

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5529729号
(P5529729)

(45) 発行日 平成26年6月25日 (2014. 6. 25)

(24) 登録日 平成26年4月25日 (2014. 4. 25)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 17/08 (2006.01)

G O 2 B 17/08

A

請求項の数 28 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2010-512205 (P2010-512205)	(73) 特許権者	502442049
(86) (22) 出願日	平成20年6月12日 (2008. 6. 12)		ケーエルエーテンカー・コーポレーショ ン
(65) 公表番号	特表2010-529516 (P2010-529516A)		K L A - T E N C O R C O R P O R A T I O N
(43) 公表日	平成22年8月26日 (2010. 8. 26)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州950 35 ミルピタス, ワン・テクノロジー・ ドライブ
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/007431		
(87) 国際公開番号	W02008/156690	(74) 代理人	110000028
(87) 国際公開日	平成20年12月24日 (2008. 12. 24)		特許業務法人明成国際特許事務所
審査請求日	平成23年6月2日 (2011. 6. 2)	(72) 発明者	アームストロング・ジョセフ・ジェイ. アメリカ合衆国 カリフォルニア州950 35 ミルピタス, フォルサム・サークル , 729
(31) 優先権主張番号	11/818, 448		
(32) 優先日	平成19年6月14日 (2007. 6. 14)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広帯域顕微鏡法に使用するための浸液を用いる反射屈折顕微鏡対物レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対物レンズであって、以下を含む：

ほぼ480～660ナノメートルの波長範囲の光線が発生するように構成される光源から光線を受け入れて、焦点を合わせた光線を形成するように構成される少なくとも1つの合焦レンズを含む合焦レンズ群；

前記合焦レンズ群から合焦した光線を受け入れて、中間の光線が発生するように適応される視野レンズ；

前記視野レンズから前記中間の光線を受け入れて、制御された光線を形成するように配置されるマンジンミラー装置；および

前記マンジンミラー装置と標本との間の浸液；

そこにおいて、前記対物レンズの全ての要素は40ミリメートル未満の直径を有して、前記対物レンズは、ほぼ1.2を上回る開口数および0.20ミリメートルを上回る照射野を備える。

【請求項 2】

請求項1に記載の対物レンズにおいて、複数のガラス材料が用いられる。

【請求項 3】

請求項2に記載の対物レンズにおいて、前記マンジンミラー装置が以下を含む：

前記浸液と接触する実質的に平坦な表面、および前記標本に向かってカーブした第2の表面を有する第1のレンズ/ミラー要素；および

第 1 の反射表面を有する第 2 のレンズ / ミラー要素。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の対物レンズにおいて、前記第 2 のレンズ / ミラー要素が、合焦した光線を通してを許容する中心開口をさらに有する。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の対物レンズにおいて、前記第 2 のレンズ / ミラー要素は、カーブした反射面と、実質的に平坦な面とを有するレンズとして形成される。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の対物レンズにおいて、前記合焦レンズ群の各レンズおよび前記視野レンズの各々が、多くてもほぼ 25 ミリメートルの直径を有する。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の対物レンズにおいて、前記視野レンズ、前記合焦レンズ群および前記マンジンミラー装置を含む前記対物レンズが、8 つ以下の要素を含む。

【請求項 8】

請求項 2 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、石英ガラスである。

【請求項 9】

請求項 2 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、フッ化カルシウムである。

【請求項 10】

20

請求項 2 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、BK7 である。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、フランジを有する顕微鏡とともに使用され、前記フランジは、前記標本からほぼ 60 ミリメートルに位置するように構成される。

【請求項 12】

標本を検査するために使用される対物レンズであって、以下を含む：

ほぼ 480 ~ 660 ナノメートルの波長範囲の広帯域の光線を受け入れるように構成される合焦レンズ群であって、前記合焦レンズ群は、少なくとも 1 つの合焦レンズを含む；

30

前記合焦レンズ群から焦点を合わせた光線を受け入れて、中間の光線を発生するように適応される少なくとも 1 つの視野レンズ；

前記視野レンズから前記中間の光線を受け入れて、制御された光線を形成するように配置されるマンジンミラー装置；および

前記マンジンミラー装置と前記標本との間に位置する液浸物質；

前記マンジンミラー装置は、ほぼ 1.2 を上回る開口数およびほぼ 0.20 ミリメートルを超える照射野とともに、前記制御された光線を前記標本に与える。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズに複数のガラス材料が用いられる。

40

【請求項 14】

請求項 13 に記載の対物レンズにおいて、前記マンジンミラー装置が以下を含む：

前記浸液と接触する実質的に平坦な表面、および前記標本に向かってカーブした第 2 の表面を有する第 1 のレンズ / ミラー要素；および

第 1 の反射表面を有する第 2 のレンズ / ミラー要素。

【請求項 15】

請求項 12 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズの各要素が、ほぼ 25 ミリメートルを下回る直径を有する。

【請求項 16】

請求項 12 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、多くても 7 つの要素を有

50

する。

【請求項 1 7】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、9 つ未満の要素を含む。

【請求項 1 8】

請求項 1 3 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、石英ガラスである。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、フッ化カルシウムである。

【請求項 2 0】

請求項 1 3 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、BK7 である。

10

【請求項 2 1】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、顕微鏡内のフランジに配置されるように構成され、前記フランジは、正常動作の間、前記標本からほぼ 60 ミリメートル以下に位置する。

【請求項 2 2】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、主として水である。

【請求項 2 3】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、石英ガラスの分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

【請求項 2 4】

20

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、フッ化カルシウムの分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

【請求項 2 5】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、BK7 の分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

【請求項 2 6】

請求項 1 2 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、比較的最小限の球面収差、軸上色収差、横色収差、および収差の色の変化を発生するために最適化される。

【請求項 2 7】

請求項 2 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、残余の横色収差を許容するために最適化される。

30

【請求項 2 8】

標本を検査するための方法であって、以下を含む：

ほぼ 480 ～ 660 ナノメートルの範囲の波長を有する光線が発生するステップ；

少なくとも 1 つのレンズを使用して、前記光線の焦点を合わせて、合焦した光線にするステップであって、前記合焦において使用する各レンズはほぼ 25 ミリメートルを下回る直径を有するステップ；

前記合焦した光線を受け入れて、前記合焦した光線を中間の光線に変換するステップ；
および

前記中間の光線を受け入れて、液浸物質を通して制御された光線を標本に提供するステップ；

40

そこにおいて、制御された光線は、ほぼ 1.2 を上回る開口数および 0.20 ミリメートルを上回る照射野を備える。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、2003 年 8 月 22 日に提出されたデイビッド G. シェーファー (David G. Shafer) らが発明者の「広帯域顕微鏡法のための反射屈折イメージングシステム (Catadioptric Imaging System for Broad Band Microscopy)」と題する同時係属の米国特許出願番号 10

50

／ 6 4 6 , 0 7 3 の一部継続出願であり、そしてそれは、2003年5月7日に出願されたデイビッド G . シェファード (David G . Shafer) らが発明者の「高性能反射屈折イメージングシステム (High Performance Catadioptric Imaging System) 」と題する米国特許出願番号 1 0 / 4 3 4 , 3 7 4 の一部継続出願であり、そしてそれは、2003年2月21日に出願された「高性能、低コスト反射屈折イメージングシステム (High Performance , Low Cost Catadioptric Imaging System) 」と題する米国仮特許出願番号 6 0 / 4 4 9 , 3 2 6 の利点を主張するものであり、およびこの出願は、また、2004年3月29日に出願された J . ジョセフ・アームストロング (J . Joseph Armstrong) らが発明者の「広帯域顕微鏡法に使用するための浸液を用いる反射屈折イメージングシステム (Catadioptric Imaging System Employing Immersion Liquid for use in Broad Band Microscopy) 」と題する同時係属の米国特許出願番号 1 0 / 8 1 2 , 1 1 1 の一部継続出願である。すべてのこれらの出願は、参照によって本明細書に組み込まれる。

10

【 0 0 0 2 】

本発明は、一般に、光学イメージングの分野に関し、より詳しくは、顕微鏡的なイメージング、検査、およびリソグラフィ用途のために使用する反射屈折光学システムに関する。

【 背景技術 】

20

【 0 0 0 3 】

現在利用可能な光学システムは、例えば、半導体ウェーハまたはフォトマスク上の欠陥を検査するか、あるいはその代わりにスライド上の生体試料を調べるような、標本の表面の特徴を検査するかまたは画像化する能力を有する。顕微鏡は、生物学、計測学、半導体検査および、小さいエリアおよび／または特徴の高解像度画像が望まれる他の複合の検査用途を含む、さまざまなイメージング状況において使用されてきた。

【 0 0 0 4 】

典型的に利用できるイメージングシステムは、乾燥イメージングまたは、気体媒質（例えば空気）でのイメージングを使用している検査を提供する顕微鏡を含む。特定のより新規な用途は、液浸イメージングから利益を得てもよい。乾燥イメージングとは異なり、液浸イメージングは、サンプルを水または他の液体に浸して、そして液体内で画像化するかまたは画像を検査する。液浸イメージングは、特定の状況では、乾燥イメージングを超える改良された分解能を含むがこれに限らない、増加した光学特性を提供することができる。さらに、特定の生体試料と関連した性質および壊れやすい属性のため、生物学的イメージングシステムは、しばしば乾燥イメージングを全く使用することができない。この状況では、生物学的イメージングシステムは、液浸イメージングを実行することが可能なシステムの使用を必要として、サンプルが液体に浸漬されている間にサンプルを画像化することができるだけである。

30

【 0 0 0 5 】

液浸イメージングに関する課題および、液浸イメージングシステムの中で使用される対物レンズは、低い波長または幅広い波長範囲のいずれかの光エネルギーがある場合に、あるいは、別々のタイプの光およびイメージングモードがある場合に、液浸イメージング操作を使用する画像を分解する能力を含む。さらに、液浸技術は、標準器材（例えば顕微鏡）において利用可能な対物レンズによって、普遍的に使用されることができない。

40

【 0 0 0 6 】

液浸イメージングをサポートするように設計された顕微鏡は、標本の高解像度イメージングのための設計にとって困難でありえる。受け入れられる画像の品質を改善するために、この種のシステムは、標本上の所望の特徴の外観を改良するために、さまざまなイメージングモードを使用してもよい。液浸イメージングシステムにおいて使用するイメージングモードは、標本のタイプ、観察されている標本の特徴、イメージング環境、および他の

50

関連した考慮すべき問題、に応じて別々の利点を提供する、明視野、暗視野、差分干渉コントラスト、共焦、および他のイメージングモードを含んでもよい。単に既存の対物レンズとともに液浸物質を使用することは、多くの場合、より小さい受け入れ可能な画像または結果を提供することができるだけである。

【0007】

特定のイメージングモードは、波長を変化させる光エネルギーを使用してもよく、したがって、多種多様な波長およびさまざまにわたる波長範囲がある場合に、効果的に画像を分解して操作する能力は、特に有益である。加えて、多くの用途はまた、高解像度を維持しながら、広いエリアにわたって画像化することを要求する。現在利用可能な液浸対物レンズは、広いエリアにわたる画像化を許容しないで、また、大きい照射野を提供するとして知られる。液浸イメージングのために、システムの対物レンズは、設計の最も重大な構成要素のうちの1つであって、波長の幅広い範囲を有する光を使用してもよい。現在利用可能な液浸対物レンズは、波長の幅広い範囲を有する光のための正確なイメージング性能を提供しない。さらに、典型的な顕微鏡設計および対物レンズの寸法については、1.2の開口数(NA)、ほぼ0.250ミリメートルまでのおよびそれを超える照射野を提供し、そして、良好な視覚性能を呈するデバイスを提供することを聞いたことがない。

【0008】

標準顕微鏡の範囲内で対物レンズが作用する能力は、上述の半導体および生物学的検査のために要求される詳細な検査性能にとって達成するのが望ましくかつ困難である。幅広い波長をサポートすることができて、大きい照射野を呈することができる液浸対物レンズは、現在知られていない。いくつかの乾燥対物レンズの設計は、波長の広帯域イメージングのために多くの修正がなされてもよいが、しかしそれらは、概して高性能にはできなくて、0.95を上回るNA(開口数)を有する。

【0009】

従って、以前から知られている乾燥イメージング/液浸イメージングシステムに提示する前述の欠点を克服する、標準顕微鏡および顕微鏡検査用途と連動して使用するためのシステムおよび対物レンズを提供すること、並びに、標本を検査するための方法を提供することは、有益である。さらに、本明細書において記述される負の態様を呈しているデバイス上の改良された機能性を有する光学検査システム設計を提供することは、有益である。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明による第1の形態は、対物レンズであって、以下を含む：

ほぼ480～660ナノメートルの波長範囲の光線を発生するように構成される光源から光線を受け入れて、焦点を合わせた光線を形成するように構成される少なくとも1つの合焦レンズを含む合焦レンズ群；

前記合焦レンズ群から合焦した光線を受け入れて、中間の光線を発生するように適応される視野レンズ；

前記視野レンズから前記中間の光線を受け入れて、制御された光線を形成するように配置されるマンジンミラー装置；および

前記マンジンミラー装置と標本との間の浸液；

そこにおいて、前記対物レンズの全ての要素は40ミリメートル未満の直径を有して、前記対物レンズは、ほぼ1.2を上回る開口数および0.20ミリメートルを上回る照射野を備える。

本発明による第2の形態は、

標本を検査するための方法であって、以下を含む：

ほぼ480～660ナノメートルの範囲の波長を有する光線を発生するステップ；

少なくとも1つのレンズを使用して、前記光線の焦点を合わせて、合焦した光線にするステップであって、前記合焦において使用する各レンズはほぼ25ミリメートルを下回る直径を有するステップ；

10

20

30

40

50

前記合焦した光線を受け入れて、前記合焦した光線を中間の光線に変換するステップ；
および

前記中間の光線を受け入れて、液浸物質を通して制御された光線を標本に提供するステップ；

そこにおいて、制御された光線は、ほぼ 1 . 2 を上回る開口数および 0 . 2 0 ミリメートルを上回る照射野を備える。

本設計の一態様によれば、標本をイメージングするための対物レンズが提供され、その対物レンズが開示される。この対物レンズは、ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルの波長範囲の光線を発生するように構成される光エネルギー源から光線を受け入れて、1 . 2 を上回る開口数および 0 . 2 0 ミリメートルを上回る照射野を備えるために浸液と関連したマ

10

【 0 0 1 1 】

本発明は、以下の適用例としても実現可能である。

[適用例 1]

対物レンズであって、以下を含む：

ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルの波長範囲の光エネルギーを発生するように構成される光エネルギー源から光エネルギーを受け入れて、焦点を合わせた光エネルギーを形成するように構成される少なくとも 1 つの合焦レンズを含む合焦レンズ群；

前記合焦レンズ群から合焦した光エネルギーを受け入れて、中間の光エネルギーを発生するように適応される視野レンズ；

20

前記視野レンズから前記中間の光エネルギーを受け入れて、制御された光エネルギーを形成するように配置されるマンジンミラー装置；および

前記マンジンミラー装置と標本との間の浸液；

そこにおいて、前記対物レンズの全ての要素は 4 0 ミリメートル未満の直径を有して、前記対物レンズは、ほぼ 1 . 2 の開口数および 0 . 0 5 ミリメートルを上回る照射野を備える。

[適用例 2]

適用例 1 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、前記光エネルギーがある場合には、0 . 2 を上回る相対的な帯域幅を備える。

30

[適用例 3]

適用例 1 に記載の対物レンズにおいて、複数のガラス材料が用いられる。

[適用例 4]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、前記マンジンミラー装置が以下を含む：

前記浸液と接触する実質的に平坦な表面、および前記標本に向かってカーブした第 2 の表面を有する第 1 のレンズ / ミラー要素；および

第 1 の反射表面を有する第 2 のレンズ / ミラー要素。

[適用例 5]

適用例 4 に記載の対物レンズにおいて、前記第 2 のレンズ / ミラー要素が、合焦した光エネルギーを通過させることを許容する中心開口をさらに有する。

40

[適用例 6]

適用例 4 に記載の対物レンズにおいて、前記第 2 のレンズ / ミラー要素がカーブした反射面を形成され、前記カーブした反射面は、当該カーブした反射面の反対側に実質的に平坦な側を有するレンズ上に形成される。

[適用例 7]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、ほぼ 1 . 0 を上回る開口数を有するように構成される。

[適用例 8]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、ほぼ 1 . 1 を上回る開口数を有するように構成される。

50

[適用例 9]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、ほぼ 1 . 2 を上回る開口数、および 0 . 2 0 ミリメートルを上回る照射野を有するように構成される。

[適用例 1 0]

適用例 1 に記載の対物レンズにおいて、前記合焦レンズ群の各レンズおよび前記視野レンズの各々が、多くてもほぼ 2 5 ミリメートルの直径を有する。

[適用例 1 1]

適用例 1 に記載の対物レンズにおいて、前記視野レンズ、前記合焦レンズ群および前記マンジンミラー装置を含む前記対物レンズが、8 つ以下の要素を含む。

[適用例 1 2]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、石英ガラスである。

[適用例 1 3]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、フッ化カルシウムである。

[適用例 1 4]

適用例 3 に記載の対物レンズにおいて、前記ガラス材料のうちの 1 つが、B K 7 である。

[適用例 1 5]

適用例 1 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、フランジを有する顕微鏡とともに使用され、前記フランジは、前記標本からほぼ 6 0 ミリメートルに位置するように構成される。

[適用例 1 6]

標本を検査するために使用される対物レンズであって、以下を含む：
ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルの波長範囲の広帯域の光エネルギーを受け入れるように構成される合焦レンズ群であって、前記合焦レンズ群は、少なくとも 1 つの合焦レンズを含む；

前記合焦レンズ群から焦点を合わせた光エネルギーを受け入れて、中間の光エネルギーを発生するように適応される少なくとも 1 つの視野レンズ；

前記視野レンズから前記中間の光エネルギーを受け入れて、制御された光エネルギーを形成するように配置されるマンジンミラー装置；および

前記マンジンミラー装置と前記標本との間に位置する液浸物質；
前記マンジンミラー装置は、1 . 0 を上回る開口数およびほぼ 0 . 0 5 ミリメートルを超える照射野とともに、前記制御された光エネルギーを前記標本に与える。

[適用例 1 7]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、前記広帯域の光エネルギーがある場合には、0 . 3 を上回る相対的な帯域幅を備える。

[適用例 1 8]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズに複数のガラス材料が用いられる。

[適用例 1 9]

適用例 1 8 に記載の対物レンズにおいて、前記マンジンミラー装置が以下を含む：
前記浸液と接触する実質的に平坦な表面、および前記標本に向かってカーブした第 2 の表面を有する第 1 のレンズ / ミラー要素；および
第 1 の反射表面を有する第 2 のレンズ / ミラー要素。

[適用例 2 0]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズの各要素が、ほぼ 2 5 ミリメートルを下回る直径を有する。

[適用例 2 1]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、多くても 7 つの要素を有

10

20

30

40

50

する。

[適用例 2 2]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、9 つ未満の要素を含む。

[適用例 2 3]

適用例 1 8 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、石英ガラスである。

[適用例 2 4]

適用例 1 8 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、フッ化カルシウムである。

[適用例 2 5]

適用例 1 8 に記載の対物レンズにおいて、1 つのガラス材料が、BK7 である。

10

[適用例 2 6]

適用例 1 6 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、顕微鏡内のフランジに配置されるように構成され、前記フランジは、正常動作の間、前記標本からほぼ 60 ミリメートル以下に位置する。

[適用例 2 7]

適用例 1 7 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、主として水である。

[適用例 2 8]

適用例 1 7 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、石英ガラスの分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

20

[適用例 2 9]

適用例 1 7 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、フッ化カルシウムの分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

[適用例 3 0]

適用例 1 7 に記載の対物レンズにおいて、前記液浸物質が、BK7 の分散に近い分散を有する屈折率整合流体である。

[適用例 3 1]

適用例 1 7 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、比較的最小限の球面収差、軸性カラー、側面カラー、および収差の色の変化を発生するために最適化される。

[適用例 3 2]

適用例 3 1 に記載の対物レンズにおいて、前記対物レンズが、残余の側面カラーを許容するために最適化される。

30

[適用例 3 3]

標本を検査するために方法であって、以下を含む：

赤外光範囲を通るほぼ 350 ナノメートルの範囲の波長を有する光エネルギーを発生するステップ；

少なくとも 1 つのレンズを使用して、前記光エネルギーの焦点を合わせて、合焦した光エネルギーにするステップであって、前記合焦において使用する各レンズはほぼ 2.5 ミリメートルを下回る直径を有するステップ；

前記合焦した光エネルギーを受け入れて、前記合焦した光エネルギーを中間の光エネルギーに変換するステップ；および

40

前記中間の光エネルギーを受け入れて、液浸物質を通して制御された光エネルギーを標本に提供するステップ；

そこにおいて、制御された光エネルギーは、ほぼ 1.2 の開口数および 0.05 ミリメートルを上回る照射野を備える。

本発明のこれらのおよび他の利点は、以下の発明の詳細な説明および添付の図面から当業者にとって明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

本発明は、例として、および制限するためにではなく、添付の図面に図示される。

【図 1】 図 1 は、480 ~ 660 ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ

50

0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する6つの要素の反射屈折液浸対物レンズを示す。

【図2】図2は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する6つの要素の反射屈折液浸対物レンズの別の例を示す。

【図3】図3は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する6つの要素の反射屈折液浸対物レンズのさらに別の例を示す。

【図4】図4は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズを示す。

【図5】図5は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズの別の例を示す。

【図6】図6は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズのさらに別の例を示す。

【図7】図7は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズの追加的な例を示す。

【図8】図8は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズの別の例を示す。

【図9】図9は、480～660ナノメートルの帯域幅を超えて修正されて、およびほぼ0.250ミリメートルの照射野面積を有する、本設計による1.2のNA（開口数）を有する7つの要素の反射屈折液浸対物レンズを示す。

【図10】図10は、顕微鏡設計において使用する対物レンズの概念ビューを示す。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本設計は、2つのガラス材料を使用して広い波長範囲を超えて修正される反射屈折液浸対物レンズを提示する。本明細書において使用される対物レンズは、顕微鏡検査分野において特定の利点を提供してもよい。対物レンズ設計の一態様は、図1に示される。図1に示す反射屈折対物レンズは、可視スペクトル領域（すなわち、ほぼ0.480～0.660マイクロメートル波長）の広帯域イメージングに対して最適化される。この対物レンズは、6つの要素を使用して、BK7屈折率整合流体が液浸物質として使用される場合に、1.2の高開口数を提供する。NA（開口数）をさらに増加させるために、より高い屈折率を有する液浸物質を含む、他の液浸物質が使用可能である。提示される発明の設計は、軸上色収差および第1順位の横色収差のために修正するオフナー視野レンズ（Offner field lens）と結合して、シュップマン原理（Schupmann principle）を使用する。図1に提示される態様に示すように、視野レンズ群102は、性能の向上を得るために中間画像108からわずかに位置がずらされ、そして、105で示すように、この設計は浸液およびカバーガラスを使用する。

【0014】

本明細書で使用しているように、用語「浸液（immersion liquid）」、「液浸物質（immersion substance）」または「浸液層（immersion liquid layer）」は、特にガスまたはガス状の材料と区別されるように、液体または他の粘性材料を含むがこれに限らず、任意の非固体非ガス状の物質に関連する。本設計において使用されることができ浸液としては、限定はされないが、水、油状物、シリコーンゲルまたは他の液体、半流動体、粘性物質、あるいは部分的に粘性物質が挙げられる。固体、ガス状、または他の材料が、本明細書で用いられる「浸液（

immersion liquid)」または「液浸物質 (immersion substance)」の中に含まれることができると共に、これらの材料は、主に液体、半流動体、粘性物質、あるいは部分的に粘性物質を含む。これらの用語は、主に用語「浸液 (immersion liquid)」を使用しているこの考察を通じて使用されるが、しかし、液浸物質または浸液層のような他の用語の使用は、本明細書において提示した定義に合致している材料を示す。

【0015】

本明細書において提示する対物レンズ要素の構造は、希望される有益な性能を提供することに注意すべきである。当業者に理解されているように、人は単に、現在利用可能な対物レンズを手にとって、液浸流体を使用して、そして、本明細書において述べられる性能を有する相当に実行している対物レンズを得ることができない。対物レンズが1つの環境において特定の性能を呈することができるというだけの理由で、液浸物質を加えることのような変更を為すことが、その完成度を改良するかまたは維持さえすることを意味しない。例えば、NA（開口数）、照射野および色性能のような、述べられる性能を可能にすることは、本明細書において提供される要素のユニークな構成である。

【0016】

図1から、反射屈折群101すなわちマンジンミラー装置は、マンジンミラー要素106を含む。マンジンミラー要素106は、浸液（図示せず）に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群101はまた、光が第1表面を離れて反射するときに、第1面ミラーとして作用する要素107上の凹状反射面を含む。反射屈折群101の両方の要素106および107は、反射材料が存在しないミラーコーティングにおける中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本104からカバーガラスおよび浸液105を通してマンジンミラー要素106へ通過して、凹面リフレクタ107の第1のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素106の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器107の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素107はレンズとして作用する。中間画像108は、要素107に近接して形成される。視野レンズ群102は、1つ以上のレンズを含んでもよく、図1に示される態様では、1つの視野レンズ109が使用される。

【0017】

合焦レンズ群103は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では3つのレンズ要素110、112および113を使用する。合焦レンズ群103のすべてのレンズは、視野レンズ群102および中間画像108から光を集める。光線束のNA（開口数）は、開口絞111によって制御される。

【0018】

浸液105が図1において呼び出されることに注意されたい。これが液体を表すように、それは図面において特に識別可能ではないが、しかし、浸液105の表示は、液体が図の最も左の要素と標本（図示せず）との間に配置されることを示唆するために提供される。本出願のすべての図は、同様の方法で浸液の存在を示す。ここで、液体は示されるが、図面の範囲内で特に識別可能ではない。

【0019】

図1に図示される本発明の態様に対するレンズ規定は、表1に提示される。

【表 1】

表1. 図1の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	35.600
2	無限大	14.906	BK7	0.981
3	-42.453	5.216		35.600
4	-23.490	-5.216	ミラー	35.600
5	-42.453	-14.906	BK7	35.600
6	無限大	14.906	ミラー	35.600
7	-42.453	5.216		35.600
8	-23.490	2.000	BK7	35.600
9	22.309	0.496		1.790
10	-40.386	1.000	フッ化カルシウム	2.768
11	-2.998	5.355		3.384
12	-12.826	2.279	BK7	9.273
13	-5.845	5.901		9.787
STO	無限大	0.966		12.342
15	-44.591	19.111	BK7	12.552
16	-15.810	0.500		18.532
17	26.768	2.000	フッ化カルシウム	17.601
18	15.792	0.000		16.628
IMA	無限大			0.672

【0020】

当業者によって認識されることができるよう、表1の最も左の欄の数字は、図1の左から表面を計数している表面番号を表す。例えば、図1に提示される方向でのレンズ113の左表面（表1の表面17）は、-26.768ミリメートルの曲率半径、2.000ミリメートルの厚みを有し、最も右の表面（表面18）は、-15.792ミリメートルの曲率半径を有する。厚みに関して、示される厚み測定は、レンズの厚みか、または、図面における右側の表面または左側の表面である特定の表面に応じて次の表面からの距離のどちらかを表す。要素106、107、110、および112としての材料は、BK7（当業者に公知のホウケイ酸塩）である。要素109および113としての材料は、フッ化カルシウムである。

【0021】

本明細書で用いられ、そして、一般によく理解されている略語OBJは、「対象物（Object）」を表す。一方、略語STOは、開口絞、すなわち、一般によく理解されているように、設計のための開口絞を表す。IMAは、イメージ平面または位置を表するために理解される。

【0022】

図1に提示される設計において、開口数は、BK7屈折率整合流体において、ほぼ1.2に接近してもよく、またはそれを超えてもよい。図1から、合焦レンズ群103は、光エネルギーを受け入れて、焦点を合わせた光エネルギーを送り出す能力を有する。視野レンズ群102は、焦点を合わせた光エネルギーを受け入れて、中間の光エネルギーを提供し、そして中間画像108を形成する能力を有する。反射屈折群101は、中間のエネルギーを受け入れて、標本104に制御光エネルギーを提供する。あるいは、反射経路は標本104から始まり、そして、標本からの反射光は反射屈折群101によって受け入れられて、反射された光エネルギーを形成して送り出す。視野レンズ群102は、反射された光エネルギーおよび、送り出している結果としての光エネルギーを受け入れる。そして、合焦レンズ群103は、結果として生じる光エネルギーを受け入れて、焦点を合わせた結

果としての光エネルギーを送り出す。開口またはマスクは、対物レンズのNA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞1.11に配置されることができる。その結果は、ほぼ0.25ミリメートルの照射野およびこの照射野全体に0.94よりもよい多色性のストレール比を有する、ほぼ1.2のNA（開口数）でほぼ480～660ナノメートルから修正された帯域幅を有する広い帯域の光エネルギーを使用している標本を画像化する能力である。

【0023】

したがって図1および表1に提示される設計は、2つのガラス材料、BK7およびフッ化カルシウムを使用する。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。BK7は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、BK7としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。例えば、設計は、405、488、532.632ナノメートルのレーザーの用途に、最適化されることができる。設計は、400～1000ナノメートルの範囲の中でランプ・スペクトルバンドをカバーするために、最適に使用されることもできる。再最適化は、構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0024】

図1の設計における最大の要素の直径は、ほぼ35.6ミリメートルであり、一般に40ミリメートル未満である。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。この対物レンズの小型化は、特に対物レンズの性能特性からみて有益である。その結果、対物レンズは、フランジと対象物との間にほぼ60ミリメートルの距離を有する標準の顕微鏡タレットに取り付けられることができる。この液浸対物レンズは、ほぼ1.2の開口数、ほぼ0.25ミリメートルの照射野を支持して、ほぼ480～660ナノメートルの修正された帯域幅、および照射野全体に0.94よりもよい多色性のストレール比を有する。このレベルは、単一の設計の組合せにおいて従来は達成できなかったレベルである。この装置の照射野は、光学性能の最小限の低下とともにシステムが画像化することができる標本上のエリアのサイズを表す。

【0025】

任意の光学設計によっても真であるように、特定の交換条件が、対物レンズまたは光学設計の所望の用途に応じて性能特性を改良するために作成されてもよい。例えば、用途に応じて、上述した性能特性の1つを改良するために、帯域幅、照射野、開口数および/または対物レンズのサイズを犠牲にすることは、可能である。例えば、より少ないまたはより多いNA（開口数）のために最適化することは、可能である。NA（開口数）を減らすことは、対物レンズの製造公差および外径を減らすことができる。より少ないNA（開口数）設計は、より大きい照射野およびより大きい帯域幅を提供することができる。同じ性能およびより少ない光学要素を有するより少ないNA（開口数）設計も、可能である。より多いNA（開口数）としての設計を最適化することは、照射野または帯域幅を一般に制限して、対物レンズ要素のわずかに増加した直径を要求してもよい。したがって、本設計のための性能特性の組合せが特に注目し値して、既知の対物レンズ設計において一般に達成されなかったことが理解されるべきである。

【0026】

図1の設計は、ほぼ480～660ナノメートルから設計帯域幅にわたる、比較的低い固有の多色性の波面収差を提供する。低い波面収差は、増加した製造無歪限界すなわち製造の容易さを提供して、その一方で、製造された対物レンズの比較的高い性能を可能にする。この設計は自己修正でもあり、この文脈において、自己修正は、対物レンズが検査設計仕様を達成するために、収差を修正するためのいかなる追加的な光学構成要素も要求しないことを意味する。換言すれば、追加的な構成要素は、一般に収差フリーの画像を提供するために必要でない、すなわち、対物レンズは、追加的な構成要素を必要としないで、

10

20

30

40

50

実質的に完全な画像を提供する。自己修正能力は、他の自己修正された画像光学系に対する、より単純な光学的試験計測および光学配列を提供することができる。追加的な画像光学系を使用する残余の収差のさらなる修正も可能である。ここで、さらなる修正は、帯域幅または照射野を含むがこれに限らず、光学仕様を増加させることができる。

【 0 0 2 7 】

本明細書において提示される液浸対物レンズ設計は、光およびイメージングのさまざまなモードをサポートすることができる。サポートされるモードは、明視野および様々な暗視野光およびイメージングモードを含むことができる。例えば共焦、差動干渉コントラスト、分極コントラストのような他のモードが、本設計を使用してサポートされてもよい。

【 0 0 2 8 】

明視野モードは、顕微鏡システムで共通して使う。明視野光の効果は、発生される画像の明快さである。本明細書において提示されるような対物レンズとともに明視野光を使用することは、光学システムの拡大によって増大される対象物の特徴サイズの比較的正確な表示を提供する。本明細書において提示される対物レンズおよび光学構成要素は、コンピュータ化された対象物検出および分類のための像比較および処理アルゴリズムによって、容易に用いられることができる。明視野モードは、概して広帯域非コヒーレント光源を使用する。しかし、わずかに修正された光学システム構成要素とともに、そして、本明細書において提示される対物レンズ設計を使用することができる、レーザー光源を使用することが可能でもよい。

【 0 0 2 9 】

共焦モードは、光学区分 (o p t i c a l s e c t i o n i n g) が対象物の特徴の高さ違いを解決するために用いられた。大部分のイメージングモードは、特徴の頂点に変更を検出するのが困難である。共焦モードは、興味がある各高さで、対象物の特徴の別個のイメージを形成する。画像の比較は、それから別々の特徴の相対的な高所を示す。共焦モードは、本明細書において提示される設計を用いて使用されてもよい。

【 0 0 3 0 】

暗視野モードは、対象物の特徴を検出するために用いられた。暗視野モードの利点は、平坦な鏡エリアが探知器へ向かうごくわずかな光しか散乱させず、暗い画像に結びつくということである。対象物より上に突出している表面特徴部すなわち対象物は、探知器の方へ光を散乱させる傾向がある。したがって、半導体ウェーハのような対象物の検査において、暗視野イメージングは、暗い背景における特徴、粒子または他の不規則性のイメージを発生する。本設計は、暗視野モード光とともに使用されてもよい。暗視野モードは、光を散乱させる小さい特徴にぶつかると、即座に、大きい結果として生じる信号を発生する。この大きい結果として生じる信号によって、より大きなピクセルが、与えられた特徴サイズのために使用されることができて、そして、より速い対象物検査ができるようにする。フーリエ・フィルタリングは、反復するパターン信号を最小化して、暗視野検査の間、欠陥信号対雑音比を改良するために用いることもできる。

【 0 0 3 1 】

各々が特定の光および収集方式を含む、多くの別々の暗視野モードが存在する。対象物から集められる散乱されたおよび回折された光が、受け入れ可能な S N 比を提供するように、光および収集方式は選択されることができる。特定の光学システムは、リング暗視野、レーザー方向暗視野、二重暗視野、および中央暗所を含む別々の暗視野イメージングモードを使用する。これらの暗視野イメージングモードの各々は、本設計において使用されてもよい。

【 0 0 3 2 】

特定の構成要素に対するわずかな修正が、特定の性能パラメータに改良を提供してもよいとはいえ、上述した任意のイメージングモードが、図 1 の液浸イメージング設計とともに効率的に使用されてもよい。任意の構成において、提示した液浸イメージングの対物レンズ設計は、比較的高い開口数の結果とともに挙げられる任意のイメージングモードの検査を可能にし、比較的高い照射野とともに広い波長スペクトルにわたるオペレーションを

10

20

30

40

50

可能にする。この設計は、標準顕微鏡タレットの中で作動することができて、従来から知られているものよりもよいイメージング性能を提供する。

【 0 0 3 3 】

本設計の代替の態様は、6つの別個の要素を有する液浸対物レンズを提示する。設計のこの態様は、図2に提示される。図1の設計と図2の設計との違いは、主に合焦レンズ群203における変化である。この変更は、同様の性能を有するより厚いレンズを可能にする。より厚いレンズの使用は、光学表面の簡略製造およびより簡単な研磨を可能にすることができる。これに加えて、図1の設計ではメニスカスレンズ112がサンプルから離れて面するかまたはサンプルから離れてカーブするのに対して、メニスカスレンズ212はサンプルに向かって面するかまたはサンプルに向かってカーブしている。図2の方法のメニスカスレンズの曲率は、要素面から反射される光の効果を減らすことができる。NA（開口数）をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられることができる。図2の設計の対物レンズは、ほぼ0.25ミリメートルの照射野を有する、ほぼ480～660ナノメートルから帯域幅を通じて修正される。図2の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ0.96である。

10

【 0 0 3 4 】

図2から、反射屈折群201は、マンジンミラー要素206を含む。マンジンミラー要素206は、浸液に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群201はまた、光が第1表面を反射するときに、第1面ミラーとして作用する要素207上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素206および凹面リフレクタ207の両方は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本204からカバーガラスおよび浸液205を通してマンジンミラー要素206へ通過して、凹面リフレクタ207の第1のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素206の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器207の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素207はレンズとして作用する。中間画像208は、要素207に近接して形成される。視野レンズ群202は、1つ以上のレンズを含んでもよく、図2に示される態様では、1つの視野レンズ209が使用される。

20

【 0 0 3 5 】

合焦レンズ群203は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では3つのレンズ要素210、211および212（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群203は、中間画像208を含めて、視野レンズ群202から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズのNA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図2に提示される設計は、図1の設計に関して記述される効果および柔軟性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表2に示される。

30

【 0 0 3 6 】

【表 2】

表 2. 図 2 の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	22.000
2	無限大	8.883	BK7	0.948
3	-25.218	3.045		22.000
4	-13.764	-3.045	ミラー	22.000
5	-25.218	-8.883	BK7	22.000
6	無限大	8.883	ミラー	22.000
7	-25.218	3.045		22.000
8	-13.764	2.000	BK7	22.000
9	-15.000	0.973		2.930
10	24.426	1.500	フッ化カルシウム	5.087
11	-4.157	0.500		5.429
12	6.504	8.063	BK7	7.174
13	-7.160	0.888		6.731
14	-4.789	26.464	BK7	6.406
15	-12.363	6.309		14.487
16	-10.356	1.000	フッ化カルシウム	12.818
17	-16.677	-34.398		13.358
STO	無限大	34.398		11.711
IMA	無限大			0.935

【 0 0 3 7 】

要素 2 0 6、2 0 7、2 1 0、および 2 1 1 としての材料は、B K 7 である。要素 2 0 9 および 2 1 2 としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。B K 7 は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、B K 7 としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【 0 0 3 8 】

要素の最大部の直径は 2 2 . 0 ミリメートルであるが、前と同じように一般に 3 0 ミリメートル未満であり、ほぼ 2 2 . 0 ミリメートルである。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【 0 0 3 9 】

本設計の代替の態様は、前と同じように 6 つの要素を有する液浸対物レンズを提示する。設計のこの態様は、図 3 に提示される。図 3 の設計と図 2 の設計との主要な違いは、合焦レンズ群にある。図 3 の設計は、サンプルの方へ面するメニスカスレンズ 3 1 2 を許容すると共に、より薄いレンズを使用する。より薄いレンズは、個々の要素面から反射される光の効果を減らすことができる。設計のこの態様は、B K 7 のための屈折率整合流体（すなわち B K 7 レンズにマッチして、良好な光学性能を提供する流体）を使用する。B K 7 にマッチする流体の 1 つの例は、カーギル（C a r g i l l e）社の製品コード番号 1 1 5 1 0 によって生産されるが、これ以外も利用できる。この流体は、3 1 0 ナノメートルと 1 1 0 0 ナノメートルとの間の波長にとって B K 7 と非常に似ている屈折率を有するために設計される。N A（開口数）をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられることができる。図 3 の設計の対物レンズは、ほぼ 0 . 2 5 ミリメートルの照射野を有する、ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルから帯域幅を通じて修正

される。図 3 の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ 0.92 である。

【0040】

図 3 から、反射屈折群 301 は、マンジンミラー要素 306 を含む。反射屈折群 301 はまた、光が第 1 表面を反射するときに、第 1 面ミラーとして作用する要素 307 上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素 306 および凹面リフレクタ 307 の両方は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本 304 からカバーガラスおよび浸液 305 を通ってマンジンミラー要素 306 へ通過して、凹面リフレクタ 307 の第 1 のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素 306 の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器 307 の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素 307 はレンズとして作用する。中間画像 308 は、要素 307 に近接して形成される。視野レンズ群 302 は、1 つ以上のレンズを含んでもよく、図 3 に示される態様では、1 つの視野レンズ 309 が使用される。

【0041】

合焦レンズ群 303 は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では 3 つのレンズ要素 310、311 および 312（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群 303 は、中間画像 308 を含めて、視野レンズ群 302 から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズの NA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図 3 に提示される設計は、図 1 の設計に関して記述される効果および柔軟性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表 3 に示される。

【0042】

【表 3】

表 3. 図 3 の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	30.000
2	無限大	12.812	BK7	0.947
3	-35.748	4.140		30.000
4	-19.798	-4.140	ミラー	30.000
5	-35.748	-12.812	BK7	30.000
6	無限大	12.812	ミラー	30.000
7	-35.748	4.140		30.000
8	-19.798	2.000	BK7	30.000
9	30.000	0.501		1.638
10	3972.345	1.000	フッ化カルシウム	2.613
11	-2.740	6.039		3.172
12	-11.732	2.017	BK7	8.922
13	-5.805	14.251		9.398
14	-37.691	2.679	BK7	15.216
15	-12.178	13.791		15.487
16	-10.932	0.500	フッ化カルシウム	12.172
17	-18.626	-22.016		12.490
STO	無限大	22.016		11.402
IMA	無限大			0.947

【0043】

要素 306、307、309、および 311 としての材料は BK7 である、そして、要素 310 および 312 としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されて

もよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。再最適化は、構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0044】

要素の最大部の直径は、ほぼ30.0ミリメートルである。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【0045】

本設計の別の態様は、前と同じように7つの要素を有する液浸対物レンズを提示する。そして、図4に示される。図4の設計と図2の設計との主要な違いは、合焦レンズ群のレンズ上の湾曲をより現実的で容易に製造するための、視野レンズ群に加えられる追加的なレンズである。設計のこの態様は、前と同じようにBK7のための屈折率整合流体を使用するが、しかし、NA（開口数）をさらに増加させるために、より高い屈折率を有する他の液浸物質が使用されることができる。図4の設計の対物レンズは、ほぼ0.25ミリメートルの照射野を有する、前と同じようにほぼ480~660ナノメートルから帯域幅を通じて修正される。図4の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ0.93である。

【0046】

図4から、反射屈折群401は、マンジンミラー要素406を含む。マンジンミラー要素406は、前と同じように浸液405に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群401はまた、光が第1表面を反射するときに、第1面ミラーとして作用する要素407上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素406および凹面リフレクタ407の両方は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本404からカバーガラスおよび浸液405を通してマンジンミラー要素406へ通過して、凹面リフレクタ407の第1のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素406の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器407の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素407はレンズとして作用する。要素407は、内側（標本側）の反射表面がカーブする一方、外面表面が平坦または比較的平坦である形状を有して、そして、要素407は、反射デバイスと同様にこの構成のレンズとして作用することに注意されたい。中間画像408は、要素407に近接して形成される。視野レンズ群402は、1つ以上のレンズを含んでもよく、図4に示される態様では、2つの視野レンズ409および410が使用される。

【0047】

合焦レンズ群403は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では3つのレンズ要素411、412および413（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群403は、中間画像408を含めて、視野レンズ群402から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズのNA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図4に提示される設計は、図1の設計に関して記述される効果および柔軟性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表4に示される。

【0048】

10

20

30

40

【表 4】

表4. 図4の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	24.000
2	無限大	9.589	BK7	0.947
3	-28.972	3.719		24.000
4	-15.901	-3.719	ミラー	24.000
5	-28.972	-9.589	BK7	24.000
6	無限大	9.589	ミラー	24.000
7	-28.972	3.719		24.000
8	-15.901	2.000	BK7	24.000
9	30.000	0.500		0.889
10	-9.349	1.000	BK7	1.736
11	-4.017	0.500		2.644
12	102.437	2.041	フッ化カルシウム	3.650
13	-3.738	4.814		4.663
14	-14.660	1.518	BK7	7.523
15	-6.218	0.698		7.857
16	-20.499	23.616	BK7	7.940
17	-11.600	6.735		13.765
18	-9.359	3.000	フッ化カルシウム	11.134
19	-22.046	-23.061		11.970
STO	無限大	23.061		10.742
IMA	無限大			1.013

【0049】

要素406、407、409、410および412としての材料は、BK7である。要素411および413としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。BK7は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、そしてその結果、設計およびレンズ規定は、BK7としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して変更（再最適化）されることができる。再最適化は、構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0050】

図4の設計において要素の最大部の直径は、ほぼ24.0ミリメートルであり、全ての場合において30ミリメートル未満である。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【0051】

本設計の別の態様は、図5に示すように、前と同じように7つの要素を有する液浸対物レンズを提示する。図5の設計と図4の設計との主要な違いは、レンズ509および510間のレンズ間隔の増加である。このレンズ間隔は、合焦レンズ群の一部としてレンズ510機能をより作成して、そして、合焦機能を実行する。このシフトは、図4から同様のレンズ412と比較して、レンズ512の厚みの減少を許容する。そしてその結果として、レンズ412よりも、実装しておよび製造するのがより容易な対物レンズ設計（特にレンズ512）に結びつく。加えて、中間画像508は、ガラス等質性と関連した課題を減らすために、外側の要素507を動かす。

【 0 0 5 2 】

図 5 の設計は、前と同じように浸液 5 0 5 として B K 7 のための屈折率整合流体を使用する。N A（開口数）をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられてもよい。図 5 の設計の対物レンズは、ほぼ 0 . 2 5 ミリメートルの照射野を有する、ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルから帯域幅を通じて修正される。そして、図 5 の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ 0 . 9 1 である。

【 0 0 5 3 】

図 5 から、反射屈折群 5 0 1 は、マンジンミラー要素 5 0 6 を含む。マンジンミラー要素 5 0 6 は、浸液に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群 5 0 1 はまた、光が第 1 表面を反射するときに、第 1 面ミラーとして作用する要素 5 0 7 上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素 5 0 6 および凹面リフレクタ 5 0 7 の両方は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本 5 0 4 からカバーガラスおよび浸液 5 0 5 を通ってマンジンミラー要素 5 0 6 へ通過して、凹面リフレクタ 5 0 7 の第 1 のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素 5 0 6 の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器 5 0 7 の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素 5 0 7 はレンズとして作用する。中間画像 5 0 8 は、要素 5 0 7 に近接して形成される。視野レンズ群 5 0 2 は、1 つ以上のレンズを含んでもよく、図 5 に示される態様では、1 つの視野レンズ 5 0 9 が使用される。

【 0 0 5 4 】

合焦レンズ群 5 0 3 は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では 4 つのレンズ要素 5 1 0、5 1 1、5 1 2、および 5 1 3（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群 5 0 3 は、中間画像 5 0 8 を含めて、視野レンズ群 5 0 2 から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズの N A（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図 5 に提示される設計は、図 1 の設計に関して記述される効果および柔軟性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表 5 に示される。

【 0 0 5 5 】

10

20

【表 5】

表5. 図5の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	30.000
2	無限大	12.174	BK7	0.948
3	-35.790	4.427		30.000
4	-19.856	-4.427	ミラー	30.000
5	-35.790	-12.174	BK7	30.000
6	無限大	12.174	ミラー	30.000
7	-35.790	4.427		30.000
8	-19.856	1.500	BK7	30.000
9	-14.247	0.500		1.340
10	-2.845	1.000	BK7	0.466
11	-2.364	2.998		1.423
12	-12.316	1.368	フッ化カルシウム	5.179
13	-4.103	4.646		5.686
14	-14.980	1.812	BK7	9.206
15	-6.611	10.319		9.545
16	-32.287	12.078	BK7	11.513
17	-11.899	5.908		14.142
18	-9.663	1.000	フッ化カルシウム	11.592
19	-23.891	-20.866		12.013
STO	無限大	20.866		10.918
IMA	無限大			0.993

【0056】

要素506、507、509、510および512は、BK7で形成される。一方、要素511および513は、フッ化カルシウムから形成される。

【0057】

したがって、図5および表5に提示される設計は、BK7およびフッ化カルシウムの2つのガラス材料を使用する。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。BK7は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、BK7としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0058】

要素の最大部の直径はほぼ30.0ミリメートルであるが、全ての場合において40.0ミリメートル未満である。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【0059】

本設計のさらに別の態様は、前と同じように7つの要素を有する液浸対物レンズを提示する。設計のこの態様は、図6に提示される。図6の設計と図5の設計との主要な違いは、合焦レンズ群のレンズ構成の変更にある。この構成では、レンズ要素612は増加した厚みを有する。そして、図4に示される要素412と同様である。設計のこの態様は、前と同じようにBK7のための屈折率整合流体を使用する。NA（開口数）をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられることができる。図6の

設計の対物レンズは、ほぼ 0.25 ミリメートルの照射野を有する、ほぼ 480 ~ 660 ナノメートルから帯域幅を通じて修正される。図 6 の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ 0.94 である。

【0060】

図 6 から、反射屈折群 601 は、マンジンミラー要素 606 を含む。マンジンミラー要素 606 は、浸液に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群 601 はまた、光が第 1 表面を反射するときに、第 1 面ミラーとして作用する要素 607 上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素 606 および凹面リフレクタ 607 の両方は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本 604 からカバーガラスおよび浸液 605 を通ってマンジンミラー要素 606 へ通過して、凹面リフレクタ 607 の第 1 のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素 606 の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器 607 の開口を通ることができる。光が反射コーティングの中心開口を通過するときに、要素 607 はレンズとして作用する。中間画像 608 は、要素 607 に近接して形成される。視野レンズ群 602 は、1 つ以上のレンズを含んでもよく、図 6 に示される態様では、1 つの視野レンズ 609 が使用される。

【0061】

合焦レンズ群 603 は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では 4 つのレンズ要素 610、611、612、および 613（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群 603 は、中間画像 608 を含めて、視野レンズ群 602 から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズの NA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図 6 に提示される設計は、図 1 の設計に関して記述される効果および柔軟性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表 6 に示される。

【0062】

【表 6】

表 6. 図 6 の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス
OBJ	無限大	0.170	BK7
1	無限大	0.100	1.515000, 44.000000
2	無限大	12.216	BK7
3	-36.223	4.359	
4	-20.167	-4.359	ミラー
5	-36.223	-12.216	BK7
6	無限大	12.216	ミラー
7	-36.223	4.359	
8	無限大	2.000	
9	-2.165	1.000	BK7
10	-1.563	2.672	
11	-4.181	2.586	フッ化カルシウム
12	-3.668	0.500	
13	-12.620	1.374	BK7
14	-5.385	2.699	
15	-51.384	24.097	BK7
16	-11.407	5.727	
17	-9.190	0.500	フッ化カルシウム
18	-21.150	-20.507	
STO	無限大	20.507	

【 0 0 6 3 】

要素 6 0 6、6 0 7、6 0 9、6 1 1 および 6 2 1 としての材料は、B K 7 である。要素 6 1 0 および 6 1 3 としての材料は、フッ化カルシウムである。したがって、図 6 および表 6 に提示される設計は、B K 7 およびフッ化カルシウムの 2 つのガラス材料を使用する。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。B K 7 は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、B K 7 としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、レンズ / 構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

10

【 0 0 6 4 】

要素の最大部の直径はほぼ 3 0 . 0 ミリメートルであるが、全ての場合において 4 0 . 0 ミリメートル未満である。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【 0 0 6 5 】

本設計の代替の態様は、前と同じように 7 つの要素を有する液浸対物レンズを提示する。設計のこの態様は、図 7 に提示される。図 7 の設計と先行する設計との主要な違いは、先行する設計に示すレンズ態様なしで、ミラーレンズ要素から純粋な第 1 表面（前面）ミラーへの要素 7 0 7 の変更である。図 7 の設計はまた、レンズ 7 1 3 の製造をより容易にする、レンズ 7 1 3 としての増加した厚みを有する。加えて、中間画像 7 0 8 および視野レンズ 7 0 9 は、ミラー要素 7 0 7 の有限厚みと同様に、対物レンズのレンズ 7 0 9 のより簡単な実装を可能にするために、要素 7 0 7 からさらに離れて移動された。設計のこの態様は、前と同じように B K 7 のための屈折率整合流体を使用する。N A（開口数）をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられることができる。図 7 の設計の対物レンズは、ほぼ 0 . 2 5 ミリメートルの照射野を有する、ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルから帯域幅を通じて修正される。図 7 の設計に対する最悪の場合の多色性のストレーラ比は、ほぼ 0 . 9 2 である。

20

【 0 0 6 6 】

図 7 から、反射屈折群 7 0 1 は、マンジンミラー要素 7 0 6 を含む。マンジンミラー要素 7 0 6 は、浸液 7 0 5 に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群 7 0 1 はまた、光が第 1 表面を反射するときに、第 1 面ミラーとして作用する要素 7 0 7 上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素 7 0 6 は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本 7 0 4 から任意のカバーガラスおよび浸液 7 0 5 を通ってマンジンミラー要素 7 0 6 へ通過して、凹面リフレクタ 7 0 7 からマンジンミラー要素 7 0 6 の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器 7 0 7 の中心孔を通ることができる。中間画像 7 0 8 は、要素 7 0 7 および視野レンズ群 7 0 2 に近接して形成される。視野レンズ群 7 0 2 は、1 つ以上のレンズを含んでもよく、図 7 に示される態様では、1 つの視野レンズ 7 0 9 が使用される。

30

【 0 0 6 7 】

合焦レンズ群 7 0 3 は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では 4 つのレンズ要素 7 1 0、7 1 1、7 1 2、および 7 1 3（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群 7 0 3 は、中間画像 7 0 8 を含めて、視野レンズ群 7 0 2 から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズの N A（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図 7 に提示される設計は、図 1 の設計に関して記述される効果、柔軟性および性能特性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表 7 に示される。

40

【 0 0 6 8 】

【表 7】

表 7. 図 7 の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	30.000
2	無限大	12.321	BK7	0.948
3	-37.030	4.573		30.000
4	-20.572	-4.573	ミラー	30.000
5	-37.030	-12.321	BK7	30.000
6	無限大	12.321	ミラー	30.000
7	-37.030	4.573		30.000
8	無限大	2.000		4.098
9	-2.139	1.000	BK7	0.650
10	-1.441	2.362		1.210
11	-3.145	2.474	BK7	3.450
12	-3.395	0.500		5.411
13	-11.213	1.276	BK7	6.323
14	-5.092	7.811		6.640
15	-71.044	12.810	BK7	8.910
16	-10.055	5.156		11.765
17	-8.077	7.447	フッ化カルシウム	9.718
18	-21.280	-26.812		11.469
STO	無限大	26.812		9.865
IMA	無限大			1.114

【 0 0 6 9 】

要素 7 0 6、7 0 7、7 0 9、7 1 0、7 1 1 および 7 1 2 としての材料は、B K 7 である。要素 7 1 3 としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。B K 7 は、その低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、B K 7 としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、レンズ / 構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【 0 0 7 0 】

図 7 のそれと同様の設計のための要素の最大部の直径は、ほぼ 3 0 . 0 ミリメートルであり、一般に 4 0 . 0 ミリメートル未満である。そしてそれは、前と同じようにこの波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【 0 0 7 1 】

本設計の代替の態様は、別々の 7 つの要素の液浸対物レンズを提示して、図 8 に示される。図 8 の設計は、図 7 の同様のレンズ 7 1 2 と比較して、製造するのがより容易なレンズ 8 1 2 を作成する、レンズ 8 1 2 のための減少した厚みを有する。この設計はまた、B K 7 のための屈折率整合流体を使用する。N A (開口数) をさらに増加させるために、他の液浸物質が、より高い屈折率とともに用いられることができる。図 8 の対物レンズは、ほぼ 0 . 2 5 ミリメートルの照射野を有する、ほぼ 4 8 0 ~ 6 6 0 ナノメートルから帯幅を通じて修正される。図 8 の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ 0 . 9 2 である。

【 0 0 7 2 】

図 8 から、反射屈折群 8 0 1 は、マンジンミラー要素 8 0 6 を含む。マンジンミラー要素 8 0 6 は、浸液に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群 8 0 1 はまた、光が第 1 表面を反射するときに、第 1 面ミラーとして作用する要素 8 0 7 上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素 8 0 6 は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本 8 0 4 からカバーガラスおよび浸液 8 0 5 を通ってマンジンミラー要素 8 0 6 へ通過して、凹面リフレクタ 8 0 7 からマンジンミラー要素 8 0 6 の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器 8 0 7 の中心孔を通ることができる。中間画像 8 0 8 は、要素 8 0 7 および視野レンズ群 8 0 2 に近接して形成される。視野レンズ群 8 0 2 は、1 つ以上のレンズを含んでもよく、図 8 に示される態様では、1 つの視野レンズ 8 0 9 が使用される。

10

【 0 0 7 3 】

合焦レンズ群 8 0 3 は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では 4 つのレンズ要素 8 1 0、8 1 1、8 1 2、および 8 1 3（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群 8 0 3 は、中間画像 8 0 8 を含めて、視野レンズ群 8 0 2 から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズの N A（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図 8 に提示される設計は、図 1 の設計に関して記述される効果、柔軟性および性能特性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表 8 に示される。

【 0 0 7 4 】

【表 8】

20

表 8. 図 8 の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	26.600
2	無限大	10.884	BK7	0.947
3	-32.252	3.796		26.600
4	-17.950	-3.796	ミラー	26.600
5	-32.252	-10.884	BK7	26.600
6	無限大	10.884	ミラー	26.600
7	-32.252	3.796		26.600
8	無限大	2.000		4.029
9	-2.321	1.000	BK7	0.654
10	-1.444	2.022		1.189
11	-2.355	1.725	BK7	2.986
12	-2.571	6.438		4.345
13	-18.575	1.601	BK7	9.175
14	-7.607	12.669		9.528
15	202.278	2.863	フッ化カルシウム	13.868
16	-11.978	5.526		13.961
17	-9.760	9.204	BK7	11.728
18	-21.325	-36.269		14.444
STO	無限大	36.269		12.776
IMA	無限大			0.858

30

40

【 0 0 7 5 】

要素 8 0 6、8 0 7、8 0 9、8 1 0、8 1 1 および 8 1 3 として使用する材料は、B K 7 である、そして、要素 8 1 2 としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよいことに注意されたい。B K 7 は、

50

前と同じようにその低コストのため、可視スペクトルのガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、BK7としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、レンズ/構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0076】

図8の設計における要素の最大部の直径は、ほぼ26.6ミリメートルであり、全ての場合において40.0ミリメートル未満である。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【0077】

本設計の追加的な7つの要素バージョンが、図9に示される。図9の設計と先行する設計との主要な違いは、合焦レンズ群903のレンズの構成である。BK7のための屈折率整合流体が使用されるが、しかし、NA（開口数）をさらに増加させるために、より高い屈折率を有する他の液浸物質が用いられることができる。図9の設計の対物レンズは、前と同じように、ほぼ0.25ミリメートルの照射野を有するほぼ480~660ナノメートルの帯域幅を通じて修正される。この設計は、照射野の端縁で単色の性能を高めるために追加の自由度を許容する、横色収差を除いて色収差のための十分に自己修正である。532ナノメートルでの図9の設計に対する最悪の場合の多色性のストレール比は、ほぼ0.98である。以下の光学構成要素（例えば管レンズ）の横色収差を修正することは、それから可能である。

【0078】

図9から、反射屈折群901は、マンジンミラー要素906を含む。マンジンミラー要素906は、浸液に近接して反射部分を有する反射的に被覆したレンズ要素である。反射屈折群901はまた、光が第1表面を反射するときに、第1面ミラーとして作用する要素907上の凹状反射面を含む。マンジンミラー要素906は、反射材料が存在しない中心の光学的開口を有する。反射材料の欠如によって、光は、対象物すなわち標本904からカバーガラスおよび浸液905を通してマンジンミラー要素906へ通過して、凹面リフレクタ907の第1のすなわち内側の表面からマンジンミラー要素906の反射面上へ反射して、さらに凹状球面反射器907の開口を通ることができる。中間画像908は、要素907および視野レンズ群902に近接して形成される。視野レンズ群902は、1つ

【0079】

合焦レンズ群903は、マルチプル・レンズ要素を、示される態様では4つのレンズ要素910、911、912、および913（全て単一のタイプの材料から形成されてもよい）を使用する。合焦レンズ群903は、中間画像908を含めて、視野レンズ群902から光を集める。開口またはマスクは、対物レンズのNA（開口数）を制限するかまたは修正するために、開口絞（図示せず）に配置されることができる。図9に提示される設計は、図1の設計に関して記述される効果、柔軟性および性能特性の仮想的に全てを有する。この実施形態に対するレンズ規定は、表9に示される。

【0080】

【表 9】

表9. 図9の設計用のレンズ規定

表面	曲率半径	厚み	ガラス	直径
OBJ	無限大	0.170	BK7	0.250
1	無限大	0.100	屈折率整合流体	24.000
2	無限大	9.857	BK7	0.947
3	-28.587	3.238		24.000
4	-15.922	-3.238	ミラー	24.000
5	-28.587	-9.857	BK7	24.000
6	無限大	9.857	ミラー	24.000
7	-28.587	3.238		24.000
8	無限大	2.000		3.366
9	-2.518	1.000	BK7	0.907
10	-1.824	3.322		1.840
11	-5.839	2.000	BK7	5.311
12	-4.115	0.500		6.495
13	-18.009	1.250	BK7	7.489
14	-6.134	20.154		7.650
15	173.483	2.250	フッ化カルシウム	11.091
16	-11.082	6.570		11.163
17	-8.067	2.000	BK7	8.638
18	-21.520	-19.925		9.187
STO	無限大	19.925		7.717
IMA	無限大			1.433

【0081】

再度、要素906、907、909、910、911および913としての材料は、BK7である。一方、要素912としての材料は、フッ化カルシウムである。他の材料が使用されてもよいが、設計の中で使用する他の材料は、対物レンズの設計によってサポートされる波長の範囲にわたる低い吸収を要求してもよい。BK7は、この出願のガラス材料としての理想選択である。フッ化カルシウムは、非常に広い伝送範囲を有し、したがって、その設計は、BK7としての低い吸収を有する任意の中心波長に対して再最適化されることができる。再最適化は、レンズ/構成要素のわずかなチューニングまたは変更を要求し、そして、当業者の能力の範囲内で一般的でもよい。

【0082】

要素の最大部の直径は24.0ミリメートルである。そしてそれは、この波長範囲において従来使用される多くの対物レンズの設計よりも有意に小さい。

【0083】

したがって一般に、本設計は、ほぼ40ミリメートルのしかし20~25ミリメートル程度に低い最大部の直径を有するレンズおよび要素を含んで、ほとんどの場合に1.0およびほぼ1.2を上回る開口数を提供して、そして、いくつかの場合に0.20ミリメートルを上回るがしかし、全ての場合に0.05ミリメートルを上回る、ほぼ0.25ミリメートルの照射野を提供する。対物レンズのための修正された帯域幅は、ほぼ480~660ナノメートルである。対物レンズは、送り出された光エネルギーがある場合に、0.2を上回る相対的な帯域幅を提供する。ここで、相対的な帯域幅は、入力されまたは受け入れられた帯域幅（時々参照帯域幅と呼ばれる）にみなされている帯域幅の比率である。

【0084】

対物レンズ1001、フランジ1002および顕微鏡1003の概念上の図面（一定の比率でない）が、図10に図示される。対物レンズ1001は、本明細書において開示さ

れる対物レンズ設計の形態をとってもよい。通常の状態において、フランジは、標本からほぼ60ミリメートルに位置してもよい。液浸イメージングを使用する顕微鏡システムは、概して転倒型である。この種の顕微鏡において、大部分の部品の順序は、典型的に逆転する。この場合、顕微鏡より上に対物レンズを保持するフランジ1002については、顕微鏡1003が一番下にある。サンプル1004はそれから、視るために対物レンズの上に配置される。この装置は、対物レンズ1001とサンプル1004との間に浸液を配置することを単純化する。

【0085】

本明細書において提示される設計および図で示される特定の態様は、制限しないことになっているが、しかし、本発明の教示および利点、すなわち、高いNA（開口数）および改良された照射野を有する広帯域光エネルギー状態を良好に実行する能力を有する既存の顕微鏡用に構成される小型の直径の対物レンズ、をまだ組み込むと共に、代替の構成要素を含んでもよい。本発明はしたがって、本発明の特定の実施形態と関連して記述されると共に、本発明は、さらなる修正の能力があることが理解される。この出願は、一般に、本発明の原理に従い、そして、本発明が関係する技術の範囲内で知られたおよび慣習的な実行の範囲内に由来するような現在の開示からのこの種の逸脱を含む、本発明の任意の変化、使用または適応もカバーすることを意図する。

10

【図1】

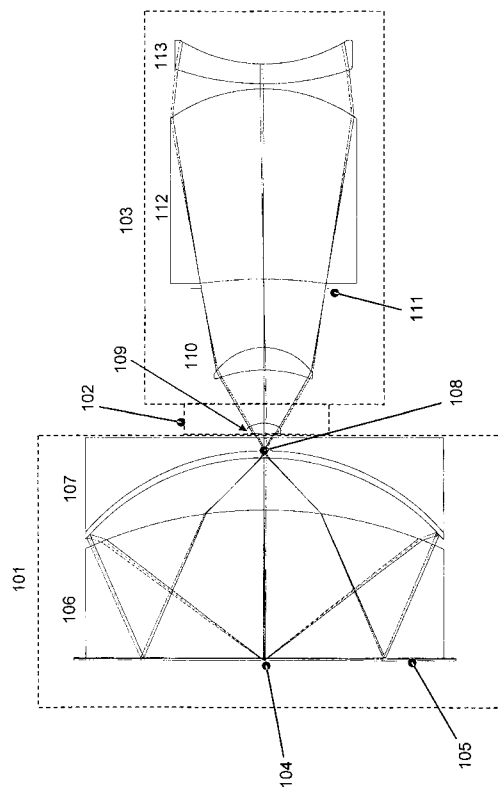


FIG. 1

【図2】

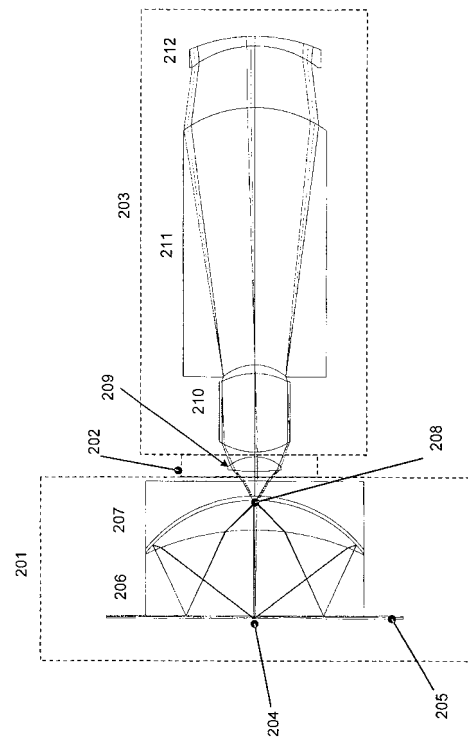


FIG. 2

【図 3】

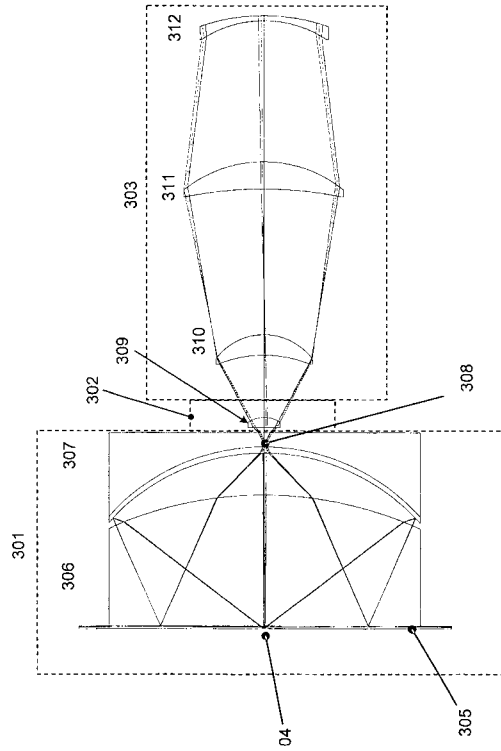


FIG. 3

【図 4】

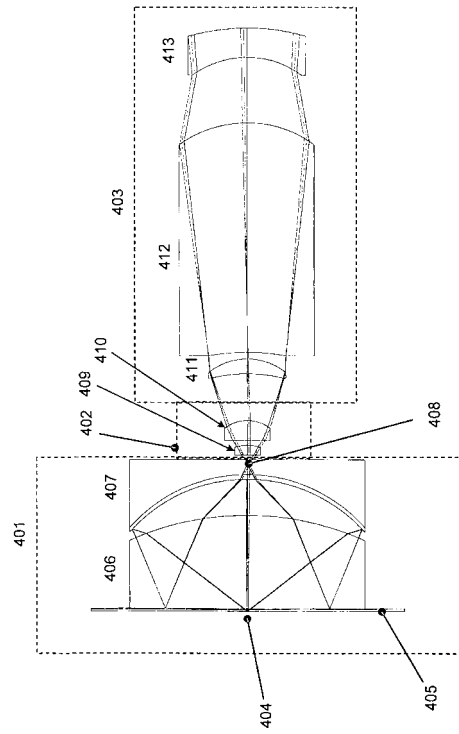


FIG. 4

【図 5】

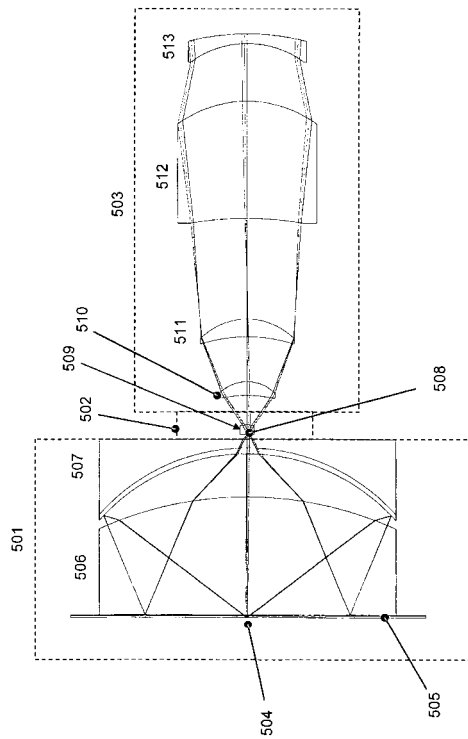


FIG. 5

【図 6】

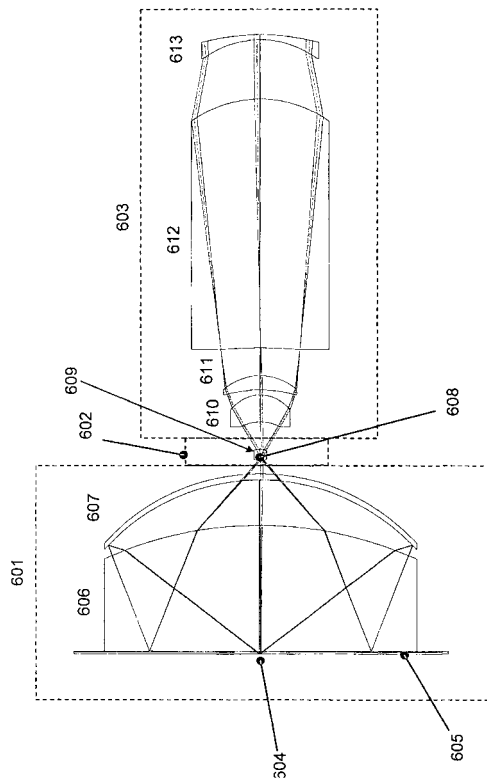


FIG. 6

【図 7】

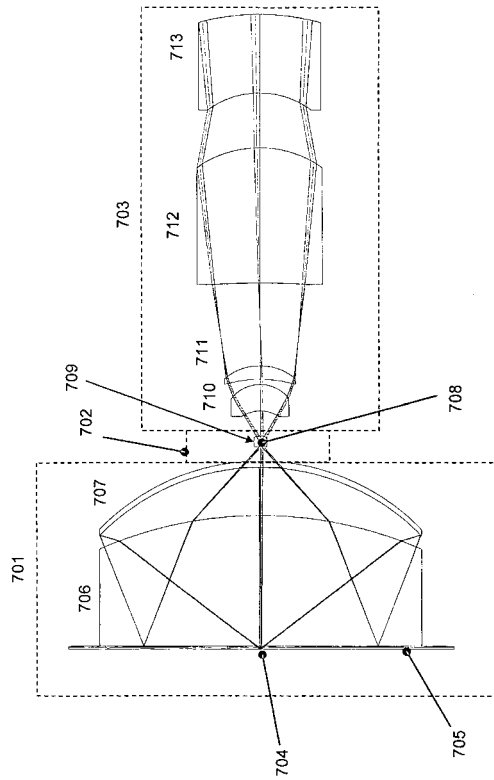


FIG. 7

【図 8】

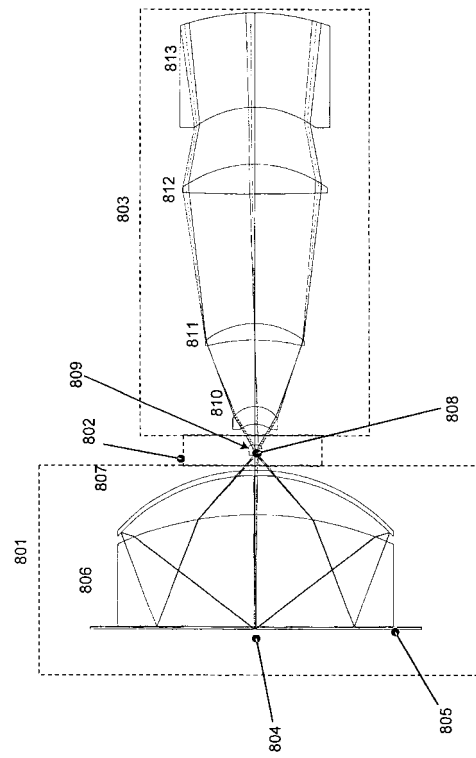


FIG. 8

【図 9】

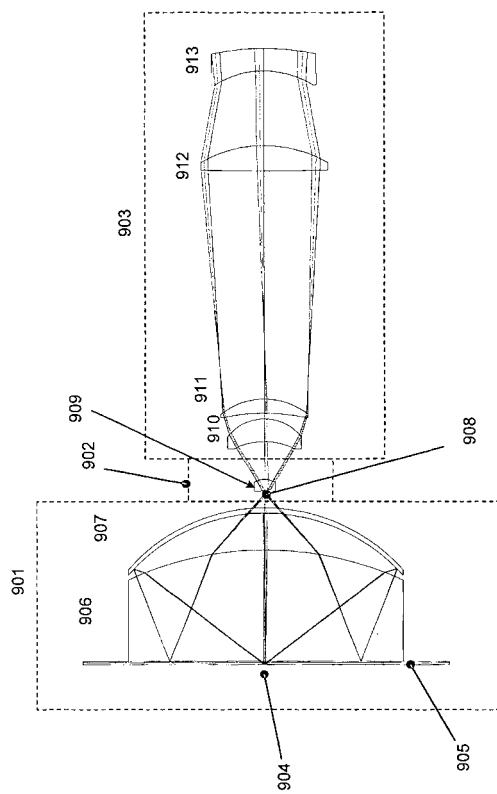


FIG. 9

【図 10】

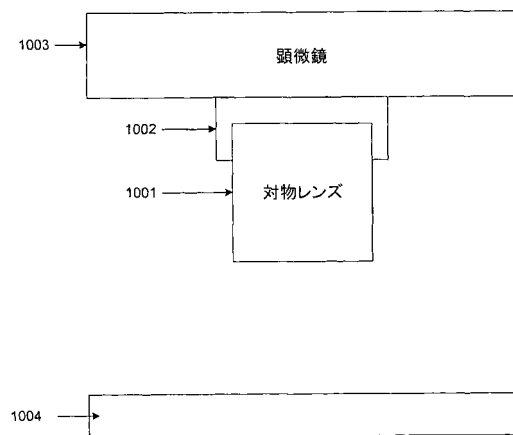


FIG. 10

フロントページの続き

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 国際公開第2005/094304(WO, A1)
特表2007-514179(JP, A)
国際公開第2006/069725(WO, A1)
特開平06-273674(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 17/08