(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7555917号
(P7555917)

(45)発行日　令和6年9月25日(2024.9.25)

(24)登録日　令和6年9月13日(2024.9.13)

(51)国際特許分類

		FI		
Ｇ０２Ｂ	*6/02 (2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/02	４６１
Ｇ０２Ｂ	*6/00 (2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/00	Ｂ
Ｇ０２Ｂ	*6/036(2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/036	
Ｇ０２Ｂ	*6/36 (2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/36	
Ａ６１Ｂ	*1/00 (2006.01)*	Ａ６１Ｂ	1/00	５２６

請求項の数　29　（全22頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-525015(P2021-525015)
(86)(22)出願日　令和1年11月6日(2019.11.6)
(65)公表番号　特表2022-506903(P2022-506903A)
(43)公表日　令和4年1月17日(2022.1.17)
(86)国際出願番号　PCT/US2019/060158
(87)国際公開番号　WO2020/097267
(87)国際公開日　令和2年5月14日(2020.5.14)
審査請求日　令和4年11月4日(2022.11.4)
(31)優先権主張番号　62/757,152
(32)優先日　平成30年11月7日(2018.11.7)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　521193441
スペクトラウェーブ， インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０１７３０， ベドフォード， オーク パーク ドライブ １２
(74)代理人　100078282
弁理士　山本 秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下 夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田 貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川 大輔
(74)代理人　230113332

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　システム、カテーテル、光ファイバを使用する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

システムであって、前記システムは、

光ファイバを備えるプローブと、

前記プローブに物理的に接続されている回転接合器と

を備え、

前記光ファイバは、第１の導波路と、前記第１の導波路の周りに配置されている減衰クラッドと、前記減衰クラッドの周りに配置されている第２の導波路とを備え、

前記第１の導波路および前記第２の導波路のそれぞれは、サンプル特性化技法のための光を伝送するように構成され、サイズ設定され、形作られており、前記サンプル特性化技法のための前記光の波長は、サンプルに対する特性ピークに対応し、

前記減衰クラッドは、前記第１の導波路から前記減衰クラッドの中に漏れる前記光が前記第２の導波路に入ることがなく、前記第１の導波路に再び入ることがないように、かつ、前記第２の導波路から前記減衰クラッドの中に漏れる前記光が前記第１の導波路に入ることがなく、前記第２の導波路に再び入ることがないように、前記第１の導波路と前記第２の導波路との間で前記減衰クラッドの中に伝搬する前記光を完全に減衰するように構成され、サイズ設定され、形作られている、システム。

【請求項２】

前記減衰クラッドは、ドーパントを含む、請求項１に記載のシステム。

【請求項３】

前記減衰クラッドは、ガラスを含み、前記ドーパントは、前記ガラスの内部に分散されている、請求項２に記載のシステム。
【請求項４】
前記ドーパントは、金属を含む、請求項２または請求項３に記載のシステム。
【請求項５】
前記ドーパントは、金属酸化物または金属塩化物を含む、請求項４に記載のシステム。
【請求項６】
前記ドーパントは、純金属である、請求項４に記載のシステム。
【請求項７】
前記ドーパントは、ホウ素を含む、請求項２または請求項３に記載のシステム。
【請求項８】
前記ドーパントは、１種以上のレイリー散乱体を含む、請求項２または請求項３に記載のシステム。
【請求項９】
前記減衰クラッドは、不透明体である、請求項１～８のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１０】
前記減衰クラッドの屈折率の虚数部は、前記第１の導波路の屈折率の虚数部および前記第２の導波路の屈折率の虚数部よりも大きい、請求項１～９のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１１】
前記第１の導波路は、第１の波長の光を閉じ込めるように構成され、サイズ設定され、形作られており、
前記第２の導波路は、第２の波長の光を閉じ込めるように構成され、サイズ設定され、形作られている、請求項１～１０のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１２】
前記第１の導波路は、中実のコアである、請求項１～１１のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１３】
前記第１の導波路は、中空のコアである、請求項１～１１のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１４】
前記第１の導波路および前記減衰クラッドおよび前記第２の導波路は、同心円状に配置されている、請求項１～１３のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１５】
前記第１の導波路および前記減衰クラッドおよび前記第２の導波路のそれぞれは、断面が円形の外面を有する、請求項１～１４のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１６】
前記光ファイバは、前記第１の導波路の周りに配置されている第１の中間クラッドを備え、
前記第１の中間クラッドは、前記第１の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されている、請求項１～１５のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１７】
前記減衰クラッドは、前記第１の中間クラッドに直接接触しており、
前記第１の中間クラッドは、前記第１の導波路に直接接触している、請求項１６に記載のシステム。
【請求項１８】
前記光ファイバは、前記減衰クラッドの周りに、かつ、前記第２の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されている第２の中間クラッドを備える、請求項１～１７のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項１９】

前記第２の導波路は、前記第２の中間クラッドに直接接触している、請求項１８に記載のシステム。
【請求項２０】
前記光ファイバは、第１の中間クラッドと第２の中間クラッドとを備え、
前記第１の中間クラッドは、前記第１の導波路の周りに、かつ、前記第１の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されており、
前記第２の中間クラッドは、前記減衰クラッドの周りに、かつ、前記第２の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されており、
前記減衰クラッドは、前記第１の中間クラッドの屈折率および前記第２の中間クラッドの屈折率よりも高い屈折率を有する、請求項１～１５のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項２１】
前記光ファイバは、第１の中間クラッドと第２の中間クラッドとを備え、
前記第１の中間クラッドは、前記第１の導波路の周りに、かつ、前記第１の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されており、
前記第２の中間クラッドは、前記減衰クラッドの周りに、かつ、前記第２の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置されており、
前記第１の中間クラッド、前記第２の中間クラッド、または、前記第１の中間クラッドおよび前記第２の中間クラッドの両方は、フォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶層である、請求項１～１５のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項２２】
前記光ファイバは、前記第２の導波路の周りに配置されている外側クラッドを備える、請求項１～２１のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項２３】
前記外側クラッドは、前記第２の導波路に直接接触している、請求項２２に記載のシステム。
【請求項２４】
前記光ファイバは、最外層を備え、前記最外層が、外装被覆である、請求項１～２３のいずれか１項に記載のシステム。
【請求項２５】
カテーテルであって、
前記カテーテルは、請求項１～２０のいずれか１項に記載の前記システムと、第１の光源と、第２の光源とを備え、
前記第１の光源は、前記第１の導波路と光通信し、前記第２の光源は、前記第２の導波路と光通信する、カテーテル。
【請求項２６】
前記カテーテルは、撮像モジュールと分光モジュールとを備え、
前記撮像モジュールは、前記第１の光源および前記第２の光源のうちの１つを備え、前記分光モジュールは、前記第１の光源および前記第２の光源のうちの異なる１つを備える、請求項２５に記載のカテーテル。
【請求項２７】
光ファイバを使用する方法であって、前記光ファイバは、請求項１～２４に記載のシステムによって備えられる前記光ファイバと同一であり、前記方法は、
前記システムを提供することと、
前記第１の導波路を通して第１の信号を伝送することと、
前記第２の導波路を通して第２の信号を伝送することと
を含む、方法。
【請求項２８】
前記第１の信号および前記第２の信号は、同一の期間に伝送される、請求項２７に記載の方法。
【請求項２９】

前記方法は、前記第１の信号の第１の部分を前記減衰クラッドで完全に減衰させることを含む、請求項２７または請求項２８に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【０００１】

優先出願

本出願は、２０１８年１１月７日に出願された米国仮特許出願第６２／７５７，１５２号の利益を主張するものであり、この米国仮特許出願に開示されている内容全体を参照により本明細書に援用する。

【０００２】

（背景技術）

光を用いて信号を伝送するために、光ファイバが使用される。所与の光ファイバ中を１つ以上の光のモードが伝わり得る。一部のファイバは、少なくとも１つの特異な光のモードを伝送するようにそれぞれ設計されたコアとクラッドとを含む複数の層を備えている。そのようなファイバの例として、マルチクラッドファイバ（例えば、ダブルクラッドファイバ）が挙げられる。マルチクラッドファイバは、一般に、互いの周りを包んでいるガラス及び／またはプラスチックの層で作られている。マルチクラッドファイバは、複数の別個のファイバ（すなわち、それぞれが固有のコアを有する光学的に別個のファイバ）の代わりに、複数の信号を伝送する用途で使用され得る。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００３】

マルチクラッドファイバを使用して、複数の独立した信号を搬送することが可能である。信号発射、スプライス、及び／またはコネクタ状態が最適化されているときでも、若干の信号の混合及び／または独立した信号の乱れが存在する。例えば、クラッドは、例えば、クラッドのわずかな形状の乱れを通じて、コアと通信する可能性がある。別の例として、コアは、例えば、曲げによってクラッドと通信する可能性がある。独立した信号が望ましい場合、信号を独立して伝送することを目的としている異なる層（例えば、特定のマルチクラッドファイバのコアとクラッド）の間の通信は望ましくない。本開示では、そのような通信は、ファイバが光ファイバ回転接合器と共に（例えば、カテーテル内で）使用される場合には、特に望ましくないことを認識している。例えば、ファイバが、例えば光コヒーレンストモグラフィのための信号を送受信するのに使用されるマルチクラッドファイバである場合、そのような通信は望ましくない。

【０００４】

光は、１つ以上の導波路（例えば、コア及び／または導波路クラッド）を有するファイバ内の導波路から漏れる（例えば、失われる）ことがある。第１の導波路から漏れた（例えば、失われた）光は、例えば、（伝搬経路長の差異のために）位相シフトを伴って第１の導波路に再び入る前に、第２の導波路に沿って伝搬し得る。簡単な例では、ファイバは、コア、単一のクラッド、及び被覆を有し、漏れた（例えば、失われた）光のほとんどまたは全てが、コアに再入射し得る前に、不透明な被覆によって吸収される。同様の現象は、マルチモードファイバでも起こる。本開示では、単純なファイバの被覆によって得られる損失光消衰の利点が、従来のマルチクラッドファイバの全ての導波路には本質的に存在しないことを認識している。クラッドに漏れ出る光は、隣接するクラッド内をさらに伝搬する可能性があり、しかも、空間的に離れた場所でコアまたは内側クラッドに自由に再入射できるという問題がある。そのような経路長の差異が、信号の干渉（例えば、分散）、キャンセル、または減衰（例えば、減殺的干渉）をもたらし得る。本明細書に開示された解決策は、光ファイバの導波路の間に配置された減衰クラッドを使用することである。いくつかの実施形態では、減衰クラッドが光を強く減衰させるため、２つの導波路（例えば、コアと同心クラッド）を完全に光学的に分離することができる。

【０００５】

本明細書に開示された装置は、２つの導波路（例えば、コアと導波路クラッド）の間に配置された減衰クラッドを備える光ファイバ（例えば、特性化用ファイバ）を含む。減衰クラッドは、ファイバの導波路中を伝送される光の閉じ込めを改善し得る。いくつかの実施形態では、光ファイバは、少なくとも２つの導波路を備える特性化用ファイバであり、各導波路が、サンプル特性化技法（例えば、イメージングまたは分光）のための光（例えば、照明光及び／またはサンプル信号光）を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られている。ファイバ内の導波路間の閉じ込めを改善することで、例えば、信号を使用して生成される画像の画質を低下させる可能性がある、伝送信号への悪影響が低減される。

【０００６】

いくつかの態様では、本開示は、第１の導波路と、第１の導波路の周りに配置された減衰クラッドと、減衰クラッドの周りに配置された第２の導波路とを含む光ファイバを提供する。第１の導波路は、コアであり得る。第２の導波路は、導波路クラッドであり得る。光ファイバは、サンプル特性化技法のための信号の送信及び／または受信に使用される特性化用ファイバであり得る。

【０００７】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドはドーパントを含む。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、ガラスと、ガラスの内部に分散したドーパントとを含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは金属を含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは金属酸化物または金属塩化物を含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは純金属である。いくつかの実施形態では、ドーパントはホウ素を含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは、１種以上のレイリー散乱体を含むことがある。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは不透明体である。

【０００８】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドの減衰長は、（例えば、第２の導波路に対応する波長、もしくは第１の導波路に対応する波長、または第２の導波路に対応する波長と第１の導波路に対応する波長との両方で）１メートル以下（例えば、３０mm以下）である。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約２０mmの減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、３mm以上（例えば、５mm以上、８mm以上、１０mm以上、１５mm以上、または２０mm以上）１m以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、または２０mm以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約２０mmの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている。いくつかの実施形態では、減衰クラッドの屈折率の虚数部が、第１の導波路の屈折率の虚数部及び第２の導波路の屈折率の虚数部よりも大きい。

【０００９】

いくつかの態様では、本開示は、光ファイバと、回転接合器と、プローブとを備え、光ファイバが回転接合器と光通信しており（例えば、光ファイバが回転接合器に物理的に接続されている）、プローブが回転接合器と光通信している（例えば、プローブが回転接合器に物理的に接続されている）、システムを提供する。

【００１０】
いくつかの態様では、本開示は、光ファイバと、第１の光源と、第２の光源とを備え、第１の光源が光ファイバの第１の導波路と光通信しており、第２の光源がひかりの第２の導波路と光通信している、カテーテル（例えば、心臓カテーテル）を提供する。いくつかの実施形態では、システムが、（例えば、ＯＣＴイメージングのための）撮像モジュールと、（例えば、近赤外分光のための）分光モジュールとを備え、撮像モジュールが、第１の光源及び第２の光源のうちの１つを備え、分光モジュールが、第１の光源及び第２の光源のうちの異なる１つを備える。
【００１１】
いくつかの態様では、本開示は、中実コア材料を含むロッドの周りに、減衰クラッド材料を含む第１の管を配置することと、第１の管の周りに、導波路クラッド材料を含む第２の管を配置することと、第１の管、第２の管、及びロッドを同時に加熱して溶融母材を作製することと、光ファイバを形成するために溶融母材を延伸することと、（例えば、任意選択で、延伸した溶融母材を外側被覆で被覆することと）を含む、方法を提供する。
【００１２】
いくつかの態様では、本開示は、第１の導波路材料を含む第１の管の周りに、減衰クラッド材料を含む減衰管を配置することと、減衰管の周りに、第２の導波路材料を含む第２の管を配置することと、第１の管、第２の管、及び減衰管を同時に加熱して溶融母材を作製することと、光ファイバを形成するために溶融母材を延伸することと、（例えば、任意選択で、延伸した溶融母材を外側被覆で被覆することと）を含む、方法を提供する。
【００１３】
いくつかの態様では、本開示は、光ファイバを使用する方法であって、第１の導波路（例えば、コア）と、第１の導波路の周りに配置された減衰クラッドと、減衰クラッドの周りに配置された第２の導波路（例えば、導波路クラッド）とを備える光ファイバを提供することと、第１の導波路を通して第１の信号を伝送することと、第２の導波路を通して第２の信号を伝送することとを含む、方法を提供する。
【００１４】
いくつかの実施形態では、第１の信号と第２の信号とが、同じ期間に伝送される。いくつかの実施形態では、光ファイバを使用する方法は、第１の信号の第１の部分を減衰クラッドで完全に減衰させる（例えば、第１の部分が、第１の導波路から減衰クラッドに伝搬し（例えば、漏れ）、（例えば、第１の部分の吸収の結果）（例えば、第１の部分が減衰クラッドから（例えば、導波路クラッドまたはコアに）伝搬できないように）減衰クラッドによって完全に減衰される）ことを含む。
本発明は、例えば、以下を提供する。
（項目１）
第１の導波路（例えば、コア）と、前記第１の導波路の周りに配置された減衰クラッドと、前記減衰クラッドの周りに配置された第２の導波路（例えば、導波路クラッド）とを備える、光ファイバ（例えば、特性化用ファイバ）。
（項目２）
前記減衰クラッドがドーパントを含む、項目１に記載の光ファイバ。
（項目３）
前記減衰クラッドがガラスを含み、前記ドーパントが前記ガラスの内部に分散している、項目１または項目２に記載の光ファイバ。
（項目４）
前記ドーパントが金属を含む、項目２または項目３に記載の光ファイバ。
（項目５）
前記ドーパントが金属酸化物または金属塩化物を含む、項目４に記載の光ファイバ。
（項目６）
前記ドーパントが純金属である、項目５に記載の光ファイバ。
（項目７）

前記ドーパントがホウ素を含む、項目２または項目３に記載の光ファイバ。
（項目８）
前記ドーパントが、１種以上のレイリー散乱体を含む、項目２または項目３に記載の光ファイバ。
（項目９）
前記減衰クラッドが不透明体である、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１０）
前記減衰クラッドの減衰長が、（例えば、前記第２の導波路に対応する波長もしくは前記第１の導波路に対応する波長、または前記第２の導波路に対応する波長と前記第１の導波路に対応する波長との両方で）１メートル以下（例えば、３０mm以下）である、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１１）
前記減衰長は、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）である、項目１０に記載の光ファイバ。
（項目１２）
前記減衰長は約２０mmである、項目１１に記載の光ファイバ。
（項目１３）
前記減衰クラッドは、３mm以上（例えば、５mm以上、８mm以上、１０mm以上、１５mm以上、または２０mm以上）１m以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、または２０mm以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１４）
前記減衰クラッドは、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている、項目１３に記載の光ファイバ。
（項目１５）
前記減衰クラッドは、約２０mmの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている、項目１４に記載の光ファイバ。
（項目１６）
前記減衰クラッドの屈折率の虚数部が、前記第１の導波路の屈折率の虚数部及び前記第２の導波路の屈折率の虚数部よりも大きい、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１７）
前記第１の導波路が、第１の波長の光を実質的に閉じ込めるように、構成され、サイズ設定され、形作られていて、
前記第２の導波路が、第２の波長の光を実質的に閉じ込めるように、構成され、サイズ設定され、形作られている、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１８）
前記第１の導波路が中実のコアである、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目１９）
前記第１の導波路が中空のコアである、項目１～１７のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２０）
前記第１の導波路、前記減衰クラッド、及び前記第２の導波路が、同心円状に配置されている、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。

（項目２１）
前記第１の導波路、前記減衰クラッド、及び前記第２の導波路は、それぞれ断面が円形の外面を有する、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２２）
前記第１の導波路の周りに配置された第１の中間クラッドを備え、
前記第１の中間クラッドが、前記第１の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置される、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２３）
前記減衰クラッドが、前記第１の中間クラッドに直接接触していて、
前記第１の中間クラッドが、前記第１の導波路に直接接触している、項目２２に記載の光ファイバ。
（項目２４）
前記減衰クラッドの周りに配置され、
前記第２の導波路と前記減衰クラッドとの間に配置された第２の中間クラッドを備える、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２５）
前記第２の導波路が、前記第２の中間クラッドに直接接触している、項目２４に記載の光ファイバ。
（項目２６）
前記減衰クラッドは、前記第１の中間クラッドの屈折率及び前記第２の中間クラッドの屈折率よりも高い屈折率を有する、項目２４または項目２５のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２７）
前記第１の中間クラッド、前記第２の中間クラッド、または前記第１の中間クラッドと前記第２の中間クラッドとの両方が、フォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶層である（例えば、前記層が２次元フォトニック結晶である）、項目２２～２６のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２８）
前記第２の導波路の周りに配置された外側クラッドを備える、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目２９）
前記外側クラッドが、前記第２の導波路に直接接触している、項目２８に記載の光ファイバ。
（項目３０）
最外層を備え、前記最外層が（例えば、不透明ポリマーを含む）外装被覆である、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目３１）
前記光ファイバは、溶融母材から引き出された延伸ファイバである、先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバ。
（項目３２）
先行項目のいずれか１項に記載の光ファイバと、回転接合器と、プローブとを備え、
前記光ファイバが前記回転接合器と光通信しており（例えば、前記光ファイバが前記回転接合器に物理的に接続されている）、前記プローブが前記回転接合器と光通信する（例えば、前記プローブが前記回転接合器に物理的に接続されている）、システム。
（項目３３）
項目１～２６のいずれか１項に記載の光ファイバと、第１の光源と、第２の光源とを備え、
前記第１の光源が前記第１の導波路と光通信しており、前記第２の光源が前記第２の導波路と光通信する、カテーテル（例えば、心臓カテーテル）。
（項目３４）

（例えば、ＯＣＴイメージングのための）撮像モジュールと、（例えば、近赤外分光のための）分光モジュールとを備え、
前記撮像モジュールが、前記第１の光源及び前記第２の光源のうちの１つを備え、前記分光モジュールが、前記第１の光源及び前記第２の光源のうちの異なる１つを備える、項目３３に記載のカテーテル。
（項目３５）
中実コア材料を含むロッドの周りに、減衰クラッド材料を含む第１の管を配置することと、
前記第１の管の周りに、導波路クラッド材料を含む第２の管を配置することと、
前記第１の管、前記第２の管、及び前記ロッドを同時に加熱して溶融母材を作製することと、
光ファイバを形成するために前記溶融母材を延伸することと、（例えば、任意選択で、前記延伸した溶融母材を外側被覆で被覆することと）
を含む、方法。
（項目３６）
前記光ファイバが、項目１～３１のいずれか１項に記載の光ファイバである、項目３５に記載の方法。
（項目３７）
第１の導波路材料を含む第１の管の周りに、減衰クラッド材料を含む減衰管を配置することと、
前記減衰管の周りに、第２の導波路材料を含む第２の管を配置することと、
前記第１の管、前記第２の管、及び前記減衰管を同時に加熱して溶融母材を作製することと、
光ファイバを形成するために前記溶融母材を延伸することと、（例えば、任意選択で、前記延伸した溶融母材を外側被覆で被覆することと）
を含む、方法。
（項目３８）
前記光ファイバが、項目１～３１のいずれか１項に記載の光ファイバである、項目３７に記載の方法。
（項目３９）
光ファイバを使用する方法であって、
第１の導波路（例えば、コア）と、前記第１の導波路の周りに配置された減衰クラッドと、前記減衰クラッドの周りに配置された第２の導波路（例えば、導波路クラッド）とを備える光ファイバを提供することと、
前記第１の導波路を通して第１の信号を伝送することと、
前記第２の導波路を通して第２の信号を伝送することと
を含む、前記方法。
（項目４０）
前記第１の信号と前記第２の信号とが、同じ期間に伝送される、項目３９に記載の方法。
（項目４１）
前記第１の信号の第１の部分を前記減衰クラッドで完全に減衰させる（例えば、前記第１の部分が、前記第１の導波路から前記減衰クラッドに伝搬し（例えば、漏れ）、（例えば、前記第１の部分の吸収の結果）（例えば、前記第１の部分が前記減衰クラッドから（例えば、前記導波路クラッドまたは前記コアに）伝搬できないように）前記減衰クラッドによって完全に減衰される）ことを含む、項目３９または項目４０に記載の方法。
（項目４２）
前記第１の信号の第１の部分を前記減衰クラッドで完全に減衰させる（例えば、前記第２の信号の前記第２の部分が、前記第２の導波路から前記減衰クラッドに伝搬し（例えば、漏れ）、（例えば、前記第２の部分の吸収の結果）（例えば、前記第２の部分が前記減衰クラッドから（例えば、前記導波路クラッドまたは前記コアに）伝搬できないように）

前記減衰クラッドによって完全に減衰される）ことを含む、項目３９～４１のいずれか１項に記載の方法。
（項目４３）
前記減衰クラッドの減衰長が、（例えば、前記第２の導波路に対応する波長もしくは前記第１の導波路に対応する波長、または前記第２の導波路に対応する波長と前記第１の導波路に対応する波長との両方で）１メートル以下である、項目３９～４２のいずれか１項に記載の方法。
（項目４４）
前記減衰長は、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）である、項目４３に記載の方法。
（項目４５）
前記減衰長は約２０mmである、項目１１に記載の光ファイバ。
（項目４６）
前記減衰クラッドは、少なくとも３mm（例えば、少なくとも５mm、少なくとも８mm、少なくとも１０mm、少なくとも１５mm、または少なくとも２０mm）、かつ１m以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、または２０mm以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる、項目３９～４５のいずれか１項に記載の方法。
（項目４７）
前記減衰クラッドは、５mm～３５mm（例えば、１０mm～３０mm、１２mm～２８mm、１５mm～２５mm、１７mm～２３mm、または１９mm～２１mm）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる、項目４６に記載の方法。
（項目４８）
前記減衰クラッドは、約２０mmの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる、項目４７に記載の方法。
（項目４９）
前記光ファイバが、項目１～３１のいずれか１項に記載の光ファイバである、項目３９～４８のいずれか１項に記載の方法。
【００１５】
図面は、限定するためではなく、説明のために本明細書に提示されている。様々な実施形態の上記及びその他の目的、態様、特徴、及び利点は、添付の図面と併せて以下の説明を参照することにより、一層明らかになり、さらによく理解することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】本開示の例示的な実施形態による、減衰クラッド、導波路クラッド、及びコアを備えた光ファイバの例の断面を示す。
【図２】本開示の例示的な実施形態による、減衰クラッドと２つの導波路クラッドとを備えた光ファイバの例の断面を示す。
【図３】本開示の例示的な実施形態による、減衰クラッドと中間クラッドとを備えた光ファイバの例の断面を示す。
【図４】本開示の例示的な実施形態による、中空のコアと中空のコアの周りに配置された減衰クラッドとを備えた光ファイバの例の断面を示す。
【図５】本開示の例示的な実施形態による、減衰クラッドを備えた光ファイバを形成するための方法の例の流れ図である。
【図６】本開示の例示的な実施形態による、減衰クラッドを備えた光ファイバを使用するための方法の例の流れ図である。

【発明を実施するための形態】
【００１７】
図は必ずしも縮尺通りに描かれていない。
【００１８】
記述全体を通して、物品、デバイス、及びシステムが特定の構成要素を有する、含む、もしくは備えると記述される場合、またはプロセス及び方法が特定のステップを有する、含む、もしくは備えると記述される場合、さらに、本質的に記載された構成要素からなる、または記載された構成要素からなる、本開示の物品、デバイス、及びシステムが存在すること、ならびに本質的に記載された処理ステップからなる、または記載された処理ステップからなる、本開示によるプロセス及び方法が存在することが企図される。構成要素が（例えば、方法の機能またはステップを）提供または実行するように「配置され、構成された」と記述されている場合、その構成要素が（例えば、方法の機能またはステップを）提供または実行するようにプログラムされるか、または別の方法で設定可能である実施形態が企図される。例えば、高輝度位相を有するように配置され、構成された光源は、高輝度位相を有するようにプログラムされ得るか、または（例えば、１つ以上の物理的制御を用いて）設定され得る。
【００１９】
ステップの順序またはある特定の動作を行う順序は、そのステップまたは動作を一部とする方法が依然として実施可能である限り、重要でないことを理解されたい。さらに、いくつかの実施形態では、２つ以上のステップまたは動作を同時に実施することがある。
【００２０】
本出願では、特に文脈から明らかではない限り、または特に明示的に記載されていない限り、（ｉ）「ａ」という用語は「少なくとも１つ」を意味すると解されることがあり、（ｉｉ）「または」という用語は、「及び／または」を意味すると解されることがあり、（ｉｉｉ）「備えている」及び「含んでいる」という用語は、項目別にした構成要素またはステップが、それらだけで提示されるか、１つ以上の追加の構成要素またはステップと共に提示されるかにかかわらず、それらを包含すると解されることがあり、（ｉｖ）「約」及び「およそ」という用語は、当業者によって理解されるほどに標準的な変動を許容すると解されることがあり、（ｖ）範囲が指定されている場合は、終点も含まれる。本明細書で使用するとき、「第１の」及び「第２の」は、任意の呼称であり、限定することを意図するものではない。本出願で使用される任意の数字は、約／およその有無にかかわらず、当業者によって認められる任意の標準的な変動を含むことを意図している。ある特定の実施形態では、「およそ」または「約」という用語は、特に明記しない限り、または特に文脈から明らかでない限り、記載された基準値のいずれかの方向（記載された基準値よりも大きい方向、または小さい方向）に２５％、２０％、１９％、１８％、１７％、１６％、１５％、１４％、１３％、１２％、１１％、１０％、９％、８％、７％、６％、５％、４％、３％、２％、１％以内に収まる値の範囲を指す（ただし、そのような数値が可能な値の１００％を超える場合を除く）。
【００２１】
いくつかの実施形態では、光ファイバは、減衰クラッドを備える。光ファイバは、第１の導波路（例えば、中実のコア、中空のコア、または導波路クラッド）、第２の導波路（例えば、導波路クラッド）、及び（例えば、第１の導波路と第２の導波路との間に配置された）減衰クラッドを備え得る。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、第１の導波路の周りに配置される。いくつかの実施形態では、第２の導波路は、減衰クラッドの周りに配置される。減衰クラッドは、少なくとも１つの波長の光を減衰させる。減衰クラッドは、ポリマー及び／またはガラスを含み得る。いくつかの実施形態では、減衰クラッドはガラスを含む。導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）は、ポリマー及び／またはガラスを含み得る。いくつかの実施形態では、導波路はガラスを含む。いくつかの実施形態では、光ファイバは、隣接する導波路の各対の間に減衰クラッドを備える。例えば、光ファイバは、３つの導波路（例えば、コア、第１の導波路クラッド、及び第２の導波路ク

ラッド）と２つの減衰クラッドとを、導波路、減衰クラッド、導波路、減衰クラッド、及び導波路の空間的順序で備えてもよい。

【００２２】

いくつかの実施形態では、導波路（例えば、導波路クラッドまたはコア）は、（例えば、特性化技法に対応する）ある波長の光、またはある波長の範囲の光を実質的に閉じ込めるように、構成され、サイズ設定され、形作られている。いくつかの実施形態では、第１の導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）は、第１の波長の光、または第１の波長の範囲の光を実質的に閉じ込めるように構成され、サイズ設定され、形作られていて、第２の導波路（例えば、導波路クラッド）は、第２の波長、または第２の波長の範囲の光を実質的に閉じ込めるように、構成され、サイズ設定され、形作られている。例えば、導波路クラッドは、第２の波長の光、または第２の波長の範囲の光を用いて信号を伝送するコアとは独立して、第１の波長の光、または第１の波長の範囲の光を用いて信号を伝送することができる。第１の波長または第１の波長の範囲は、第２の波長または第２の波長の範囲と同じであっても、異なっていても、または部分的に重なっていてもよい。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、第１の導波路からの光が第２の導波路に入る（例えば、第２の導波路を伝搬する、または第２の導波路と干渉する）のを制限する、または防ぐことができる。

【００２３】

導波路クラッドは、シングルモードまたはマルチモードの導波路であり得る。導波路クラッドは、シングルモードまたはマルチモードの導波路であり得る。コアは、シングルモードまたはマルチモードの導波路であり得る。導波路は、１つ以上の波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。コアは、１つ以上の波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。導波路クラッドは、１つ以上の波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）は、単一波長または狭波長帯域もしくは広波長帯域を伝送するために、１つ以上の波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。例えば、波長帯域は、幅５００ｎｍ以下、幅４００ｎｍ以下、幅３００ｎｍ以下、幅２００ｎｍ以下、幅１００ｎｍ以下、幅７５ｎｍ以下、幅５０ｎｍ以下、幅３０ｎｍ以下、幅２０ｎｍ以下、または幅１０ｎｍ以下であり得る。導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）は、サンプル特性化技法で使用される１つ以上の波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）は、発光ダイオード、スーパールミネセントダイオード、またはレーザなどの光源から受光した光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。

【００２４】

光ファイバは、１つ以上のサンプル特性化技法のための光（例えば、照明光またはサンプルからの光）を伝送するのに使用される１つ以上の導波路を備え得る。例えば、光ファイバは、２つの導波路（例えば、コア及び導波路クラッド）を備えていて、２つの導波路のそれぞれを通して異なる技法のための光を別々に伝送することができる。光ファイバの導波路は、イメージング技法（例えば、トモグラフィ技法）または分光技法のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光ファイバの導波路は、例えば、ＵＶ－ｖｉｓ分光、赤外分光（例えば、近赤外分光（ＮＩＲＳ））、または光ルミネセンス分光のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。いくつかの実施形態では、光ファイバの導波路は、近赤外分光のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光ファイバの導波路は、２Ｄイメージング技法または３Ｄイメージング技法（例えば、トモグラフィ技法）のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光ファイバの導波路は、例えば、光学イメージング技法のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光学イメージング技法は、例えば、蛍光トモグラフィなどの蛍光イメージングであり得る。光学イメージング技法は、例えば、光コヒーレンストモグラフィ（ＯＣＴ）または拡散光学イメージング（例えば、拡散光トモグラフィ）であり得る。光ファイバの導波

路は、例えば、干渉測定技法（例えば、ＯＣＴ）のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光ファイバの導波路は、例えば、位相イメージング技法のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。光ファイバの導波路は、光の波長（例えば、ある範囲の中心波長）がサンプルの特性化ピークに対応する特性化技法のための光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られ得る。例えば、特性化ピークは、（例えば、光ファイバが心臓カテーテルに使用される場合）不安定プラーク（例えば、コレステロール）中の物質に対応し得る。

【００２５】

減衰クラッドは、ドーパントを含み得る。減衰クラッドは、ポリマー及び／またはガラスを含み得る。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、ガラス中に分散したドーパントを含む。減衰クラッドは、ポリマー中に分散したドーパントを含んでもよい。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、金属を含むドーパントを含む。いくつかの実施形態では、例えば、減衰クラッドは、コバルトを含むドーパントを含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは、金属酸化物または金属塩化物であり得る。いくつかの実施形態では、ドーパントは純金属である。いくつかの実施形態では、ドーパントはホウ素を含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは炭素を含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは、（例えば、励起されていない波長の光を伝送するように、構成され、サイズ設定され、形作られたファイバに使用される場合）イッテルビウムを含む。いくつかの実施形態では、ドーパントは、１つ以上のレイリー散乱体（例えば、粒子）を含み得る。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、不透明体（ファイバ内の２つの導波路（例えば、同心導波路）の間にある明確に画定された不透明層）である。

【００２６】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、１メートル以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、２０mm以下、１５mm以下、１０mm以下、７mm以下、５mm以下、３mm以下、１mm以下、０．５mm以下、または０．１mm以下）の減衰長を有する。減衰長が非常に長い（例えば、１メートルを大幅に超える）減衰クラッドでは、光が減衰クラッドから望ましくない形で導波路に（例えば、位相シフトを伴って）再び入ることが可能になる可能性がある。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、光ファイバの導波路に対応する波長で、１メートル以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、２０mm以下、１５mm以下、１０mm以下、７mm以下、５mm以下、３mm以下、１mm以下、０．５mm以下、または０．１mm以下）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、第１の導波路（例えば、導波路クラッドまたはコア）に対応する波長、第２の導波路（例えば、導波路クラッドまたはコア）に対応する波長、または（例えば、第１の導波路がコアであり、第２の導波路が導波路クラッドである）第１の導波路に対応する波長と第２の導波路に対応する波長との両方で、１メートル以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、２０mm以下、１５mm以下、１０mm以下、７mm以下、５mm以下、３mm以下、１mm以下、０．５mm以下、または０．１mm以下）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰長の短い減衰クラッドは、第１の導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）から漏れた光が、第１の導波路に対向する減衰クラッドの側に配置された第２の導波路に入る（例えば、第２の導波路と干渉する、または第２の導波路を伝わって伝搬する）ことができないように、（例えば、完全に）減衰させるのを促進し得る。

【００２７】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、少なくとも３mm（例えば、少なくとも５mm、少なくとも８mm、少なくとも１０mm、少なくとも１５mm、または少なくとも２０mm）、かつ１m以下（例えば、５００mm以下、３００mm以下、２５０mm以下、２００mm以下、１００mm以下、５０mm以下、３０mm以下、または２０mm以下

）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、５ｍｍ～３５ｍｍ（例えば、１０ｍｍ～３０ｍｍ、１２ｍｍ～２８ｍｍ、１５ｍｍ～２５ｍｍ、１７ｍｍ～２３ｍｍ、または１９ｍｍ～２１ｍｍ）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約２０ｍｍの減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約１５ｍｍの減衰長を有する。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約１０ｍｍの減衰長を有する。いくつかの実施形態では、中ぐらいの減衰長（例えば、３ｍｍ以上１ｍ以下、または５ｍｍ～３５ｍｍ）を有する減衰クラッドを備えた光ファイバは、減衰クラッドでの減衰のため光ファイバ内に形成される（例えば、減衰長がより短い、減衰によって引き起こされた熱を集中させる可能性がある、減衰クラッドと比較して）小さな温度勾配を発生させる。いかなる特定の理論にも拘束されることを望まないが、大きな温度勾配は、導波路による光伝送に弊害をもたらし得る後方反射を引き起こす可能性がある。

【００２８】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、１メートル以下（例えば、５００ｍｍ以下、３００ｍｍ以下、２５０ｍｍ以下、２００ｍｍ以下、１００ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、３０ｍｍ以下、２０ｍｍ以下、１５ｍｍ以下、１０ｍｍ以下、７ｍｍ以下、５ｍｍ以下、３ｍｍ以下、１ｍｍ以下、０．５ｍｍ以下、または０．１ｍｍ以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、第１の導波路（例えば、導波路クラッドまたはコア）に対応する波長、第２の導波路（例えば、導波路クラッドまたはコア）に対応する波長、または（例えば、第１の導波路がコアであり、第２の導波路が導波路クラッドである）第１の導波路に対応する波長と第２の導波路に対応する波長との両方にて、１メートル以下（例えば、５００ｍｍ以下、３００ｍｍ以下、２５０ｍｍ以下、２００ｍｍ以下、１００ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、３０ｍｍ以下、２０ｍｍ以下、１５ｍｍ以下、１０ｍｍ以下、７ｍｍ以下、５ｍｍ以下、３ｍｍ以下、１ｍｍ以下、０．５ｍｍ以下、または０．１ｍｍ以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。

【００２９】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、少なくとも３ｍｍ（例えば、少なくとも５ｍｍ、少なくとも８ｍｍ、少なくとも１０ｍｍ、少なくとも１５ｍｍ、または少なくとも２０ｍｍ）、かつ１ｍ以下（例えば、５００ｍｍ以下、３００ｍｍ以下、２５０ｍｍ以下、２００ｍｍ以下、１００ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、３０ｍｍ以下、または２０ｍｍ以下）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、５ｍｍ～３５ｍｍ（例えば、１０ｍｍ～３０ｍｍ、１２ｍｍ～２８ｍｍ、１５ｍｍ～２５ｍｍ、１７ｍｍ～２３ｍｍ、または１９ｍｍ～２１ｍｍ）の距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約２０ｍｍの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約１５ｍｍの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、約１０ｍｍの距離で、光の少なくとも９０％（例えば、少なくとも９５％、少なくとも９７％、または少なくとも９９％）を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）。いくつかの実施形態では、中ぐらいの長さの距離（例えば、３ｍｍ以上１ｍ以下、または５ｍｍ～３５ｍｍ）で、光の少なくとも

９０％を減衰させる（例えば、減衰させるように、構成され、サイズ設定され、形作られている）減衰クラッドを備える光ファイバは、減衰クラッドでの減衰のため光ファイバ内に形成される（例えば、より短い距離以内で少なくとも９０％減衰させる、減衰によって引き起こされた熱を集中させる可能性がある、減衰クラッドと比較して）小さな温度勾配を発生させる。いかなる特定の理論にも拘束されることを望まないが、大きな温度勾配は、導波路による光伝送に弊害をもたらし得る後方反射を引き起こす可能性がある。

【００３０】

光ファイバの導波路に対応する波長は、特性化技法で使用される波長（例えば、狭帯域または広帯域の中心波長）であり得る。導波路に対応する波長は、イメージング技法（例えば、トモグラフィ技法）または分光技法のための波長であり得る。導波路に対応する波長は、例えば、ＵＶ－ｖｉｓ分光、赤外分光（例えば、近赤外分光（ＮＩＲＳ））、または光ルミネセンス分光のための波長であり得る。いくつかの実施形態では、導波路に対応する波長は、近赤外分光のための波長であり得る。導波路に対応する波長は、２Ｄイメージング技法または３Ｄイメージング技法（例えば、トモグラフィ技法）のための波長であり得る。導波路に対応する波長は、光学イメージング技法のための波長であり得る。光学イメージング技法は、例えば、蛍光トモグラフィなどの蛍光イメージングであり得る。光学イメージング技法は、例えば、光コヒーレンストモグラフィ（ＯＣＴ）または拡散光学イメージング（例えば、拡散光トモグラフィ）であり得る。導波路に対応する波長は、干渉測定技法（例えば、ＯＣＴ）のための波長であり得る。導波路に対応する波長は、位相イメージング技法のための波長であり得る。導波路に対応する波長は、サンプルの特性化ピークに対応する波長（例えば、ある範囲の中心波長）であり得る。例えば、特性化ピークは、（例えば、光ファイバが心臓カテーテルに使用される場合）不安定プラーク（例えば、コレステロール）中の物質に対応し得る。

【００３１】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、少なくとも１つの隣接するクラッド（例えば、第１の中間クラッド、第２の中間クラッド、または第１の中間クラッド及び第２の中間クラッドの両方）の減衰長の８０％以下（例えば、６０％以下、５０％以下、４０％以下、３３％以下、２０％以下、１５％以下、１０％以下、７％以下、５％以下、２％以下、１％以下、０．５％以下、０．１％以下、または０．０１％以下）の減衰長を有する。いくつかの実施形態では、光ファイバ内の減衰クラッドは、光ファイバ内の少なくとも１つの導波路（例えば、導波路クラッド、コア、または導波路クラッド及びコア）の減衰長の８０％以下（例えば、６０％以下、５０％以下、４０％以下、３３％以下、２０％以下、１０％以下、５％以下、３％以下、２％以下、１％以下、０．５％以下、０．３％以下、０．２％以下、０．１％以下、または０．０５％以下）の減衰長を有する。

【００３２】

いくつかの実施形態では、減衰クラッドの屈折率の虚数部（消衰係数）は、第１の導波路の屈折率の虚数部、第２の導波路の屈折率の虚数部、または第１の導波路の屈折率の虚数部と第２の導波路の屈折率の虚数部との両方よりも大きい。いくつかの実施形態では、減衰クラッドの屈折率の虚数部は、コアの屈折率の虚数部、導波路クラッドの屈折率の虚数部、またはコアの屈折率の虚数部と導波路クラッドの屈折率の虚数部との両方よりも大きい。いくつかの実施形態では、減衰クラッドの屈折率の虚数部（消衰係数）は、少なくとも１つの隣接するクラッド（例えば、第１の中間クラッド、第２の中間クラッド、または第１の中間クラッドと第２の中間クラッドとの両方）の屈折率の虚数部よりも大きい。

【００３３】

いくつかの実施形態では、光ファイバは、コア（例えば、中実のコアまたは中空のコア）を備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、減衰クラッドを備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、導波路クラッドを備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、第１の導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）の周りに配置された（例えば、第１の導波路の少なくとも１つの外面を取り囲む）減衰クラッドを備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、減衰クラッドの周りに配置された（例えば、減衰ク

ラッドの少なくとも１つの外面を取り囲む）導波路クラッドを備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、コアと、コアの周りに配置された減衰クラッドと、減衰クラッドの周りに配置された導波路クラッドとを備える。減衰クラッドは、コアの周りに配置され得る。導波路クラッドは、減衰クラッドの周りに配置され得る。導波路クラッドは減衰クラッドの周りに配置され、減衰クラッドはコアの周りに配置され得る。いくつかの実施形態では、第１の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、または減衰クラッド）が、第２の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、またはコア）の周りに配置される（例えば、第２の層の少なくとも１つの外面を取り囲んでいる）。第２の層の周りに配置される第１の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、または減衰クラッド）は、第２の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、またはコア）と直接接触してもよく、またはそれらの間に配置される１つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、または減衰クラッド）があってもよい。

【００３４】

いくつかの実施形態では、光ファイバは、同心円状の２つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、及び／またはコア）を備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、同心円状ではない２つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、及び／またはコア）を備える。いくつかの実施形態では、光ファイバは、同心円状の２つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、及び／またはコア）と、同心円状ではない１つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、及び／またはコア）とを備える。いくつかの実施形態では、１つ以上の層（例えば、導波路クラッド、中間クラッド、減衰クラッド、及び／またはコア）はそれぞれ、断面が円形の外面（例えば、円筒形またはリング状の外面）を有する。

【００３５】

いくつかの実施形態では、光ファイバは、１つ以上の中間クラッドを備える。中間クラッドは、２つの導波路の間（例えば、コアと導波路クラッドとの間、または第１の導波路クラッドと第２の導波路クラッドとの間）に配置され得る（例えば、導波路のうちの１つの周りに配置され得る）。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、２つの中間クラッドの間に（例えば、２つの中間クラッドに隣接して）配置される。いくつかの実施形態では、減衰クラッドは、２つの中間クラッドと接触している（例えば、１つは減衰クラッドの外表面と接触し、１つは減衰クラッドの内表面と接触している）。減衰クラッドは、第１の中間クラッドの周りに配置され得る。第２の中間クラッドは、減衰クラッドの周りに配置され得る。減衰クラッドは、第１の中間クラッドと第２の中間クラッドとの間に配置され得る。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、同じ厚さを有する。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、異なる厚さを有する。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、共通の材料を含む。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、共通の材料を含まない。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、同じ屈折率を有する。いくつかの実施形態では、２つの中間クラッドは、異なる屈折率を有する。

【００３６】

中間クラッドは、導波路（例えば、コアまたは導波路クラッド）と直接接触していてもよい。例えば、第１の中間クラッドは、第１の導波路（例えば、コア）と直接接触していてもよく、及び／または第２の中間クラッドは、第２の導波路（例えば、導波路クラッド）と直接接触していてもよい。いくつかの実施形態では、中間クラッドは、（例えば、中間クラッドが直接接触している）導波路よりも低い屈折率を有する。中間クラッドは、ポリマー及び／またはガラスを含み得る。

【００３７】

いくつかの実施形態では、光ファイバは、導波路（例えば、最も外側の導波路であり得る導波路クラッド）の周りに配置された外側クラッドを備える。外側クラッドは、導波路（例えば、最も外側の導波路であり得る導波路クラッド）と直接接触していてもよい。い

くつかの実施形態では、外側クラッドは、（例えば、外側クラッドが直接接触している）導波路よりも低い屈折率を有する。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは同じ厚さを有する。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは異なる厚さを有する。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは、共通の材料を含む。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは、共通の材料を含まない。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは、同じ屈折率を有する。いくつかの実施形態では、外側クラッドと中間クラッドとは、異なる屈折率を有する。

【００３８】

いくつかの実施形態では、光ファイバは、最外層を備える。例えば、最外層は、外側クラッドの周りに（例えば、外側クラッドが外側被覆と導波路（例えば、最も外側の導波路クラッドなどの導波路クラッド）との間に配置されるように）配置され得る。最外層は、外装被覆であってもよい。外装被覆は、不透明ポリマーなどのポリマーを含み得る。

【００３９】

いくつかの実施形態では、非導波路クラッド（例えば、第１の中間クラッド、第２の中間クラッド、または外側クラッド）は、フォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶層であり得る（例えば、ファイバ内の空孔層であり得る）。例えば、フォトニック結晶層は、２次元フォトニック結晶であり得る。

【００４０】

いくつかの実施形態では、システムは光ファイバ及び回転接合器を備え、光ファイバは回転接合器と光通信している。例えば、光ファイバは、回転接合器に物理的に接続されてもよい。システムは、プローブを備え得る。プローブは、回転接合器と光通信していて、任意選択で物理的にも接続され得る。回転接合器は、使用中にプローブの回転を可能にするように動作可能であり得る。

【００４１】

いくつかの実施形態では、システムは、光ファイバ、第１の光源、及び第２の光源を備え、第１の光源は、ファイバの第１の導波路と光通信していて、第２の光源は、ファイバの第２の導波路と光通信している。いくつかの実施形態では、システムは、（例えば、ＯＣＴイメージングのための）撮像モジュールと、（例えば、近赤外分光のための）分光モジュールとを備え、撮像モジュールは第１の光源を備え、分光モジュールは（例えば、第１の光源とは異なる）第２の光源を備える。いくつかの実施形態では、システムは、カテーテル（例えば、心臓カテーテル）である。

【００４２】

図１は、光ファイバ１００の例の概略図である。光ファイバ１００は、第２の導波路１０６、減衰クラッド１１０、及び第１の導波路１１４を備える。第２の導波路１０６は、減衰クラッド１１０の周りに配置され、減衰クラッド１１０は、第１の導波路１１４の周りに配置される。第２の導波路１０６は、導波路クラッドである。第１の導波路１１４は、中実のコアである。第２の導波路１０６は、減衰クラッド１１０と直接接触していて、減衰クラッド１１０は、第１の導波路１１４と直接接触している。第１の導波路１１４、減衰クラッド１１０、及び第２の導波路１０６は、同心円状に配列されている。

【００４３】

図２は、光ファイバ２００の例の概略図である。光ファイバ２００は、第２の導波路２０６、減衰クラッド２１０、及び第１の導波路２１４を備える。第２の導波路２０６は、減衰クラッド２１０の周りに配置され、減衰クラッド２１０は、第１の導波路２１４の周りに配置される。第２の導波路２０６は、導波路クラッドである。第１の導波路２１４は、導波路クラッドである。第２の導波路２０６は、減衰クラッド２１０と直接接触していて、減衰クラッド２１０は、第１の導波路２１４と直接接触している。いくつかの実施形態では、第１の導波路２１４の内側に示される空間２１８は、中実のクラッドによって充填され得る。いくつかの実施形態では、空間２１８は、空気などのガスで満たされる。

【００４４】

図３は、光ファイバ３００の例の概略図である。光ファイバ３００は、外側被覆３０２、外側クラッド３０４、第２の導波路３０６、第２の中間クラッド３０８、減衰クラッド３１０、第１の中間クラッド３１２、及び第１の導波路２１４を備える。外側被覆３０２は外側クラッド３０４の周りに配置され、外側クラッド３０４は第２の導波路３０６の周りに配置され、第２の導波路３０６は第２の中間クラッド３０８の周りに配置され、第２の中間クラッド３０８は減衰クラッド３１０の周りに配置され、減衰クラッド３１０は第１の中間クラッド３１２の周りに配置され、第１の中間クラッド３１２は第１の導波路３１４の周りに配置される。この例では、第２の導波路３０６は、減衰クラッド３１０の周りに配置され、減衰クラッド３１０は、第１の導波路３１４の周りに配置される。外側被覆３０２は外側クラッド３０４と直接接触していて、外側クラッド３０４は第２の導波路３０６と直接接触していて、第２の導波路３０６は第２の中間クラッド３０８と直接接触していて、第２の中間クラッド３０８は減衰クラッド３１０と直接接触していて、減衰クラッド３１０は第１の中間クラッド３１２と直接接触していて、第１の中間クラッド３１２は第１の導波路３１４と直接接触している。第２の導波路３０６は、導波路クラッドである。第１の導波路３１４は、中実のコアである。第１の中間クラッド３１２及び／または第２の中間クラッド３０８は、フォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶層（例えば、２次元フォトニック結晶）であってもよい。

【００４５】

図４は、光ファイバ４００の例の概略図である。光ファイバ４００は、外側被覆４０２、外側クラッド４０４、第２の導波路４０６、第２の中間クラッド４０８、減衰クラッド４１０、第１の中間クラッド４１２、及び第１の導波路４１４を備える。外側被覆４０２は外側クラッド４０４の周りに配置され、外側クラッド４０４は第２の導波路４０６の周りに配置され、第２の導波路４０６は第２の中間クラッド４０８の周りに配置され、第２の中間クラッド４０８は減衰クラッド４１０の周りに配置され、減衰クラッド４１０は第１の中間クラッド４１２の周りに配置され、第１の中間クラッド４１２は第１の導波路４１４の周りに配置される。この例では、第２の導波路４０６は、減衰クラッド４１０の周りに配置され、減衰クラッド４１０は、第１の導波路４１４の周りに配置される。外側被覆４０２は外側クラッド４０４と直接接触していて、外側クラッド４０４は第２の導波路４０６と直接接触していて、第２の導波路４０６は第２の中間クラッド４０８と直接接触していて、第２の中間クラッド４０８は減衰クラッド４１０と直接接触していて、減衰クラッド４１０は第１の中間クラッド４１２と直接接触していて、第１の中間クラッド４１２は第１の導波路４１４と直接接触している。第２の導波路４０６は、導波路クラッドである。第１の導波路４１４は、中空のコアである。第１の中間クラッド４１２は、フォトニックバンドギャップを有するフォトニック結晶層（例えば、２次元フォトニック結晶）である。

【００４６】

図５は、光ファイバを形成するための方法５００の例の流れ図である。方法５００は、ロッドインチューブ式製法である。方法５００は、ステップ５０２～５０８と任意選択のステップ５１０とを含む。ステップ５０２では、中実コア材料を含むロッドの周りに、減衰クラッド材料を含む第１の管を配置する。中実コア材料は、導波路材料と同じであってもよく、または異なっていてもよい。ステップ５０４では、第１の管の周りに、導波路クラッド材料を含む第２の管を配置する。ステップ５０６では、ロッド、第１の管、第２の管を同時に加熱して溶融母材を作製する。いくつかの実施形態では、加熱に先立って（例えば、中間クラッド材料、導波路クラッド材料、または減衰クラッド材料を含む）１つ以上の追加の管を（例えば、２つの管の間に、またはロッドと２管との間に）配置する。ステップ５０８では、光ファイバを形成するために、溶融母材を延伸する。例えば、ステップ５０６で加熱される管は、少なくとも５０ｍｍ、少なくとも１００ｍｍ、少なくとも１５０ｍｍ、少なくとも２００ｍｍ、少なくとも３００ｍｍ、少なくとも５００ｍｍ、または少なくとも１ｍ（そして例えば、５メートル未満）の外径を有し、この管は、大幅に小さい直径（例えば、少なくとも１０分の１以下、少なくとも５０分の１以下、少なくとも

１００分の１以下、少なくとも５００分の１以下、または少なくとも１０００分の１以下の直径）のファイバを形成するために延伸され得る。任意選択のステップ５１０では、延伸した溶融母材を、（例えば、不透明ポリマーを含む）外側被覆で被覆する。

【００４７】

いくつかの実施形態では、方法は、第１の導波路材料を含む第１の管の周りに、減衰クラッド材料を含む減衰管を配置することを含む。減衰管の周りに、第２の導波路材料を含む第２の管を配置し得る。第１の管、第２の管、及び減衰管を同時に加熱して、溶融母材を作製することができる。光ファイバを形成するために、溶融母材が延伸され得る。延伸された溶融母材は、（例えば、不透明ポリマーを含む）外側被覆で被覆してもよい。

【００４８】

図６は、光ファイバを使用するための方法６００の例の流れ図である。方法６００は、ステップ６０２～６０６と任意選択のステップ６０８とを含む。ステップ６０２では、第１の導波路（例えば、コア）と、第１の導波路の周りに配置された減衰クラッドと、減衰クラッドの周りに配置された第２の導波路（例えば、導波路クラッド）とを備える光ファイバを提供する。ステップ６０４では、第１の導波路を通して第１の信号を伝送する。ステップ６０６では、第２の導波路を通して第２の信号を伝送する。第１の信号と第２の信号とは、同じ期間に伝送されてもよい。任意選択のステップ６０８では、第１の信号及び／または第２の信号の一部を、減衰クラッドによって完全に減衰させる（例えば、それによって、その信号の一部が、別の導波路またはクラッドに入ること、及び／または元の導波路に再び入ることを防ぐ）。例えば、第１の信号の第１の部分が、第１の導波路から減衰クラッドに伝搬することがあり（例えば、漏れ）、（例えば、第１の部分の吸収の結果）（例えば、第１の部分が減衰クラッドから（例えば、導波路クラッドまたはコアに）伝搬できないように）減衰クラッドによって完全に減衰され得る。例えば、第２の信号の第２の部分が、第２の導波路から減衰クラッドに伝搬することがあり（例えば、漏れ）、（例えば、第２の部分の吸収の結果）（例えば、第２の部分が減衰クラッドから（例えば、導波路クラッドまたはコアに）伝搬できないように）減衰クラッドによって完全に減衰され得る。

【００４９】

本開示のある特定の実施形態を上記で詳細に明記した。しかしながら、本開示は、それらの実施形態に限定されるものではなく、本出願に明記されたものに対する追加及び変更もまた本出願の範囲に含まれるという意図があることに特に留意されたい。さらに、本願で記述された様々な実施形態の特徴は、相互に排他的なものではなく、様々な組み合わせ及び入れ替えにおいて、たとえそのような組み合わせ及び入れ替えが明示されなくとも、本願の趣旨及び範囲から逸脱することなく、存続し得るものであることを理解されたい。光ファイバの、ある特定の実施態様、及びその形成方法、ならびにその使用方法を説明したので、本出願の概念を援用した他の実施態様を使用できることが、当業者には直ちに明らかになるだろう。したがって、本出願は、ある特定の実施態様に限定されるべきではなく、以下の請求項の趣旨及び範囲によってのみ限定されるべきである。

【図面】

【図１】

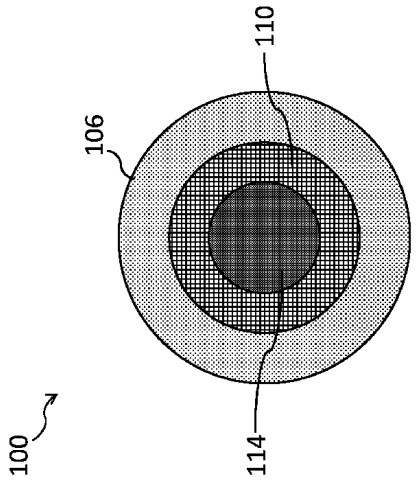


FIG. 1

【図２】

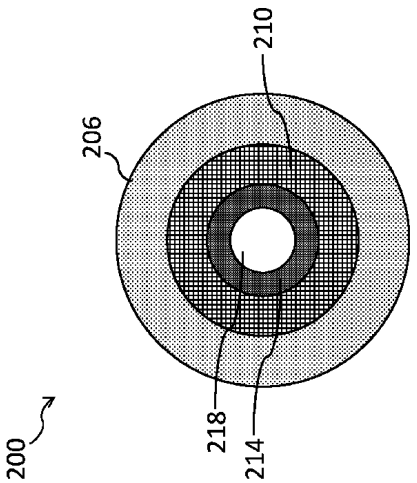


FIG. 2

【図３】

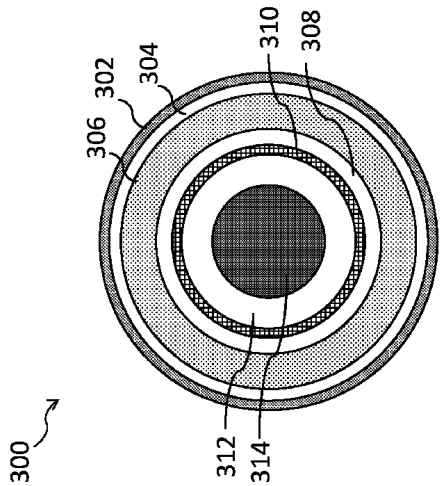


FIG. 3

【図４】

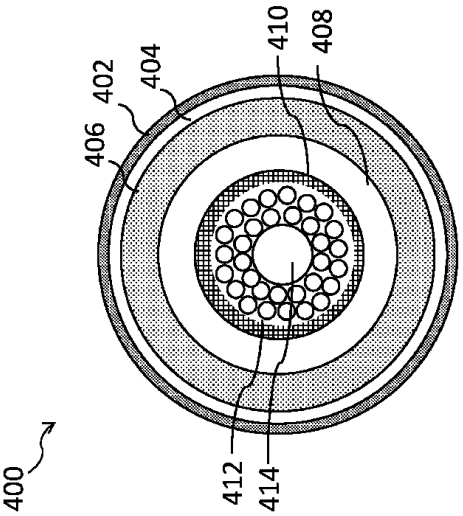
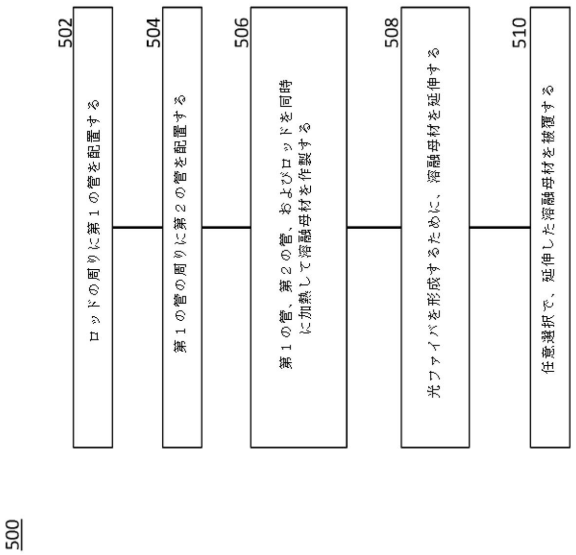
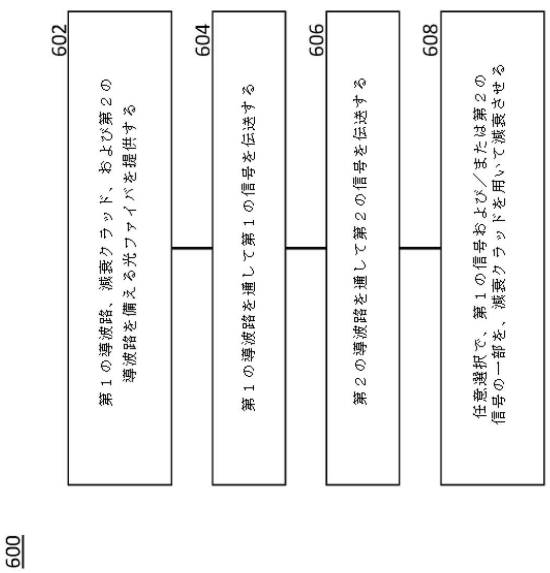


FIG. 4

【図５】


502
ロッドの周りに第１の管を配置する
504
第１の管の周りに第２の管を配置する
506
第１の管、第２の管、およびロッドを同時に加熱して溶融母材を作製する
508
光ファイバを形成するために、溶融母材を延伸する
510
任意選択で、延伸した溶融母材を被覆する
500

【図６】


602
第１の導波路、減衰クラッド、および第２の導波路を備える光ファイバを提供する
604
第１の導波路を通して第１の信号を伝送する
606
第２の導波路を通して第２の信号を伝送する
608
任意選択で、第１の信号および／または第２の信号の一部を、減衰クラッドを用いて減衰させる
600

フロントページの続き

(51)国際特許分類
A61B 1/07 (2006.01)

FI
A61B 1/00 732
A61B 1/07

弁護士 山本 健策
(72)発明者 セイファート， マーティン エフ.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０２４５１， ウォルサム， ベアー ヒル ロード １７９，
スイート １０１， スペクトラウェーブ， インコーポレイテッド 気付

審査官 大西 孝宣

(56)参考文献
韓国公開特許第１０－２０１７－０１０２０９１（ＫＲ，Ａ）
特開２００４－３３３９０９（ＪＰ，Ａ）
特表２００４－５２１３７８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１０２２７６（ＪＰ，Ａ）
特表２０００－５０２８２１（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０７５２６１６７（ＵＳ，Ｂ１）
米国特許第０７８３５６０８（ＵＳ，Ｂ２）
米国特許出願公開第２００２／０１２６９７１（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１８／００３１７６２（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１８／０２５９３１７（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ ６／０２ － ６／１０
Ｇ０２Ｂ ６／４４
Ａ６１Ｂ １／００ － １／３２