

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号
特表2017-509018
(P2017-509018A)

(43) 公表日 平成29年3月30日(2017.3.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 5/20 (2006.01)	G O 2 B 5/20	2 H 1 4 8
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 O O T	4 C 1 6 1
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 O	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2016-555473 (P2016-555473)	(71) 出願人	507278214 ノバダック テクノロジーズ インコーポ レイテッド カナダ国 エル4 ダブリュ 4 ティー9 オンタリオ ミシサーガ エクスプローラ ー ドライブ 5090 スイート 20 2
(86) (22) 出願日	平成27年3月3日 (2015.3.3)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康德
(85) 翻訳文提出日	平成28年10月19日 (2016.10.19)	(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
(86) 国際出願番号	PCT/CA2015/050162	(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
(87) 国際公開番号	W02015/131281	(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
(87) 国際公開日	平成27年9月11日 (2015.9.11)		
(31) 優先権主張番号	61/947, 774		
(32) 優先日	平成26年3月4日 (2014.3.4)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/077, 730		
(32) 優先日	平成26年11月10日 (2014.11.10)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

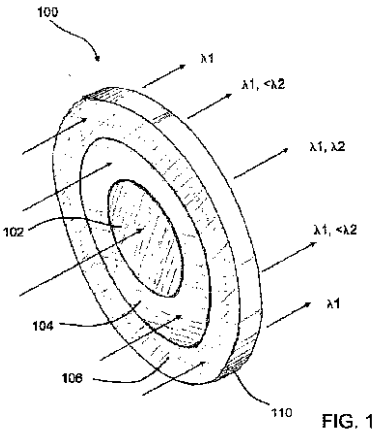
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間およびスペクトルフィルタリング開口およびそれを含む光学イメージングシステム

(57) 【要約】

第1波長範囲を通す中央フィルタ領域と、第2波長範囲を遮る周辺フィルタ領域と、前記中央フィルタ領域と前記周辺フィルタ領域との間の遷移フィルタ領域と、を含み、前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域および前記周辺フィルタ領域において前記第2波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第2波長範囲を通すかまたは遮るフィルタが提供される。より概括的には、「N」個の領域および「N-1」個までの遷移領域がありうる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 波長範囲を通す中央フィルタ領域と、
第 2 波長範囲を遮る周辺フィルタ領域と、
前記中央フィルタ領域と前記周辺フィルタ領域との間の遷移フィルタ領域と、を備え、
前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域および前記周辺フィルタ領域において
前記第 2 波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第 2 波長範囲を
通すかまたは遮るフィルタ。

【請求項 2】

前記中央フィルタ領域は前記第 2 波長範囲を遮り、前記遷移フィルタ領域は前記第 2 波
長範囲を通す請求項 1 に記載のフィルタ。

10

【請求項 3】

前記中央フィルタ領域は前記第 2 波長範囲を通し、前記遷移フィルタ領域は前記第 2 波
長範囲を前記周辺フィルタ領域よりも多くかつ前記中央フィルタ領域よりも少なく通す請
求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 4】

前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域から前記周辺フィルタ領域へ、前記第
2 波長範囲の透過を徐々に変える請求項 3 に記載のフィルタ。

【請求項 5】

前記遷移フィルタ領域は、前記第 2 波長範囲を通す複数の第 2 部分の間に、前記第 2 波
長範囲を遮る第 1 部分を含む請求項 3 に記載のフィルタ。

20

【請求項 6】

前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域から前記周辺フィルタ領域へ、前記第
2 波長範囲の阻止を徐々に増大させる請求項 5 に記載のフィルタ。

【請求項 7】

前記遷移フィルタ領域の前記第 1 部分の材料は前記周辺フィルタ領域の材料と同じであ
る請求項 5 に記載のフィルタ。

【請求項 8】

前記遷移フィルタ領域は前記第 1 波長範囲を通す請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 9】

前記フィルタは、前記第 1 波長範囲の点広がり関数と前記第 2 波長範囲の点広がり関数
とを実質的に同等にする請求項 1 に記載のフィルタ。

30

【請求項 10】

前記第 1 波長範囲と前記第 2 波長範囲とは部分的に重なり合う請求項 1 に記載のフィル
タ。

【請求項 11】

前記第 1 波長範囲と前記第 2 波長範囲とは重なり合わない請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 12】

複数の波長範囲で用いられるシステムであって、
システム開口の第 1 共役の隣の第 1 波長依存フィルタと、
前記システム開口の第 2 共役にある第 2 波長依存フィルタと、を備え、
前記第 1 波長依存フィルタおよび前記第 2 波長依存フィルタは、前記複数の波長範囲の
点広がり関数を実質的に同等にするシステム。

40

【請求項 13】

イメージングシステムで用いられるフィルタシステムであって、前記イメージングシス
テムはシステム開口とオブジェクトを像平面に結像させる光学システムとを有し、該フィ
ルタシステムは前記システム開口と前記像平面との間に設けられ、前記フィルタシステム
はフィルタを備え、前記フィルタは、

前記フィルタの中央に設けられた第 1 フィルタ領域であって第 1 波長範囲および第 2 波
長範囲を通す第 1 フィルタ領域と、

50

前記第 1 波長範囲を通し、かつ前記第 2 波長範囲を遮る第 2 フィルタ領域と、
前記フィルタシステムにおける前記第 1 フィルタ領域の有効サイズを変えるアジャスタ
と、を有するフィルタシステム。

【請求項 14】

前記アジャスタは前記フィルタを軸空間において前記像平面に対して移動させる請求項
13 に記載のフィルタシステム。

【請求項 15】

前記第 2 フィルタ領域は前記光軸の周りに設けられた複数のフィルタ部分を含み、
前記アジャスタは前記複数の部分を径空間において移動させる請求項 13 に記載のフィ
ルタシステム。

10

【請求項 16】

前記フィルタは、そのなかに複数の第 1 フィルタ領域を有する基板を含み、
前記アジャスタは前記基板を径空間において移動させる請求項 13 に記載のフィルタシ
ステム。

【請求項 17】

前記アジャスタは前記フィルタを回転させる請求項 16 に記載のフィルタシステム。

【請求項 18】

少なくとも第 1 波長範囲および第 2 波長範囲をフィルタする方法であって、
前記第 1 波長範囲の中央部を通すことと、
前記第 2 波長範囲の周辺部を遮ることと、
前記中央部および前記周辺部において前記第 2 波長範囲が通されるかまたは遮られるの
とは異なるように、前記第 2 波長範囲の遷移部であって中央部と前記周辺部との間の遷移
部を通すかまたは遮ることと、を含む方法。

20

【請求項 19】

前記第 2 波長範囲の前記中央部を遮ることをさらに含み、
前記遷移部において前記第 2 波長範囲を通す請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記第 2 波長範囲の前記中央部を通すことをさらに含み、
前記遷移部は、前記第 2 波長範囲を前記周辺部よりも多くかつ前記中央部よりも少なく
通す請求項 18 に記載の方法。

30

【請求項 21】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のフィルタと、
前記第 1 波長範囲と前記第 2 波長範囲とを分けるビームスプリッタと、を備えるキット
。

【請求項 22】

複数のリレーをさらに備える請求項 21 に記載のキット。

【請求項 23】

対物レンズをさらに備える請求項 21 に記載のキット。

【請求項 24】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のフィルタを備える内視鏡。

40

【請求項 25】

前記フィルタは、前記内視鏡のシステム開口またはそのシステム開口の共役にまたはそ
の近くに配置される請求項 24 に記載の内視鏡。

【請求項 26】

前記フィルタは、前記内視鏡のシステム開口またはそのシステム開口の共役にまたはそ
の近くに配置されるわけではない請求項 24 に記載の内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願へのクロスリファレンス

50

本願は、2014年3月4日に提出された米国特許仮出願番号61/947774および2014年11月10日に提出された米国特許仮出願番号62/077730に関連し、それらの仮出願の開示は参照により本明細書に組み入れられる。

【0002】

本開示は主にイメージングの分野に関する。本開示は特に光学イメージングシステムの画質を改善することに関する。

【背景技術】

【0003】

光学システムを通る光線の経路は波長により変化するであろう。光学イメージングシステムは、異なる波長に対して異なる幾何収差、例えばコマ収差や球面収差など、示す。像平面において、各波長に関連する光線は収差変動を示す（スフェロクロマティズム（spherical chromatism）は球面収差が波長で変わるという条件のことである）だけでなく、位置変動をも示す。例えば、望遠鏡などのイメージングシステムは星の像を形成するが、そこではその像の青部分、緑部分および赤部分はわずかに異なるスポットサイズおよびスポット位置を示す。横色収差（すなわち、異なる波長についての異なる倍率）は、ある波長のスポットが他の波長のスポット重心とは異なる像平面上の位置に形成される原因となる。軸上色収差（すなわち、異なる波長についての異なる焦平面）は、ある波長の最良の像が他の波長のその軸方向位置とは異なる軸方向位置に形成される原因となる。より概括的には、球面収差や非点収差やコマ収差や像面湾曲や歪みなどのすべての収差は波長により変わる。

【0004】

カメラなどのイメージングデバイスによりオブジェクトの像が形成される場合、デバイスの光情報に対する影響は種々の手段にて記述可能である。例えば、点光源の像は、デバイスの点広がり関数（PSF）にしたがって変化するであろう。PSFは、イメージシーンを構成するときに、オブジェクトシーンにおける細かい詳細をイメージングシステムがどのように変えるかを特徴付ける。像は、デバイスによってもたらされる収差であってそうでなければオブジェクトの一部ではない収差を示す。特に、像フィールドの解像度およびコントラストはイメージデバイスの変調伝達関数（MTF）によって決定されるであろう。PSFおよびMTFの両方は波長依存性、システム開口幾何依存性、および収差依存性を示すであろう。すなわち、MTFは波長が異なれば異なるであろうし、開口幾何が異なれば異なるであろうし、最終波面が回折制限的であるか収差制限的であるかの度合いに依存するであろう。

【0005】

PSFやMTFや現実のイメージングシステムの他のそのような特徴量は回折効果および収差効果を説明し、かつ含む。例えば、イメージングシステムに収差が導入されると、MTFおよびPSFの両方が変化し、画質が低下する。視野全体に亘り収差制限的であるシステムは、開口が低減された場合に改善された性能を示すであろう。しかしながら、そのようなシステムでは、軸外性能低下がある波長に支配的に起因することが生じうる。

【0006】

あるイメージングシステムは軸上よりも軸外でより大きな収差を示す。そのようなシステムは軸外収差を制御するための手段として口径食を用いるであろう。そうしなければ、軸外収差は画質に悪影響を与えうる。口径食は、周辺光線が像平面に到達するのを選択的に止めることを含む。例えば、軸外フィールド位置に関連付けられたある光線が像平面に到達するのを防ぐことにより、コマが低減されうる。これらの光線は、システム開口ストップの前か後で、領域において遮られうる。制限（口径食）開口を挿入することによって、またはシステム開口ストップに設けられていないレンズのサイズを小さくすることによって、光線を遮ることが可能である。しかしながら、複数の波長を結像するシステムであって異なる波長が異なる強度を有するシステムでは、そのような口径食は低強度波長で減光しすぎる可能性があり、その結果その低強度波長の像が認識できなくなる可能性がある。

。

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【0007】

ひとつ以上の実施の形態は、第1波長範囲を通す中央フィルタ領域と、第2波長範囲を遮る周辺フィルタ領域と、前記中央フィルタ領域と前記周辺フィルタ領域との間の遷移フィルタ領域と、を含み、前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域および前記周辺フィルタ領域において前記第2波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第2波長範囲を通すかまたは遮るフィルタに向けられる。

【0008】

前記中央フィルタ領域は前記第2波長範囲を遮り、前記遷移フィルタ領域は前記第2波長範囲を通してよい。前記中央フィルタ領域は前記第2波長範囲を通してよく、前記遷移フィルタ領域は前記第2波長範囲を前記周辺フィルタ領域よりも多くかつ前記中央フィルタ領域よりも少なく通してもよい。

10

【0009】

前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域から前記周辺フィルタ領域へ、前記第2波長範囲の透過を徐々に変えてもよい。前記遷移フィルタ領域は、前記第2波長範囲を通す複数の第2部分の間に、前記第2波長範囲を遮る第1部分を含んでもよい。前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域から前記周辺フィルタ領域へ、前記第2波長範囲の阻止を徐々に増大させてもよい。

【0010】

前記遷移フィルタ領域の前記第1部分の材料は前記周辺フィルタ領域の材料と同じであってもよい。遷移フィルタ領域は第1波長範囲を通してよい。

20

【0011】

前記フィルタは、前記第1波長範囲の点広がり関数と前記第2波長範囲の点広がり関数とを実質的に同等にしてもよい。第1波長範囲と第2波長範囲とは部分的に重なり合ってもよい。第1波長範囲と第2波長範囲とは重なり合わなくてもよい。

【0012】

ひとつ以上の実施の形態は、複数の波長範囲で用いられるシステムであって、システム開口の第1共役の隣の第1波長依存フィルタと、前記システム開口の第2共役にある第2波長依存フィルタと、を備え、前記第1波長依存フィルタおよび前記第2波長依存フィルタは、前記複数の波長範囲の点広がり関数を実質的に同等にするシステムに向けられる。

30

【0013】

ひとつ以上の実施の形態は、イメージングシステムで用いられるフィルタシステムであって、前記イメージングシステムはシステム開口とオブジェクトを像平面に結像させる光学システムとを有し、該フィルタシステムは前記システム開口と前記像平面との間に設けられ、前記フィルタシステムはフィルタを備え、前記フィルタは、前記フィルタの中央に設けられた第1フィルタ領域であって第1波長範囲および第2波長範囲を通す第1フィルタ領域と、前記第1波長範囲を通し、かつ前記第2波長範囲を遮る第2フィルタ領域と、前記フィルタシステムにおける前記第1フィルタ領域の有効サイズを変えるアジャスタと、を有するフィルタシステムに向けられる。前記アジャスタは前記フィルタを軸空間において前記像平面に対して移動させてもよい。

40

【0014】

前記第2フィルタ領域は前記光軸の周りに設けられた複数のフィルタ部分を含んでもよく、前記アジャスタは前記複数の部分を径空間において移動させてもよい。

【0015】

前記フィルタは、そのなかに複数の第1フィルタ領域を有する基板を含んでもよく、前記アジャスタは前記基板を径空間において移動させてもよい。アジャスタはフィルタを回転させてもよい。

【0016】

ひとつ以上の実施の形態は、少なくとも第1波長範囲および第2波長範囲をフィルタする方法であって、前記第1波長範囲の中央部を通すことと、前記第2波長範囲の周辺部を

50

遮ることと、前記中央部および前記周辺部において前記第 2 波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第 2 波長範囲の遷移部であって中央部と前記周辺部との間の遷移部を通すかまたは遮ることと、を含む方法に向けられる。

【0017】

方法は、前記第 2 波長範囲の前記中央部を遮ることをさらに含んでもよく、前記遷移部において前記第 2 波長範囲を通してよい。方法は、前記第 2 波長範囲の前記中央部を通すことをさらに含んでもよく、前記遷移部は、前記第 2 波長範囲を前記周辺部よりも多くかつ前記中央部よりも少なく通す。

【0018】

ひとつ以上の実施の形態は、フィルタと、第 1 波長範囲と第 2 波長範囲を分けるビームスプリッタと、を含むキットに向けられてもよい。キットは複数のリレーを含んでもよい。キットは対物レンズを含んでもよい。

【0019】

ひとつ以上の実施の形態は、フィルタを含む内視鏡に向けられる。前記フィルタは、前記内視鏡のシステム開口またはそのシステム開口の共役にまたはその近くに配置されてもよいし、配置されなくてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0020】

例示的な実施の形態を添付の図面を参照して詳細に説明することにより、特徴が当業者に明らかになるであろう。

【0021】

【図 1】実施の形態に係る例示的な波長依存開口フィルタの模式図である。

【図 2】実施の形態に係る例示的な波長依存開口フィルタの模式図である。

【図 3】図 3 A から 3 F は、実施の形態に係る例示的な波長依存開口フィルタの模式図である。

【図 4】図 4 A から 4 F は、実施の形態に係る例示的な波長依存開口フィルタの模式図である。

【図 5】実施の形態に係る例示的な波長依存開口フィルタの模式図である。

【図 6】図 6 A から 6 F は、実施の形態に係る例示的なオブスキュレーション構成を示す図である。

【図 7】イメージングシステムにおける可変幾何口径食の軸方向位置の模式図である。

【図 8】イメージングシステムにおけるひとみの後の可変幾何口径食の軸方向位置の模式図である。

【図 9】実施の形態に係る可変幾何口径食の軸方向位置の模式図である。

【図 10】実施の形態に係る可変幾何口径食の模式図である。

【図 11】実施の形態に係る可変幾何口径食の模式図である。

【図 12 A】図 12 A および 12 B は、マルチチャネル可視および蛍光イメージングシステムにおけるを有する実施の形態に係る波長依存口径食を説明する図である。

【図 12 B】図 12 A および 12 B は、マルチチャネル可視および蛍光イメージングシステムにおけるを有する実施の形態に係る波長依存口径食を説明する図である。

【図 13】可視およびレーザスペckルイメージングシステムにおける波長依存アポダイゼーションを説明する図である。

【図 14 A】複数のシステム開口共役面を伴う内視鏡および 2 つの波長の点広がり関数を説明する図である。

【図 14 B】複数のシステム開口共役面を伴う内視鏡および 2 つの波長の点広がり関数を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に添付の図面を参照して例示的な実施の形態をより十分に説明するが、例示的な実施の形態は異なる態様で実現されうるものであり、本明細書で説明されるものに限定され

10

20

30

40

50

るとみなされるべきではない。むしろ、これらの実施の形態は、本開示が完全であり、当業者に例示的な実装を十分に伝えるように提供される。総じて、対応するかまたは同様な参照符号が、図面を通じて、同じまたは対応する部材を参照するために可能な場面で使用されるであろう。

【0023】

人間の目のために設計された光学システムは可視スペクトルに対して最適化されてもよく、該スペクトルの中間部分または緑部分に特定の重みが与えられる。しかしながら、イメージングシステムでは電子イメージセンサが像平面に配置され、該イメージングシステムは、可視領域や紫外領域や近赤外領域を含みうるより広いスペクトル領域に亘って動作しうる。イメージングシステムの設計は、その動作帯域が増大するにつれてより複雑になる。

10

【0024】

特に、異なる光源を有する帯域幅、例えば照明源から直接的に得られるものやオブジェクトから反射されるかまたはオブジェクトを透過したものや直接観測によるものなど、に亘って動作するイメージングシステムは、波長範囲が異なると大きく変わる照明強度を有しうる。例えば、比較的大きな強度を有する波長範囲は像を改善するためのあるビーム補正による恩恵を得ることができるが、比較的低い強度を有する波長範囲は光損失を許容することができないかもしれない。イメージングシステムが少なくとも部分的な共通光路を含み、かつそのイメージングシステムにおいて波長範囲に亘って倍率が維持されるべきである場合、これらのトレードオフは増幅される。

20

【0025】

したがって、実施の形態にしたがい、光学イメージングシステムにおいて (a) 口径食を用いて像平面における収差を低減することおよび (b) 像平面における収差は検出可能な波長依存性を示す可能性があること、を認識することによって、異なる波長に対して口径食および／またはオブスキュレーションを異なる態様で適用し、もって比較的高い強度の波長範囲の像の明瞭さを改善しつつ比較的低い強度の他の波長範囲に影響が及ばないようにしてもよい。これは、高速で (低い f 値、例えば $f/2$) 動作するおよび／または広い画角で動作する光学イメージングシステムにおいて特に便利でありうる。そのようなシステムでは、軸外収差の補正は困難である。

【0026】

30

システムが収差を示さない場合、または収差を認識できない場合、その性能は「回折制限的 (diffraction limited)」であると言われる。その場合、PSF および MTF の両方が回折効果だけによって決定される。回折効果はシステム開口の形状、サイズおよび構成により決定される。カメラなどのいくつかのデバイスでは、ストップまたは f ストップと称される単一のシステム開口が存在してもよい。リレーを伴う内視鏡などの他のデバイスでは、共役面が生じ、その結果システム開口として動作可能な複数の場所が生じうる。

【0027】

回折制限的な性能は、 f 値が減少すると改善される。これは、特定の焦点距離について、大きな回折制限的開口は、小さな回折制限的開口よりも良い画質を生成するであろうことを意味する。回折パターンの形状および構成は、システム開口のサイズおよび構成、ならびに開口を通過するビームの波長に直接的にリンクする。

40

【0028】

回折制限的な性能は波長で変わる。所与の開口は、より短い波長においてより高い性能を示すであろう。例えば、第1波長 (例えば、650 nm の赤) が第2波長 (例えば、460 nm の青) よりも 1.4 倍長い場合、長い方の波長の回折制限的 point spread function のサイズは、短い方の波長の回折制限的 point spread function のサイズよりも 1.4 倍大きくなるであろう。

【0029】

回折制限的イメージングシステムでは、いくつかまたは全ての波長における回折制限的 performance は全体的な画質を改善するために調整されてもよい。例えば、システム開口 (または

50

その共役)にまたはその近くに置かれたアポダイズド波長依存開口は、ある波長に関連付けられた回折パターンのサイズを変更し、同パターンの構成を変えるのに役立ってもよく、その結果像平面におけるその強度プロファイルの幅が他の波長のそれとより密接にマッチするようになるであろう。

【0030】

実際のシステムにおける画質は、光学系の伝達特性だけでなく像平面にあるセンサのサンプリング特性によっても決定される。

【0031】

回折制限的イメージングシステムでは、いくつかまたは全ての波長における回折制限的性能はセンサの空間サンプリング特性により密接にマッチするよう調整されてもよい。例えば、センサがある波長を他の波長の空間周波数よりも高い空間周波数でサンプルした場合、より頻度高くサンプルされた波長のPSFは、より頻度低くサンプルされた波長のそれよりも小さい形態をとりうる。

【0032】

ひとつ以上の実施の形態は、システム開口に設けられた、または内視鏡のリレーレンズにおいて生じうるようなシステム開口の共役面に設けられた、またはイメージングシステムのfストップ面(システム開口位置)に設けられた、波長依存開口フィルタを用いて、少なくともひとつの波長範囲すなわち結像されるべき波長の部分集合についての光学システムの回折パターン(または点広がり関数)を変えることに向けられる。

【0033】

ひとつ以上の実施の形態は、口径食開口を通過する波長の部分集合について軸外像位置に至るであろう光線の部分を止めるか遮ることを含む、可変幾何波長依存口径食を用いることに向けられ、ならびに(a)非口径食から口径食への遷移の像平面位置および(b)非口径食光学系から口径食光学系への像平面上の遷移領域の幅の両方に対するある制御を伴う。

【0034】

ひとつ以上の実施の形態は、システム開口またはその共役に設けられているか設けられていない開口を用いて、波長の部分集合についてビームの一部を止めることに向けられる。

【0035】

ひとつ以上の実施の形態は、システム開口と共役であってもなくてもよい平面に設けられてもよいソフトまたは勾配アポダイズド波長依存開口に向けられ、それにより、ひとつ以上のフィールド位置におけるひとつ以上の波長範囲の選択的阻止が可能となる。

【0036】

システム開口またはその共役にまたはその近くにある後述の波長依存フィルタを用いることにより、フィルタにより影響を受ける波長についての波長依存回折制限的または収差制限的性能を変えることができる。例えば、全てのフィールドについてすなわち軸上像位置および軸外像位置の両方について回折および収差が制御されうる。システム開口またはその共役でない後述の波長依存フィルタを用いることにより、フィルタにより影響を受ける波長についての波長依存収差制限的性能を変えることができる。例えば、軸外像位置について回折および収差が制御されうる。

【0037】

上述の種々の実施の形態の詳細が以下に詳述される。波長依存フィルタ開口の領域のほしいの輪郭は以下では丸として描かれるが、これらの領域は正方形や楕円形や直線の形状や他の任意の形状をとってもよい。加えて、領域が異なれば形状も異なってもよく、および/またはある領域は不連続であってもよい。さらに、図面は種々の実施の形態を示すものの、図面は代表的であることを意図しており、正確であることは意図されていない。したがって、図面は構成要素の正確な比率やそれらの間の距離を表すわけではない。最後に、波長依存開口フィルタを用いた応用の説明は、実施の形態のさらなる理解の助けにならない追加的要素や特定要素の詳細を省略することにより、明瞭性のために簡単化されて

10

20

30

40

50

いる。その説明は当業者には理解される。

【0038】

遷移領域を有する波長依存開口フィルタ

図1は、波長依存開口フィルタ100の全体的な特性を説明する。該フィルタ100は例えば内視鏡やボアスコープやカメラなどのイメージングデバイスに組み入れられてもよい。波長依存開口フィルタ100はイメージングデバイスのメインレンズ上に形成されてもよいし、イメージングデバイスに対して取り外し可能（すなわち着脱可能）な基板110上に形成されてもよい。

【0039】

図1に示されるように、波長依存開口フィルタ100は、第1または中央領域102と、第1領域102を囲む（および典型的には接する）第2または遷移領域104と、第2領域104を囲む（および典型的には接する）第3または周辺領域106と、を含む。第2領域104は、第1領域102と第3領域106との間の遷移領域として作用してもよい。例えば、第1領域102は第1波長範囲の全ておよび第2波長範囲の全てを通過させ、第3領域106は第1波長範囲の全てを通過させかつ第2波長範囲の全てを遮り、第2領域104は第2波長範囲を、第1領域102および第3領域106とは異なるように扱ってもよい。

【0040】

後述するように、波長依存開口フィルタ100の異なる領域は異なる光透過特性を有する。図1および他の図面に示されるシェーディングは種々の要素の視認性を高めるためだけに提供されるものであり、実施の形態やその任意の部分の要請や色付けや物性を表すことを意図するものではない。同様に、領域のだいたいの輪郭は図1では丸として描かれるが、これらの領域は正方形や楕円形や直線的形状や他の任意の形状をとってもよい。加えて、領域が異なれば形状も異なってもよく（例えば、図4Aから4C、6Aから6C参照）、および／またはある領域は不連続であってもよい（例えば、図2参照）。同様に、種々の実施の形態を示す図1および他の図面について、図面は代表的であることを意図しており、正確であることは意図されていない。したがって、図面は構成要素の正確な比率やそれらの間の距離を表すわけではない。

【0041】

例えば、波長依存開口フィルタ100の第1領域102はコーティングされていなくてもよい、すなわち全ての光の通過を許してもよい。第2領域104は例えば二色または薄膜コーティングなどの波長選択的コーティングで選択的にコーティングされてもよい。例えば、波長選択的コーティングは第2領域104にパターンを形成してもよい（例えば図2、4Aから4C、5参照）。第3領域106は波長選択的コーティングでコーティングされてもよい。例えば、第3領域106は、第2領域104に使用された波長選択的コーティングで完全にコーティングされてもよい。波長選択的コーティングは、特定の波長範囲の光の透過のためのバンドパスフィルタを形成してもよく、一方で他の波長範囲の光を実質的または完全に遮ってもよい。例えば、波長選択的コーティングは第2波長範囲についてのバンドパスフィルタを形成してもよい。その場合、第2領域104の波長選択的コーティングのパターンは、第2波長範囲の光の全てが通過する第1領域102と、第2波長範囲の光の全てが遮られる第3領域106と、の間の遷移領域を形成する。3つの領域102から106の全ては第1波長範囲の光を通してよい。例えば、波長依存開口フィルタ100は第1波長範囲に対して透明であってもよく、その場合第1波長範囲は止められない。第1波長範囲と第2波長範囲とは部分的に重なり合ってもよい。

【0042】

したがって、例えば第2波長範囲の波長の強い信号が周辺で遮られる一方で例えば第1波長範囲の波長の他の弱い信号が遮られないことにより、イメージングシステムは薄膜開口の恩恵を受けることができる。

【0043】

したがって、波長依存開口フィルタ100は、ある波長範囲が強い強度を有し他の波長

範囲が弱い強度を有するイメージングデバイスにおける改善を提供することができる。特に蛍光イメージングの例において、可視光は強い強度を有し、蛍光は弱い強度を有する。

【0044】

波長依存開口フィルタ100は単一の基板の単一の表面上にあるものとして説明されたが、波長依存開口フィルタ100は単一の基板の対向する面上に実現されてもよく、または複数の基板に分散してもよい。

【0045】

ある態様では、第2領域104は、第2波長範囲についての光学システムのPSFとMTFとをさらに区別するための波長依存アポダイゼーション構成を含んでもよい。アポダイゼーション効果は、開口の境界のアポダイゼーションを通じて達成可能である。例えば、図1の第1領域102と第3領域106との間の第2領域104は、第1領域102で使用された第1波長依存フィルタ（もしあれば）および第3領域106で使用された第2波長依存フィルタのパターン形成された領域を含んでもよい。これは図2を参照して以下に詳述される。

【0046】

図2は、実施の形態に係る波長依存開口フィルタ200の特定の例を示す。波長依存開口フィルタ200は、第1または中央領域202と、第2または遷移領域204と、第3または周辺領域206と、を含む。

【0047】

遷移領域204は、第1部分204aと第2部分204bとを含んでもよい。第1部分204aは、第1波長範囲および第2波長範囲が通過するように、第1領域202で使用された第1波長依存フィルタ（もしあれば）を含んでもよい。第2部分204bは、第1波長範囲のみが通過するように、第3領域206で使用された第2波長依存フィルタなどの波長依存フィルタを含む。

【0048】

この特定の実施の形態では、波長依存開口フィルタ200は典型的なセンサの画素の幾何形状と互換性のある幾何形状を有し、例えば図1に示されるような円ではなくむしろ四角形に基づくものである。この幾何形状のため、第2または遷移領域204は不連続であってもよく、例えば四角形の辺に平行に延在するだけでよく、この場合第3領域206は波長依存開口フィルタ200のうち第1領域202の外側の残りの部分を埋めることとなる。

【0049】

図3Aから3Cは、実施の形態に係る波長依存開口フィルタ300aから300cの特定の例を示す。波長依存開口フィルタ300aから300cはそれぞれ、第1または中央領域302aから302cと、第2または遷移領域304aから304cと、第3または周辺領域306と、を含む。ここで、波長依存開口フィルタ300aから300cは、円形の幾何形状に基づく。

【0050】

この特定の実施の形態では、第2領域304aから304cはソフトまたは勾配遷移を有する。すなわち、図2のバイナリタイプのパターンでは第2波長範囲は遮られるか通されるかであったが、そうではなく、第2領域304aから304cは、第1領域302の遮断なしから第3領域306の完全遮断まで、遮られる第2波長範囲の量を徐々に低減させる。システム開口（またはその共役）にて用いられる場合、この実施の形態を用いて中央コアから逸れた光の部分を低減することができる。第1領域302aから302cの直径（例えば、図3A-3Cのそれぞれで0.07、0.15、0.25）に対する遷移領域304aから304cのサイズを増やすことによる、第2波長範囲のファースフィールド像に対する影響は、対応する図3D-3Fに示される。

【0051】

図4Aから4Cは、実施の形態に係る波長依存開口フィルタ400aから400cをそれぞれ示す。波長依存開口フィルタ400aから400cはそれぞれ、第1領域402a

から402cと、第2領域404aから404cと、第3領域406aから406cと、を含んでもよい。ここで、波長依存開口フィルタ400aから400cは、円形の幾何形状に基づく。

【0052】

図4A-4Cに示されるように、第1領域402aから402cと第3領域406aから406cとの間の第2領域404aから404cは、鋸刃状の遷移を含んでもよい。鋸刃状の遷移は、アポダイズド開口がシステム開口にまたはその近くに配置された場合またはそれがシステム開口と共役な平面にまたはその近くに配置された場合、ファーフィールドの回折パターンを変えるように構成される。第2領域404aから404cのの鋸刃のサイズを増やすことによる、第2波長範囲のファーフィールド像に対する影響は、対応する図4D-4Fに示される。V字状の鋸刃のそれぞれは、反対方向から互いに近づき最終的には第3領域406aから406cの境界で互いに出会う一連の段で置き換えられてもよい。

【0053】

図5は、三つの波長範囲での使用のための波長依存開口フィルタ500を示す。波長依存開口フィルタ500は、第1または中央領域502と、第2領域504と、第3または周辺領域506と、を含んでもよい。波長依存開口フィルタ500は二つの遷移領域を有する。すなわち、502と504との間で遷移する遷移領域503と、504と506との間で遷移する遷移領域505と、である。図5の破線503ai、503ao、505ai、505aoは波長依存開口フィルタ500の概括的な円形幾何形状を示すためのものである。破線503aiおよび503aoは、遷移領域503の径方向の境界を示すためのものである。破線505aiおよび505aoは、遷移領域505の径方向の境界を示すためのものである。破線は波長依存開口フィルタ500の物理的な部分ではない。図2では遷移領域204の部分204aおよび204bのパターンは遷移領域204のなかで同じであったが、それとは対照的に、図5の鋸刃部は通る光の量を変えていく。特徴204、503および505の全ては、領域の一方の側で通過し他方の側で止められる波長領域の回折パターンを変える。

【0054】

再び、第1領域502はコーティングされていなくても、すなわち全ての光の通過を許してもよい。第2領域504は第1波長領域および第2波長領域の通過を許し、一方で第3波長領域を遮ってもよい。第3領域506は、第1波長領域のみの通過を許し、一方で第2波長領域および第3波長領域を遮ってもよい。第2領域504は二つの環状遷移（またはアポダイゼーション）領域503および505によって囲まれている。503aiと503aoとのなかに囲まれている内側遷移領域503は、第3波長領域にアポダイゼーション関数を課す。第3波長領域の回折パターンは、503aiと503aoとによって囲まれている領域503内の特徴503s1の幾何形状によって影響を受ける。境界503s1の内側では全ての波長が通過する。境界503s1の外側では第3波長領域は遮られる。領域503内を通過する第3波長領域の光の量は503aiから503aoへと徐々に減少し、第3波長領域の回折パターンは境界503s1の幾何形状によって変わる。第3波長領域のみが、内側遷移領域503内の特徴によって影響を受ける。505aiと505aoとのなかに囲まれている外側遷移領域505は、第2波長領域にアポダイゼーション関数を課す。第2波長領域の回折パターンは、505aiと505aoとによって囲まれている領域505内の特徴505s1の幾何形状によって影響を受ける。境界505s1の内側では、第1波長領域および第2波長領域の両方が通過する。境界505s1の外側では第2波長領域は遮られる。領域504内を通過する第2波長領域の光の量は505aiから505aoへと徐々に減少し、第2波長領域の回折パターンは境界505s1の幾何形状によって変わる。第2波長領域のみが、領域505内の特徴によって影響を受ける。

【0055】

図5に示される場合では、第3波長範囲は境界503s1に従うファーフィールド回折

パターンを有し、第2波長範囲は境界505s1に従うファーフールド回折パターンを有し、第1波長範囲はディスクそのものの限界および形状に従うファーフールド回折パターンを有する。

【0056】

例えば、収差限定的なシステムにおいて、光学システムの開口ストップまたはその共役にまたはその近くに置かれた場合、図5の第2領域504などの開口境界で生じるアポダイゼーション構成は、円形セグメントおよび環状セグメントの両方を通過する阻止されない光の光度に影響を与えることなく、円形セグメント（その通過光が環状領域によって阻止される場合）または環状領域（その通過光が円形領域によって阻止される場合）のいずれか一方を通過する光から形成される像の解像度を向上させることができる。

10

【0057】

種々の態様によると、遷移領域の作成は、マスクコーティング技術を用いて達成される。「マスクコーティング」は、対象の表面のある領域がコーティング処理中にコーティングされるのを防ぐためにマスクが用いられる処理を指す。最終製品の基板上にマスクは残らない。マスクコーティングは二色フォームを含む。

【0058】

中央オブスキュレーション波長依存開口フィルタ

図6Aから6Cは、実施の形態に係る波長依存開口フィルタ600aから600cをそれぞれ示す。波長依存開口フィルタ600aから600cはそれぞれ、第1領域602aから602cと、第2領域604aから604cと、第3領域606と、を含んでもよい。

20

【0059】

図6Aから6Cでは、全ての光を通過させる代わりに、第1領域602aから602cは第2波長範囲を遮り、一方で第1波長範囲を通過させる。第2領域604aから604cは第1波長範囲および第2波長範囲の両方を通し、例えばコーティングされていない。第3領域606は第2波長範囲を遮るが第1波長範囲を通してよく、例えば第1領域602aから602cと同じフィルタであってもよい。したがって、図6Aから6Cの第1領域602aから602cは第2波長範囲に対する中央オブスキュレーションとして作用する。オブスキュレーションは上述の遷移領域の代わりであってもよいし、それに追加されるものであってもよい。そのような遷移領域は第2領域604aから604cと第3領域606との間、および604aから604cと602aから602cとの間にあってもよい。

30

【0060】

例えばNIR蛍光などの低強度の長波長および例えば青い光などの高強度の短波長が単一のシステムを通じて結像されるような場合、図6Aから6Cの開口構成は、蛍光の全て（これは「第1」波長範囲である）を弱めずに通し、かつさらにより明るい短波長（これは「第2」波長範囲である）を開口の薄暗い部分を通じて通すよう作用してもよい。青い光についての環状パススルーゾーンのサイズを用いて、より弱いNIR光のスループットを減らすことなく、点広がり関数をNIR光のそれと同様にすることができる。

【0061】

40

可変幾何波長依存開口フィルタ

ある波長範囲を他のものと異なるように扱うための他のアプローチは、可変幾何波長依存フィルタリングを含む。フィールドに亘る波長依存点広がり関数制御を達成することが望まれる場合、これはシステム開口にて行われてもよい。あるいはまた、波長依存口径食を達成することが望まれる場合、それはシステム開口（またはその共役）から離れたところでなされてもよい。そこでは、軸外像位置に至るであろう光線の部分が遮られるか止められ、これは口径食開口を通過する波長の部分集合についてのみ行われる。可変幾何波長依存システム開口が要求する技術的実装は可変幾何波長依存口径食が要求するそれと、より単純になることを除いて同様であることは理解されるであろう。すなわち、システム開口はひとつの共役面に生じ、その可変部品はこの面内で動作するであろうし、その一方で

50

口径食開口は他の面へと移動可能である必要があるであろう。これらの理由から、議論は二つのうちのより複雑な方を追う。すなわち、可変幾何波長依存口径食開口である。ある実施の形態によると、これは、(a) 像平面に現れる非口径食から口径食への遷移の位置および(b) 像平面に現れる非口径食から口径食への遷移領域の幅の両方を制御することにより、実現可能である。口径食は、ひとみ(またはfストップ)やその共役や像平面やその共役にはない任意の位置に実装されてもよい。

【0062】

図7は、イメージングシステム一般における可変幾何波長依存口径食の軸方向位置を示す。その図に示されるように、口径食はaからeの位置に導入されてもよいが、ひとみ面や像平面やその共役には導入されない。それらでは、そのようなビームストップの役割が変わる。位置(aからe)は、像やひとみやその共役が除かれる限り連続的であって離散的ではない。図7に示されるように、これらの位置はひとみの前および後ろの両方であって

10

【0063】

図8は、イメージングシステムにおける可変幾何波長依存口径食の軸方向位置を示す。そのイメージングシステムでは、物理的なひとみもfストップアイリスもない。すなわち、ひとみまたはfストップはイメージングシステムの前の方にあり、例えばある内視鏡カメラ(または「ビデオカメラ」)におけるものである。そうであるから、口径食はひとみの後ろにのみ導入可能である。再び、位置は、像やその共役が除かれる限り連続的であって離散的ではない。可変幾何波長依存口径食をこの位置で用いることにより、内視鏡から出力される収差のあるビームを、可変幾何口径食制御を有するカメラによって改善することができる。

20

【0064】

可変幾何波長依存口径食を用いることで、軸外性能を改善することができる。例として、カメラがマシンビジョンアプリケーションでの使用のために設計されている場合を考える。そこでは、青色チャネルは、内視鏡の設計上の青色波長(例えばF光、または486nm)よりも短い波長(例えば、460nm)のものである。さらに、動作波長が設計波長よりも短くシステムが横色収差を示すため、青色チャネルの悪いスポットサイズが軸外イメージ性能に悪影響を与えたとする。ユーザが軸外ビームについて青色光をストップダウンする(青を口径食する)ことを可能にするカメラは、改善された軸外性能を示すであろうし、システムの性能はフィールドに亘ってより均一になるであろう。システムの軸外性能をトリミングした後、全フィールドホワイトバランスが行われ、その後システムは利用可能になる。

30

【0065】

図9は、ストップの後ろの(または「像空間の」)ビームに適用される可変幾何口径食の追加的断面図詳細を示す。口径食はaからeの軸方向位置のうちの任意の位置に導入されてもよい。位置「a」により近い位置にある口径食は、開口サイズが与えられた場合に像平面により近いところに置かれた開口の場合よりも多くのイメージ形成コーンが影響を受けるので、広い遷移領域(像平面におけるゆるい勾配)を有する。位置「c」(c1、c2、c3で示される)において、変数は開口サイズそのものである。位置c3に示される挿入深さは口径食を、位置c1に示される挿入深さがするよりも大きなフィールド部分に適用する。

40

【0066】

「可変幾何」に関連付けられた変数は、開口サイズ、開口位置、および開口の数である。例えば、イメージングシステムは関心のある波長範囲ごとにひとつの可変開口を有してもよい。システム開口に配置された場合、「開口位置」はもはや変数ではない。単一のアーキテクチャにおいて口径食の役割からシステム開口の役割へ遷移する可変幾何波長依存開口フィルタが実現されてもよい。

【0067】

可変幾何波長依存口径食の例に加えて、ユーザは、開口を像平面により近い位置(aよ

50

りも e により近い位置)で動作させることにより、理想的なフィールドカットオフ位置(口径食関数の限界)を見出し、次いで像平面から離れるように動かすことで好適な遷移領域を見出すことができる。この処理は繰り返されてもよく、自動化されてもよい。次いで、所望の設定を見つけた後、カメラは全フィールドについてホワイトバランスされる。例えば内視鏡およびカメラなどのシステムは利用可能となる。

【0068】

図10はフィルタ1000を示す。フィルタ1000では、四つのベーンまたは部分1001-1004が下流の検出器1050のレクチリニア空間に対して揃えられている。下流の検出器1050は入射像によって完全に満たされている。ベーンは、開口のサイズを調整するためにX-Y平面内で(光軸に向けてまたは光軸から)移動する。ベーンは、開口の位置を調整するためにZと軸方向で平行に(光軸と平行に)移動する。二つの調整は合わせて、口径食が生じるであろう口径食度合いを始めるフィールド位置(破線1050bで示される)およびこの度合いが完全に実現されるフィールド位置(破線1050dで示される)の両方に影響を与える。そのような調整はアジャスタ1030を用いて実現されてもよく、そのようなアジャスタ1030は当業者に知られており、画質に基づいて手動または自動で動作してもよい。1050aで特定される領域は全く口径食されていない。1050eで特定される領域は選択された口径食の最大度合いを経験する。

【0069】

図11はフィルタ1100を示す。フィルタ1100では、異なるサイズを有する複数の開口1101-1106が基板1120、例えばホイール上に提供され、基板1120はアジャスタ1130によって手動でまたは自動で調整されて、例えば回転されて、異なる開口サイズを提供する。基板1120は光軸に沿った種々の位置に置かれてもよい。

【0070】

アプリケーション#1

マルチチャネルオープンフィールド蛍光イメージングシステム

図12Aおよび12Bは、マルチチャネルオープンフィールド蛍光イメージングシステム1200の模式図である。システム1200は、同じ視野および同じ対象フィールドパースペクティブを有する二つ以上のイメージングチャネル1210、1220を有する。システム1200は、対象フィールドを通る共通軸を有するイメージセンサ1212、1222を有する。チャネル1210、1220は共通対物レンズ1202を共有し、例えばビームスプリッタ1204によって対物レンズ1202と像平面Iとの間のどこかで分離される。システム1200は波長依存フィルタ開口1230と開口1240とを含んでもよい。

【0071】

図12Aはシステムに入来する二つの波長範囲を示す。第1波長範囲 λ_1 は、例えば蛍光信号などの弱い信号を含む。第1波長範囲は第2波長範囲 λ_2 よりも数桁弱いものである。第2波長範囲は明るい光を含み、この場合可視光、およびレーザ励起光の反射部分を含む。可視光およびレーザ反射光の両方は、他のシステム要求に関連する理由により結像される。したがって、第2波長範囲 λ_2 は、少なくとも二つの隣接しない波長サブ範囲を含むか、または部分的に重なり合う波長サブ範囲を有する。

【0072】

システム1200では、弱強度光 λ_1 (蛍光)は開口全体において、制限やアポダイゼーションやオブスキュレーションや口径食なしで通過する。したがって、第1波長依存フィルタ開口1230は第1波長範囲 λ_1 に対して透明であり、一方、波長依存フィルタ開口1230および開口1240の両方は第2波長範囲 λ_2 の部分をトリミングする。

【0073】

図12Bに示されるように、第2波長範囲 λ_2 の軸外ビームの下縁光線は開口1240によって止められる。これは、よく用いられる波長非依存の方法により実現可能である。第1波長範囲 λ_1 は分離され、チャネル1220に存在しないからである。第2波長範囲 λ_2 の上縁軸外光線を止めるためには、ストップ位置の前に波長依存フィルタ開口123

0を用いる。この波長依存フィルタ開口1230は第1波長範囲 λ_1 をも受けるので、上述の実施の形態に係る波長依存フィルタ開口1230を用いてもよい。

【0074】

第2波長範囲 λ_2 が少なくとも二つの波長サブ範囲、例えば明るい可視範囲および非常に明るいレーザ反射範囲を含む場合、これらの二つの波長サブ範囲が同じ検出器1222を共有するにしても、追加的な波長依存口径食が実現されてもよい。例えば、波長依存フィルタ開口1230は図5に示されるように三つの領域を有してもよく、および／または開口1240は波長依存フィルタ開口であってもよく、そのフィルタ開口では、レーザ反射波長サブ範囲よりも可視波長サブ範囲のほうが透過量が多いものであってもよく、そして検出器1222に入射するビームはレーザ反射光または可視光のいずれが結像されるべきかによらず、同様のまたは同じカメラエレクトロニクス設定を必要とするであろう。

【0075】

したがって、システム1200で実施の形態に係る波長依存フィルタ開口を用いることで、光学的設計が制御できる限界まで、弱い光を集めて通過させることができ、また明るい光の軸外性能を高めることができ、また検出器1222のはるか上流で明るい光の口径食を可能とすることで迷光制御を単純化することができる。

【0076】

例示的アプリケーション#2

二つのチャンネルのレーザスペckルイメージングシステム

図13は、二つのチャンネルのオープンフィールドレーザスペckルイメージングシステム1300の模式的形態を示す。システム1300は、同じ視野および同じ対象フィールドパースペクティブを有する少なくとも二つのイメージングチャンネル1310、1320を含む。システムは共通対物レンズ1302とシステム開口に設けられた波長依存開口フィルタ1330とを含んでもよい。開口1330の後に他の像形成光学系が存在すること、およびビームスプリッタ1304の前後にそのような光学系が存在してもよいことは理解されるべきである。

【0077】

システム1200と同様に、システム1300は、対象フィールドを通る共通軸を有するセンサ1312、1322を有する。この理由で、チャンネルは共通対物レンズを共有し、例えばビームスプリッタ1304によって対物レンズと像平面との間のどこかで分離される。ビームスプリッタ1304は、第2波長範囲 λ_2 を、可視光の第1波長サブ範囲 λ_{2-1} と反射レーザ光の第2波長サブ範囲 λ_{2-2} とに分離する。

【0078】

本例では、波長範囲 λ_2 の反射レーザ光 λ_{2-2} はコヒーレントであり、スペckルパターンまたは干渉フィールドが検出器1322に形成される。図13に示されるように、波長依存開口フィルタ1330はシステム開口またはfストップ面に設けられる。波長依存開口フィルタ1330は複数のバンドパス領域を含む。特に、第1または中央領域1332と、第2または遷移領域1334と、第3または周辺領域1336と、である。第1領域1332は全ての光を通過させるが、円環により囲まれ、その円環はストップ形状または可視光 λ_{2-1} のためのシステム開口を規定する。可視光の点広がり関数は検出器1312において通常のエアリディスクを形成する。反射レーザ光 λ_{2-2} もまた第2領域1334を通過し、第2領域1334は正方形に沿った鋸刃状のエッジにより囲まれるより大きな開口を含む。反射レーザ光 λ_{2-2} のシステム開口は可視光 λ_{2-1} のそれよりも大きいので、反射レーザ光 λ_{2-2} は検出器1322においてより小さな点広がり関数を形成する。回折パターンの中央コアの外側のリングのほとんどをゼロにするよう設計された特徴で開口がアポダイズされるので、検出器1322における点広がり関数が生成するスペckル特徴間のクロストークは低減され、したがって、コントラストをより高めることができる。本例では、1334を囲む鋸刃状開口は、可変幾何を有するように製作されてもよい。これは検出器に入射するスペckルのサイズの制御を可能にするからである。

10

20

30

40

50

【0079】

例示的アプリケーション#3

高解像度可視およびNIR内視鏡

図14Aは、波長依存フィルタ開口を備えないシステム1400aの模式図を示し、図14Bは、複数のシステム開口共役面に複数の波長依存フィルタ開口1430、1440を備えると共に複数の口径食面に複数の波長依存フィルタ開口1450、1460を備えるシステム1400bの模式図を示す。例えば内視鏡などのシステムが、システム開口の複数の共役および像平面の複数の共役を生成するアーキテクチャを有する場合、複数の波長依存フィルタ開口を用いてもよい。システム開口共役においてこれらを用いることで、フィールド全体に亘って異なる波長の点広がり関数に影響を与えることができる。口径食面においてこれらを用いることによって、軸外フィールドの一部に亘って異なる波長の点広がり関数に影響を与えることができる。

10

【0080】

蛍光内視鏡システムでは、二つの競合する利益が同じ光路に制限を課す。すなわち、より弱い蛍光信号は、スループットにインピーダンスや制限が無い場合に最も良く制御される。一方、可視光像はシステムアーキテクチャがより大きく高解像度のディスプレイを追求する場合により高い解像度へと押し上げられる。可視光の画質に対してなされる強化は、蛍光信号のスループット損失を生むべきでは無い。

【0081】

図14Aを参照すると、波長範囲 λ_1 を有する可視光の部分の点広がり関数は、波長範囲 λ_2 を有する可視光の他の部分のそれよりも広い。点広がり関数の差はフィールドのいずれの場所においても生じうるものであってもよく、またはそれは軸外フィールド位置でより高い割合で生じてよい。広がり差の原因は重要ではないが、例示として、設計に生来的なものであってもよいし、既存の設計を元々意図していなかった態様でしようとする（例えば、既存のF、d、C光に最適化された製品をマシンビジョンアプリケーションで使用する、内視鏡が耐えられる以上の広いスペクトル範囲が導入されうる）アプリケーションの結果であってもよいし、より多くのレンズ要素の使用を通じて実現されうるよりも波長依存開口がよりコスト効率的な解を提供することであってもよい。点広がり関数の差の原因は重要ではない。ここで、アプリケーションは、波長の第1集合のPSFと波長の第2集合（すなわち、可視波長のなか）のPSFとの間の差を、波長の第3集合（すなわち、蛍光波長）へのインピーダンスなしで低減することを望んでいると仮定する。

20

30

【0082】

図14Bでは、ひとつ以上の波長の点広がり関数は、それらがシステム開口共役において波長依存アポダイゼーションフィルタを通じて変更される場合により似たものにするのができ、視野に亘る点広がり関数はそれらが口径食面において波長依存フィルタを通じて変更される場合により似たものにするのができる。特に、実施の形態に係る波長依存フィルタ開口1430、1440をシステム開口の共役に置くことで、第3波長範囲 λ_3 に影響を与えることなく、第2波長範囲 λ_2 の点広がり関数を第1波長範囲 λ_1 のそれと等しくすることができる。図14Aおよび14Bはシステム1400a、1400bの光路のみを示すが、システム全体はカメラを含み、したがって他のシステム開口共役を含むことは理解されるべきである。

40

【0083】

まとめおよび検討として、ひとつ以上の実施の形態はより弱い信号に対して最大のまたはフル開口スループットを提供してもよい。アポダイズド波長依存システム開口をより強い信号の波長の部分に適用することにより、アポダイズド波長依存システム開口なしで動作するシステムの場合よりも、細かいライン詳細を解像する（より高い空間周波数でのより高いコントラスト）ことができる。さらに、波長依存口径食により、軸外性能の強化を実現できる。特に、フィルタは、第1波長範囲を通す中央フィルタ領域と、第2波長範囲を遮る周辺フィルタ領域と、前記中央フィルタ領域と前記周辺フィルタ領域との間の遷移フィルタ領域と、を含み、前記遷移フィルタ領域は、前記中央フィルタ領域および前記周

50

辺フィルタ領域において前記第 2 波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第 2 波長範囲を通すかまたは遮る。より概括的には、「N」個の領域および「N-1」個までの遷移領域、例えば「N-2」個の遷移領域、がありうる。

【0084】

他の実施の形態によると、少なくとも第 1 波長範囲および第 2 波長範囲をフィルタする方法が提供される。その方法は、前記第 1 波長範囲の中央部を通すことと、前記第 2 波長範囲の周辺部を遮ることと、前記中央部および前記周辺部において前記第 2 波長範囲が通されるかまたは遮られるのとは異なるように、前記第 2 波長範囲の遷移部であって中央部と前記周辺部との間の遷移部を通すかまたは遮ることと、を含む。

【0085】

ある実施の形態では、方法はさらに、前記第 2 波長範囲の前記中央部を遮ることをさらに含んでもよく、前記遷移部において前記第 2 波長範囲を通してよい。さらに別の実施の形態では、方法は、前記第 2 波長範囲の前記中央部を通すことをさらに含んでもよく、前記遷移部は、前記第 2 波長範囲を前記周辺部よりも多くかつ前記中央部よりも少なく通す。

【0086】

さらに別の実施の形態では、キットが提供され、該キットは種々の実施の形態との関連で上述されたフィルタと、前記第 1 波長範囲と前記第 2 波長範囲とを分けるビームスプリッタと、を備える。ある実施の形態では、キットはさらに複数のリレーまたは対物レンズを備えてもよい。

【0087】

例示的な実施の形態が本明細書で開示され、具体的な用語が用いられたが、それらは概括的なものおよび説明的なものとしてのみ使用され、かつそのようなものとして解釈されるべきであって、限定を目的としていない。ある例では、本願の出願時点の当業者には明らかであるように、特定の実施の形態との関連で説明された特徴、特性、および／または要素は単体で用いられてもよく、またはそうでないと特に断らない限り、他の実施の形態との関連で説明された特徴、特性、および／または要素との組み合わせで用いられてもよい。したがって、以下の請求の範囲で規定される本発明の精神および範囲から逸脱すること無く、形態や詳細の種々の変更がなされうることは、当業者には理解されるであろう。例えば、特定の例は内視鏡に向けられたが、同様の波長範囲および単一検出器要件を伴う他のイメージングシステム、例えばボアスコープと共に実施の形態を用いてもよい。

10

20

30

【図 1】

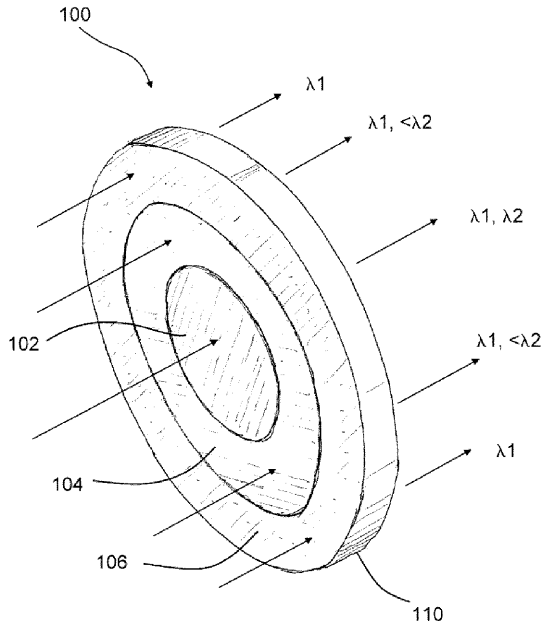


FIG. 1

【図 2】

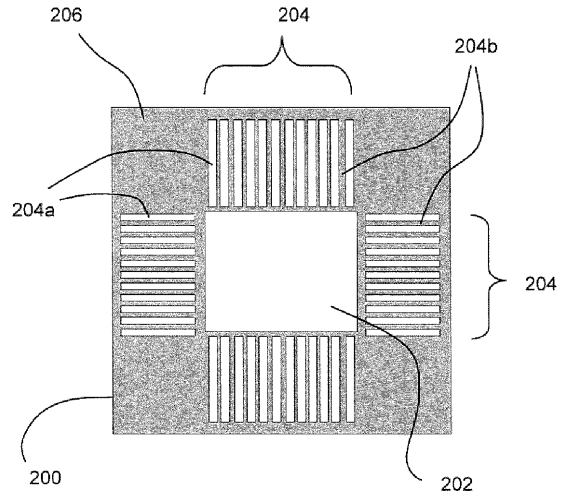


FIG. 2

【図 3】

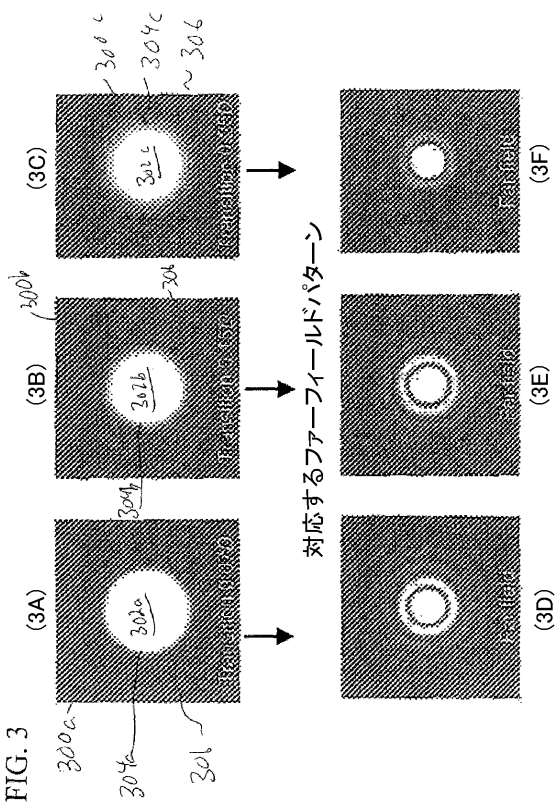


FIG. 3

【図 5】

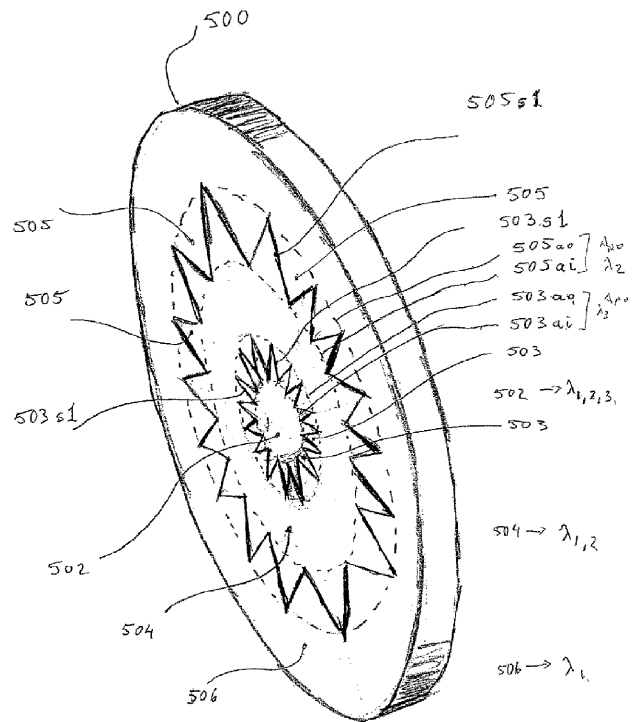


FIG. 5

【図 7】

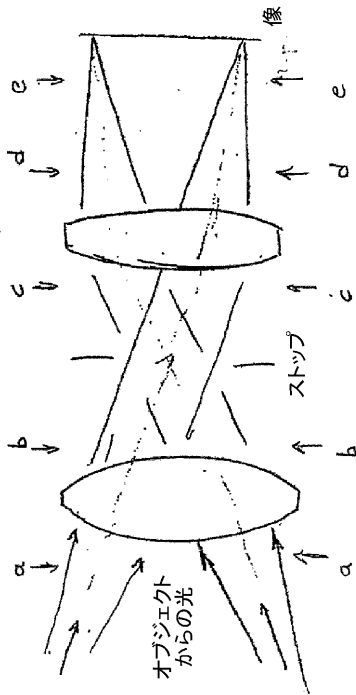


FIG. 7

【図 8】

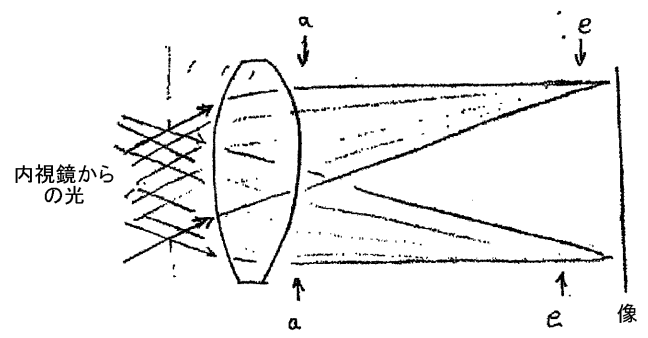


FIG. 8

【図 9】

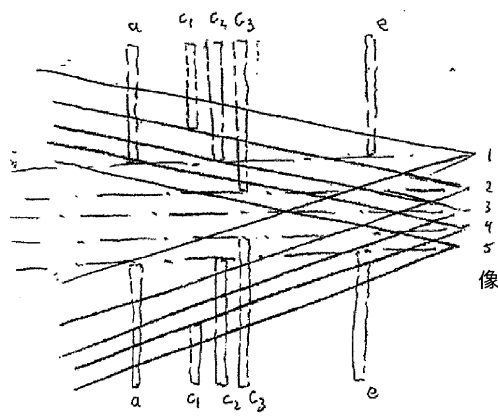


FIG. 9

【図 10】

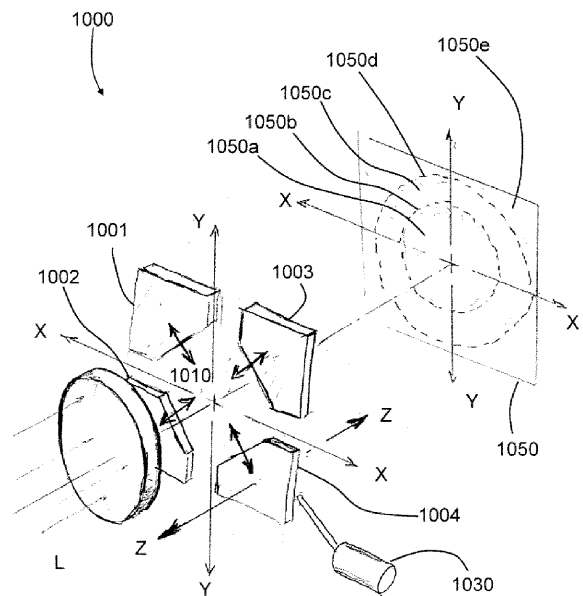


FIG. 10

【図 14 A】

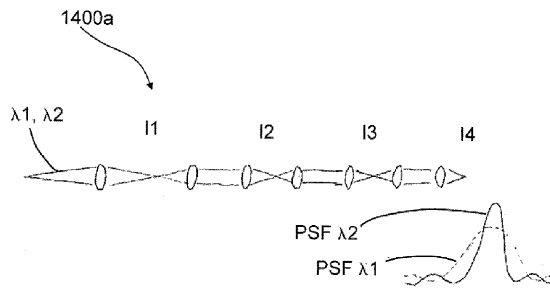


FIG. 14A

【図 14 B】

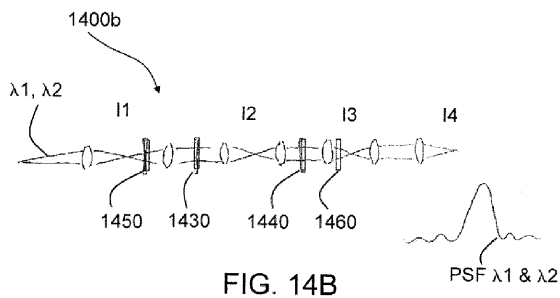


FIG. 14B

【図 4】

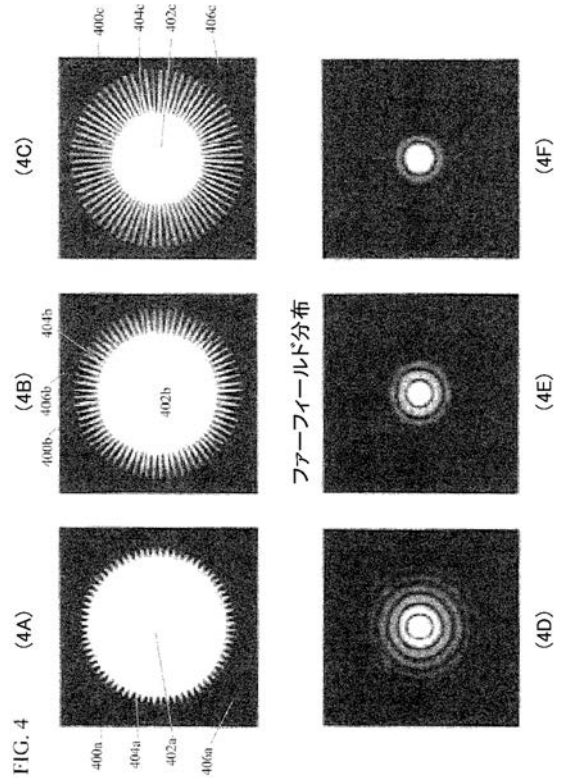
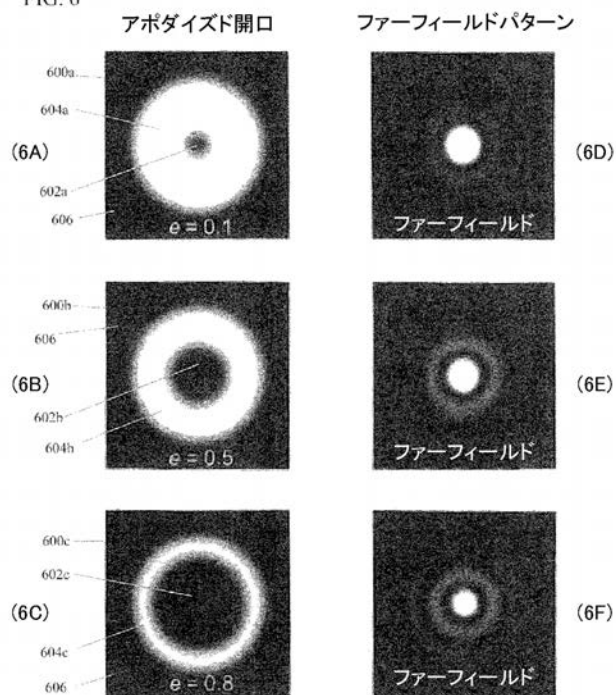


FIG. 4

【図 6】

FIG. 6



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CA2015/050162
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: G02B 5/20 (2006.01), A61B 1/06 (2006.01), G02B 23/00 (2006.01), G03B 11/00 (2006.01), G02B 27/10 (2006.01)		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G02B 5/20 (2006.01), A61B 1/06 (2006.01), G02B 23/00 (2006.01), G03B 11/00 (2006.01), G02B 27/10 (2006.01) (in combination with keywords)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used) Orbit (keywords filter, concentric, coaxial, wavelength, region, range, vignetting)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US2007035852A1, Farr 15 February 2007 (15-02-2007) (See figures 2A, 3B, 4, paragraphs 0017-18)	1-11, 18-26
A	US2006221475A1, Liu 05 October 2006 (05-10-2006) (See whole document)	1-11, 18-26
A	US2005275956A1, Larson et al. 15 December 2005 (15-12-2005) (See whole document)	1-11, 18-26
☐ 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 07 May 2015 (07-05-2015)		Date of mailing of the international search report 13 May 2015 (13-05-2015)
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 001-819-953-2476		Authorized officer David E. Green (819) 994-8213

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050162**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See Extra Sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.:
1-11, 18-26

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2015/050162

Continuation of Box III:

The claims are directed to a plurality of inventive concepts as follows:

Group A - Claims 1-11, 18-26 are directed to a filter with central and peripheral regions, characterized by a transition filter region there between;

Group B - Claim 12 is directed to a system with a first wavelength dependent filter adjacent a first conjugate of the system aperture and a second wavelength dependent filter at a second conjugate of the system aperture; and

Group C - Claims 13-17 are directed to a filter with first and second regions, characterized by an adjuster for altering an effective size of the first region.

The claims must be limited to one inventive concept as set out in Rule 13 of the PCT.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CA2015/050162

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US2007035852A1	15 February 2007 (15-02-2007)	US2007035852A1 US7400458B2 CN101238397A EP1917549A1 JP2007052441A WQ2007020561A1	15 February 2007 (15-02-2007) 15 July 2008 (15-07-2008) 06 August 2008 (06-08-2008) 07 May 2008 (07-05-2008) 01 March 2007 (01-03-2007) 22 February 2007 (22-02-2007)
US2006221475A1	05 October 2006 (05-10-2006)	US2006221475A1 US7321473B2 JP2006285214A TWI266140B	05 October 2006 (05-10-2006) 22 January 2008 (22-01-2008) 19 October 2006 (19-10-2006) 11 November 2006 (11-11-2006)
US2005275956A1	15 December 2005 (15-12-2005)	US2005275956A1 US6980377B1	15 December 2005 (15-12-2005) 27 December 2005 (27-12-2005)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, 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

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(72)発明者 ムーア, フレデリック アレン

カナダ国 ブリティッシュコロンビア州 ヴィー６ケー １エイチ８, バンクーバー, スイート ３０３, ウェスト セCOND アヴェニュー ２２７７

Fターム(参考) 2H148 AA18 AA22 AA26

4C161 CC06 FF40 FF47 JJ06 NN01 PP11