

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4494203号
(P4494203)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.

A61B 1/00 (2006.01)
G02B 23/26 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 1/00 300 T
A 6 1 B 1/00 300 A
A 6 1 B 1/00 300 U
G O 2 B 23/26 A

請求項の数 29 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-524722 (P2004-524722)
 (86) (22) 出願日 平成15年7月23日 (2003.7.23)
 (65) 公表番号 特表2005-533610 (P2005-533610A)
 (43) 公表日 平成17年11月10日 (2005.11.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/023019
 (87) 国際公開番号 WO2004/010856
 (87) 国際公開日 平成16年2月5日 (2004.2.5)
 審査請求日 平成18年3月1日 (2006.3.1)
 (31) 優先権主張番号 10/205,374
 (32) 優先日 平成14年7月25日 (2002.7.25)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 505028705
 ライトラブ イメージング、エルエルシ
ー。
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01
886, ウエストフォード, エムエー
, リトルトン 133
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100062409
 弁理士 安村 高明
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学歪の矯正および回転の制御を行う超小型走査光プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シースと、

可撓性の、双方向に回転可能の、該シース内に位置する光伝導システムであって、該光伝導システムは、伝導ファイバを含み、該伝導ファイバは、該光伝導システムの回転に応答して巻くことが可能であり、該光伝導システムは、所定の範囲の波長の光を伝導、集束および収集することができる、光伝導システムと、

該シース中に位置する粘性緩衝流体であって、該粘性緩衝流体は、該シースの遠位部内の異なる位置に位置する複数の異なる粘性緩衝流体である、粘性緩衝流体とを含む、光プローブであって、

該シースおよび該粘性緩衝流体の両方は、光の該波長の少なくともいくつかの波長に対して透明であり、

該粘性緩衝流体は、不均一回転歪を防ぐように選択された粘性を有する、光プローブ。

【請求項 2】

前記光伝導システムの直径は、ほぼ 300 μm 未満である、請求項 1 に記載の光プローブ。

【請求項 3】

前記光伝導システムは、ビーム・ディレクタに光学的に結合された集束要素を含む、請求項 2 に記載の光プローブ。

【請求項 4】

10

20

前記光伝導システムは、
0～10mmのワーキング・ディスタンスを有する半径100μm未満の出口ビーム・
ウェイストと、
10mmまでの視野深度と
を創成する、請求項1に記載の光プローブ。

【請求項5】

前記ワーキング・ディスタンスおよび前記視野深度は、空気基準画像条件または液基準
画像条件に適用可能である、請求項4に記載の光プローブ。

【請求項6】

前記シースの直径は、ほぼ500μm未満である、請求項1に記載の光プローブ。 10

【請求項7】

前記伝導ファイバは、前記シース内で滑動的に回転可能である、請求項1に記載の光ブ
ローブ。

【請求項8】

前記伝導ファイバは、近位端で回転可能に駆動される、請求項1に記載の光プローブ。

【請求項9】

前記集束要素および前記ビーム・ディレクタは、
無芯シリカ・ファイバの第一セグメントに取付けられ、協調指数ファイバに取付けられ
、無芯ファイバの第二セグメントに取付けられた、前記伝導ファイバを含み、
該無芯ファイバの第二セグメントは、前記ビーム・ディレクタを形成する一つ以上の角
度付小面を有する、請求項3に記載の光プローブ。 20

【請求項10】

前記集束要素および前記ビーム・ディレクタは、
端面を有する協調指数ファイバの一片に取付けられた前記伝導ファイバであって、該伝
導ファイバの作業口径および指数プロファイルは、空気中または液中のいずれかにおいて
該端面から測って10mmまでのワーキング・ディスタンスにおいて半径100μm未満
のビーム・ウェイストを生成するよう設計されている、伝導ファイバと、
該協調指数ファイバに取付けられた無芯ファイバであって、一つ以上の角度付小面を有
する無芯ファイバと

を含む、請求項3に記載の光プローブ。 30

【請求項11】

前記角度付無芯ファイバは、一つの角度付小面上に反射的に被覆される、請求項9に記
載の光プローブ。

【請求項12】

前記角度付無芯ファイバは、前記ビーム・ディレクタが全内部反射を使ってビームを方
向付けるように第一小面角度を有する、請求項9に記載の光プローブ。

【請求項13】

前記ビーム・ディレクタは、二つの小面を含み、第一小面は、反射鏡として働き、第二
小面は、伝導要素として働き、該第二小面から生じて該第一小面から前記集束要素を介
して再反射する余剰逆反射光の角度は、前記伝導ファイバのアクセプタンス角を超える、請
求項3に記載の光プローブ。 40

【請求項14】

前記角度付無芯ファイバの前記第二セグメントは、光エネルギーがほぼ一波長領域におい
て反射され、光エネルギーがほぼ別個の第二波長領域で伝導されるように、一つの小面上に
二色性の被覆によって被覆される、請求項9に記載の光プローブ。

【請求項15】

カテーテル洗浄を提供するルーメンをさらに含む、請求項1に記載の光プローブ。

【請求項16】

カテーテル洗浄が体温に維持されることにより、前記カテーテルの遠位チップにおける
温度誘導粘性の変化が最小化される、請求項15に記載の光プローブ。 50

【請求項 17】

所定の波長範囲で動作するように設計された光伝導システムを含む光プローブであって

、該光伝導システムは、

穴を規定する第一シースであって、遠位端でシールされている第一シースと、

該第一シースの穴内に位置するビーム・ディレクタと、

該第一シースの穴内に位置する集束要素であって、該第一シースの穴内に位置する該ビーム・ディレクタに光学的に結合された集束要素と、

穴を規定する第二シースであって、該第一シースは、該第二シースの穴内に位置している、第二シースと、

該第二シースの穴内に位置する粘性緩衝流体であって、該粘性緩衝流体は、不均一回転歪を防ぐように選択された粘性を有し、該粘性緩衝流体は、該第二シースの遠位部内の異なる位置に位置する複数の異なる粘性緩衝流体である、粘性緩衝流体と、

該第二シースの穴内に位置する回転可能な光ファイバと

を含み、

該第一シースは、該第一シースの遠位端で閉じられ、該光伝導システムは、該第一シース内に閉じ込められている、光プローブ。

【請求項 18】

前記光伝導システムの直径は、ほぼ 300 μm 未満である、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 19】

前記光伝導システムは、0 ~ 10 mm のワーキング・ディスタンスを有する半径 100 μm 未満の出口ビーム・ウェイストと、10 mm までの視野深度とを創成する、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 20】

前記ビーム・ディレクタは、角度付小面による全内部反射を利用する、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 21】

前記第二シースの直径は、ほぼ 500 μm 未満である、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 22】

前記ビーム・ディレクタは、ただ一つの内部反射小面を有する、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 23】

前記集束要素は、無芯ファイバを含む、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 24】

カテーテル洗浄を提供するルーメンをさらに含む、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 25】

カテーテル洗浄が体温に維持されることにより、前記カテーテルの遠位チップにおける温度誘導粘性変化が最小化される、請求項 24 に記載の光プローブ。

【請求項 26】

前記粘性緩衝流体の粘性は、流体境界近傍以外での流体の混合が実質的に避けられるのに十分に高い、請求項 1 に記載の光プローブ。

【請求項 27】

前記粘性緩衝流体の粘性は、流体境界近傍以外での流体の混合が実質的に避けられるのに十分に高い、請求項 17 に記載の光プローブ。

【請求項 28】

前記粘性緩衝流体は、500 ~ 20000 センチストロークの機械的粘性係数を有する、請求項 1 に記載の光プローブ。

【請求項 29】

10

20

30

40

50

前記粘性緩衝流体は、500～20000センチストロークの機械的粘性係数を有する、請求項17に記載の光プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野

本発明の分野は、超小型走査画像プローブの設計、製造、および使用、さらに具体的には、回転歪の予防のための超小型走査画像プローブの設計、製造、および使用に関する。

【背景技術】

【0002】

発明の背景

超小型走査画像プローブの開発の必要性が焦眉の急となっている。これらのプローブは、超小型レンズならびに関連走査およびビーム・ディレクタ要素を必要とする。このようなプローブは、光コヒーレント・トモグラフィ(OCT)、他のインナーフェロメトリック・イメージングおよびレンジング・システム、ならびに他の映像様式(例えば、蛍光発光)または治療光源において使用される。将来の医療(および非医療)光プローブは、動脈、静脈、および肺気道などの細い曲がりくねった通路を探索するために、これらの小型プローブを必要とするであろう。現在の技術は、概して、これらの小型プローブの必要を満たすのに適当ではない。それらは、プローブの直径が約500μm未満でなければならず、同時にワーキング・ディスタンスは数mmまで伸びうるものでなければならず、かつ制御された複雑になりうる走査パターンを遂行しなければならない。

【0003】

例えば、単一モード・ファイバの口径を導管壁上に結像するための傾斜鏡に結合された小型(約1mm)GRINレンズを使用するカテーテルの設計など小型レンズの設計および構造は知られているけれども、この設計を500μm未満の寸法に下げるのには問題がある。レーザ・ダイオードおよび他の光素子に接続するために相応しい短いワーキング・ディスタンスを有する非常に小型のレンズを作る技術は存在するけれども、これらのレンズは、多くの適用に必要な、概して1mmを超えるワーキング・ディスタンスおよび1mmを超える視野深度が提供できない。

【0004】

さらに、長い可撓軸に沿ってトルクを伝達するための多数の市販の‘トルク・ワイヤ’-小型巻線装置がある。このような装置は、今、血管内超音波(IVUS)手術で普通に使用されている。このようなトルク・ワイヤと組み合わされた超音波プローブは、冠状動脈中の回転走査を遂行する。しかしながら一般的に、これらの装置は最小で直径1mmあり、多くの用途で求められている2ないし4倍の大きさになっている。現在、このようなトルク・ワイヤでは、小型光走査プローブの構造を実現するのに必要な寸法には対応できない。

【0005】

特許第6,165,127(‘127)号は、超音波カテーテルの穴の内部に位置する粘性液の使用を開示している。この液の目的は、トルク・ワイヤの装填をもたらすもので、ワイヤが適度のスピンドル・レートで高捩り剛性の体制に入ることを可能にする。‘127特許の中で述べられているように、この液は、メイン・カテーテル内部に形成された分離穴の中に収容され、その装置の全体の寸法を増加させ、その液は画像チップと接触せず、また本特許とは異なり、超音波エネルギーがこの液を介して伝播しない。

【0006】

最後に、主なる難題となるのは、直径500μm未満の全装置寸法を維持しながら、单一ファイバの遠位チップにおいて均一な回転走査を実現することである。遠位チップに付属ワイヤと寸法問題を伴うモータを加えることは非常に望ましくないので、トルクを近位チップに加え、そのトルクをカテーテル適用において三メータも離れたところにある遠位チップに伝達する方法が見いだされねばならない。もし極端に低い固有回転剛性が考慮さ

10

20

30

40

50

れると（およそ百万分の一 N · m の印加トルクで 1 cm 長の標準 125 μm 直径ファイバが 1 度の捩れを発生させる）、近位端を駆動することによって遠位チップを均一回転させる難題が認識できる。均一な回転は、正確な円周方向画像を得るために内視鏡技術において決定的に重要である。「N U R D」（非均一回転歪）という用語は、これらの有害効果を表現するのに、この業界で作り出された用語である。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、実質的に N U R D を持たない小型光ファイバ・プローブに関する。

【0008】

発明の要約

本発明は、シース。シース内に位置する可撓性双方向回転光伝導システム。およびシース中に位置する粘性緩衝流体を含む光プローブに関する。この光伝導システムは、所定の範囲の波長の光を伝導し、収斂させ、収集することができる。シースおよび粘性緩衝流体は、上記の光の波長の少なくともいくつかのものには透明である。粘性液の屈折率は通常、前記シースを介する伝播により光効果誘導を除去するように選ばれる。一実施形態において、光伝導システムは、直径ほぼ 300 μm 未満である。いくつかの実施形態においては、シースはほぼ円筒形である。いくつかの実施形態においては、光プローブはさらに、カテーテル洗浄用ルーメンを含む。他の実施形態においては、カテーテル洗浄は、ほぼ体温に維持され、粘性緩衝流体中の温度誘導粘性変化を最小限にする。

【0009】

別の側面においては、光伝導システムは、光ファイバおよびビーム・ディレクタに光学的に接続された収斂要素を含む。この収斂要素は、ゼロから数ミリメータに亘るワーキング・ディスタンスを伴う 100 μm 未満の半径と数ミリメータにおよぶ視野深度を持つ出口ビーム・ウェイストを創成する。一実施形態においては、シースは、直径でほぼ 500 μm 未満である。一実施形態においては、伝導ファイバは、その近位端で回転駆動される。

【0010】

一実施例において、収斂要素およびビーム・ディレクタは、シリカ・ファイバの第一セグメントに取り付けられた伝導ファイバを含み、これは無芯ファイバの第二セグメントに取り付けられた協調指数ファイバに取り付けられる。別の実施形態においては、無芯ファイバの第二セグメントは、ビーム・ディレクタを形成する一つ以上の角度付小面を有する。さらに別の実施形態においては、収斂要素およびビーム・ディレクタは、その作業口径と指数プロファイルが、レンズ端から測って、数 mm のワーキング・ディスタンスにおける半径 100 μm のビーム・ウェイストを作るよう設計された協調指数ファイバに取付けられた伝導ファイバを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

好ましい実施形態の説明

図 1 は、イメージング・レンズの一実施形態の一例を示す。この実施形態において、单一モード・ファイバ 10 はスプライスされるか、そうでなければレンズ 12 に固定される。レンズ 12 は、ファイバ 10 とほぼ同じ直径である。ファイバ 10 は、様々な薄い保護被覆を含んでよい。ビーム・ディレクタ 14、一実施形態では 45°（または他の適した角度）傾斜鏡、が溶融スプライシングまたは接着剤を使ってレンズ 12 に取付けられている。傾斜鏡 14 は、高反射率材料で被覆されるか、または全内面反射の原理にしたがって動作する。図 1 をさらに参照するに、示された実施形態中、レンズ 12 は、傾斜鏡 14 の表面 18 からガウス・ビームのウェイスト位置 20 までのワーキング・ディスタンス 16 を有する。レンズ 12 とビーム・ディレクタ 14 の組合せは、もともと单一モード・ファイバ 10 の出口のところに位置しているビーム・ウェイストを拡大（または縮小）し、ワーキング・ディスタンス 16 に位置するスポットでの新しいウェイスト 20 を創成する。

10

20

30

40

50

ワーキング・ディスタンス 16において、スポット・サイズは図2に示すように最小化され、位相フロントは殆んどフラットになる。

【0012】

一般的に、高度にマルチモードのビーム（モード数が約10以上）では、ウェイスト位置20とクラシカル・イメージ位置とは、ほぼ一致する。しかしながら、ここに使用されるについては、これらの位置は有意的に異なる。レンズ/イメージング・システムは、スポット・サイズの二乗に反比例する焦点深度22を有する。光コヒーレンス・トモグラフィック・イメージング・システムを含む多くのイメージング・システムでは、ファイバから放射された光は、サンプル上で焦点を結び、後方反射光はその上でレンズを通してカップル・バックされ、単一モード・ファイバへ戻る。これらのおよび他のイメージングまたは配光/集光アプリケーションにおいては、最良の光学的性能は、光が焦点深度またはフィールド22内に位置するサンプル上に当るときに得られる。

10

【0013】

単一モードガウス・ビームは、よく知られている次の関係式により、その最小幅（‘ウェイスト’20）から広がる：

【0014】

【化1】

$$\omega(z) = \omega_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2} \quad (1)$$

20

ここに、 $\omega(z)$ は、位置 z におけるビーム半径、 ω_0 は $z = 0$ における定義によって起こるビーム・ウェイスト、そして z_0 はRayleighレンジでピーク強度がその値の $1/2$ になるウェイストで測定した距離である。Rayleighレンジは、 $(n^2 - 1)/2$ 、ここに n は真空中での光の波長、そして n は媒体の屈折率である。Rayleighレンジは、このように視野深度22を規定し、それは通常 z_0 の二倍として定義され、しばしば共焦点パラメータと呼ばれる。図1に示すとおり、表面18へ戻ってイメージされたビームのウェイスト位置20から距離16は、ここでは、レンズ組立12/14のワーキング・ディスタンスとして定義される。レンズ12自体の全焦点距離は、ビーム・ディレクタ14中を横断する光学的経路を追加的に含む。

30

【0015】

ガウス・ビームの曲率半径、 $R(z)$ は、別のよく知られた次の関係に従う：

【0016】

【化2】

$$R(z) = z_0 \left(\frac{z}{z_0} + \frac{z_0}{z} \right) \quad (2)$$

式(2)は、ガウス・ビームがウェイストにおいて無限の曲率半径（すなわち、フラット・フェーズ・フロント）を持つこと、そしてRayleighレンジに比べて大きな距離において、ガウス・ビームは $z = 0$ に中心を持つ球形波としてよく伝播し、この体制では古典的（幾何学的）光学として取り扱えることを示す。しかしながら、この当面の場合、所望のワーキング・ディスタンス(z)および視野深度(z_0)は同程度の値であり、古典的光学を有効に用いることはできない。この当面の問題を解くためには、所望のワーキング・ディスタンス16および視野深度22が先ず選ばれる。これによって、レンズによって創造されるべき所要のウェイスト寸法が決まる。所要のウェイスト寸法および空間中の所望の位置16は、順次、所要のビーム寸法ならびにレンズ面27における位相フロント曲率半径（外出ビームの）を決定する。したがって、レンズ・システム12は、ビームがレンズ面27で要求されるビーム寸法にマッチするようにファイバの出口から拡がるようにならなければならず、また到来ビームの位相フロントを外出ビームのそれにマッチ

40

50

させるように曲げなければならない。このゆえに、レンズ・システムは、二つの入力要求であるワーキング・ディスタンス 16 および視野深度 22 を与えられて独自に決定される。

【0017】

曲面から創造されるレンズも有効に使用されうるが、協調指数材料（‘GRIN’）からマイクロレンズを形成することが、ここに述べるプローブにとって好ましい実施形態である。GRINレンズの必須因子は、従来の曲面レンズにおける位相ベンディングに類似のやり方で位相フロントが曲げられるようにする材料屈折率の半径的変化である。GRINレンズと標準曲面レンズ間の単純で啓蒙的な関係は、本質的にレンズ内の長さを無視できると考えて、両者を‘薄い’レンズとして取り扱うことによって形成されうる。この関係は：

【0018】

【化3】

$$\frac{n_1 - n_0}{R_f} = n_c \frac{A}{a^2} l_{grin} \quad (3),$$

ここに、 n_c は、GRIN材料の中心指数であり、A は指数勾配で、したがって：

【0019】

【化4】

$$n_r = n_c \left(1 - \frac{A}{2} \left(\frac{r}{a}\right)^2\right) \quad (4)$$

ここに n_r は、中心からの半径 r における指数、 l_g は GRIN 材料の長さ（ここで、長さは、‘薄い’ GRIN レンズの収斂力を決定するためだけに必要である。）、そして a は、GRIN レンズの半径である。このような材料は、先に述べたように市場で入手可能である。

【0020】

しかしながら、現在のイメージング要件を満たす一般的に商業的に入手可能な GRIN 材料は、存在しない。なぜならば、GRIN 材料 (a) の勾配プロファイル A および寸法は、ここに要求されるワーキング・ディスタンス 16 と視野深度 22 の同時達成は無理だからである。

【0021】

したがって、一実施形態においては、特別注文の GRIN 材料がここに述べた要件を満たすべく育成される。このことを成功させるには、ビーム伝播ならびに収斂力を満たす GRIN 材料の長さを考慮に入れた、さらに厳密な計算が必要となる。すなわち、ガウス・ビームが GRIN 材料を通して伝播する間、それは勾配プロファイルによって連続的に修正される。ここに言うレンズは比較的大きな口径と低い収斂力の両方を要求されるので、これらは上で述べた‘薄い’レンズとは考えられない。

【0022】

このため、求められる GRIN 勾配プロファイルを計算するには、ガウス・ビーム伝播をパラキシャル近似で取扱うためのよく知られた ABCD マトリクス形式が使える。単一モード・ファイバから、GRIN 材料を通して、中間インターフェースへの伝播を表す ABCD マトリクスは、次式で与えられる：

【0023】

10

20

30

40

【化5】

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(l_{\text{grin}} A') & \frac{n_{\text{smf}}}{n_c A'} \sin(l_{\text{grin}} A') \\ -\frac{n_c A}{n_0} \sin(l_{\text{grin}} A') & \frac{n_{\text{smf}}}{n_0} \cos(l_{\text{grin}} A') \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここに、 A' は $(A) / a$ 、 n_{smf} は単一モード・ファイバの指數である。この業界では知られているように、ガウス・ビームの変換のための A B C D 則は、他の材料パラメータおよび、前のように所望の視野深度 22 とワーキング・ディスタンス 26 が与えられたら、 A' パラメータに関して解くのに使うことができる。いくつかの代数的な操作をすれば、次の二式が導き出せる：

【0024】

【化6】

$$\frac{1}{\omega_f^2} = \frac{1}{\omega_i^2} \left(\cos^2(l_{\text{grin}} A') + \left(\frac{n_c A' \pi \omega_i^2}{\lambda} \right)^2 \sin^2(l_{\text{grin}} A') \right) \quad (6)$$

【0025】

【化7】

$$\frac{1}{W_D} = \left(\frac{n_{\text{smf}}}{n_0} \right)^2 \frac{1}{\sin(l_{\text{grin}} A') \cos(l_{\text{grin}} A') \left(\left(\frac{\pi \omega_i^2}{\lambda_{\text{smf}}} \right)^2 \frac{n_c A'}{n_0} - \frac{n_{\text{smf}}^2}{n_c n_0 A'} \right)} + \frac{n_c A' \sin(l_{\text{grin}} A')}{n_0 \cos(l_{\text{grin}} A')} \quad (7)$$

ここに、 w_f は最終（イメージされた）ビーム・ウェイスト半径、 w_i は単一モード・ファイバの出口における初期ビーム・ウェイスト半径、 λ は自由空間波長、 n_{smf} は単一モード・ファイバ内の波長、そして W_D はワーキング・ディスタンス（例えば、イメージされたウェイストの位置）である。例えば、所望の視野深度 4 mm およびワーキング・ディスタンス 3 mm が $A' = 1.32 \mu\text{m}$ で与えられると、方程式 (7) および (8) は、標準 Corning SMF-28 から始め、空气中でイメージングして反復して解けば、 $A' = 1.2074 \text{ mm}^{-1}$ および $1_{\text{GRIN}} = 1.41 \text{ mm}$ を得る。

【0026】

もし正確な GRIN パラメータが達成しなければ、特にこれらの設計では市場入手可能な GRIN ファイバより著しく低い勾配係数 A では、この業界で知られているように、単一モード・ファイバと GRIN 材料との間にファイバの中間片を貼り付けることが可能である。このファイバの中間片の目的は、GRIN ファイバに入る前の単一モード・ファイバ中ではビームを拡がらせることにある。この中間ピースは、純粋のシリカが好ましく、そうすれば単純な拡大以外には、ビーム形成または案内効果を持たない。この拡大器と GRIN 材料の組合せにより、勾配係数のより広い選択の使用が可能になり、それでも所望のワーキング・ディスタンスおよび視野深度を達成する。A B C D 形式に拡大器を加えることは特に容易であり、拡大器のマトリクス：

【0027】

【化8】

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

は GRIN レンズのマトリクスに掛けるだけでよい。もし拡大器と GRIN レンズに指數

10

20

30

40

50

差があれば、この指数差を説明する追加的なマトリクスを式の中に挿入できる。

【0028】

図3は、公知の超小型画像プローブの一実施形態を描く。この実施形態において、単一モード・ファイバ10（一実施形態においては、直径125μm）が紫外線硬化光接着剤11（‘UVグルー’）を使って市販の700μm GRINレンズ12'に接着され、これは次々に700μmディレクタ・プリズム14'にUV接着される。この光伝導システムは、GRINレンズ12'の近位端の近くに接合される回転可能トルク・ケーブル40の内部に含まれる。全組立は、単一モード・ファイバ10によって放射される光の波長に透明な、またはプリズム14'のそばに透明窓を有するシース44の内部に含まれる。このイメージ・プローブは、図2中に図示される解像度、視野深度、およびスポット・サイズを実現できる。10

【0029】

しかしながら、ファイバはただの直径125μmであり、要求される最大ビーム・サイズは図2中に見られるように100μm未満であるけれども、全組立はおよそ直径1mmである。この大径がこの装置の1mmよりかなり大きな開口への使用を制限する。例えば、小血管中のイメージングにおいて、プローブの外形（OD）は、既存のカテーテルの案内線ルーメンへの挿入のためには350μm未満でなければならない。さらに、その設計はまた、様々な要素の屈折率を整合させるのが困難なために大きな逆反射を蒙る。これらの逆反射は、とりわけ OCT アプリケーション中にレンズのイメージング品質を著しく損なう。OCT アプリケーションにおいて、大きな逆反射は、盲目として知られる効果に導き、それによって、大きな反射はフロント・エンド電子機器を飽和させて、小さな反射を検出不可能にする傾向を持つ。20

【0030】

図4は、単一モード伝導ファイバ10がGRINレンズ12'に取り付けられ、次に面体ビーム・ディレクタ14"に取り付けられる光組立の一実施形態を描く。取付けはファイバ溶融スプライス48によってなされ、光エポキシの必要を除く。ただし、必要があれば、エポキシは使用できる。この実施形態中に示されるビーム・ディレクタ14"は、二つの小面を持っている。第一の小面50は光を反射するように働き、第二の小面は光を伝導し、円筒形ファイバを通じて光を通過させることによって起こるビーム歪を避ける。一実施形態において、第一小面50は、ファイバ10の長手方向の軸に対して50度の角度を作る。またその実施形態において、第二小面54は、ファイバ10の長手方向の軸に対して5度の角度を作る。30

【0031】

第一小面50は、金属または誘電体被覆にでき、あるいは異なる波長を介して同時の前方観察および側方観察を可能にする二色性ビーム・スプリッタで被覆することができる。

【0032】

あるいは、もし角度がSnellの法則で与えられる全内部反射のための角度（シリカ／空気インタフェースに対して、約43°）が大きければ、そのときは、ファイバを被覆する必要がない。これによって、コストと複雑性の著しい低減をもたらす。なぜならば、内部反射のためにファイバのチップを被覆することは（はるかに容易な外部反射と違って）重要な技術的挑戦であるからである。図4の光レンズ12'／ビーム・ディレクタ14"の全直径は、容易に300μm未満にでき、かつ図2に示すような所望のビーム・パラメータを満たすことができる。さらに、レンズ12'は、標準の溶融、スプライシングおよび研磨技術を用いて作れるので、高価とならず、最小の逆反射を示し、また正確に焦点を結ぶ。図14の取付けられたビーム・ディレクタ14"を、先ず無芯ファイバの短いセクションをGRINレンズ12'に溶融スプライシングすることにより作り、その上で傾斜鏡の小面を磨き、そして出口小面54を要求角度で磨くことが好ましい。40

【0033】

光コヒーレンス・トモグラフィを使ってイメージングするときには、特別な注意が小面50と54との関係に払われねばならない。OTCシステムの感度は100dBを日常的50

に超えるので、第二小面からの逆反射を伝導ファイバ10へ逆結合することから予防することが重要である。4%反射（シリカから空気へのインタフェース）でさえ、感じやすいOCTシステムを飽和させ、効果的に‘盲目’にするに十分である。したがって、角度は、逆反射角が単一モード伝送ファイバ10の受容角度より大きくなるように選ばねばならない。例えば、50°の入射角で磨かれた反射小面50、およびレンズの軸に対して5°で磨かれた伝導小面54は、標準SMF-28単一モード・ファイバ10の受容角度を超えるビームを返す。これらの特定の角度は、別の利点を提供する。50°の角度は、ガラス-空気インタフェース（公称で43°）全内部反射の角度を超える。さらに、この設計は、ファイバ10レンズ12' / ビーム・ディレクタ14"組立がすべてのコーティングの前に気中で試験されることを可能にする。

10

【0034】

図5は、ビーム・ディレクタ14"（折りたたみ鏡）がレンズ12から分離された別の実施形態を描く。このアプローチは、ビーム・ディレクタ14"「鏡が外部反射に対して被覆されることを可能にするという、実質的にはより容易な工程である、という利点を持つ。しかしながら、このアプローチは、装置の長さが増す、レンズ12の焦点距離を補償のために増さねばならないという不利を提示する。125μm直径ファイバ10の限られた口径により、長い焦点距離および小さなスポット・サイズを達成することが困難になるので、コンパクトなビーム・ディレクタ設計が概して好ましい。

【0035】

図6Aに示すように、各実施形態において、ファイバ10およびレンズ12組立は、保護シース44または管の中に収容される。シース44は、いくつかの理由により必要である。第一の最も重要な理由は、ファイバ10の保護である。第二は、シース44は、長いファイバ・カテーテルの取扱を改善することである。第三は、シース44は、下に詳述するように、スピニング・ファイバ10の機械的緩衝を可能にして均一な回転速度を達成する。

20

【0036】

しかしながら、シース44は、OCT光が最小の損失と歪で出力ビームに出ることを可能にし、最も光学的に効率的なシステムを達成する。シース44中の吸収、散乱、および歪損失を最小化することなく、30dBを上回るのシステム感度を失うことが可能である。これらの損失の中で、光歪が最も制御困難（円筒型シース中で）で、15-20dBの損失になりうる。歪は、ビームがレンズとして働くシース44の曲面を通過する間に発生する。レンズのパワーは、シース44の半径およびシースと周囲媒体間の指數差によって支配される。

30

【0037】

シース44は、それ自体透明かもしれないし、またはビーム・ディレクタ14の領域中に適した透明材料を組み込むこともできるかもしれない。OCT用には、吸収と散乱を最小化する一方良好な機械的特性を示す多くの材料があるので、透明シース44が好まれる。これらの性質を持った材料には、テフロン（登録商標）、アクリル、ポリカーボネート、およびE.I.duPont de Nemours CompanyからのHytreel(R)のようないくつかの熱可塑性樹脂がある。Hytreelは、熱可塑性ポリエステル・エラストマである。これらの材料のいくらかは、可視波長で不透明であるのに、OCT波長を伝導することに注目されたい。透明シースもまた好まれる。というのは、これを使えば、回転するファイバがシース内で長手方向に変換されて三次元イメージングをシースの前後の移動なしにユニットとして可能にするからである。

40

【0038】

平らな窓材料またはシース44上に形成された平面は、勿論、光学的歪効果を最小化するのに使える。これらは光画像特性を取り扱いやすくするが、製造の複雑性とコストを大きく増加させる。また平らな窓は、円周走査装置で要求されるような360°走査を収容するようには作れない。もし円筒形シース44または窓が選ばれたら、その窓材料および形状がもたらす画像品質上の効果に考慮を払わねばならない。

50

【0039】

古典的(円形の)光学からの標準式は、遭遇する問題の性質への良い洞察を与える:

【0040】

【化9】

$$\frac{n_1}{f_1} = \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} - \frac{n_2 - n_3}{R_2} + \frac{(n_2 - n_3)(n_2 - n_1)t}{n_2 R_1 R_2} \quad (9)$$

ここで n_1 は、シースの左への媒体中の光指数、 n_2 はシース材料自体の指数、 n_3 は、媒体中のシースの右への指数、 R_1 は曲部の内半径、 R_2 は外半径、 f_1, f_2 はシースの左と右への焦点距離、および t は、シースの厚みである。円筒形シースの場合、式(9)中の焦点距離は、円周方向にのみ適用する。

【0041】

伝導ビームへのシース44の光学的効果は、二倍である。先ず、図1を再び参照するに、ビーム・ウェイスト・サイズ24は変化し、第二にウェイスト20の位置が変化する。理想的な場合に比べた結合損失は、オーバラップ積分により最もよく計算されるが、円周方向に関する一元化された補正損失の概算は:

【0042】

【化10】

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{L}{z_0}} \quad (10)$$

ここに η は、効率、 L は円周方向ビーム・ウェイストから理想ビーム・ウェイストへの距離、および z_0 は、先に定義した Rayleigh レンジである。

【0043】

上式からして明らかなことは、シース44の光学的効果を最小化するために(すなわち、焦点距離 f_1 および f_2 を平面に等価な 方に向けて駆動することは)最も重要な問題は、三つの指数を整合(等価)させることで、次いで厚みを減らし、次いで曲率半径を増すことである。ここで理解されることは、上式は球面に対するものであり、その効果は単にシース軸に垂直な方向についてのみであることである。しかしながら、このことはその効果を説明するのに役立つ。一般的に、三つの材料のすべての指数を整合させることは、非常に難しい。厚みを最小化することは機械的な完全性に危惧をもたらし。半径を増すことは、受け入れがたい大直径のプローブにつながる。

【0044】

別の可能性は、曲面の効果をシース内の媒体を選択することによって二つの屈折効果(シース/窓の内径と外径)が相殺して一次になるように効果的に‘中和’することである。

【0045】

【化11】

$$\frac{n_2 - n_1}{R_1} = \frac{n_2 - n_3}{R_2} \quad (11)$$

ここに n_1 は、中和液またはゲルの光学的指数である。 n_2 は窓材料の指数、そして n_3 は周囲媒体の指数である。このアプローチは、一つの新しい自由度を与え、シース寸法、厚みおよび入手可能な液の指数をバランスさせることを可能にし、光学的効果を一次に中和する(すなわち、効果を最初のレベルの 10%未満に減らす)。

【0046】

10

20

30

40

50

中和液の効果を図 6 B に示す。非補償曲線 6 0 は、空気の入ったアクリル・シース用で、直径 355 μm で、厚み 50 μm、30 μm ウェイストを食塩水へ 2 mm の深さのところに作るように設計されたファイバ・レンズ 1 2 を使う。この非補償のケースは、急速発散ビームを有し、インタフェースの左およそ 400 μm のところに位置する 6 μm 外挿ウェイストをもたらす。市販のフルオロシリコーン液を使った、理想に極めて近い -1800 μm の円周方向ウェイストをもたらす、補償曲線 6 4 もまた示されている。全接続損失は、非補償のケースで 12 dB を上回り、望ましくない損失の 90 % 低減を呈する補償のケースにおける 1 dB より少ない。

【 0 0 4 7 】

内部反射小面 5 0 を被覆する複雑性を避けるために、全体内部反射が好ましい。認められるように、ガラス / 空気インタフェースに対して、43° を上回るどの入射角にも、これが起こる。しかしながら、ひとたびファイバが水または塩水のような屈折率の 1 (空気) より大きい環境に浸されると、全体内部反射は非実用的になる。したがって、ガラス / 空気インタフェースを維持するのが望ましい。

10

【 0 0 4 8 】

図 7 は、液体環境内で全体内部反射が使えるように、空気バック・ビーム・ディレクタを実現する好ましい方法を描く。薄い透明な内部シース 4 4' がレンズ 1 2 / ビーム・ディレクタ 1 4 および末端におけるシールド 7 4 を被って取付けられる。この内部シース 4 4' は、光エポキシまたは熱誘導収縮によって取付けることができる。図 6 A の外シース 4 4 もまた、図 7 に示す。

20

【 0 0 4 9 】

ひとたび光効果がアドレスされると、均一な回転走査を行って、高品質の、理解できる、再生可能な画像を得ることは至難である。内視鏡画像工業においては、この問題に多大の努力が傾注されてきた。必須のものとして、三つの実行可能な技術がこの業界で発達した。第一の技術は、すでに論じたように、トルク・ワイヤ 4 0 の開発である。第二は、位相アレー・システム (超音波イメージングにおける) であり、末端トランスデューサの電子的制御を介してビームを有效地に操舵できるものである。第三は、ソフトウェア画像修正は、画像を後処理することにより N U R D のために補正するよう努めることができる。上述したように、トルク・ワイヤ 4 0 は、概して、ここに考慮される寸法に対して対応可能ではない。位相アレー・システムは、多くのトランスデューサと追加的な制御電子装置を含むので非常に複雑である。複数のファイバ・ソリューションが可能であるが、著しいコスト増となる。最後に、ソフトウェア・ベース修正は、極めて複雑で、かつ間違やすく、N U R D が事前に予防されなければ、結果的な画像は、概して、非常に低品質になる。

30

【 0 0 5 0 】

ここに開示し、説明するのは、光ファイバ・プローブのために回転速度変動を制御するための新しい方法である。ガラス・ファイバの捩れ剛性が非常に低いとして (先に詳述したように)、ファイバの著しいワインディングが、特に医療的な適用を含む多くの適用における実際的な長さと回転速度に亘って予想される。例えば、水で満たしたカテーテル・ハウジング内部に置かれた、7.5 μm のポリイミド被覆で覆われた 125 μm 直径の 2 m 長の、10 Hz で回転するファイバは、丸々 10 回のワインディングを経験する。遠位チップは、平均 10 Hz で回転しなければならなければ、摩擦変動、グラスファイバ自身のわずかな偏心、カテーテルの動き、温度変動などによるワインディングとアンワインディングに起因して数分の一回転の間に速度変動 (N U R D) を経験する。

40

【 0 0 5 1 】

図 8 (および図 7) に概念的に描いたように、これらの速度変動を光伝導システムの遠位チップにおいて負帰還制御を使って制御することが可能である。チップにおける粘性緩衝がこの帰還制御を提供する。粘性緩衝流体 9 0 を光伝導システムとシース 4 4 との間に導入すると、ほぼ光学的に透明なジャーナル・ベアリングを創ることができる。光経路は破線の矢印で示される。ジャーナル・ベアリングの機械的特性は、よく理解され、余すと

50

ころなく文献化されている。いくつかの関係式は：

$$\text{せん断応力} (\tau) = \mu \times V / a = \mu \times RPS \times 2 \cdot r / a \quad (12)$$

$$\text{トルク} = \mu \times RPS \times 2 \cdot r \times 2 \cdot r \times l \times r / a \quad (13)$$

$$\text{ワインドアップ} / \text{長} = \text{トルク} / G \cdot I_z \quad (14)$$

ここに μ は粘度、 a はファイバとシースとの隙間、 V は速度、 RPS は毎秒回転数、 l はシース内で粘性液が塗布される長さ、 G はせん断係数（ファイバの剛性係数）、および I_z はファイバの軸の周りの慣性モーメントである。

【0052】

粘性誘導トルク負荷は、速度と共に増し、アンワインディングするワイヤを減速するよう 10 に働くので、負帰還が確立される。変数 a , l , および μ を制御することによって、光伝導システムの末端の回転特性を正確に制御することが可能になる。この技法は、制御性、低コスト、低複雑性、内視鏡画像システムの NURD 自由動作を可能にする間のプローブ寸法の無視しうる增加の利点を提供する。液の境界近傍を除いては生来の高い粘度により混合が避けられる異なる個所に、異なる粘性液を置くことによって、NURD のさらなる制御が得られる。これによって、自由な回転を許しながらも様々な液の隔離がもたらされる。カテーテルの全長に亘る一つの粘性液の分布も可能であるが、NURD 制御の制御には、端末に位置する粘性緩衝が通常、より効果的である。

【0053】

最後に、粘性制御に使われる液はまた、前述のように要求される伝導的な光学的特性と好ましくは中和的な光学的性質を持たなければならない。例えば、フルオロシリコーン化合物のような、ここに述べた目的に対して光学的にも機械的にも相応しい数多くの液またはゲルが存在する。加えて、いくつかの実施形態において、相応しい粘性緩衝流体は、通常、500と20,000センチストロークとの間の機械的粘性係数を有し、1.32と 20 1.65との間の光学的屈折率を有する。

【0054】

フルオロシリコーン、シロップ、合成油および天然油、多くのインタベンショナル心臓手術に使われるラジオグラフィック・コントラスト・エージェント (Bracco Diagnostics of Princeton NJ 製の Diatrizoate Meglumine and Diatrizoate Sodium の溶液、RenoCal-76 (tm) のような、) いくつかのクラスの化合物は、これらの要求を満たす。 30

【0055】

多くの粘性液は、粘性と温度との間の強い相互依存性を示す。このことは、いくつかの実施形態において、利用することができる。温度効果は、いくつかの実施形態において粘性液の使用に有害な影響を与える。本発明の一側面は、NURD の低減を実現するために粘性液温度を調整することに関する。例えば、温度依存性の有利な使用には、粘性緩衝流体を、長いカテーテル・シースのような狭いオリフィスに容易に注入するために加熱することがある。塩水洗浄がしばしば使われる、血管内画像アプリケーションにおいて、潜在的に有害な効果が見られる。もし塩水が体温にないときには、粘性緩衝流体の粘度は変化し、供給ファイバは巻くか巻き戻るか（粘性が増加するか減少するかに依存して）し、観察 OCT 画像が回転する。単純な解決法は、注入される塩水または他の適したカテーテル洗浄液を、確実に体温または体温近辺に維持することである。この温度感度の一例は、カリフォルニア、カーピンテリアの Nusil により製造される MED-360 で与えられる。MED-360 に関しては、室温 (25°C) における粘度は、1010 センチストロークで、体温 (38°C) では 750 センチストロークに落ちる。 40

【0056】

図 9 は、図 7 に示すカテーテルを使って得られら平面の NURD 自由の光コヒーレンス・トモグラフィック画像を描く。図 10 は、図 9 の NURD 自由の画像を得るために使った粘性緩衝なしで得られた同じ面の画像である。同様にして、図 11 は、図 7 に示すカテーテルを使って得られた円筒形組織幻影の内部の NURD 自由の光コヒーレンス・トモグラフィック画像である。図 12 は、粘性液緩衝なしで得られた同じ円筒形組織幻影の画像 50

である。図10および12の両方において、画像の歪は、光プローブ・チップの不規則な回転速度に起因することは明らかである。

【0057】

末端に位置するNURD低減のための粘性液のコンセプトが光ファイバ・イメージング以外の場面で適用されることは注目に値する。例えば、超音波カテーテルは、標準の高価なトルク・ワイヤの代わりにこの技法を使用しうる。

【0058】

この論説は医療用途に焦点を合わせてきたが、工業的検査および材料分析で可能な多くの非医療的用途があることは明らかである。さらに、OCTイメージングには単一モード・ファイバが好ましいが、ここに述べた実施形態においても複数モード・ファイバが用いられてもよい。10

【0059】

本発明のいくつかの要素の相互関係は、図13に示すプローブ130の例証的な実施形態中に示される。単一モード・ファイバ10は、プローブ130の内部シース44'内に配置されている。この内部シース44'は、通常、気密空気間隙を有する。収斂要素135は、ビーム・ディレクタ137と連通しているのが示されている。収斂要素135およびビーム・ディレクタ137の両者は、内部シース44'中に配置されている。内部シースは、外部シース44内に配置され、以前に様々な実施形態の中で述べられている。粘性緩衝流体140は、外部シース44の内部に配置され、内部シース44'の一部分を囲んでいる。いくつかの実施形態において、内部シース44'の全体は、粘性緩衝流体140によって囲まれている。外部シース44の直径は、図示された様々な実施形態中で、500マイクロメートル未満である。シーリング・ボール145は、通常、規定の容積内の粘性緩衝流体145を含む外部シース内に配置される。熱成形チップ150もまた、様々な実施形態中に存在する。20

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】図1は、本発明の一実例となる実施形態によるイメージング・レンズの一実施形態を図示する。

【図2】図2は、ガウス・ビームを想定した、図1に示す実施形態のスポット・サイズと視野深度との間の関係を図示する。30

【図3】図3は、先行技術で公知の装置の一実施形態を図示する。

【図4】図4は、本発明によって構成された装置の一実施例を図示する。

【図5】図5は、本発明によって構成された分離傾斜鏡を備えた装置の一実施形態を図示する。

【図6A】図6Aは、保護ハウジングを内部に備えたイメージング・ワイヤの一実施形態を図示する。

【図6B】図6Bは、光学的に補償されたそしてシースを通して補償されていない伝播の一実施形態を図示する。

【図7】図7は、光学的に透明な粘性緩衝流体を備えた本発明の一実施形態を図示する。

【図8】図8は、光学的に透明な粘性液内部の全内部反射を利用した本発明の一実施例を図示する。40

【図9】図9は、NURD補償を使った平面のイメージングのための本発明の使用を図示する。

【図10】図10は、NURD補償のない平面のイメージングのための本発明の使用を図示する。

【図11】図11は、NURD補償を使った円筒形ティシュー・ファントムの内部をイメージするための本発明の使用を図示する。

【図12】図12は、NURD補償のない円筒形ティシュー・ファントムの内部をイメージするための本発明の使用を図示する。

【図13】図13は、本発明の一実例となる実施形態による小型光プローブを図示する。50

【図 1】

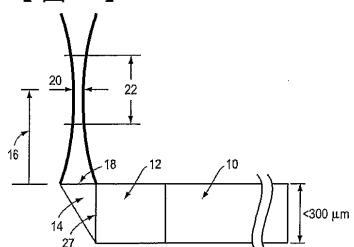


FIG. 1

【図 2】

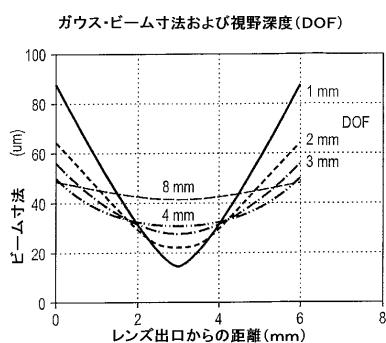
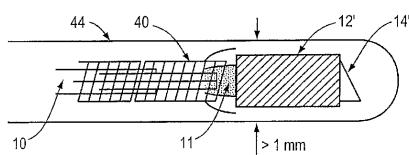


FIG. 2

【図 3】

FIG. 3
先行技術

【図 4】

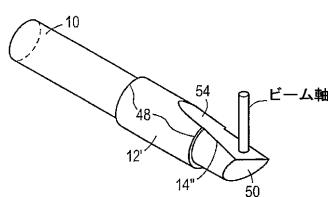


FIG. 4

【図 5】

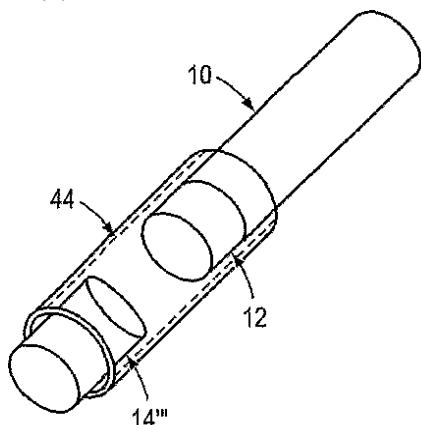


FIG. 5

【図 6 A】

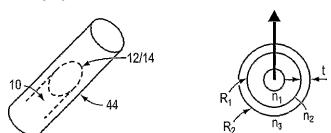


FIG. 6A

【図 6 B】

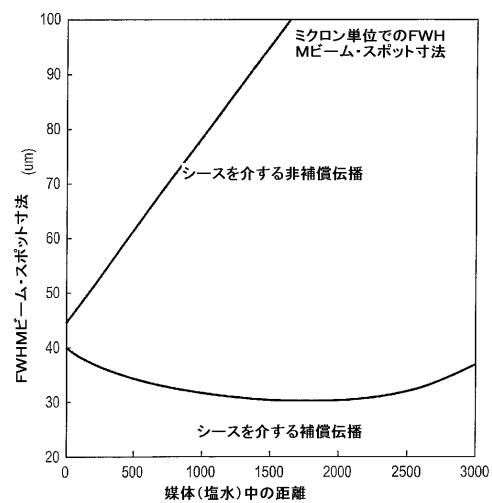


FIG. 6B

【図 7】

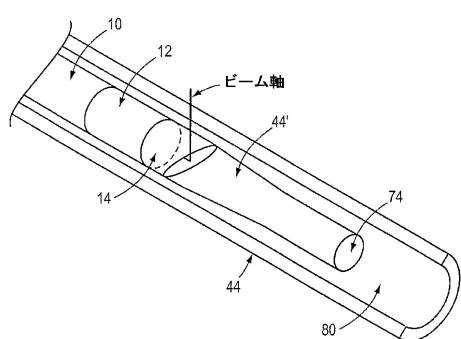


FIG. 7

【図 8】

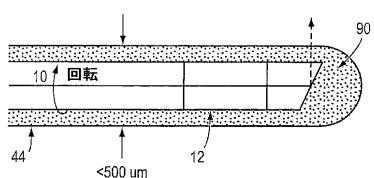


FIG. 8

【図 9】

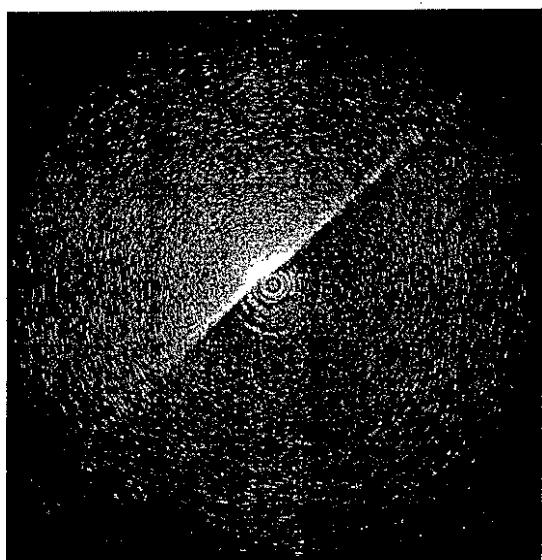


FIG. 9

【図 10】

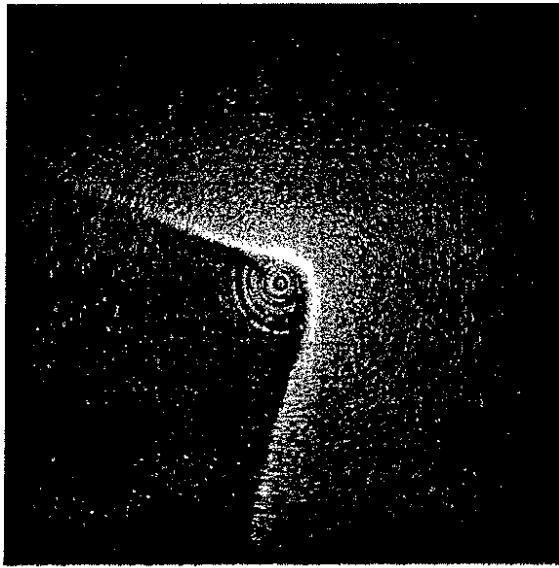


FIG. 10

【図 11】

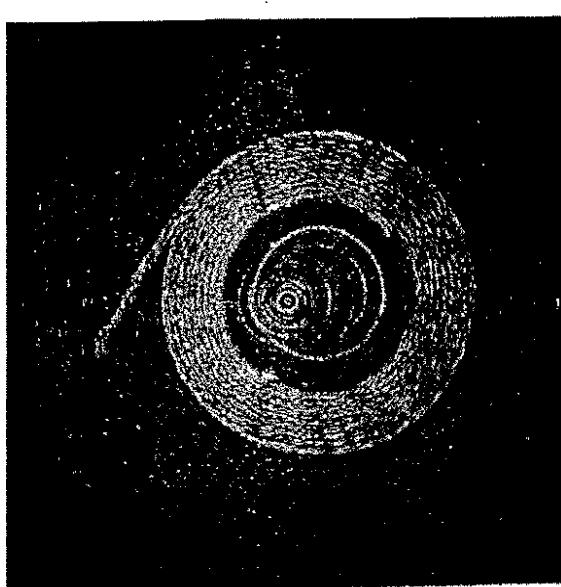
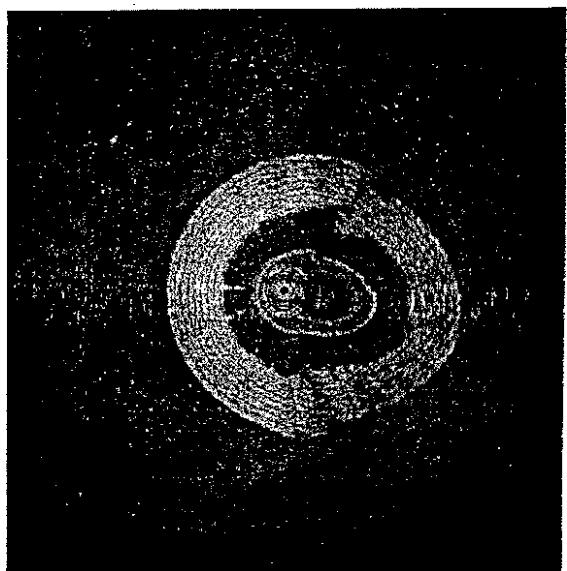


FIG. 11

【図12】



【図13】

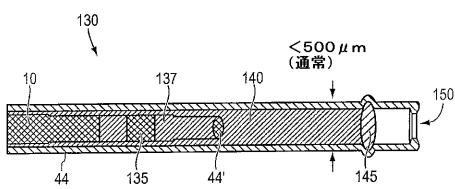


FIG. 13

FIG. 12

フロントページの続き

- (72)発明者 ピーターセン, エル. クリストファー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01741, カーリズル, エバーグリーン レーン 1
20
- (72)発明者 マクナマラ, エドワード アイ.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01842, チェルムスフォード, ハイ ストリート
67
- (72)発明者 ラムポート, ロナルド ビー.
アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03076, ペルハム, ベノイット アベニュー 4
- (72)発明者 アトラス,マイケル
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02474, アーリントン, ランズドーン ロード 2
1
- (72)発明者 シュミット, ジョセフ エム.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01810, アンドーバー, ブルックサイド ドライブ
900ジー
- (72)発明者 マグニン, ポール
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01810, アンドーバー, グレイバーチ ロード
23
- (72)発明者 スワンソン, エリック エー.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01720, アクトン, オークウッド ロード 13ア
ール

審査官 長井 真一

(56)参考文献 國際公開第01/011409(WO, A1)
特表平06-500248(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00

G02B 23/26

专利名称(译)	超紧凑扫描光学探头，可校正光学失真并控制旋转		
公开(公告)号	JP4494203B2	公开(公告)日	2010-06-30
申请号	JP2004524722	申请日	2003-07-23
[标]申请(专利权)人(译)	光学实验室成像公司		
申请(专利权)人(译)	光爱成像，有限责任公司.		
当前申请(专利权)人(译)	光爱成像，有限责任公司.		
[标]发明人	ピーターセンエルクリストファー マクナマラエドワードアイ ラムポートロナルドビー アトラスマイケル シュミットジョセフエム マグニンポール スワンソンエリックエー		
发明人	ピーターセン, エル. クリストファー マクナマラ, エドワード アイ. ラムポート, ロナルド ビー. アトラス, マイケル シュミット, ジョセフ エム. マグニン, ポール スワンソン, エリック エー.		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/26 A61B5/00 G02B23/24		
CPC分类号	G02B23/2407 A61B5/0066 A61B5/0084 A61B5/6852 G01B9/0205 G01B9/02091		
FI分类号	A61B1/00.300.T A61B1/00.300.A A61B1/00.300.U G02B23/26.A		
代理人(译)	夏木森下		
审查员(译)	永井伸一		
优先权	10/205374 2002-07-25 US		
其他公开文献	JP2005533610A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

直径小于500μm的光学探针，用于扫描从长而高度柔软的光纤到样品的光。在一个实施例中，探针包括粘性阻尼液，其适于防止不均匀的旋转变形 (NURD)。

$$= Z_0 \left(\frac{Z}{Z_0} + \frac{Z_0}{Z} \right)$$