミラー 4 1 中で黒く塗り潰したものが図 3 ( b ) の状態にあるものを表わしている。

## 【 0 0 4 0 】

すると、このように設定された微小ミラー 4 1 で偏向されるレーザ光は、これまでと異なる方向（照明光路外）に偏向され、これら偏向された光（軸外光 1 0 3 ）は、絞り 6 で遮光することによって光路調整したレーザ光の照明光路 5 に含まれないようにし、集光レンズ 7 に投影されない。つまり、微小ミラーアレイ 4 中の一部の微小ミラー 4 1 を回動させて、その反射光の偏向を異なる方向に設定し、集光レンズ 7 に投影される光量を減らすことで、光ファイバ 8 の入射端 8 1 に光量調整されたレーザ光が入射される。

## 【 0 0 4 1 】

従って、このようにすれば、微小ミラーアレイ 4 の各微小ミラー 4 1 は、その数、位置について、それぞれ独立して回動制御、すなわち偏向制御できるので、図 3 ( b ) に示す回動状態にある微小ミラー 4 1 を増加するにしたがって、集光レンズ 7 に投影される光量が減少して減光される。また、全ての微小ミラー 4 1 を偏向状態に設定すれば、集光レンズ 7 に投影される光量は全くなくなるので、シャッタ機能も得られる。この場合、微小ミラーアレイ 4 は、電磁力や静電力などの作用力を用いて微小ミラー 4 1 を回動制御するものであり、回動による偏向によって光量の増減が高速で調整可能である。また、光量を最大、最小の間で断続的に切替えるシャッタとして用いる場合も、高速で切替える動作が可能であることは勿論、完全に光量 0 の状態に高速にきりかえることもできる。

## 【 0 0 4 2 】

（第 2 の実施の形態）

図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態の概略構成を示すもので、図 1 と同一部分には、同符号を付している。

## 【 0 0 4 3 】

この場合、光ファイバ 8 の出射端 8 2 より出射されるレーザ光の出射光路 9 には、コリメータレンズ 1 0、ハーフミラー 1 1 が配置されている。コリメータレンズ 1 0 は、光ファイバ 8 からのレーザ光を平行光束のレーザ光に変換するものである。ハーフミラー 1 1 は、コリメータレンズ 1 0 からのレーザ光の一部を透過して図示しないレーザ走査型顕微鏡本体に入射させるとともに、残りの一部を反射して光量検出器 1 2 に入射させるようにしている。光量検出器 1 2 は、光ファイバ 8 の出射端 8 2 より出射されるレーザ光の光量を検出するものである。

## 【 0 0 4 4 】

光量検出器 1 2 には、演算装置 1 3 が接続されている。この演算装置 1 3 は、図示しないメモリに、予め設定される設定光量と光量検出器 1 2 より検出される光量とを外部入力として用い、例えば、これら光量を比較し、この比較結果から微小ミラーアレイ 4 のうち回

10

20

30

40

50

動動作させる微小ミラー４１の数や位置を決定し、ミラー駆動装置１４を介してそれぞれの微小ミラー４１を制御するようにしている。

【００４５】

このようにすれば、光ファイバ８の出射端８２より出射されるレーザ光の光量は、光量検出器１２により検出され、演算装置１３において、予め設定された設定光量と比較される。そして、この比較結果から微小ミラーアレイ４のうち回動動作させる微小ミラー４１の数や位置が決定され、ミラー駆動装置１４を介してそれぞれの微小ミラー４１が制御される。

【００４６】

従って、微小ミラーアレイ４で反射されるレーザ光は、予め設定された設定光量を用いて光量調整されるので、光ファイバ８の出射端８２からは、設定光量に応じた光量のレーザ光を出射することができる。

【００４７】

なお、光量検出器１２は、集光レンズ７の前に配置しても、上述したと同様な効果を期待できる。

【００４８】

(第３の実施の形態)

ところで、レーザ走査型顕微鏡では、例えばＵＶ域から赤外域までの複数の波長の光源を使用することがある。図５は、このようなレーザ走査型顕微鏡に適用される光源装置の概略構成を示すものである。

【００４９】

図において、２１、２２、２３は、レーザ発生源で、これらレーザ発生源２１、２２、２３は、波長の異なるレーザ光を出射するものである。図示例では、レーザ発生源２１はＵＶレーザ、レーザ発生源２２は赤色レーザ、レーザ発生源２３は青色レーザを出射する。

【００５０】

これらレーザ発生源２１、２２、２３からのレーザ光のそれぞれの出射光路には、ビームエキスパンダ３を各々介して微小ミラーアレイ２４、２５、２６が配置されている。これらビームエキスパンダ３と微小ミラーアレイ２４、２５、２６は、第１の実施の形態で述べたと同様の構成をなすものである。

【００５１】

また、微小ミラーアレイ２４、２５、２６のそれぞれの反射光路には、絞り２７、２８、２９を介してハーフミラー３０、３１および反射ミラー３２が配置されている。

【００５２】

そして、反射ミラー３２の反射光路上には、ハーフミラー３１、３０および集光レンズ７を介して光ファイバ３３の入射端３３１が配置される。微小ミラーアレイ２４からの反射光は、ハーフミラー３０で反射させて光ファイバ３３の入射端３３１に集光するようになり、また、微小ミラーアレイ２５からの反射光は、ハーフミラー３１で反射させ、ハーフミラー３０を透過させて光ファイバ３３の入射端３３１に集光するようになっている。また、微小ミラーアレイ２６からの反射光は、反射ミラー３２で反射させ、ハーフミラー３１、３０を透過させて光ファイバ３３の入射端３３１に集光するようになっている。

【００５３】

このような構成において、レーザ走査型顕微鏡側の要求により、例えば、レーザ発生源２１のみを使用する場合は、微小ミラーアレイ２４について、全ての微小ミラーを図３（ａ）に示すような状態に設定して、レーザ発生源２１からのレーザ光を同一方向に偏向させ、ハーフミラー３０で反射し、集光レンズ７を介して光ファイバ３３の入射端３３１にそれぞれ入射させる。また、残りの微小ミラーアレイ２５、２６については、全ての微小ミラーを図３（ｂ）に示すような回動状態に設定し、これら微小ミラーで反射されるレーザ光を全て異なる方向に偏向させ、絞り２８、２９の通過を皆無にすることにより、光ファイバ３３の入射端３３１への入射光量を０にする。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 4 】

また、この状態で、微小ミラーアレイ 2 4 の任意の微小ミラーを回動させて、その反射光を異なる方向に設定すれば、光ファイバ 3 3 の出射端 3 3 1 への入射光量を調整することができる。また、全ての微小ミラーを同時に回動状態に設定すれば、光ファイバ 3 3 の入射端 3 3 1 への入射光量を 0 にすることもでき、さらに、全ての微小ミラーを、図 3 ( a ) に示す状態と、同図 ( b ) に示す回動状態とを交互に切換えれば、光ファイバ 3 3 の入射端 3 3 1 への入射光を断続的に切換えることもできる。

## 【 0 0 5 5 】

勿論、他のレーザ発生源 2 2、2 3 を選択的に使用する場合も同様である。

## 【 0 0 5 6 】

従って、このようにすれば、レーザ走査型顕微鏡側の要求により、異なる波長のレーザ発生源 2 1、2 2、2 3 を選択的に使用する場合も、各微小ミラーアレイ 2 4、2 5、2 6 のそれぞれの微小ミラーを回動駆動するのみで、所望する波長の光源のみを使用することができる。また、選択されたレーザ発生源 2 1、2 2、2 3 についても、対応する微小ミラーアレイ 2 4、2 5、2 6 の微小ミラーの一部を回動させることで、その光量を高速に調整することができるとともに、全ての微小ミラーを図 3 ( c ) に示す状態と同図 ( b ) に示す状態とを交互に切換えることで、光量を断続的に切換えることもできる。

## 【 0 0 5 7 】

なお、上述した実施の形態に用いられる微小ミラーアレイは、半導体プロセスにより製作されており、個々の微小ミラーは極めて小さい。このため、レーザ光の光束径が数百  $\mu\text{m}$  から数千  $\mu\text{m}$  であるのに対し、微小ミラーの一辺が数  $\mu\text{m}$  と十分に小さい場合にはビームエキスパンダ 3 を省略することができる。この場合は、構成がより簡単となり、価格的にも安価にできる。

## 【 0 0 5 8 】

また、レーザ発生源のレーザ光の光束径が微小ミラーに対して数 mm と大きい場合には、ビームエキスパンダ 3 に代えてビームの縮小光学系を用いるようにしてもよい。

## 【 0 0 5 9 】

さらに、このような光量調整装置を共焦点レーザ走査型顕微鏡に使用する場合に、光ファイバとしてシングルモードファイバを使用すると、点光源が得られ、共焦点効果を得て、効果的に詳細な観察像を得ることもできる。

## 【 0 0 6 0 】

また、上述した実施の形態では、走査型顕微鏡本体を例にして説明したが、これに限られるものでなく、本発明の光量調整装置は、例えば一般的に用いられる正立型顕微鏡や倒立型顕微鏡にも適用することが可能である。

## 【 0 0 6 1 】

以下に、構成について簡単に説明する。

## 【 0 0 6 2 】

正立型顕微鏡に本発明の光量調整装置を適用しようとした場合、光量調整装置の微小ミラーアレイは、光源からの光が平行になる位置で、且つ試料を落射照明する照明光路と試料からの観察光路とを分離するダイクロイックミラーのような反射と透過を行う光学系までの光路上の開口絞り ( A S ) の位置に配置されているのであればどこでもよい。

## 【 0 0 6 3 】

さらに照明光として用いるために微小ミラーアレイで調光された光を集光レンズを介して一度集光し、その集光位置に配置した光散乱板または小径の光学素子、例えば光ファイバを通過させることにより、光量調整された照明光を用いることができる。

## 【 0 0 6 4 】

また、倒立型顕微鏡に本発明の光量調整装置を適用しようとした場合、光量調整装置の微小ミラーアレイは、光源からの光が平行になる位置で、且つ試料を透過照明する光路上の開口絞り ( A S ) の位置に配置されているのであればどこでもよい。これも、正立型顕微鏡の場合と同様、照明光として用いるために微小ミラーアレイで調光された光を集光レン

10

20

30

40

50

ズを介して一度集光し、その集光位置に配置した光散乱板または小径の光学素子、例えば光ファイバを通過させることにより、光量調整された照明光を用いることができる。

【0065】

正立型顕微鏡や倒立型顕微鏡における従来の光量調整装置は、主に光源に供給する電力を調整することで光源自体の光量を調整する構成の装置や観察状態の切換えに応じてゲイン調整する構成の装置であった。

【0066】

そこで、正立型顕微鏡や倒立型顕微鏡に本発明の光量調整装置を適用すると、対物レンズの倍率切換えや位相差や微分干渉、偏光などのために使用される光学系の介在といった観察状態の切換えの際に、光量調整を高速に行うことができる。

10

【0067】

さらに、本発明の光量調整装置であれば、光源からの光は光量一定にしておき、一定光量の光に対して微小ミラーアレイの部分で光量調整するようにしているので、光源自体の光量を調整していた従来の装置に比べて光源に与える負担を軽くすることができる。

【0068】

なお、上述した一定光量の光とは、微小ミラーアレイで照明光光路すべてを反射した場合、通常の観察で使用される照明光としては明るすぎる程度にしておく。このような光の状態、微小ミラーアレイの微小ミラーを各々独立して偏向制御し、光源からの光の一部を間引いて光量調整した光を、通常の観察で使用される照明光として用いる。

【0069】

20

また、光源のフィラメント電源電圧の調整により光量調整を行おうとすると、フィラメントの発熱が変化するため、発光の色温度が変化してしまう可能性があった。しかしながら、本発明の構成を用いて光量調整を行うと、フィラメント自体の発熱の変化は無くなるので、光量調整を行っても色温度が変化しなくなる。

【0070】

さらに上述した正立型顕微鏡や倒立型顕微鏡に適用した光量調整装置に第2の実施の形態の光量検出器などを適用することで、常に観察状態に適した光量に自動制御することもできる。

【0071】

また、本発明の光量調整装置は、顕微鏡などへの適用のみでなく、それ以外の光量調整が必要な装置へ適用することが可能である。そのようなものとして、例えば、測定機器や、プラスチック等の3次元造形に見られるレーザを用いた加工装置や、レーザ治療装置、レーザ通信装置などにも適用することができる。

30

【0072】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、高速な光量の調整が可能で、且つ断続制御が可能な顕微鏡用光量調整装置及びレーザ走査型顕微鏡を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の概略構成を示す図。

【図2】第1の実施の形態に用いられる微小ミラーアレイを拡大して示す図。

40

【図3】第1の実施の形態に用いられる微小ミラーの動作を説明するための図。

【図4】本発明の第2の実施の形態の概略構成を示す図。

【図5】本発明の第3の実施の形態の概略構成を示す図。

【符号の説明】

1 ... レーザ発生源

2 ... 出射光路

3 ... ビームエキスパンダ

4 ... 微小ミラーアレイ

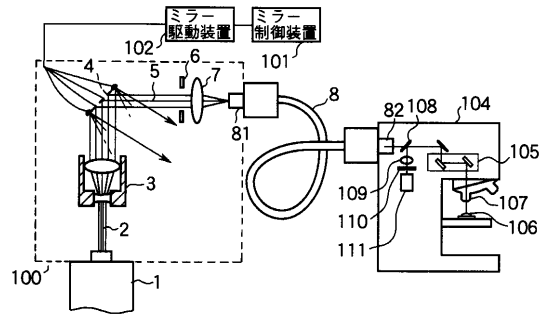
4 1 ... 微小ミラー

5 ... 反射光路

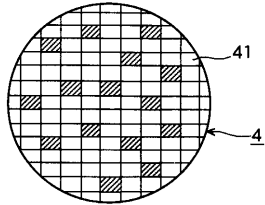
50

6 ... 絞り	
7 ... 集光レンズ	
8 ... 光ファイバ	
8 1 ... 入射端	
8 2 ... 出射端	
1 0 0 ... 光量調整装置	
1 0 1 ... ミラー制御装置	
1 0 2 ... ミラー駆動装置	
1 0 3 ... 軸外光	
1 0 4 ... 走査型顕微鏡本体	10
1 0 5 ... X - Y スキャナ	
1 0 6 ... 試料	
1 0 7 ... 対物レンズ	
1 0 8 ... ダイクロイックミラー	
1 0 9 ... 集光レンズ	
1 1 0 ... 絞り	
1 1 1 ... 光検出器	
9 ... 出射光路	
1 0 ... コリメータレンズ	
1 1 ... ハーフミラー	20
1 2 ... 光量検出器	
1 3 ... 演算装置	
1 4 ... ミラー駆動回路	
2 1 ~ 2 3 ... レーザ発生源	
2 4 ~ 2 6 ... 微小ミラーアレイ	
2 7 ~ 2 9 ... 絞り	
3 0、3 1 ... ハーフミラ	
3 2 ... 反射ミラー	
3 3 ... 光ファイバ	
3 3 1 ... 入射端	30

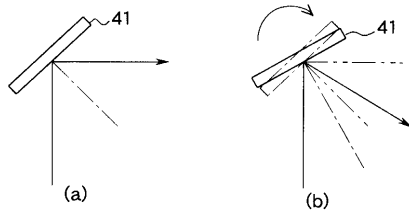
【図 1】



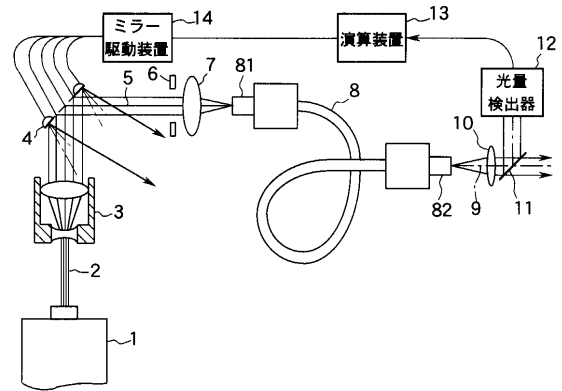
【図 2】



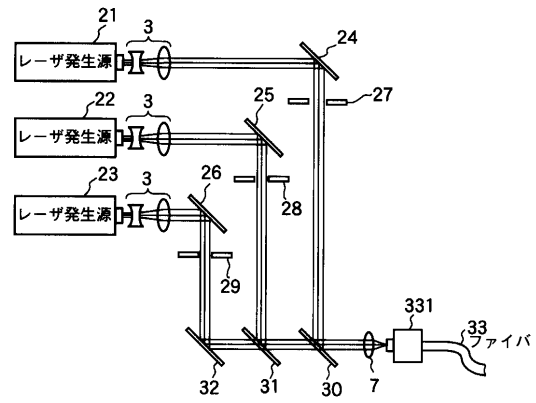
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

審査官 下村 一石

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 3 1 2 4 9 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 3 1 3 7 3 ( J P , A )  
特表 2 0 0 0 - 5 0 2 4 7 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 4 7 1 1 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 2 5 9 2 4 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 3 7 8 3 1 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 7 4 3 3 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 8 9 1 2 6 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 3 0 4 7 0 1 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 3 3 3 5 1 0 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G02B21/00-21/36