

(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2005-502083
(P2005-502083A)

(43) 公表日 平成17年1月20日(2005.1.20)

(51) Int.C1.⁷

G02B 6/42
A61B 1/06
F21V 8/00
G02B 21/06
G02B 23/26

F 1

G02B 6/42
A61B 1/06
A61B 1/06
F21V 8/00
G02B 21/06
G02B 21/06

テーマコード(参考)

2H040
2H052
2H137
4C061
5FO41

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 64 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-525357 (P2003-525357)
(86) (22) 出願日 平成14年8月26日 (2002.8.26)
(85) 翻訳文提出日 平成16年2月27日 (2004.2.27)
(86) 國際出願番号 PCT/US2002/027110
(87) 國際公開番号 WO2003/021329
(87) 國際公開日 平成15年3月13日 (2003.3.13)
(31) 優先権主張番号 09/944,495
(32) 優先日 平成13年8月31日 (2001.8.31)
(33) 優先権主張国 米国(US)

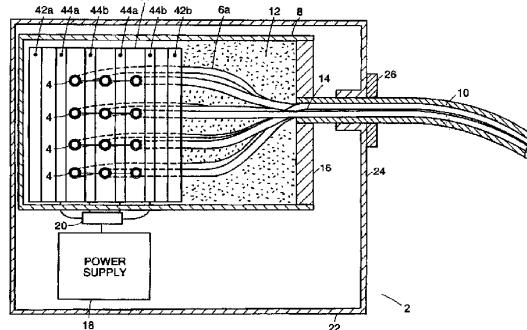
(71) 出願人 397071355
スミス アンド ネフュー インコーポレーテッド
アメリカ合衆国 テネシー 38116、
メンフィス ブルクス ロード 145
O
(74) 代理人 100065248
弁理士 野河 信太郎
(72) 発明者 カザケヴィッチ、ユーリ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ O 1
810、アンドバー、ファーウッド ドラ
イブ 26
F ターム(参考) 2H040 CA02 CA09
2H052 AC26 AC33

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体光源

(57) 【要約】

固体光源は、光を放射する半導体光源と、光ファイバ素子とを有する光学系とを備える。光ファイバ素子は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部を備える。また、光ファイバ素子は、固体光源から受け取った光を放射する出力部も備える。半導体光源及び光ファイバ素子は、全体として、照明経路を提供する。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光を放射する半導体光源と、光学素子を有する光学系とを備え、光学系は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部を備え、光学系は、光学素子からの光を受け取る出力部を備え、光学系及び半導体光源は、全体として、照明経路を提供する、光を提供する固体光源。

【請求項 2】

出力部は、内視鏡によって受け取られるように構成される、請求項 1 に記載の固体光源。

【請求項 3】

光学素子は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部と半導体光源から受け取った光を放射する出力部とを有する光ファイバ素子を備え、半導体光源及び光ファイバ素子は、全体として、照明経路を提供する、請求項 1 又は 2 に記載の固体光源。 10

【請求項 4】

光ファイバ素子は、半導体光源から光ガイドの界面へ延びる光ファイバを備え、光ガイドは、出力部へ延びる、請求項 1 から 3 の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 5】

光ファイバ素子は、複数の光ファイバ線の形態であり、複数の光ファイバ線のそれぞれは、半導体光源からの放射光を受け取る、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 6】

複数の光ファイバ線は、束の形態である、請求項 5 に記載の固体光源。 20

【請求項 7】

半導体光源は、第 1 の面及び第 2 の面を備え、第 1 の面及び第 2 の面から反対方向に光を放射するように構成される、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 8】

半導体光源の第 1 の面は、第 1 の光ファイバ線に光を放射し、半導体光源の第 2 の面は、第 2 の光ファイバ線に光を放射する、請求項 7 に記載の固体光源。

【請求項 9】

半導体光源は、第 1 の面に実質的に垂直である第 3 の面及び第 4 の面を備え、半導体光源は、第 3 の面及び第 4 の面から反対方向に光を放射するように構成され、半導体光源の第 3 の面は、第 3 の光ファイバ線に光を放射するように構成され、半導体光源の第 4 の面は、第 4 の光ファイバ線に光を放射するように構成される、請求項 7 又は 8 に記載の固体光源。 30

【請求項 10】

複数の半導体光源をさらに備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 11】

光ファイバ素子は、光ファイバ線のアレイであり、各光ファイバ線は、複数の半導体光源のうちの対応するものに位置合わせされる、請求項 3 から 10 の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 12】

半導体光源は、発光ダイオード (LED) を備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。 40

【請求項 13】

半導体光源は、青色光を放射するように構成される、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 14】

半導体光源は、紫外光を放射するように構成される、請求項 1 から 12 の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 15】

蛍光体層をさらに備え、蛍光体層は、照明経路に沿って配置される、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。 50

【請求項 1 6】

各半導体光源は、蛍光体層に接触している、請求項 1 5 に記載の固体光源。

【請求項 1 7】

蛍光体層は、光ファイバ素子の遠位端に配置される、請求項 1 5 又は 1 6 に記載の固体光源。

【請求項 1 8】

半導体光源に配置された光集中器をさらに備え、光集中器は、半導体光源の少なくとも 1 面からの光を反射する、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 1 9】

半導体光源は、青色光を放射するように構成された第 1 の発光ダイオード (LED) と、赤色光を放射するように構成された第 2 の LED と、緑色光を放射するように構成された第 3 の LED とを備え、各 LED からの重なり光が白色光を生成する、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。 10

【請求項 2 0】

第 1 の LED、第 2 の LED 及び第 3 の LED からの光を受け取るように配置され、かつその重なり光を光ファイバ素子に送るように配置された混合器をさらに備える、請求項 1 9 に記載の固体光源。

【請求項 2 1】

半導体光源は、黄色光を放射するように構成された第 4 の LED を備え、混合器は、第 4 の LED からの光を受け取る、請求項 2 0 に記載の固体光源。 20

【請求項 2 2】

半導体光源は、レーザーダイオードを備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 2 3】

半導体光源は、垂直共振器型面発光レーザーを備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 2 4】

半導体光源の上に配置された開口を有する枠をさらに備え、ゲルが枠の内部に配置され、光ファイバ素子は、開口及びゲルを通って挿入される、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。 30

【請求項 2 5】

半導体光源の上面に配置されたオーム性コンタクトをさらに備え、光ファイバ束は、オーム性コンタクトを受け入れるスライス端を備える、請求項 2 4 に記載の固体光源。

【請求項 2 6】

半導体光源からの光を受け取るレンズをさらに備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 2 7】

半導体光源は、レンズと光学的に位置合わせされ、レンズは、光ファイバ素子と光学的に位置合わせされる、請求項 2 6 に記載の固体光源。

【請求項 2 8】

半導体光源は、レンズからの第 1 の光学的共役面に配置され、光ファイバ素子は、レンズからの第 2 の光学的共役面に配置される、請求項 2 6 又は 2 7 に記載の固体光源。 40

【請求項 2 9】

レンズのアレイをさらに備える、前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 3 0】

各レンズに対応する光ファイバ線のアレイをさらに備える、請求項 2 9 に記載の固体光源。

【請求項 3 1】

各レンズに対応する半導体光源のアレイをさらに備える、請求項 2 9 又は 3 0 に記載の固体光源。 50

【請求項 3 2】

レンズのアレイは、対応する半導体光源のアレイからの光を平行にするように構成され、集光レンズは、レンズのアレイからの平行光を集束させるように構成される、請求項 2 9 から 3 1 の何れか 1 つに記載の固体光源。

【請求項 3 3】

集光レンズは、平行光を光ガイドに集束させる、請求項 3 3 に記載の固体光源。

【請求項 3 4】

前記請求項の何れか 1 つに記載の固体光源を備える内視鏡。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、照明を提供する固体光源に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

携帯用の光源は、薄暗い明かりのある、又は暗い環境を選択的に照らすのに、用いられる（例えば、坑夫のヘルメット、懐中電灯）。別の光源は、観察（例えば、顕微鏡）用の特定の領域に対して、高い強度の光を提供するのに用いられる。一般に、これらの光源は、白熱又は蛍光である。光源の中には、高い強度の光を必要とし、狭い領域を占めるものもある。

【0 0 0 3】

光源は、内視鏡（例えば、医療用、産業用）でも用いられる。医療用の内視鏡は、外科手術（例えば、腹腔鏡／胸腔鏡外科手術）中に体内の暗い領域（例えば、体腔、関節）を、小さな穴を通じて、検査するのに用いられる。一般に、内視鏡は、硬い、又は柔軟性のある細長い挿入チューブを備え、挿入チューブは、近位のハンドルから挿入チューブを通して、遠位にある内視鏡の観察用先端部へ延びる 1 組の光ファイバを備える。外部の光源は、内視鏡のハンドルに取り付けられたケーブル（例えば、ハンドルの側面にあるポストに取り付けられる。）を介して光ファイバに光を提供する。

【0 0 0 4】

別の光源は、外科手術器具（例えば、照光外科手術鉗子、照光棒、歯科用プローブ）で用いられる。

【発明の開示】**【課題を解決するための手段】****【0 0 0 5】**

本発明によれば、光を放射する半導体光源と、光学素子を有する光学系とを備え、光学系は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部を備え、光学系は、光学素子からの光を受け取る出力部を備え、光学系及び半導体光源は、全体として、照明経路を提供する、光を提供する固体光源が提供される。

【0 0 0 6】

本発明の 1 つの観点では、固体光源は、光を放射する半導体光源と、光ファイバ素子とを備える。光ファイバ素子は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部を備える。光ファイバ素子は、半導体光源から受け取った光を放射する出力部も備える。半導体光源及び光ファイバ素子は、全体として、照明経路を提供する。

【0 0 0 7】

本発明の別の観点では、固体光源は、例えば内視鏡に光を提供し、光を放射する半導体光源と、光学素子を有する光学系とを備える。光学素子は、半導体光源からの放射光を受け取る入力部と、光学素子からの光を受け取り、かつ内視鏡によって受け取られるように構成される出力部とを備える。半導体光源及び光学素子は、全体として、照明経路を提供する。

【0 0 0 8】

これらの観点の実施形態は、次の特徴のうちの 1 以上を備えていてもよい。光ファイバ素

10

20

30

40

50

子は、複数の光ファイバ線の形態であり、複数の光ファイバ線のそれぞれが半導体光源からの放射光を受け取ってもよい。光ファイバ線は、好ましくは、束の形態である。

【0009】

半導体光源は、複数の表面を有していてもよく、各表面は、好ましくは、対応する光ファイバ束に光を放射する。固体光源は、複数の半導体光源と、光ファイバ線のアレイとを備えることができ、各光ファイバ線は、対応する半導体光源に位置合わせをすることができる。

【0010】

半導体光源は、異なる構成のもの（例えば、発光ダイオード（LED）、レーザーダイオード、垂直共振器型面発光レーザー）であってもよい。半導体光源は、青色光又は紫外光を放射するように構成することができる。10

【0011】

蛍光体層は、半導体光源の照射経路に配置されてもよい。好ましくは、各半導体光源は、蛍光体層と接触している。また、蛍光体層は、光ファイバ素子の遠位端に配置することができる。別の実施形態では、半導体光源は、青色光を放射するように構成された第1の発光ダイオード（LED）と、赤色光を放射するように構成された第2のLEDと、緑色光を放射するように構成された第3のLEDとを備え、各LEDからの重なり光が白色光を生成してもよい。固体光源は、第1のLED、第2のLED及び第3のLEDからの光を受け取るように配置された混合器を備えてもよく、混合器は、その重なり光を光ファイバ線に送るよう配置されてもよい。半導体光源は、黄色光を放射するように構成された第4のLEDを備え、混合器が、第4のLEDからの光を受け取るように構成することもできる。20

【0012】

半導体光源の別の実施形態では、固体光源は、半導体光源の上に配置された開口を有する枠を備え、ゲルが枠の内部に配置され、光ファイバ素子は、開口及びゲルを通って挿入される。

【0013】

さらに別の実施形態では、固体光源は、半導体光源の上面に配置されたオーム性コンタクトをさらに備え、光ファイバ束は、オーム性コンタクトを受け入れるスプライス端(spic ed-end)を備える。30

【0014】

別の実施形態は、半導体光源からの光を受け取るように構成された種々のレンズ構成を備えてもよい。半導体光源は、レンズと光学的に位置合わせされ、レンズは、光ファイバ素子と光学的に位置合わせされてもよい。一般に、半導体光源は、レンズからの第1の光学的共役面に配置され、光ファイバ線は、レンズからの第2の光学的共役面に配置される。1つのレンズの代わりに、固体光源は、レンズのアレイを備えることができる。同様に、1つの光ファイバ線の代わりに、固体光源は、各レンズに対応する光ファイバ線のアレイを備えることができる。さらに、1つの半導体光源の代わりに、固体光源は、各レンズに対応する半導体光源のアレイを備えることができる。

【0015】

別の実施形態では、固体光源は、対応する半導体光源のアレイからの光を平行にするように構成されたレンズのアレイを備え、集光レンズが、レンズのアレイからの平行光を集束せんように構成されてもよい。好ましくは、集光レンズは、平行光を光ガイド(light guide)に集束させる。

【0016】

固体光源の光ファイバ素子の出力部は、内視鏡によって受け取られるように構成されてもよい。

【0017】

従って、本発明は、ここで説明した固体光源を備える内視鏡を提供するものである。

【0018】

10

20

30

40

50

各観点の利点の中で特に、固体光源は、白熱ランプと比較して、ワット当たりのルーメン(lumen per watt)が大きい出力を提供する。固体光源は、光を小さい領域に集中させ、その一方で、高い光束発散度(luminous emittance)を提供する。また、半導体光源は、さらに効率的に光のエネルギーを光学素子(例えば、光ファイバ)に結合させる。一般に、固体光源は、小型であり、電力の消費が少ない。さらに、固体光源は、白熱ランプ又はアークランプよりも素早く印加電圧の変化に応答する。

【0019】

以下、添付図面を参照して、本発明をさらに詳しく説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図1を参照すると、固体光源2は、発光ダイオード(LED)チップ4(ここでは、LEDという。)を備える。LED4は、4×3のアレイ状に配列される。各LED4は、動作中に、対応する一対の光ファイバ束6a及び6bの端面領域に光を放射する(図3)。他の形態の照明源(例えば、白熱ランプ)と比較して、LED(及び他のこのような半導体光源)は、ワット当たりのルーメンが大きい出力を与え、電力及びスペースの消費が少ない。LEDはサイズが小さく、光度が高いので、光エネルギーを光ファイバ線に結合させる際に、LEDは、ランプよりもさらに効率的になる。

【0021】

LED4並びに光ファイバ束6a及び6bは、充填用樹脂12(例えば、シリコン接着剤)を用いて内側ハウジング8中に封入される。これにより、LED及び光ファイバ束は、固定され、外部環境から密閉される。光ファイバ束6a及び6bは、LEDから延び、内側ハウジング8の一端で単一の複合束14にまとめられる。この実施形態では、複合束14は、内側ハウジング8の壁16の中に延びて、そこで終わる。固体光源2は、電源18及び分配回路20も備える。これらは、協力して、各LED4に電力を供給する。

【0022】

内側ハウジング8(LED4並びに光ファイバ束6a及び6bを含む)は、電源18及び分配回路20と共に、外側の囲い22に囲まれる。この実施形態では、外側の囲い22は、出力コネクタ26を有する壁24を備える。光ガイド10は、内側ハウジング22からの複合束14にしっかりと取り付けられる。

【0023】

別の実施形態では、光ファイバ束6a(図2A)及び6b(図2A)は、一緒に束ねられて、ハウジング8から光ガイド10の遠位端12に連続的に延びる単一の複合束を形成し、それによって、光透過率の低下につながりうる光学遷移をなくす。

【0024】

図2A及び2Bを参照すると、さらに別の実施形態では、光は、LED4の4つの表面(上面35、下面37、第1側面39、及び第1側面に対向する第2側面(図示せず))から集められる。通常、LEDは、4立体角で光を放射する。各面は、対応する光ファイバ束6a-6dに光を放射する。

【0025】

図3を参照すると、各LED4は、光学的に透明な材料26(例えば、サファイア)に成長し、又はこれに結合した半導体導体層30a及び30bを有する。LED4は、2つの半導体層30a及び30bの間に挟まれた発光領域28を備える。

【0026】

各LED4は、反射器カップ38と共に、透明なエポキシ又はプラスチックの枠40でさらに囲まれる。反射器カップ38は、反射面41を有する。さらに、反射器カップ38は、テーパー形状を有しており、反射器カップの下部33は、上部31よりも狭い。LED4は、反射器カップ38の下部の中心に位置している。反射器カップ38の内部は、透明なシリコン又はゲル状材料42で充填される。LEDは全方向に光を放射するので、反射器カップ38は、LEDの側面から放射された相当量の光が反射されて光ファイバ束6bの露出面に向かうのを保証する。

10

20

30

40

50

【0027】

光ファイバ束6bは、できるだけ多くの反射光を捕らえるために、光ファイバ束6aよりも幅が広い。他の実施形態では、反射器カップを備えず、光ファイバ束6bは、光ファイバ束6aと同様の幅である。

【0028】

各LED4は、負極リード34及び正極リード36にも接続される。リード34及び36は、それぞれ、エポキシ枠40の側面からはみ出る。リード34及び36は、オーム性コンタクト32（例えば、金ワイヤの形態）を介して、LED4に接続される。負極リード34は、反射器カップ38に隣接し、導電性バス44aに接続される。導電性バス44aは、プリント回路基板47で絶縁されている。正極リード36は、反射器カップ38から距離57の間隔が空けられ、導電性バス44bに接続される。導電性バス44bも、プリント回路基板47で絶縁されている。導電性バス44a及び44bは、それぞれ、分配回路20を介して電源18からの電流を運び、順電流が各LED4に加えられる。電源18は、多数の電流源を備え、回路を制御して、LED4を光らせるのに必要な順電流を維持する。

【0029】

この実施形態では、LED4は、1辺が約0.25mmの正方形である。固体源2の、この実施形態での使用に適したLED4は、日本の徳島にある日亜株式会社（Nichia Corporation）から入手することができる（型番は、NSCx又はNSSx表面実装シリーズである。）。この製造業者からLED4を入手した後、そのLEDのエポキシ枠40の上面にドリルで穴を開け、光ファイバ6bを挿入するためのチャネル52を形成する。また、エポキシ枠40の下面43にドリルで第2の穴を開け、光ファイバ6bを挿入するためのチャネル54を形成する。これらの穴は、光ファイバ束6a及び6bをできるだけLED4に近づけて配置し、光損失を最小限にすることを確保するのに必要である。

【0030】

光ファイバ束6a及び6bは、束の直径がそれぞれ0.35mm、0.7mmであり、好みしくは、大きい開口数（NA）（0.75NA及びそれ以上）のガラスファイバを備える。各ガラスファイバは、それぞれ、直径が約30-50ミクロンである。光ファイバ束6a及び6bは、ばらばらのファイバから組み立てられ、例えば、端部で束ねられる。この実施形態用のばらばらのファイバは、Auburn, NYのSchott-Foster, LLCから入手可能である。また、その束は、他の方法、例えばファイバ融合テクノロジ（fiber fusion technology）から精密研磨（fine polished）され、又は作られる融合ガラス（fused glass）、例えばファイバ光ガイドを用いて製造することができる。この実施形態に適した光ファイバ束6a及び6bは、Southbridge, MAのINCOM, Incから入手可能である。ファイバは、LEDのサイズ及び形状に合わせるために、断面が長方形に加工される。別の実施形態では、ファイバは、円形の断面を有する。さらに別の実施形態では、光ファイバ束の代わりに、単一のファイバ（例えば、プラスチックファイバ、石英ファイバ）が用いられる。

【0031】

LED4の下面76は、各LED4が光ファイバ束6aのうちの対応するものに対して位置合わせされるように、光学的に透明な結合剤（例えば、North Brunswick, NJのNorland ProductsからのNorland61）で、光ファイバ束6aに結合される。各LED4を各光ファイバ束6a上に配置することによって、LEDからの放射光の最大量が光ファイバ束6a及び6bに移され、光の損失が最小になる。結合剤は光学的に透明な接着剤であるので、光は邪魔されることなく、光ファイバ束6aに移動する。光ファイバ束6bの光入射面には光学的接着剤64（例えば、North Brunswick, NJのNorland ProductsからのNorland61）が存在し、光ファイバ束6bをLED4に固定する。

【0032】

チャネル54は、プリント回路基板47を通り、さらに下プレート56を通って続き、長方形の光ファイバ束6aのうちの対応するものを受け入れる。円形のチャネルに長方形の光ファイバ束を詰めたときに生じる隙間を埋めるために、下プレート56内にある光ファ

イバ束 6 a にファイバ端工ポキシ 6 2 a を塗布する。ファイバ端工ポキシ 6 2 a は、光ファイバ束 6 a を確実に、密封し、かつ固定することにより、光ファイバで各プレートのチャネルを完全に充たすことを可能にする。下プレート 5 6 と同様に、上プレート 6 0 も同様のチャネル 5 2 を有し、ファイバ端工ポキシ 6 2 b で密封された光ファイバ束 6 b を備える。スペーサ 4 2 a 及び 4 2 b (図 1) は、内部ハウジング 8 の中に、反対の端部 (opposite ends) に位置し、また、下プレート 5 6 と上プレート 6 0 の間にあり、エポキシ枠 4 0 に加わる応力を低減する。

【 0 0 3 3 】

図 4 を参照すると、光ガイド 1 0 の遠位端 1 2 では、光ガイド 1 0 の複合ファイバ 6 7 は、フェルール 6 9 により一緒に束ねられる。蛍光体層 6 8 (例えば、イットリウム・アルミニウム・ガーネット (YAG)) は、光ガイド 1 6 の光出射面 7 0 上に位置する。蛍光体層 6 8 は、ステンレス鋼からなる保護スリーブ 6 6 で囲まれ、光学的に透明な保護カバー 6 0 (例えば、光学グレードのサファイア、光学ガラス) で覆われる。

【 0 0 3 4 】

電源 1 8 からの電流で励起されると、LED 4 は、青色光を放射する。青色光は、光ファイバ束 6 a 及び 6 b を通り、さらに、複合束 1 4 を通り、光ガイド 1 0 の遠位端 1 2 に移動する。青色光が蛍光体層 6 8 を通過すると、青色光は、蛍光体層 6 8 を励起させ、蛍光の緑色及び赤色光を発生させる。緑色光、赤色光及び青色光は、重なり合い、白色光を形成する。別の実施形態では、蛍光体層は、LED の表面に直接塗布することができる。別の実施形態では、別の色 (例えば、黄色) の光を放射する LED を追加して、白色光を形成することができる。

【 0 0 3 5 】

図 1 - 4 に関連して上述した実施形態では、LED 4 が、半導体光源として用いられた。しかし、別の実施形態では、別の半導体光源を用いることができる。例えば、LED は、青色若しくは UV レーザーダイオード又は垂直共振器型面発光レーザー (VCSEL) で置き換えることができる。全方向に光を放射する LED とは対照的に、レーザーダイオードは、有利なことに、指向性を有する光を放射する。従って、高い NA を有する光ファイバを選択することの重要性は少なくなる。しかし、青色レーザーダイオード及び青色 VCSEL は、LED と比べて、入手しにくく、コストが高く、出力が低く、寿命が短い。

【 0 0 3 6 】

別の半導体光源は、赤色 - 緑色 - 青色 (RGB) 蛍光体層と共に、紫外線 (UV) LED を用いて、白色光を生み出す。UV 光が RGB 蛍光体層を通過するとき、蛍光体層は、赤色、緑色及び青色光が結合した光を放射し、白色光を形成する。

【 0 0 3 7 】

別の半導体光源は、赤色、緑色及び青色 LED を組み合わせて用い、白色光を生み出す。赤色、緑色及び青色 LED が比較的近くに位置すると、各 LED からの光は重なる。赤色、緑色及び青色光が適切な比率で重なると、白色光が形成される。赤色、緑色及び青色光は完全には重ならないので、赤色、緑色及び青色光並びにこれらの光の色の別の組み合わせが光ガイドの遠位端に現れることがある。この不均一性を低減するために、光ファイバを 3 本のファイバからなるグループ (すなわち、トリオ) に分ける。各トリオは、赤色、緑色及び青色光のそれぞれを 1 つずつ有する。一般に、拡散器 (図示せず) が、光ガイドの遠位端に付け加えられ、遠位端に残存する赤色、緑色及び青色光を混合することにより、得られる光の均一性が高まる。

【 0 0 3 8 】

別の実施形態では、LED は、それぞれが 4 色 (例えば、赤色、黄色、青色、及び緑色) のうちの 1 つを放射し、又はそれぞれが複数色のうちの 1 つを発生させ、白色光を生成する。図 5 A を参照すると、断面が 4 角形又は 6 角形の混合器が光ガイド 7 5 に加えられ、異なる色の光を混合し、白色光を形成する。光の色の混合を容易にする別の形状の断面を用いてもよい。各 LED は、光を 1 つのファイバに放射する。ファイバ 7 1 は、混合器 7 3 の入力端 7 2 に取り付けられる。光ガイド 7 5 は、混合器 7 7 の出力端 7 4 に取り付け

10

20

30

40

50

られる。異なる色の光が混合器 7 3 を通過するとき、各色の光は入力端 7 2 から出力端 7 4 へ移動する間に混合器の側面で反射し、光の色は混合される。図 5 B を参照すると、混合器 7 3 は、入力端 7 2 に入るファイバが高い NA を有し、出力端 7 4 では光ガイド 7 5 が低い NA を有するように、テーパー形状にすることができます。

【0039】

それぞれの LED が複数色のうちの 1 つを発生させるというこの実施形態では、選択する緑色、赤色及び青色 LED の数により、光ガイドの遠位端での色温度を制御することができるという利点がある。また、各 LED に対する順電流を調節することによっても、白色光の色温度を制御することもできる。別の構成では、特定の色を放射する LED について、その選択する数を少なくすることも、利点がある。LED を選択すること、及び順電流を調節することの組み合わせによても、色温度を変化させることができる。例えば、赤色が支配的である体腔内での胸部外科手術においては、外科医が特徴を識別するのに適したコントラストを生成するために、内視鏡用の固体光源には、赤色光を放射する LED の数が少ないものが望まれている。

【0040】

図 6 を参照すると、別の実施形態では、エポキシ枠 4 0 は、異なるものに変更することができる。エポキシ枠 4 0 の上部は、図 3 ではドリルで穴開けがされていたが、この構成では、研磨 (polish down) されている。エポキシ枠は、その上面がオーム性コンタクト 3 2 の直上になるように、研磨される。この場合、枠の材料の厚さは、最小になるが、ファイバ束を載せることによるダメージをオーム性コンタクトに与えないようにするために十分な厚さである。光ファイバ束 6 b も研磨される。光ファイバ束 6 b と上プレート 6 0 は、互いに同一平面になるように配置される。別の実施形態では、ファイバ端エポキシは、フェルールに置き換えられる。さらに別の実施形態では、オーム性コンタクトが LED の上部に位置せず、エポキシ枠は、LED の表面まで研磨することができる。これによって、光ファイバ束を LED の上面に直接結合させることができる。

【0041】

図 7 A - 7 B を参照すると、固体光源では、LED の別の配置を用いることができる。これらの構成により、オーム性コンタクトに妨げられることなく、光ファイバ束を LED の表面に接触させることができ、最大量の光が光ファイバ素子に結合される。例えば、LED 4 0 1、フリップチップ半導体装置は、ファイバガラス材料 4 0 3 の上に配置される。LED 4 0 1 は、反射性の側面を有する反射器カップ内に配置される。ファイバガラス材料 4 0 3 と LED 4 0 1 の間に位置しているのは、2 つの導電性端子 4 0 2 a 及び 4 0 2 b であり、2 つ合わせて 6 角形になる。各端子 4 0 2 a 及び 4 0 2 b は、それぞれ、オーム性コンタクト 4 0 4 を介して、導電性バス 4 2 2 a 及び 4 2 2 b に接続される。導電性端子 4 2 2 a 及び 4 2 2 b をこのように配置することで、LED 4 0 1 の表面に障害物が無くなる。LED を保護するプラスチック枠にドリルを用いて開口を形成する。光ファイバ束 4 0 6 は、その開口及びシリコンゲル 4 1 6 を通り、LED 4 0 1 の表面上に、又はその近くに挿入される。エポキシの封止剤 4 1 4 は、光ファイバ束 4 0 6 をプラスチック枠 4 1 2 に固定する。この実施形態に適した LED は、San Jose, CA の Lumileds Lighting によって製造されている。

【0042】

図 8 A - 8 C を参照すると、別の実施形態は、LED 5 0 1 の表面上に 1 つのオーム性コンタクトを有し、このオーム性コンタクトは、LED 表面への光ファイバ束 5 1 0 の直接の挿入を妨げる。この構成では、光ファイバ束 5 1 0 は、LED に取り付けられる。LED 5 0 1 は、反射器カップ 5 1 6 の上に位置している。オーム性コンタクト 5 0 8 は、反射器カップを導電性バス 5 1 6 に接続させる。第 2 のオーム性コンタクト 5 0 6 は、LED 5 0 1 の上面を第 2 の導電性バス 5 1 8 に接続させる。光ファイバ束 5 1 0 は、光ファイバ束 5 1 0 がオーム性コンタクト 5 0 6 を囲って収める (fit around) ために、スプライス (splice) される。プラスチック枠にドリルを用いて開口を形成する。光ファイバ束 5 1 0 は、その開口及びシリコンゲル 5 1 4 を通り、LED 5 0 1 の表面上に、又はその

10

20

30

40

50

近くに挿入される。エポキシ 512 は、光ファイバ束 514 をプラスチック枠 502 に固定する。光ファイバ束 504 は、オーム性コンタクト 506 を囲って収める。この実施形態に適した LED は、San Jose, CA の Lumileds Lighting によって製造されている。

【0043】

上記実施形態では、光ファイバ束の受光面は、LED に近接した位置にある。しかし、半導体光源と光学系の別の構成を用いてもよい。

【0044】

図 9-11 を参照すると、例えば、固体光源 101 は、レンズアレイ 88 を有する光学系 103 を備える。レンズアレイ 88 は、対応する LED アレイ 86 から光を受け取り、その光を対応する開口アレイ 90 に集束させる。開口アレイ 90 は、それぞれがファイバ線 100 を有する開口を備える。10

【0045】

LED アレイ 86 は、開口 96 のアレイを有するプレート 80 を備える。各 LED 94 は、開口 96 内に位置している。第 2 のプレート 82 は、同様に、各 LED 94 に対応するレンズアレイ 88 を備える。各レンズ 98 は、開口 98 内に位置している。第 3 のプレート 84 は、開口アレイ 90 内に位置する 1 組の光ファイバ線 100 を備える。各ファイバ線 100 は、レンズ 98 の対応するものに位置合わせされている。

【0046】

レンズ 98 とファイバ線 100 は、最大量の光が LED 94 からファイバ線 100 に送られるように配置されている。従って、第 1 のプレート 80 と第 2 のプレート 82 は、間隔を空けて配置され、第 1 のプレートは、LED 94 の活性領域が各レンズ 98 の第 1 の光学的共役面 106 (図 10) にあるように、配置される。同様に、各レンズ 98 の第 2 の光学的共役面 104 がそれぞれ対応するファイバ線 100 の入口に合わさるように、第 3 のプレート 84 及び第 2 のプレート 82 は、間隔を空けて配置される。穴 92 の位置合わせを行うことにより、それぞれ対応する LED 96、レンズ 98 及びファイバ線 100 が適切に位置合わせされる。各プレートを位置合わせされた位置に保持するために、位置合わせ穴内にピン (図示せず) を配置する。20

【0047】

レンズ 88 は、それぞれ、有効 F 数、F を有し、各レンズは、開口数 NA の各レンズの像側に光線を形成し、 $NA_1 = 1 / (2F)$ となる。30

【0048】

各ファイバ線 100 の光スループットを最大にするために、光学素子 98 は、発光面 87 の像が入射面 93 を完全に覆うように、LED 94 の発光面 87 をファイバ線 100 の入射面 93 に投影する。像空間での開口数 NA_1 は、ファイバ線 100 の NA、 NA_{1g} と等しく、又は僅かに超えるようにする。すなわち、

$$NA_1 = NA_{1g} \sin u$$

但し、u は、光ガイドの受光角。

【0049】

動作中、各 LED 94 に電力が加えられると、各 LED から放射される光は、対応する光学素子 98 によって受け取られる。光学素子は、その光を対応するファイバ線 100 上に集束させる。各ファイバ線 100 からの光が組み合ったものは、複合束 110 を通って、光ガイドに送られる。40

【0050】

図 12 を参照すると、光集中器 (light concentrator) 150 が各 LED 152 に付け加えられ、光線を反射して、ファイバ線 156 に導く。光集中器 150 は、放物線形の断面を有する内部キャビティを有する。別の実施形態では、さらに複雑な形状が用いられてもよい。LED 152 は、光集中器 150 の内部に配置される。

【0051】

光集中器 150 の内面 154 は、鏡になっている。動作中、LED 42 の側面から放射された光は、内面 154 で反射されてファイバ線 156 に導かれる。このように、光集中器50

150は、LEDの上面及び側面からの光を反射する。別の実施形態では、全反射系が用いられる。これらの実施形態では、光集中器は、透明誘電材料で充填される。

【0052】

図13A及び13Bを参照すると、レンズ光学系、例えば、光学系140の別の実施形態では、レンズアレイ123が用いられ、対応するLEDアレイ121からの光を平行にする。次に、集光レンズ124がその光を光ガイド126に集束させる。

【0053】

LEDアレイ121は、円形の2次元アレイ状に配列される。対応するレンズアレイ123は、LEDアレイ121の前に配置される。そして、各半導体光源120が、対応するレンズ122の光軸130に沿って配置される。レンズ122は、対応するLED120によって放射された光を平行にする。レンズ122は、単レンズ（例えば、片面若しくは両面非球面レンズ）、複合レンズ、屈折率分布（GRIN）型レンズ又はこの組合せを表してもよい。別の実施形態では、レンズアレイは、接着又は融合などの手段によりLEDアレイの一部としてもよい。別の実施形態では、LED及びレンズアレイは、長方形である。

【0054】

小型のレンズアレイ構成を維持するために、レンズの焦点距離、 f_{oe} 及びレンズの直径は、数ミリメートルのオーダーで選択される。実際の値は、LEDの発光面128のサイズに基づいて選択され、レンズ122の視野を決定する。LED120からの放射光の最大量を集めるために、レンズ122のF数（開口に対する焦点距離の比）は、入手可能なレンズのコストの制約内、及び光学収差を補正するために必要な設計パラメータ内で、できるだけ小さく維持される。

【0055】

レンズアレイ123からの平行光は、集光レンズ124に移動する。集光レンズ124は、各LEDの発光面128の像を光ガイド126の入射面136に投影する。その像は、そのサイズが光ガイド126の入射面136にほぼ等しくなるように、拡大される。

【0056】

この実施形態では、集光レンズ124は、LEDアレイ121又はレンズアレイ123と少なくとも同じ大きさである。また、レンズアレイ123及び集光レンズ124のサイズは、その像の開口数、NA_iが光ガイドのNA、NA_{ig}に合うように、十分に大きく選択される。LED及び光ガイド126に対するレンズアレイ123及び集光レンズ124の位置は、次の関係によって支配される。

$$M \cdot r_{ig} / h_{se} = f_{foc} / f_{oe}$$

但し、Mは光学系140の倍率、r_{ig}は光ガイド126の半径、h_{se}は、光軸130から測定されたLED120の高さ、f_{foc}は、集光レンズ124の焦点距離、f_{oe}はレンズ122の焦点距離、そして

$$\sin u \cdot NA_i = NA_{ig} = H_{array} / f_{foc}$$

但し、H_{array}は、集光レンズ124の軸138から最上部のレンズ122aの上側のエッジに向かって測定されるLEDアレイ121の高さである。

【0057】

前述の数式を組み合わせることにより、集光レンズ124の光軸138を含む断面にあるLEDの最大数nは、次のように決定することができる。

$$n = (f_{foc} \times NA_{ig}) / r_{oe}$$

但し、r_{oe}は、レンズ122の開口半径である。

【0058】

例えば、受光角が30度、半径が2.5mmの光ガイド126及び高さが0.125mmのLED120を与えると、倍率Mが2.0になる。焦点距離が3mmであり、F数が1に等しいレンズ122を与えると、レンズ122の半径は1.5mmになり、集光レンズ124の焦点距離は60mmになる。従って、LEDの最大数nは20になる。

【0059】

10

20

30

40

50

図14を参照すると、固体光源は、内視鏡システム210で照明を提供するのに用いることができる。内視鏡システム210は、固体光源202と、ビデオモニタ204と、カメラ206と、内視鏡208とを備える。固体光源202は、白色光を発生させ、その光を光ガイド216を介して内視鏡208の遠位端212に送る。光ガイド216は、複合ファイバを備え、光源202の出力コネクタ218と内視鏡208の光ポスト220の間に接続される。白色光は、内視鏡208の遠位端212で作業領域214を照らす。内視鏡208のハンドル222に接続されたビデオカメラ206は、ビデオモニタ204への表示のために、作業領域214の画像を表すビデオ信号を発生させる。

【0060】

別の実施形態では、固体光源は、ハンドル208に直接接続され、内視鏡を通って、光を放射する。この構成では、光ガイド216が不要になる。

【0061】

図15A及び15Bを参照すると、固体光源の別の実施形態では、光は、内視鏡300の内部であって、内視鏡の主軸301の周囲近くを移動する。光ファイバ線のグループは、半導体光源から光を受け取った後、内視鏡300（図示せず）のハンドルから移動する。光ファイバ線304は、遠位端に延び、各ファイバ線が蛍光体層302に接続される。各光ファイバ線は、内視鏡300の外面を形成する外側チューブと、内視鏡の内部において光学系310からファイバ線を分離する内側チューブとの間にぎっしりと詰められる。サファイアリング306は、蛍光体リング304の上部に置かれ、蛍光体層302をダメージが保護している。

10

20

【0062】

固体光源の実施形態は、内視鏡に限定されない。例えば、固体光源の別の実施形態は、懐中電灯、坑夫のヘルメット、顕微鏡などにも見出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】固体光源の1つの実施形態の断面の概略図である。

【図2】図2Aは、発光ダイオード(LED)と1セットのファイバ束の断面側面図である。図2Bは、LEDと1セットのファイバ束の平面図である。

【図3】図1に示す固体光源の一部を拡大した断面側面図である。

30

【図4】光ガイドの遠位端での光ガイドの断面側面図である。

【図5】図5Aは、混合ロッドの断面側面図である。図5Bは、テーパー形状を有する混合ロッドの別の実施形態の断面側面図である。

【図6】固体光源の別の実施形態の断面図である。

【図7】図7Aは、半導体光源の別の実施形態の断面図である。図7Bは、図7Aの半導体光源の平面図である。

【図8】図8Aは、半導体光源の別の実施形態の断面図である。図8Bは、図8Aの半導体光源の平面図である。図8Cは、図8Aの拡大断面図である。

【図9】固体光源の別の実施形態の断面側面図である。

【図10】図7のLEDプレート、レンズプレート及びファイバ線の分解図である。

【図11】図7-8の1つのレンズ、1つのLED及び1つのファイバ線の概略図である。

40

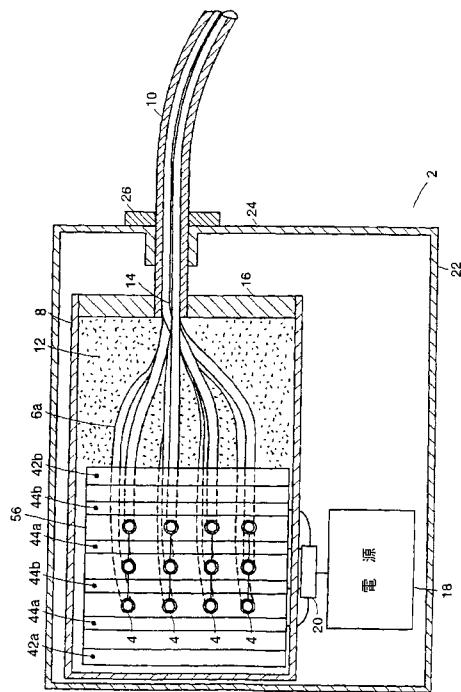
【図12】光集中器を有するLEDの断面図である。

【図13】図13Aは、固体光源のさらに別の実施形態の概略図である。図13Bは、図13Aの直線13B-13Bに沿ってとられた円形レンズアレイの概略図である。

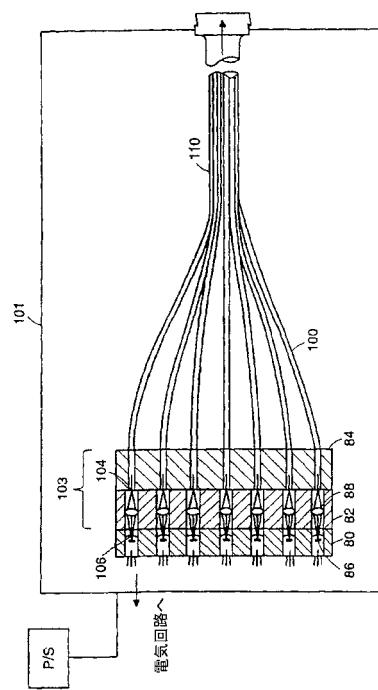
【図14】照明を提供する固体光源を有する内視鏡システムのプロック図である。

【図15】図15Aは、環状に配列した照明用ファイバ線を有する内視鏡の断面側面図である。図15Bは、図15Aの内視鏡の端面図である。

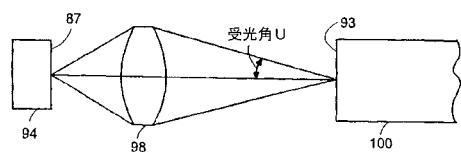
【図1】



【図9】



【図11】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
13 March 2003 (13.03.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/021329 A2(51) International Patent Classification⁵: G02B 23/24, A61B 1/005, 1/07, G02B 6/42

(21) International Application Number: PCT/US02/27110

(22) International Filing Date: 26 August 2002 (26.08.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/944,495 31 August 2001 (31.08.2001) US

(71) Applicant: SMITH & NEPHEW, INC. [US/US]; 150 Minuteman Road, Andover, MA 01810 (US).



(72) Inventor: KAZAKEVICH, Yuri; 26 Farwood Drive, Andover, MA 01810 (US).

(74) Agents: STACEY, George et al.; Smith & Nephew, Inc., 1450 Brooks Road, Memphis, TN 38116 (US).

(81) Designated States (national): A11, AG, A12, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI1, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI1, GM, IIR, IIU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPo patent (GI1, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AI, BI1, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, H1, ES, FI, FR, GR, GR, IB, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAIP patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
*without international search report and to be republished upon receipt of that report**For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

WO 03/021329 A2

(54) Title: SOLID-STATE LIGHT SOURCE

(57) Abstract: A solid-state light source includes a semiconductor light source for emitting light and an optical system having a fiber optic element. The fiber optic element has an input for receiving emitted light from the semiconductor light source. The fiber optic element also has an output for emitting light received from the solid-state light source. The semiconductor light source and the fiber optic element in aggregate form an illumination path.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

1

SOLID-STATE LIGHT SOURCE

This invention relates to solid-state light sources for providing illumination.

- 5 Portable light sources are used to selectively illuminate dimly lit or dark environments (e.g., miner's helmets, flashlights). Other light sources are used to provide higher intensities of light to specific areas for observation (e.g., microscopes). Typically, these light sources are incandescent or fluorescent. Some light sources require
10 high intensity of light and occupy a small area.

- Light sources are also used in endoscopy (e.g., medical, industrial). Medical endoscopes are used to inspect dark regions within the body (e.g., cavities, joints) during surgery (such as laparoscopic/thoracoscopic surgery) through a small puncture.
15 Typically, the endoscope includes a rigid or flexible elongated insertion tube equipped with a set of optical fibers that extend from a proximal handle through the insertion tube to the distal viewing tip of the endoscope. An external light source provides light to the optical fibers via a cable that attaches to the handle (e.g., at a post on the
20 side of the handle) of the endoscope.

Other lights sources are used in surgical instruments (e.g., lighted surgical forceps, light wands, dental probes).

- In accordance with the present invention there is provided solid-state light source for providing light, comprising a semiconductor light source for emitting light; and an optical system having an optical element, the optical system having an input for receiving emitted light from the semiconductor light source, the optical system having
25 an output for receiving light from the optical element, the optical

WO 03/021329

22

PCT/US02/27110

system and the semiconductor light source in aggregate providing an illumination path.

In one aspect of the invention, the solid-state light source includes a semiconductor light source for emitting light and a fiber optic element. The fiber optic element has an input for receiving emitted light from the semiconductor light source. The fiber optic element also has an output for emitting light received from the semiconductor light source. The semiconductor light source and the fiber optic element in aggregate provide an illumination path.

10 In another aspect of the invention, the solid-state light source provides light to, for example an endoscope and includes a semiconductor light source for emitting light and an optical system having an optical element. The optical element has an input for receiving emitted light from the semiconductor light sources and an 15 output for receiving light from the optical element and configured to be received by the endoscope. The semiconductor light source and the optical element in aggregate provide an illumination path.

Embodiments of these aspects may include one or more of the following features. The fiber optic element may be in the form of a 20 plurality of fiber optic lines, each of the plurality of fiber optic lines receiving the emitted light from the semiconductor light source. The fiber optic lines are, aptly in the form of a bundle.

The semiconductor light source may be provided with multiple surfaces wherein each surface aptly emits light to a corresponding 25 fiber optic bundle. The solid-state light source can also include multiple semiconductor light sources and an array of fiber optic lines so that each fiber optic line is aligned with a corresponding semiconductor light source.

WO 03/021329

33

PCT/US02/27110

The semiconductor light source may be of different configurations (e.g., a light emitting diode (LED), a laser diode, a vertical cavity surface emission laser). The semiconductor light sources can be configured to emit a blue light or an ultraviolet light.

5

A phosphor layer may be located in the illumination path of the semiconductor light source. Preferably, each semiconductor light source is in contact with a phosphor layer. Alternatively, the phosphor layer can be located at a distal end of the fiber optic element. In other embodiments, the semiconductor light source may include a first light emitting diode (LED) configured to emit blue light, a second LED configured to emit red light and a third LED configured to emit green light, the overlapping light from each LED producing white light. The solid-state light source may also include a mixer positioned to receive light from the first LED, the second LED, and the third LED and may also be positioned to transmit the overlapping light to the fiber optic line. The semiconductor light source can also include a fourth LED configured to emit yellow light and the mixer configured to receive the light emitted from the fourth LED.

In another semiconductor light source configuration, the solid-state light source also includes an encasement having an aperture positioned over the semiconductor light source, a gel located within the encasement and the fiber optic element is inserted through the aperture and gel.

In a further embodiment, the solid-state light source includes an ohmic contact positioned on a top surface of the semiconductor light

source and where the fiber optic bundle has a spliced-end to receive the ohmic contact.

Other embodiments may include various lens configurations, 5 configured to receive light from the semiconductor source. The semiconductor light source may be optically aligned with the lens and the lens optically aligned with the fiber optic line. Typically, the semiconductor light source is positioned in a first optical conjugate plane from the lens and the fiber optic line is positioned in a second 10 optical conjugate plane from the lens. Instead of one lens, the solid-state light source can include an array of lenses. Likewise, instead of one fiber optic line, the solid-state light source can include an array of fiber optic lines corresponding to each of the lenses. Moreover, instead of one semiconductor light source, the solid-state 15 light source can include an array of semiconductor light sources corresponding to each of the lenses.

In other embodiments, the solid-state light source may include an array of lenses configured to collimate light from a corresponding 20 array of semiconductor light sources and a focusing lens configured to focus a collimated light from the array of lenses. Preferably, the focusing lens focuses the collimated light onto a light guide.

The output of the fiber optic element of the solid-state light sources 25 may be received by an endoscope.

Thus the present invention provides an endoscope including a solid-state light source as described herein.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

55

Among other advantages of each aspect, the solid-state light source provides better lumen per watt output compared to incandescent lamps. The solid-state light source concentrates light in a small area while providing high luminous emittance. Also, the semiconductor light source more efficiently couples light energy into an optical element (e.g., optic fiber). In general, the solid-state light source is compact and consumes less power. In addition, the solid-state light source responds to changes in applied voltage more quickly than an incandescent lamp or an arc lamp.

- 10 The invention will be further described with reference to the accompanying drawings wherein:

Fig. 1 is a cross-sectional schematic representation of one embodiment of a solid-state light source.

- 15 Fig. 2A is a cross-sectional side view of a light emitting diode (LED) and a set of fiber bundles.

Fig. 2B is a top view of the LED and the set of fiber bundles.

Fig. 3 is an enlarged cross-sectional side view of a portion of the solid-state light source shown in Fig. 1.

- 20 Fig. 4 is a cross-sectional side view of a light guide at a distal end of a light guide.

Fig. 5A is a cross-sectional side view of a mixing rod.

Fig. 5B is a cross-sectional side view of another mixing rod embodiment with a tapered-shape.

- 25 Fig. 6 is a cross-sectional view of an alternative embodiment of a solid-state light source.

WO 03/021329

66

PCT/US02/27110

Fig. 7A is a cross-sectional view of another embodiment of the semiconductor light source.

Fig. 7B is a top view of the semiconductor light source of Fig. 7A.

Fig. 8A is a cross-sectional view of another embodiment of the 5 semiconductor light source.

Fig. 8B is a top view of the semiconductor light source of Fig. 8A.

Fig. 8C is an enlarged cross-sectional view of Fig. 8A.

Fig. 9 is a cross-sectional side view of another embodiment of the solid-state light source.

10 Fig. 10 is an exploded view of an LED plate, a lens plate, and a fiber line plate of Fig. 7.

Fig. 11 is a schematic representation of one lens, one LED and one fiber line of Fig 7-8.

Fig. 12 is a cross sectional view of the LED with a light concentrator.

15 Fig. 13A is a schematic view of still another embodiment of a solid-state light source.

Fig. 13B is a schematic view of the circular-shaped lens array taken along lines 13B-13B of Fig. 13A.

20 Fig. 14 is a block diagram of an endoscopic system having a solid-state light source for providing illumination.

Fig. 15A is a cross-sectional side view of an endoscope with illuminating fiber lines in an annular arrangement.

Fig. 15B is an end view of the endoscope of Fig 15A.

WO 03/021329

77

PCT/US02/27110

Referring to Fig. 1, a solid-state light source 2 includes light emitting diode (LED) chips 4 (referred herein as LEDs). LEDs 4 are arranged in a 4 x 3 array. Each LED 4, in operation, emits light to end regions of a corresponding pair of fiber optic bundles 6a and 6b (Fig. 3). In 5 contrast to other forms of illumination sources (e.g., incandescent lamps), LEDs (and other such semiconductor light sources) provide better lumen per watt output and consume less power and space. LEDs also are more efficient than lamps in coupling light energy into fiber optic lines due to the small size and high luminosity of the 10 LEDs.

LEDs 4 and fiber optic bundles 6a and 6b are encapsulated in an inner housing 8 using a potting compound 12 (e.g., silicone adhesive) so that the LEDs and fiber optic bundles are immobilized 15 and hermetically sealed from an external environment. Fiber optic bundles 6a and 6b extend from the LEDs and are brought together into a single multi-bundle 14 at one end of inner housing 8. In this embodiment, multi-bundle 14 extends into and terminates at a wall 16 of inner housing 8. Solid-state light source 2 also includes a 20 power supply 18 and a distribution circuit 20, which together supply power to each of the LEDs 4.

Inner housing 8 (including LEDs 4 and fiber optic bundles 6a and 6b) along with power supply 18 and distribution circuit 20 are enclosed 25 within an outer enclosure 22. In this embodiment, outer enclosure 22 includes a wall 24 having an output connector 26 where a light guide 10 is secured and attached to multi-bundle 14 from inner housing 22.

WO 03/021329

8

PCT/US02/27110

In other embodiments, fiber optic bundles 6a (Fig. 2A) and 6b (Fig. 2A) are bundled together to form a single multi-bundle that extends continuously from housing 8 to a distal end 12 of light guide 10, thereby eliminating an optical transition that can contribute to
5 reducing light transmission.

Referring to Figs. 2A and 2B, in still another embodiment, the light is collected from four surfaces of LED 4: a top surface 35, a bottom surface 37, a first side 39 and a second side opposite the first side (not shown). Normally, LEDs emit light in a 4π solid angle. Each
10 surface emits light to a corresponding fiber optic bundle 6a-6d.

Referring to Fig. 3, each LED 4 has semiconductor conductor layers 30a and 30b grown or bonded to an optically transparent material 26 (e.g., sapphire). LED 4 has a light emitting region 28 sandwiched between two semiconductor layers 30a and 30b.

15

Each LED 4 is further encapsulated in a clear epoxy or plastic encasement 40 along with a reflector cup 38. Reflector cup 38 has reflective surfaces 41. Also, reflector cup 38 has a tapered-shape so that a bottom portion 33 of the reflector cup is narrower than a top
20 portion 31. LED 4 is centered at the bottom 33 of reflector cup 38. The interior of reflector cup 38 is filled with clear silicone or gel material 42. Because the LEDs emit light in all directions, reflector cup 38 ensures that a substantial amount of the light emitted from the side surfaces of the LED are reflected toward the exposed face
25 of fiber optic bundle 6b.

Fiber optic bundle 6b is wider than fiber optic bundle 6a in order to capture as much reflected light as possible. In other embodiments,

WO 03/021329

G9

PCT/US02/27110

without a reflector cup, fiber optic bundles 6b has a width similar to fiber optic bundle 6a.

- Each LED 4 is also connected to a negative lead 34 and a positive lead 36. The leads 34 and 36 each protrude from the sides of epoxy encasement 40. The leads 34 and 36 are connected to LED 4 via ohmic contacts 32, for example, in the form of gold wires. Negative lead 34 abuts reflector cup 38 and is connected to a conductive bus 44a. Conductive bus 44a is insulated with a printed circuit board 47.
- Positive lead 36 is spaced from reflector cup 38 by a distance 57 and is connected to a conductive bus 44b. Conductive bus 44b is also insulated with printed circuit board 47. Each of conductive buses 44a and 44b carry electrical current from a power supply 18 via a distribution circuit 20 so that a forward current is applied to each LED 4. Power supply 18 contains multiple current sources and control circuitry to maintain the required forward currents needed to illuminate LEDs 4.

- In this embodiment, LEDs 4 are square, approximately .25mm per side. LEDs 4 suitable for use in this embodiment of solid-state source 2 can be obtained from Nichia Corporation of Tokushima, Japan, (part number NSCx or NSSx surface mount series). After obtaining LEDs 4 from the manufacturer, a hole is drilled into a top surface 45 of the epoxy encasement 40 of the LED to form a channel 52 for inserting optic fiber 6b. A second hole is drilled into a bottom surface 43 of epoxy encasement 40 to form a channel 54 for inserting optic fiber 6b. The holes are necessary to ensure that fiber optic bundles 6a and 6b are placed as close to LEDs 4 as possible to minimize light loss.

Fiber optic bundles 6a and 6b are .35mm diameter and .7mm diameter bundles, respectively, having preferably high Numerical Aperture (NA) (.75 NA and above) glass fibers. Each glass fiber has
5 a diameter of approximately 30-50 microns each. Fiber optic bundles 6a and 6b are assembled from loose fibers and bound together at the ends for instance. The loose fibers for this embodiment can be obtained from Schott-Foster, LLC of Auburn, NY. Alternatively, the bundle is fabricated using fused glass such as
10 fiber light guides that are fine polished or made from other methods such as using fiber fusion technology. Fiber optic bundles 6a and 6b, suitable for this embodiment, can be obtained by INCOM, Inc. of Southbridge, MA. The fibers are fabricated with a rectangular shaped cross-section to conform to the size and shape of the LED.
15 In other embodiments, the fibers have a round shaped cross-section. In still other embodiments, single fibers (e.g., plastic fibers, quartz fibers) are used instead of fiber optic bundles.

Bottom surface 76 of each LED 4 is bonded to fiber optic bundles 6a
20 with an optically clear bonding agent (e.g., Norland 61 from Norland Products, Inc. of North Brunswick, NJ) so that each LED 4 is aligned relative to a corresponding one of fiber optic bundles 6a. By placing each LED 4 on each fiber optic bundle 6a, a maximum amount of light emitted from the LED is transferred into fiber optic bundles 6a
25 and 6b and light losses are minimized. The bonding agent is an optically clear adhesive, which allows the light to travel to fiber optic bundles 6a without obstruction. A light entrance surface of fiber optic bundle 6b has an optical adhesive 64 (e.g., Norland 61 from Norland Products, Inc. of North Brunswick, NJ) that secures fiber
30 optic bundles 6b to LED 4.

Channel 54 continues through printed circuit board 47 through bottom plate 56 for receiving a corresponding one of the rectangular shaped fiber optic bundle 6a. A fiber end epoxy 62a is applied to 5 fiber optic bundles 6a within bottom plate 56 to fill the gaps created when the rectangular shaped fiber-optic bundle fills the circular shaped channel. Fiber end epoxy 62a enables each plate channel to be completely filled with the optical fiber by ensuring that fiber optic bundles 6a are sealed and secured. Like bottom plate 56, a 10 top plate 60 has similar channels 52 that contain fiber optical bundles 6b sealed with a fiber end epoxy 62b. Spacers 42a and 42b (Fig. 1) are positioned within and at opposite ends of internal housing 8 and between bottom plate 56 and top plate 60 to reduce stress on epoxy encasement 40.

15

Referring to Fig. 4, at distal end 12 of light guide 10, multiple fibers 67 of light guide 10 are bound together and captured by a ferrule 69. A phosphor layer 68 (e.g., Yttrium Aluminum Garnet (YAG)) is placed over the light exiting face 70 of light guide 16. Phosphor 20 layer 68 is surrounded by a protective sleeve 66 formed of stainless steel and covered by an optically transparent protective cover 60 (e.g., optical grade sapphire, optical glass).

When excited by an electrical current from power supply 18, the 25 LEDs 4 emit a blue light. The blue light travels through fiber optic bundles 6a and 6b through multi-bundle 14, and on to distal end 12 of light guide 10. When the blue light passes through phosphor layer 68, the blue light excites the phosphor layer 68 causing it to fluoresce green and red light. The green light, the red light, and the

WO 03/021329

112

PCT/US02/27110

blue light overlap and together form white light. In other embodiments, the phosphor layer can be applied directly to the surfaces of the LEDs. In other embodiments, additional LEDs emitting other light colors (e.g., yellow) can be added to form white light.

In the embodiment described above in conjunction with Figs. 1-4, LEDs 4 were used as semiconductor light sources. However, in other embodiments, other semiconductor light sources can be used.

10 For instance, the LEDs can be replaced with blue or UV laser diodes or vertical cavity surface emission lasers (VCSELs). Since the laser diode advantageously emits light directionally, as opposed to the LED, which emits light in all directions, the selection of fiber optics with high NA is less important. However, blue laser diodes and blue
15 VCSELs are limited in availability, have a higher cost, have a low power output and have a short lifetime compared to LEDs.

Other semiconductor light sources use an ultraviolet (UV) LED along with a red-green-blue (RGB) phosphor layer to produce white light.
20 When the UV light passes through the RGB phosphor layer, the phosphor layer emits a combined red, green, and blue light to form white light.

Other semiconductor light sources use blue, green, and red LEDs in combination to also generate white light. When the green, red, and blue LEDs are positioned relatively close together, the light from each LED overlaps. The overlap of the red, green, and blue light in the right proportion forms white light. Since there is not complete overlap of the red, green, and blue lights, the red, green, and blue
25

WO 03/021329

113

PCT/US02/27110

lights and other combinations of these light colors can appear at the distal end of the light guide. To reduce this nonuniformity, the optical fibers are grouped in groups of three fibers (i.e., a trio), each trio carrying one of each of the red, blue, and green light. A diffuser (not shown) is typically added to the distal end of the light guide to add uniformity to the resultant light by mixing the remaining red, green and blue light that exists at the distal end.

Other embodiments can have LEDs each emitting one of four colors (e.g., red, yellow, blue, and green) or each generating one of a multiple of colors in order to create the white light. Referring to Fig. 5A, a mixer with a square or hexagonal cross section can be added to a light guide 75 to mix the different colors of light to form white light. Other shaped cross sections may be used that facilitate mixing of the light colors. Each LED emits light to one fiber. Fibers 71 are attached to an input end 72 of mixer 73. Light guide 75 is attached to an output end 74 of mixer 77. As the different colors of light pass through mixer 73, the light colors are mixed as each light color reflects off of the sides of the mixer as it passes from input end 72 to the output end 74. Referring to Fig. 5B, mixer 73 can be tapered so that the fibers entering input end 72 can have a high NA while light guide 75 at output end 74 can have a low NA.

In this embodiment with LEDs each emitting one of a multiple colors, there is the advantage in that the number of green, red, and blue LEDs chosen can control the color temperature at the distal end of the light guide. Alternatively, adjusting the forward currents to each LED can also control the color temperature of the white light. In other configurations, choosing a lesser number of LEDs that emit a particular color can also be advantageous. A combination of both

WO 03/021329

114

PCT/US02/27110

choosing the LEDs and adjusting the forward current can also change color temperature. For instance, in thoracic surgery where red color is dominant in the human cavity, an endoscopic solid-state light source that has less LEDs that emit red light into the endoscope
5 is desired to create a proper contrast for the surgeon to distinguish features.

Referring to Fig. 6, in other embodiments the epoxy encasement 40 can be modified differently. In this configuration, the top portion of
10 epoxy casement 40 is polished down instead of drilled as in Fig. 3. The epoxy encasement is polished down such that its top surface is just above ohmic contacts 32. In this way, the thickness of the material of the encasement is minimized, but sufficiently thick to prevent damage to the ohmic contacts by the overlying fiber bundle.
15 Fiber optic bundle 6b is also polished. Fiber optic bundle 6b and a top plate 60 are positioned so that each are flush with respect to each other. In other embodiments, the fiber end epoxy is replaced with ferrules. In still other embodiments, the ohmic contacts are not located at the top of the LED, so that the epoxy encasement can be
20 polished down to the surface, thereby allowing the fiber optic bundle to be bonded directly to the top surface of the LED.

Referring to Fig. 7A-7B, other LED configurations can be used in the solid-state light source. These configurations allow for the fiber optic
25 bundle to come into contact with the surface of the LED without being obstructed by the ohmic contacts so that the maximum amount of light can be coupled into the fiber optic element. For instance, an LED 401, a flip-chip semiconductor device, is positioned on a fiber glass material 403. LED 401 is located within a reflector
30 cup with reflective sides. Positioned between the fiber glass material

WO 03/021329

115

PCT/US02/27110

403 and LED 401 are two conductive terminals 402a and 402b which together form a hexagonal shape. Each terminal 402a and 402b is connected to a conductive bus 422a and 422b respectively via ohmic contacts 404. The positioning of conductive terminal 422a and 422b allows no obstructions on the surface of LED 401. A drill is used to bore through a plastic encasement 412 that protects the LEDs to form an aperture. A fiber optic bundle 406 is inserted through the aperture and through a silicone gel 416 onto or close to the surface of LED 401. An epoxy sealant 414 secures the fiber optic bundle 406 to plastic encasement 412. The LEDs suitable for this embodiment is manufactured by Lumileds Lighting of San Jose, CA.

Referring to Fig. 8A-8C, other embodiments have one ohmic contact on the surface of an LED 501 that obstructs direct insertion of a fiber optic bundle 510 onto the surface of the LED. In these configurations, fiber optic bundle 510 is configured to attach to the LED. LED 501 is positioned on a reflector cup 516. An ohmic contact 508 connects the reflector cup to a conductive bus 516. A second ohmic contact 506 connects the top surface of LED 501 to a second conductive bus 518. Fiber optic bundle 510 is spliced so that fiber optic bundle 510 fits around ohmic contact 506. A drill is used to bore through a plastic encasement forming an aperture. Fiber optic bundle 510 is inserted through the aperture and through the silicone gel 514 and onto or close to the surface of LED 501. An epoxy 512 secures fiber optic bundle 514 to plastic encasement 502. Fiber optic bundle 504 fits around ohmic contact 506. The LEDs suitable for this embodiment is manufactured by Lumileds Lighting of San Jose, CA.

WO 03/021329

116

PCT/US02/27110

In the above embodiments, the light receiving surfaces of the fiber optic bundles are positioned closely to the LEDs. However, other arrangements of semiconductor light sources and optical systems may be used.

5

Referring to Figs. 9-11, for example, a solid-state light source 101 includes an optical system 103 having a lens array 88 that receives light from a corresponding LED array 86 and focuses the light onto a corresponding aperture array 90. Aperture array 90 includes 10 apertures each containing a fiber line 100.

LED array 86 includes a plate 80 having an array of openings 96. Each LED 94 is located within an opening 96. A second plate 82 similarly includes a lens array 88 that corresponds to each of the 15 LEDs 94. Each lens 98 is located within an opening 98. A third plate 84 has a set of fiber optic lines 100 positioned within aperture array 90. Each fiber line 100 is aligned with a corresponding one of lenses 98.

20 Lens 98 and fiber line 100 are positioned to allow the maximum amount of light to be transferred from LED 94 to fiber line 100. Therefore, first plate 80 and second plate 82 are spaced such that the first plate is positioned so the active regions of LED 94 are at a first optical conjugate plane 106 (Fig. 10) of each lens 98. Likewise, 25 third plate 84 and second plate 82 are spaced so that a second optical conjugate plane 104 of each lens 98 coincides with an entrance 93 of each of the corresponding fiber lines 100. Alignment holes 92 ensure that each corresponding LED 96, lens 98, and fiber

WO 03/021329

117

PCT/US02/27110

line 100 remain properly aligned. Pins (not shown) are placed within each alignment hole to hold each plate in an aligned position.

- Lenses 88 each have a working F-number, F , and each lens forms
5 light beams at the image side of each lens with a numerical aperture,
 NA_l , so that $NA_l = 1/(2F)$.

In order to maximize the light throughput of each fiber line 100,
optical element 98 projects a light-emitting surface 87 of LED 94
onto an entrance face 93 of fiber line 100 so that the image of light-
10 emitting surface 87 fully covers the entrance face 93. The numerical
aperture in the image space, NA_l , is made equal or to slightly exceed
the NA of fiber line 100, NA_{lg} . That is,

$$NA_l \geq NA_{lg} \equiv \sin u,$$

15

where u is the acceptance angle of the light guide.

- In operation, when each LED 94 is powered, the light from each LED
94 emitted is received by a corresponding optical element 98. The
optical element focuses the light on a corresponding fiber line 100.
20 The combined light from each fiber line 100 is conveyed through a
multi-bundle 110 to the light guide.

Referring to Fig. 12, a light concentrator 150 can be added to each
LED 152 to reflect the light beams into fiber line 156. Light
25 concentrator 150 has an internal cavity with a parabola shaped
cross-section. In other embodiments, more complex shapes may be
used. LED 152 is positioned in the interior of light concentrator 150.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

18

The interior surface 154 of light contractor 150 is mirrored. During operation, the light emitted from the sides of LED 42 are reflected off the interior surface 154 and reflected into fiber line 156. Thus, light concentrator 150 reflects light from the top surface of the LED and the sides. Other embodiments use a total internal reflection system. In those embodiments the light concentrator is filled with a transparent dielectric material.

Referring to Figs. 13A and 13B, in another embodiment of a lens optical system such as optical system 140, a lens array 123 is used to collimate light from a corresponding LED array 121. A focusing lenses 124 then focuses the light onto a light guide 126.

LED array 121 is arranged in a circular-shaped two-dimensional array. Corresponding lens array 123 is located in front of LED array 121 so that each semiconductor light source 120 is positioned along an optical axis 130 of the corresponding lens 122. Lenses 122 collimate the light emitted by their corresponding LEDs 120. Lenses 122 may represent single lenses, such as single or double aspherics, compound lenses, gradient index (GRIN)-type lenses or combinations of each. In other embodiments, the lens array may be implemented as part of an LED array by means of adhesion, fusion etc. Other embodiments have a rectangular shaped LED and lens array.

In order to maintain a compact lens array configuration, the focal length of the lens, f_{oe} , and the diameter of the lens are chosen on the order of a few millimeters. The actual values are selected based on the size of LED emitting surface 128, which determines the field of view of lens 122. To collect the maximum amount of light emitted by

WO 03/021329

PCT/US02/27110

119

LED 120, the F-number (ratio of the focal length to the aperture) of lens 122 is maintained as low as possible but within the cost constraints of lenses that are available and within the required design parameters to correct optical aberrations.

5

The collimated light from lens array 123 travels to a focusing lens 124. Focusing lens 124 projects the image of each LED light-emitting surface 128 on to an entrance face 136 of light guide 126. The image is magnified so that the size is approximately equal to 10 entrance face 136 of light guide 126.

In this embodiment, focusing lens 124 is at least as large as LED array 121 or lens array 123. Also, the size of lens array 123 and focusing lens 124 are selected to be sufficiently large so that the 15 image numerical aperture, NA_i , matches the NA of the light guide, NA_{lg} . The positions of lens array 123 and focusing lens 124 relative to the LEDs and light guide 126 is governed by the following relationship:

20
$$M \equiv r_{lg}/h_{se} = f_{loc}/f_{oe}$$

where M is the magnification of optical system 140, r_{lg} is the radius of light guide 126, h_{se} is the height of LED 120 measured from optical axis 130, f_{loc} is the focal length of 124 focusing lens, and f_{oe} is 25 the focal length of lens 122, and

$$\sin u \equiv NA_i = NA_{lg} = H_{array}/f_{loc}$$

where H_{array} is the height of LED array 121 measured from an axis 138 of focusing lens 124 to a top edge of the highest lens 122a.

By combining the previous equations, the maximum number 5 of LEDs in the cross section containing optical axis 138 of focusing lens 124, n, can be determined as:

$$n = (f_{foc} \times NA_{lg}) / r_{oe}$$

10 where r_{oe} is the radius of the clear aperture lens 122.

For example, given a light guide 126 with an acceptance angle of 30 degrees, a light guide with a radius of 2.5mm, LED 120 with a height of .125mm, then the magnification, M, is 20. Given the focal length 15 of lens 122 is 3mm with an F-number equal to 1, then the radius of lens 122 is 1.5mm and the focal length of focusing lens 124 is 60mm. Thus, the maximum number of LEDs, n, is 20.

Referring to Fig. 14, the solid-state light source can be used in an 20 endoscopic system 210 to provide illumination. Endoscopic system 210 includes a solid-state light source 202, a video monitor 204, a camera 206, and an endoscope 208. Solid-state light source 202 generates white light that is conveyed to a distal end 212 of endoscope 208 via a light guide 216. Light guide 216 includes 25 multiple fibers and is connected between an output connector 218 of light source 202 and a light post 220 of endoscope 208. The white light illuminates a working area 214 at distal end 212 of endoscope

WO 03/021329

PCT/US02/27110

21

208. A video camera 206, connected to a handle 222 of endoscope 208, generates video signals representative of images at a working area 214 for display on video monitor 204.

- 5 Other embodiments have the solid-state light source directly connected to the handle 208 and emitting the light through the endoscope. This configuration eliminates light guide 216.

In other solid-state source embodiments within an endoscopic system, referring to Figs. 15A and 15B, light can travel within an endoscope 300 but near the circumference of a main shaft 301 of the endoscope. A group of fiber optic lines 304 travel from a handle of endoscope 300 (not shown) after receiving light from the semiconductor light sources. Fiber optic lines 304 extend to a distal end where each fiber optic line is connected to a phosphor layer 302. Each fiber optic line is tightly packed between an outer tube 308 which forms the exterior surface of endoscope 300 and an inner tube 309 which separates the fiber lines from an optic system 310 in the interior of the endoscope. A sapphire ring 306 is placed on top 20 of phosphor ring 304 to protect phosphor layer 302 from damage.

Embodiments of the solid-state light source are not limited to endoscopes. For example, other embodiments of a solid-state light source can be found in flashlights, miner's helmets, microscopes, etc.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

22

CLAIMS

1. A solid-state light source for providing light, the solid-state light source comprising a semiconductor light source for emitting light; and an optical system having an optical element, the optical system having an input for receiving emitted light from the semiconductor light source, the optical system having an output for receiving light from the optical element, the optical system and the semiconductor light source in aggregate providing an illumination path.
5
2. A solid-state light source of claim 1 wherein the output is configured to be received by an endoscope.
10
3. A solid-state light source of claim 1 or claim 2 wherein the optical element comprises a fiber optic element having an input for receiving emitted light from the semiconductor light source and an output for emitting light received from the semiconductor light source, the semiconductor light source and the fiber optic element in aggregate providing an illumination path.
15
4. A solid-state light source of any one of claims 1 to 3 wherein the fiber optic element includes an optical fiber which extends from the semi-conductor light source to an interface of a light guide, the light guide extending to the output.
20
25

WO 03/021329

PCT/US02/27110

23

5. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the fiber optic element is in the form of a plurality of fiber optic lines, each of the plurality of fiber optic lines receiving the emitted light from the semiconductor light source.
6. The solid-state light source of claim 5 wherein the plurality of fiber optic lines are in the form of a bundle.
10. 7. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source has a first surface and a second surface and is configured to emit light in opposite directions from the first surface and the second surface.
15. 8. The solid-state light source of claim 7 wherein the first surface of the semiconductor light source emits light to a first fiber optical line and the second surface of the semiconductor light source emits light to a second fiber optical line.
20. 9. The solid-state light source of claim 7 or 8 wherein the semiconductor light source has a third surface and a fourth surface substantially perpendicular to the first surface, the semiconductor light source is configured to emit light in opposite directions from the third surface and the fourth surface, the third surface of the semiconductor light source configured to emit light to a third fiber optical line and the fourth surface of the semiconductor light source configured to emit light to a fourth fiber optical line.
- 25.

WO 03/021329

24

PCT/US02/27110

10. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising a plurality of semiconductor light sources.
- 5 11. The solid-state light source of any of claims 3 to 10 wherein the fiber optic element is an array of fiber optic lines, each fiber optic line aligned with a corresponding one of the plurality of semiconductor light sources.
- 10 12. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source includes a light emitting diode (LED).
- 15 13. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source is configured to emit a blue light.
- 20 14. The solid-state light source of any one of claims 1 to 12 wherein the semiconductor light source is configured to emit an ultraviolet light.
- 25 15. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising a phosphor layer, the phosphor layer is located along the illumination path.
16. The solid-state light source of claim 15 wherein each semiconductor light source is in contact with a phosphor layer.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

225

17. The solid-state light source of claim 15 or claim 16 wherein a phosphor layer is located at a distal end of the fiber optic element.
18. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising a light concentrator positioned at the semiconductor light source, the light concentrator reflects light from at least one surface of the semiconductor light source.
19. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source includes a first light emitting diode (LED) configured to emit blue light, a second LED configured to emit red light and a third LED configured to emit green light, an overlapping light from each LED producing white light.
20. The solid-state light source of claim 19, further comprising a mixer positioned to receive light from the first LED, the second LED, and the third LED and positioned to transmit the overlapping light to the fiber optic element.
21. The solid state light source of claim 20 wherein in the semiconductor light source includes a fourth LED configured to emit yellow light, the mixer receives light from the fourth LED.
22. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source includes a laser diode.
23. The solid-state light source of any one of the preceding claims wherein the semiconductor light source includes a vertical cavity surface emission laser.

WO 03/021329

PCT/US02/27110

226

24. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising an encasement having an aperture positioned over the semiconductor light source, a gel located within the encasement, wherein the fiber optic element is inserted through the aperture and gel.
- 5
25. The solid-state light source of claim 24 further comprising an ohmic contact positioned on a top surface of the semiconductor light source, wherein the fiber optic bundle has a spliced-end to receive the ohmic contact.
- 10
26. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising a lens for receiving light from the semiconductor source.
- 15
27. The solid-state light source of claim 26 wherein the semiconductor light source is optically aligned with the lens and the lens is optically aligned with the fiber optic element.
- 20
28. The solid-state light source of claim 26 or claim 27 wherein the semiconductor light source is positioned in a first optical conjugate plane from the lens and the fiber optic element is positioned in a second optical conjugate plane from the lens.
- 25
29. The solid-state light source of any one of the preceding claims further comprising an array of lenses.
30. The solid-state light source of claim 29, further comprising an array of fiber optic lines corresponding to each of the lenses.

WO 03/021329

27

PCT/US02/27110

31. The solid-state light source of claim 29 or claim 30 wherein the solid-state light source further comprises an array of semiconductor light sources corresponding to each of the lenses.

5

32. The solid-state light source of any one of claims 29 to 31 wherein the array of lenses is configured to collimate light from a corresponding array of semiconductor light sources; and a focusing lens configured to focus a collimated light from the array of lenses.

10

33. The solid-state light source of claim 33 wherein the focusing lens focuses the collimate light onto a light guide.

15

34. An endoscope including a solid-state light source as claimed in any one of the preceding claims.

WO 03/021329

1/16

PCT/US02/27110

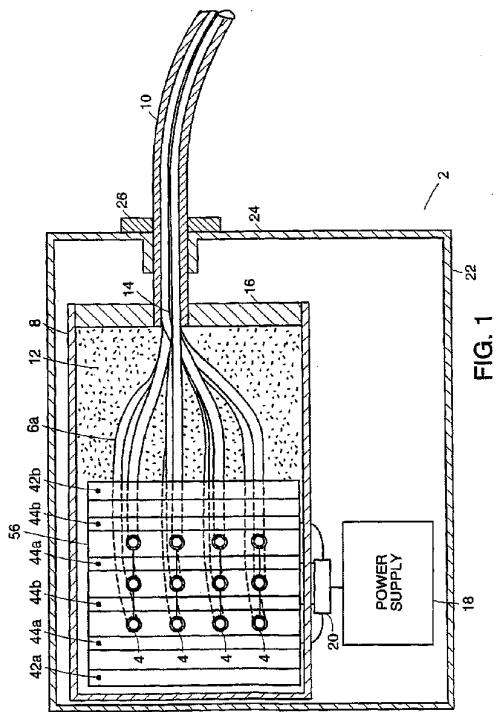


FIG. 1

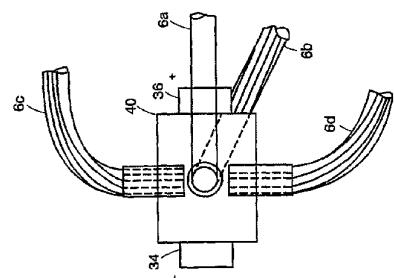


FIG. 2B

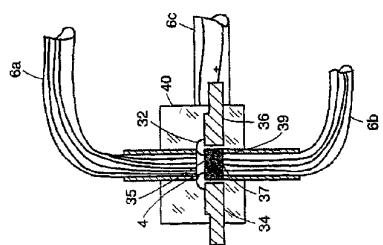


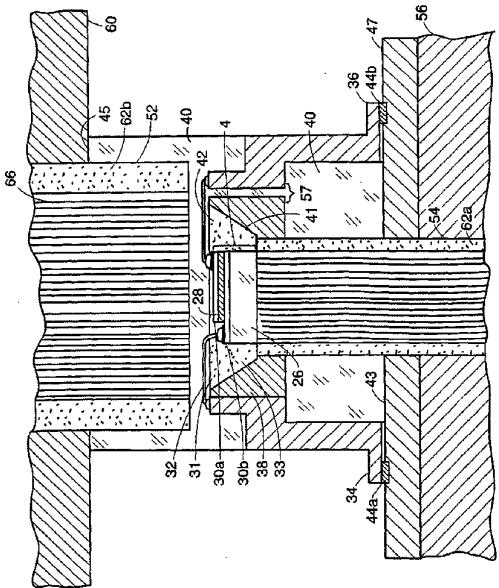
FIG. 2A

WO 03/021329

3/16

PCT/US02/27110

FIG. 3



WO 03/021329

4/16

PCT/US02/27110

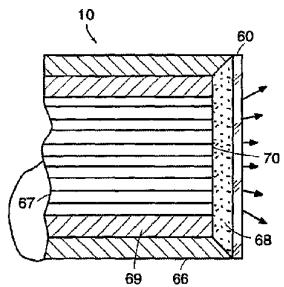
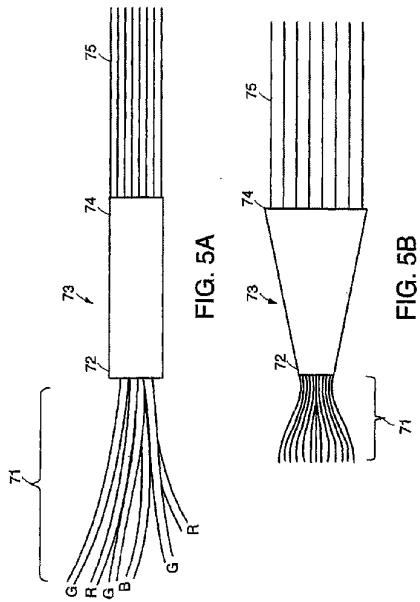


FIG. 4

WO 03/021329

5/16

PCT/US02/27110



WO 03/021329

6/16

PCT/US02/27110

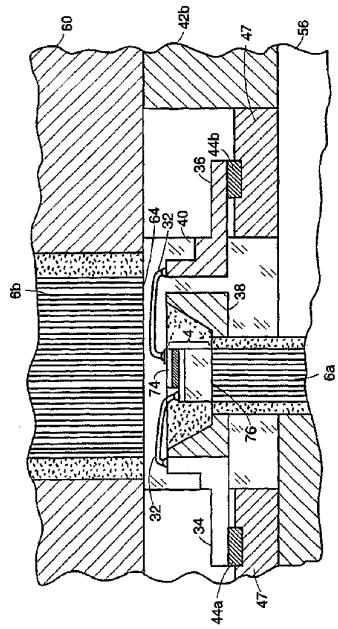


FIG. 6

WO 03/021329

7/16

PCT/US02/27110

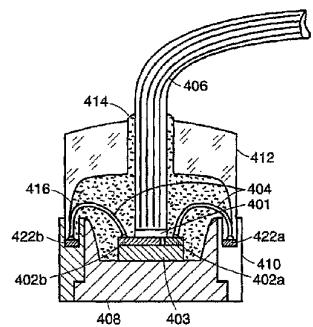


FIG. 7A

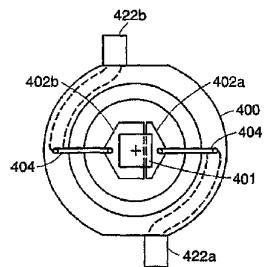


FIG. 7B

WO 03/021329

8/16

PCT/US02/27110

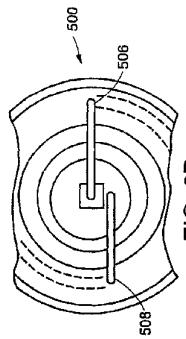


FIG. 8B

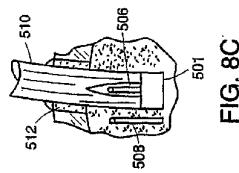


FIG. 8C

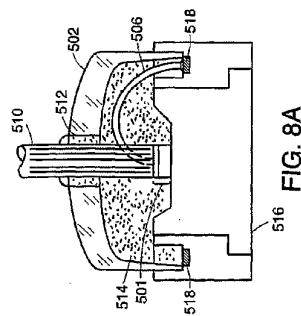


FIG. 8A

WO 03/021329

9/16

PCT/US02/27110

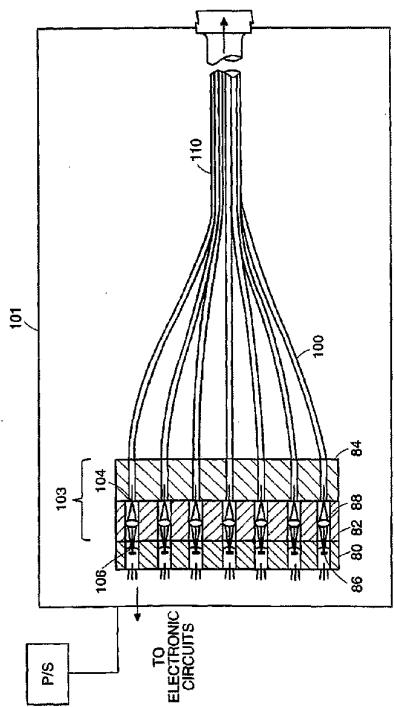


FIG. 9

WO 03/021329

10/16

PCT/US02/27110

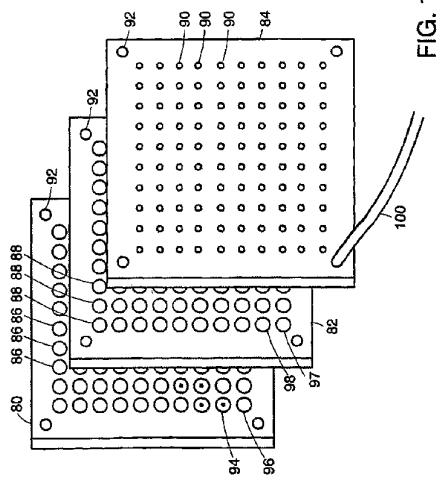


FIG. 10

WO 03/021329

11/16

PCT/US02/27110

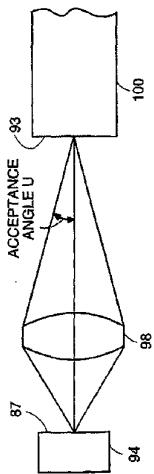


FIG. 11

WO 03/021329

12/16

PCT/US02/27110

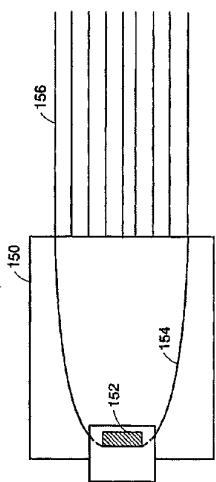


FIG. 12

WO 03/021329

13/16

PCT/US02/27110

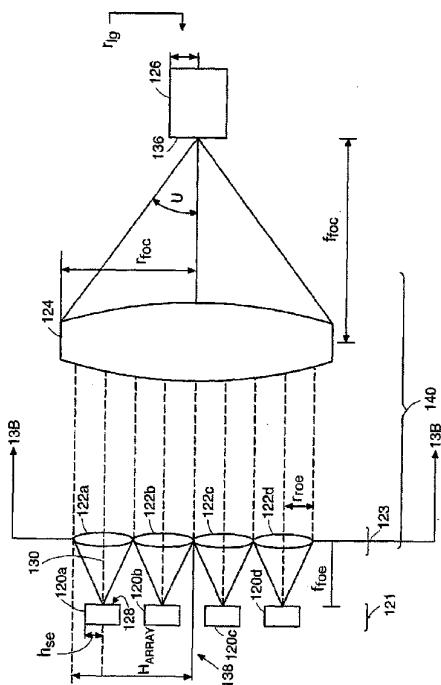


FIG. 13A

WO 03/021329

14/16

PCT/US02/27110

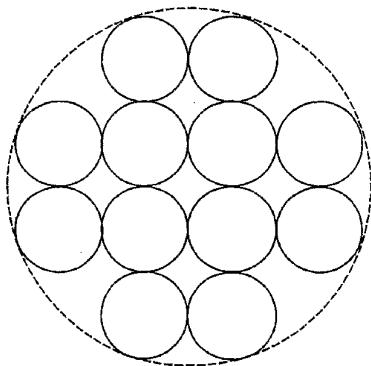


FIG. 13B

WO 03/021329

15/16

PCT/US02/27110

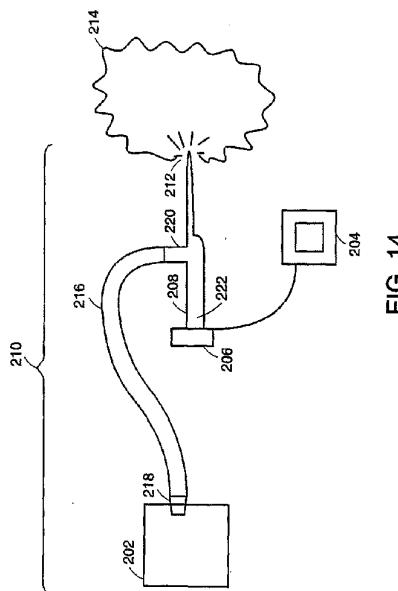


FIG. 14

WO 03/021329

16/16

PCT/US02/27110

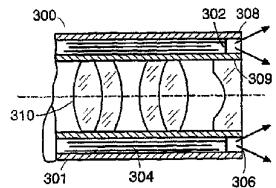


FIG. 15A

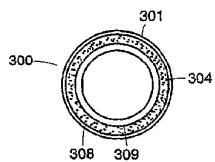


FIG. 15B

【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
13 March 2003 (13.03.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/021329 A3

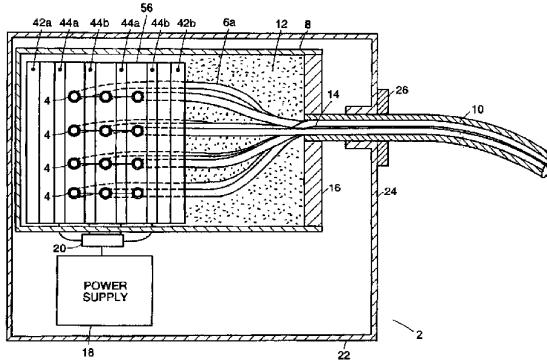
- (51) International Patent Classification¹: G02B 23/24, (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EL, ES, IT, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) International Application Number: PCT/US02/27110
- (22) International Filing Date: 26 August 2002 (26.08.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/944,495 31 August 2001 (31.08.2001) US
- (71) Applicant: SMITH & NEPHEW, INC. (US/US); 1450 Brooks Road, Memphis, Tennessee 38116 (US).

- (72) Inventor: KAZAKEVICH, Yuri; 26 Farwell Drive, Andover, MA 01810 (US). Published: with international search report

- (74) Agents: STACEY, George et al.; Smith & Nephew, Inc., 1450 Brooks Road, Memphis, TN 38116 (US). (88) Date of publication of the international search report: 10 July 2003

[Continued on next page]

(54) Title: SOLID-STATE LIGHT SOURCE



WO 03/021329 A3

(57) Abstract: A solid-state light source includes a semiconductor light source for emitting light and an optical system having a fiber optic element. The fiber optic element has an input for receiving emitted light from the semiconductor light source. The fiber optic element also has an output for emitting light received from the solid-state light source. The semiconductor light source and the fiber optic element in aggregate form an illumination path.

WO 03/021329 A3

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International publication No PCT/US 02/27110
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02B23/24 A61B1/005 A61B1/07 G02B6/42		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used): EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 49164 A (KEYMED MEDICALS & IND EQUIP ;ROBINSON CHRISTOPHER PAUL (GB); PARIS) 12 July 2001 (2001-07-12) the whole document -----	1-6, 10-23, 26-34
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document but published on or after the international filing date		
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited respecting the publication date of another document or member of a patent application		
O document referring to an oral disclosure, test, 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 specific documents, such combination being obvious to a person skilled in the art		
Date of the actual completion of the international search 6 February 2003		Date of mailing of the international search report 14/02/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 8018 Patenttaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Bernaas, Y

Form PCT/ISA210 (second sheet) (July 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern application No.
PCT/US 02/27110

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of 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. Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.: 7-9, 23-25 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:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

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

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

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

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 an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

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 claims 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 claims Nos.:

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US 02 27110

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box I.2

Claims Nos.: 7-9, 23-25

The initial phase of the search revealed a very large number of documents relevant to the issue of novelty of claim 1 . So many documents were retrieved that it is impossible to determine which parts of the claim(s) may be said to define subject-matter for which protection might legitimately be sought (Article 6 PCT). For these reasons, a meaningful search over the whole breadth of the claims is impossible. Consequently, the search has been restricted to a light source comprising an array of LEDS coupled to optical fibers.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims, or parts of claims, relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family membersInternational application No
PCT/US 02/27110

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0149164	A	12-07-2001	GB 2357856 A	04-07-2001
			EP 1241975 A1	25-09-2002
			WO 0149164 A1	12-07-2001
			US 2002193664 A1	19-12-2002

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
H 01L 33/00	G 02B 23/26	B 5 F 173
H 01S 5/022	H 01L 33/00	M
// F 21W 131:205	H 01S 5/022	
F 21Y 101:02	F 21W 131:205	
	F 21Y 101:02	

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N 0,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

F ターム(参考) 2H137 AB06 BA17 BB02 BB17 BC04 BC07
 4C061 FF46 GG01 JJ06 NN01 QQ02 QQ04 QQ07
 5F041 AA11 AA14 AA24 AA47 CA12 DA07 DA19 DA20 DA36 DA44
 DA45 DA46 DA55 DA74 DA75 DA81 DB08 DB09 DC07 DC81
 EE01 EE04 EE06 EE12 EE16 EE23 EE25 FF11 FF16
 5F173 MA10 ME04 ME15 ME24 ME32 ME44 ME75 ME76 ME85 ME87
 MF23 MF39 MF40