

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4538633号  
(P4538633)

(45) 発行日 平成22年9月8日(2010.9.8)

(24) 登録日 平成22年7月2日(2010.7.2)

(51) Int. Cl. F 1  
**G 0 2 B 21/06 (2006.01)** G 0 2 B 21/06  
**G 0 2 B 21/00 (2006.01)** G 0 2 B 21/00

請求項の数 6 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-94188 (P2005-94188)                  (22) 出願日 平成17年3月29日 (2005.3.29)                  (65) 公開番号 特開2006-276377 (P2006-276377A)                  (43) 公開日 平成18年10月12日 (2006.10.12)                  審査請求日 平成19年3月23日 (2007.3.23)</p>	<p>(73) 特許権者 504300181                  国立大学法人浜松医科大学                  静岡県浜松市東区半田山一丁目20番1号                  (74) 代理人 100088155                  弁理士 長谷川 芳樹                  (74) 代理人 100092657                  弁理士 寺崎 史朗                  (74) 代理人 100108257                  弁理士 近藤 伊知良                  (74) 代理人 100124800                  弁理士 諏澤 勇司                  (72) 発明者 寺川 進                  静岡県浜松市半田山三丁目45番6号</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 DLP式スリット光走査顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光源と、  
 前記レーザ光源からの光を発散する第1レンズ系と、  
 前記第1レンズ系で発散された光束を、対物レンズ系の後焦点面に集束させる第2レンズ系と、  
 前記第2レンズ系からの光が入射し、多数のマイクロミラーのオンオフ制御によって光を反射するDMD装置と、  
 前記DMD装置からの反射光を入射して光路を変更するダイクロイックミラーと、  
 前記ダイクロイックミラーからの光を入射する前記対物レンズ系と、  
 前記対物レンズ系の前側に配置されたカバーガラスと、  
 前記カバーガラスに搭載された標本からの光が、前記対物レンズ系および前記ダイクロイックミラーを通過し、該光を結像させる第3レンズ系と、  
 前記第3レンズ系で結像された前記標本の像を観察するための観察手段とを備え、  
 前記DMD装置のマイクロミラーをスリット形状でオン制御して前記標本にスリット光照明を行い、かつ前記スリット形状でオン制御されるマイクロミラーを、平行移動させることにより前記標本でのスリット光照明位置を移動させることを特徴とするDLP式スリット光走査顕微鏡。

【請求項2】

前記第2レンズ系は前記第1レンズ系と前記DMD装置の間に凸レンズを配置して前記

対物レンズ系の後焦点面に集束させることを特徴とする請求項 1 記載の D L P 式スリット光走査顕微鏡。

【請求項 3】

前記第 2 レンズ系は前記第 1 レンズ系と前記 D M D 装置の間に凸レンズを配置して平行光にし、前記 D M D 装置とダイクロイックミラーの間にさらに凸レンズを配置して前記対物レンズ系の後焦点面に集束させることを特徴とする請求項 1 記載の D L P 式スリット光走査顕微鏡。

【請求項 4】

レーザ光源と、  
前記レーザ光源からの光を発散する第 1 レンズ系と、  
前記第 1 レンズ系で発散された光束を平行光にする第 2 レンズ系と、  
前記第 2 レンズ系からの光が入射し、多数のマイクロミラーのオンオフ制御によって光を反射する D M D 装置と、  
前記 D M D 装置からの反射光を入射して光路を変更するダイクロイックミラーと、  
前記 D M D 装置と前記ダイクロイックミラーの間に配置され、光束を対物レンズ系の後焦点面に集束させる集光用レンズ群系と、  
前記ダイクロイックミラーからの光を入射する前記対物レンズ系と、  
前記対物レンズ系の前側に配置されたカバーガラスと、  
前記カバーガラスに搭載された標本からの光が、前記対物レンズ系および前記ダイクロイックミラーを通過し、該光を結像させる第 3 レンズ系と、  
前記第 3 レンズ系で結像された前記標本の像を観察するための観察手段とを備え、  
前記 D M D 装置のマイクロミラーをリング形状でオン制御し、かつ集光用レンズ群系で前記オン制御されたマイクロミラーからの光を集光することにより前記標本にリング形状のスリット光照明を行い、かつ異なるリング形状のマイクロミラーをオン制御することにより、前記標本におけるリング状スリット光照明の径を変更することを特徴とする D L P 式スリット光走査顕微鏡。

【請求項 5】

前記集光用レンズ群系は、リング状に配置されたマイクロレンズ群で構成したことを特徴とする請求項 4 記載の D L P 式スリット光走査顕微鏡。

【請求項 6】

前記集光用レンズ群系は、トーリックレンズを用いたことを特徴とする請求項 4 記載の D L P 式スリット光走査顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、D M D の制御によってスリット光照明を行う D L P 式スリット光走査顕微鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

細胞などの標本を観察する場合、斜め切断面を照明し、その部分を観察するためのスリット光照明を行う顕微鏡が供されている。標本によってその斜め切断面およびその位置を移動させて観察することが分析する上で必要な場合がある。

従来はスリット光照明を実現する方法として、顕微鏡の光路の中間にスリット状に開けられたマスクなどを挿入して実現している。

【0003】

本件発明者は、スリット光照明の極薄光を実現する極薄照明発生装置を既に提案している(特許文献 1)。

これによれば、従来達成できなかった極めて薄い極薄照明光を発生でき、照明領域が極めて小さく、しかも照度の低下も招くことのないスリット光を照明でき、細胞や細胞の切断・断層像を観察するのに極めて有効である。

10

20

30

40

50

これは、第1,第2のスリットを設け、スリット光を絞って実現するものであるが、スリットの位置,幅,長さを変えることを想定した場合、その都度、スリット光を照明するための光路条件を満たしつつスリットを変更しなければならない。

【0004】

特許文献2はスリット形状に類する照明の走査を行う顕微鏡を開示している。

これは光の使用効率を高め、撮影時間の短縮化を目的としたコンフォーカル顕微鏡であり、走査対象にマルチスリットラインの走査を行って、断面画像を得るものである。マルチスリットの走査手段としてガルバノメータやデジタルマイクロミラー装置を用いた例が開示されており、後者のデジタルマイクロミラー装置ではマルチスリットのスリットに相当する場所のミラーをオン状態になるように制御している。

10

しかしながら、特許文献2は、スリット光照明方式とは異なる共焦点方式の顕微鏡であり、光学系の構成が異なるものである。標本位置の焦点に対し共役の焦点面が形成されるように光学系が構成されるのに対し、スリット光照明では極めて狭いスリット光が標本を斜めに照射するように光学系が構成される。

また、マルチライン走査によって画像全体を見るもので、細胞の所定の狭い領域の斜め断面像を観察することはできない。

【0005】

引用文献3は、スリット形状に類する照明の走査を行う点が一部記載されている光照射切り替え方法を開示している。

この引用文献3の図4(b)にはミラーを移動することによって斜めから試料溶液に光を照射する構成が記載されている。

20

しかしながら、この斜めから照射する方法はミラーを移動させることによる方法のみであり、どのような装置や動作を用いるかの具体的構成の開示はない。

【特許文献1】特開2005-24597号公報

【特許文献2】特開2003-167197号公報

【特許文献3】特許3093145号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、上記問題に鑑み、DMDの制御の下にスリット光を照射してスリット光照明を実現し、標本上の照明光の位置及び範囲並びに標本を照射するスリットの厚さ(太さ)を容易に調整することができるDLP式スリット光走査顕微鏡を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的を達成するために本発明の請求項1は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光を発散する第1レンズ系と、前記第1レンズ系で発散された光束を、対物レンズ系の後焦点面に集束させる第2レンズ系と、前記第2レンズ系からの光が入射し、多数のマイクロミラーのオンオフ制御によって光を反射するDMD装置と、前記DMD装置からの反射光を入射して光路を変更するダイクロイックミラーと、前記ダイクロイックミラーからの光を入射する前記対物レンズ系と、前記対物レンズ系の前側に配置されたカバーガラスと、前記カバーガラスに搭載された標本からの光が、前記対物レンズ系および前記ダイクロイックミラーを通過し、該光を結像させる第3レンズ系と、前記第3レンズ系で結像された前記標本の像を観察するための観察手段とを備え、前記DMD装置のマイクロミラーをスリット形状でオン制御して前記標本にスリット光照明を行い、かつ前記スリット形状でオン制御されるマイクロミラーを、平行移動させることにより前記標本でのスリット光照明位置を移動させることを特徴とする。

40

本発明の請求項2は請求項1記載の発明において前記第2レンズ系は前記第1レンズ系と前記DMD装置の間に凸レンズを配置して前記対物レンズ系の後焦点面に集束させることを特徴とする。

50

本発明の請求項 3 は請求項 1 記載の発明において前記第 2 レンズ系は前記第 1 レンズ系と前記 D M D 装置の間に凸レンズを配置して平行光にし、前記 D M D 装置とダイクロイックミラーの間にさらに凸レンズを配置して前記対物レンズ系の後焦点面に集束させることを特徴とする。

本発明の請求項 4 はレーザ光源と、前記レーザ光源からの光を発散する第 1 レンズ系と、前記第 1 レンズ系で発散された光束を平行光にする第 2 レンズ系と、前記第 2 レンズ系からの光が入射し、多数のマイクロミラーのオンオフ制御によって光を反射する D M D 装置と、前記 D M D 装置からの反射光を入射して光路を変更するダイクロイックミラーと、前記 D M D 装置と前記ダイクロイックミラーの間に配置され、光束を対物レンズ系の後焦点面に集束させる集光用レンズ群系と、前記ダイクロイックミラーからの光を入射する前記対物レンズ系と、前記対物レンズ系の前側に配置されたカバーガラスと、前記カバーガラスに搭載された標本からの光が、前記対物レンズ系および前記ダイクロイックミラーを通過し、該光を結像させる第 3 レンズ系と、前記第 3 レンズ系で結像された前記標本の像を観察するための観察手段とを備え、前記 D M D 装置のマイクロミラーをリング形状でオン制御し、かつ集光用レンズ群系で前記オン制御されたマイクロミラーからの光を集光することにより前記標本にリング形状のスリット光照明を行い、かつ異なるリング形状のマイクロミラーをオン制御することにより、前記標本におけるリング状スリット光照明の径を変更することを特徴とする。

本発明の請求項 5 は、請求項 4 記載の発明において前記集光用レンズ群系は、リング状に配置されたマイクロレンズ群で構成したことを特徴とする。

本発明の請求項 6 は、請求項 4 記載の発明において前記集光用レンズ群系は、トーリックレンズ（環状レンズ）を用いたことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0008】

上記構成によれば、スリットのマスキングの位置を機械的に動かすことなく、D M D の制御によってスリット光照明を実現できるとともにスリット光照明位置変更も可能である。標本上のスリット照明の位置を移動させた場合、標本に入射する角度は一定の角度が保持される。標本上の照明光の範囲は、スリット形状にオン制御される D M D のマイクロミラーについて、このスリット形状の長手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数を調整すれば変えることができる。標本を照明するスリット光の厚さ（太さ）は、スリット形状にオン制御される D M D のマイクロミラーについて、このスリット形状の短手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数を調整すれば変えることができる。なお、スリット光の厚さ（太さ）を小さくすれば、解像度は増加するが、明るさは減少する。

D M D 制御によるスリット光照明であるため、照明すべきスリット位置などをプログラム制御で行え、従来のスリット光照明方式の顕微鏡のマスキング位置変更と比較し、制御が容易となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳しく説明する。

図 1 は、本発明による D L P 式スリット光走査顕微鏡の実施の形態を示すブロック図である。

この実施の形態は、本発明に直接関連する光学系を中心に記載したもので、他の部分は省略してある。

レーザ光源 1、凹レンズ 2、凸レンズ 3、D M D 装置 4、ダイクロイックミラー 5、超高開口数対物レンズ 7、カバーガラス 8、標本 9、凸レンズ 10 および C C D 装置 11 によって構成されている。

#### 【0010】

レーザ光源 1 から出射した光は、凹レンズ 2 によって発散され、凸レンズ 3 によって超高開口数対物レンズ 7（開口数が 1.33 以上）の後焦点面に集束される。凸レンズ 3 を

出射した光は、DMD装置4で、所定のスリット照明に対応する多数のマイクロミラーがオン制御される。他のオフ状態にあるマイクロミラーは凸レンズ3からの光を図示しない光トラップに反射させる。

DMD装置4は図示しない制御回路によってオンオフ制御され、スリット照明を得るために4aで示す部分のマイクロミラーをオン状態にする。この4aに示すマイクロミラー部分の対応する標本の位置にスリット光が入射する。このようなスリット形状になる4b, 4c位置のマイクロミラー部分をオン制御すると、標本上ではそれに対応した位置だけ移動しスリット光が入射する。オン制御するマイクロミラー部分が移動してもカバーガラス8に入射する角度は変わらない。なお、光路13はDMD装置でオン制御されず、すべての光が標本に到達する場合の光路を示したものである。

10

#### 【0011】

DMD装置4のスリット形状にオン制御されるマイクロミラーについて、スリット形状の短手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数を調整することにより標本に照射するスリット光の厚さ(太さ)を変えることができる。また、スリット形状の長手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数を調整することによりスリット照明の範囲も変えることができる。

DMD装置4を出射したスリット形状の光はダイクロイックミラー5で反射され、超高開口数対物レンズ7の後焦点面で一旦集束した後、超高開口数対物レンズ7に入射して屈折し斜め方向からカバーガラス8に入射する。カバーガラス8上の細胞などの標本に斜め方向にスリット照明光が入射して斜め切断面の像を観察することができる。スリット照明光で照射された標本の斜め切断面は超高開口数対物レンズ7, ダイクロイックミラー5, 凸レンズ10を通過してCCD装置11の受光面に結像する。標本のスリット照明光による像は、図示しないモニタなどによって観察することができる。

20

#### 【0012】

図2は、スリット照明された標本の詳細を説明するための図で、(a)は標本部分の平面図、(b)は超高開口数対物レンズ、カバーガラスおよび標本部分の側面図をそれぞれ示している。

スリット光 $L_1$ はカバーガラス8に対し $\theta_1$ の角度で入射し、標本の $a_1$ の幅の部分照射する。つぎにDMD装置のオン制御するマイクロミラーを移動させることにより、スリット光 $L_2$ を得ることができ、同じく $\theta_1$ の角度で入射し、標本の $a_2$ の幅を照射する。スリット光 $L_3$ についても同様であり、さらに移動させることによりスリット光照射の位置を多数得ることができる。スリット光 $L_1, L_2, L_3$ の太さはスリット形状にオン制御されるマイクロミラーについてスリット形状の短手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数で調整でき、スリット照明光の明るさ、解像度を変えることができる。

30

また、スリット形状の長手方向に配列された、オン制御されるマイクロミラーの数を調整し、スリット照明の範囲 $b$ を変えることができる。なお、図2(a)では標本の大きさ(範囲)一杯に照射した状態が示されている。

蛍光物質を含んでいる標本には所定の波長のスリット光照射によって蛍光が発し、この蛍光によるスリット光照射部分の像を観察することができる。

#### 【0013】

40

図3は、本発明によるDLP式スリット光走査顕微鏡の他の実施の形態を示すブロック図である。

この実施の形態は、図1とは第2のレンズ系の構成が異なり、他の部分は変わらない。図1と同じ機能部分には同じ符号を付してある。

凹レンズ2とDMD装置4の間に凸レンズ20を挿入するとともにダイクロイックミラー5とDMD装置4の間に凸レンズ21を配置してある。凸レンズ20によって凹レンズ2からの発散光を平行光にしてDMD装置4に入射させ、DMD装置4からの平行光を凸レンズ21によって超高開口数対物レンズ7の後焦点面に集束させている。

DMD装置4に凸レンズ20の開口相当の光が入射するため、標本上でのスリット光照射できる範囲を図1の実施の形態より拡大することができる。

50

## 【0014】

図4は、本発明によるDLP式スリット光走査顕微鏡のさらに他の実施の形態を示すブロック図である。

この実施の形態は、図3において凸レンズ21の代わりに集光用レンズ群25を配置したものである。他の構成要素は変わることはない。集光レンズ群25から出射した光は後焦点面6に結像される。DMD装置4のマイクロミラーのオン制御範囲は、中心から周囲の中間部分である。中心付近をオン制御すると落射照射になり、所定の範囲の外側はエバネッセント光照明になる。これらの間のマイクロミラーのオン制御により例えばリング状のスリット光照明を行うことができ、容易に他の照明方式に切り替えることも可能である。

10

## 【0015】

図5は図4におけるDMDのマイクロミラーをオン制御するパターン例を、図6は図4における集光用レンズ群の具体例を示す図である。

集光用レンズ群がトーリックレンズ(環状レンズ)の場合、スリット光照明するには図4(a)の4a<sub>1</sub>に示すリング状のマイクロミラーをオン制御する。また、マイクロレンズ群の場合、図4(b)の4a<sub>2</sub>に示すリング状のマイクロレンズ相当のマイクロミラーをオン制御する。スリット光照明からエバネッセント光照明に切り替えるには、DMDのマイクロミラーをリング状のマイクロミラー4a<sub>1</sub>、4a<sub>2</sub>から外側のリング部分のマイクロミラーをオン制御し、さらに落射照明に切り替えるには中心の円部分のマイクロミラーをオン制御する。

20

図6(a)の25a<sub>1</sub>は図5(a)で示すオン制御されるDMDに対応したトーリックレンズの例を、図6(b)の25a<sub>2</sub>は図5(b)で示すオン制御されるDMDに対応したマイクロレンズ群の例をそれぞれ示している。

このようにリング状のスリット光照明を行うことも可能であり、スリット光の太さはDMD装置のオン制御されるマイクロミラーの放射方向の数を調整することによって変えることができる。

## 【0016】

以上の各実施の形態で示した凹レンズおよび凸レンズは、1枚のレンズの例を説明したが、複数枚のレンズによってそれぞれ発散、集束を行うようにしたレンズ群を構成することもできる。

30

また、標本として細胞の例を説明したが、半透明体や液体などを対象としても良い。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0017】

細胞などの標本の所定位置の切断面を観察するスリット光照明蛍光顕微鏡に適用される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明によるDLP式スリット光走査顕微鏡の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】スリット光照明された標本の詳細を説明するための図である。

40

【図3】本発明によるDLP式スリット光走査顕微鏡の他の実施の形態を示すブロック図である。

【図4】本発明によるDLP式スリット光走査顕微鏡のさらに他の実施の形態を示すブロック図である。

【図5】図4におけるDMDのマイクロミラーをオン制御するパターン例を示す図である。

【図6】図4における集光用レンズ群の具体例を示す図である。

## 【符号の説明】

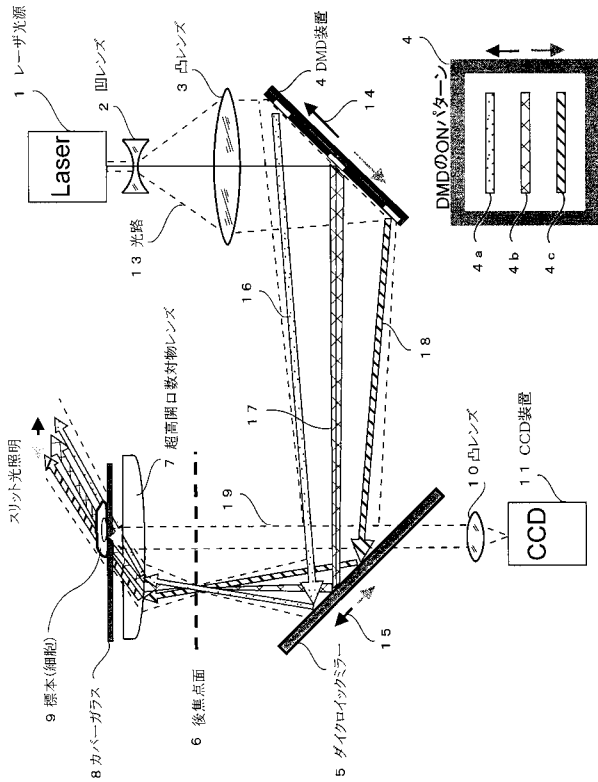
## 【0019】

1 レーザ光源

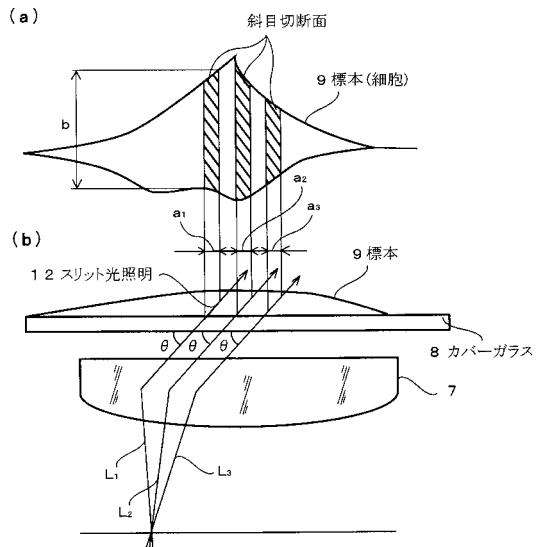
50

- 2 凹レンズ
- 3, 10, 20, 21 凸レンズ
- 4 DMD装置
- 5 ダイクロイックミラー (DM)
- 6 後焦点面
- 7 超高開口数対物レンズ
- 8 カバーガラス
- 9 標本 (細胞)
- 11 CCD装置 (観察手段)

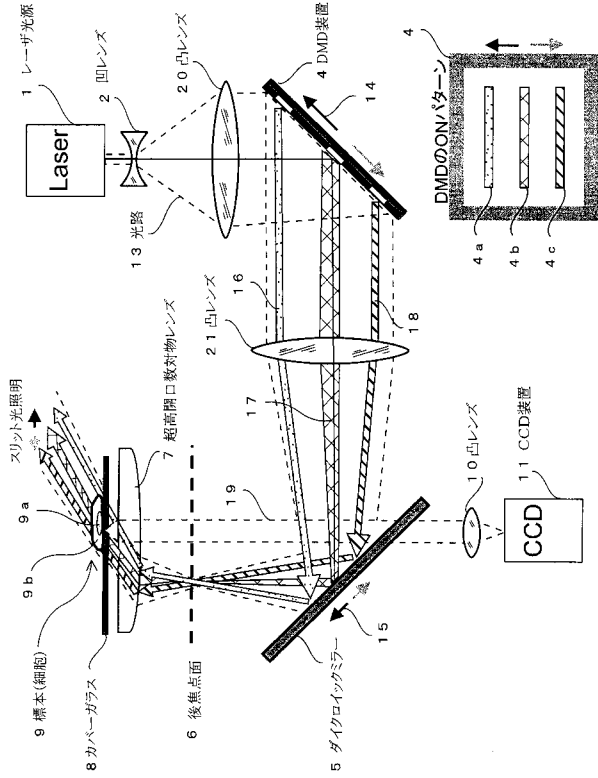
【図1】



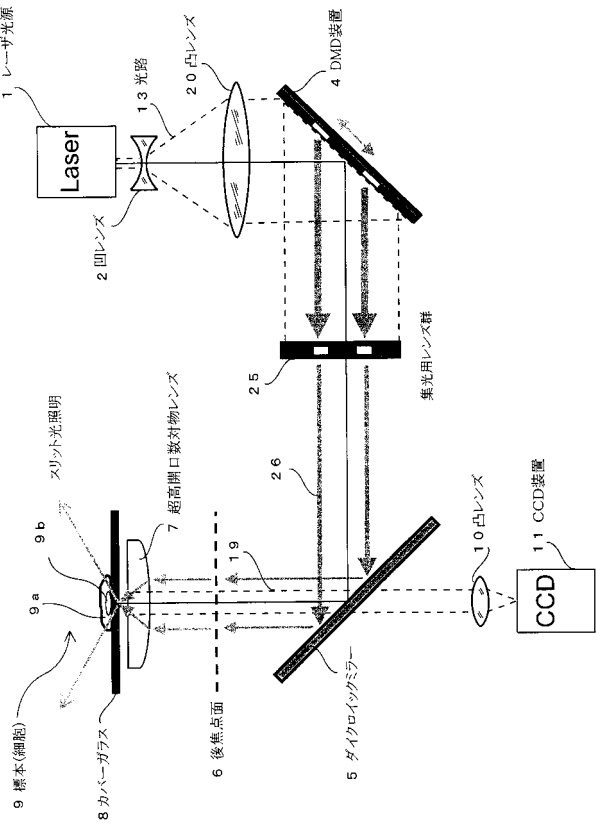
【図2】



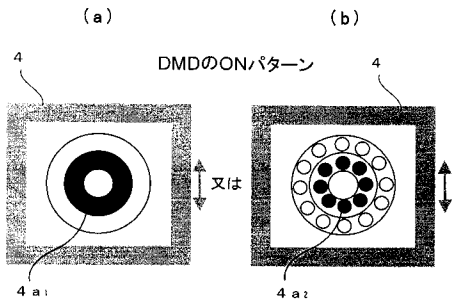
【図3】



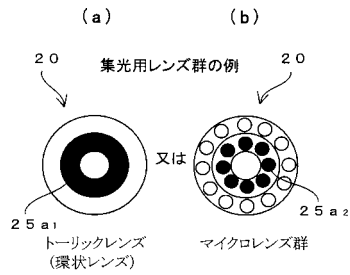
【図4】



【図5】



【図6】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 櫻井 孝司  
静岡県浜松市萩丘二丁目10番1号 ピアンテ四ツ池301
- (72)発明者 若園 佳彦  
静岡県浜松市佐藤町二丁目27番19号 コープ佐藤303
- (72)発明者 山本 清二  
静岡県浜松市半田山二丁目6番11号 医大宿舎K-346

審査官 森内 正明

- (56)参考文献 特開2005-24597(JP,A)  
特開2005-3909(JP,A)  
特開平9-159922(JP,A)  
特開2003-107361(JP,A)  
国際公開第03/025656(WO,A1)  
特開平11-249023(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 21/00 - 21/36