

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-1465

(P2003-1465A)

(43) 公開日 平成15年1月8日 (2003.1.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 2 3 K 26/02		B 2 3 K 26/02	C 2 H 0 4 6
	26/08	26/08	K 4 E 0 6 8
G 0 2 B 6/06		G 0 2 B 6/06	A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-187525 (P2001-187525)

(22) 出願日 平成13年6月21日 (2001.6.21)

(71) 出願人 000004097
日本原子力研究所
東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号

(71) 出願人 000000974
川崎重工業株式会社
兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号

(71) 出願人 000005186
株式会社フジクラ
東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号

(74) 代理人 100089705
弁理士 社本 一夫 (外 5 名)

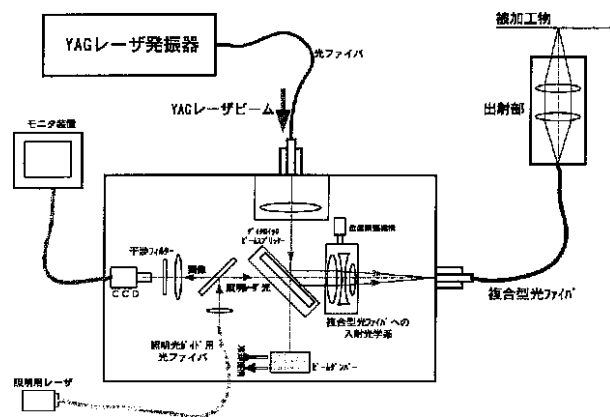
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合型光ファイバを用いたレーザ加工システム

(57) 【要約】

【課題】 複合型光ファイバを用いたレーザ加工システムに関するものであり、このシステムは、特に、レーザを使用する溶接、切断の分野において使用される以外に、レーザを使用する医療用の治療分野、及びレーザを使用する表面クリーニング等のレーザ除染において使用されている。

【解決手段】 加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの周囲に多数の画像伝送用ファイバが集束され一体化されている複合型光ファイバと、加工用レーザ光を前記複合型光ファイバに入射する入射部と、複合型光ファイバにより伝送された加工用レーザ光を被加工物に向けて出射する出射部と、被加工物を照明する照明用レーザ光を前記複合型光ファイバに加工用レーザ光と波長の違いを利用して同時に入射するためのレーザ合成部と、レーザにより照明された被加工物の画像を加工時の発光等の外乱光と分離して観察するための観察部を備えている、レーザ加工システム。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの周囲に多数の画像伝送用ファイバが集束され一体化されている複合型光ファイバと、加工用レーザ光を前記複合型光ファイバに入射する入射部と、複合型光ファイバにより伝送された加工用レーザ光を被加工物に向けて出射する出射部と、被加工物を照明する照明用レーザ光を前記複合型光ファイバに加工用レーザ光と波長の違いを利用して同時に入射するためのレーザ合成部と、レーザにより照明された被加工物の画像を加工時の発光等の外乱光と分離して観察するための観察部を備えていることを特徴とするレーザ加工システム。

【請求項2】 請求項1記載の照明用レーザ光を一旦リングビームとし、加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの開口角とほぼ等しい角度で入射することを特徴とする請求項1記載のレーザ加工システム。

【請求項3】 請求項1記載の複合型光ファイバの加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの開口数を画像伝送用ファイバの開口数より小さくするとともに、加工用レーザ伝送用の大口径ファイバのクラッド層と画像伝送用ファイバの間に純粋石英の保護層を設けることを特徴とする請求項1記載のレーザ加工システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複合型光ファイバを用いたレーザ加工システムに関するものであり、このシステムは、特に、レーザを使用する溶接、切断の分野において使用される以外に、レーザを使用する医療の治療分野、及びレーザを使用する表面クリーニング等のレーザ除染において使用されている。

【0002】

【従来の技術】従来より、レーザ光を非接触の工具として各種材料の加工に利用することが行なわれている。そして、レーザ光エネルギーを被加工物へ伝送する光学系として光ファイバを用いたレーザ加工装置が開発されたことにより、レーザ加工の適用可能な範囲が一段と広がり、比較的小径の配管内でのレーザ加工も可能となった。例えば、光ファイバを用いたレーザ加工装置により溶接や切断加工を行なう場合には、レーザから発振された加工用レーザ光を光ファイバで導光し、集光光学系を用いて被加工物上にレーザ光を集光することによって各種のレーザ加工を行なうことができる。

【0003】また、同様にレーザ光は人の生体組織を切断したり気化させたりすることを含む種々の手術を行うために医療に利用されている。そして、レーザ光エネルギーを体内へ伝送する光学系として光ファイバを用いたレーザ治療装置が開発されたことにより、レーザ治療の適用可能な範囲が一段と広がり、内視鏡的治療に応用されるようになった。例えば、消化器、気管などの臓器内で内視鏡を用いて手術を行う場合には、現在用いられて

いる内視鏡にレーザ治療用の導光路、すなわち光ファイバを通すことにより、レーザ治療を行なうことができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】加工位置の観察をファイバスコープ等で行わなければならないような配管内等のレーザ加工で、レーザ加工装置とファイバスコープを同時に挿入できないような狭隘な部位へのレーザ加工を可能にする方法として、「レーザ加工装置およびこれを用いたレーザ加工方法」（特願平8-20260号）と「レーザ加工装置およびこれを用いたレーザ加工方法」（特願平8-20261号）が出願されている。これらの装置を応用すれば、内視鏡下手術におけるレーザ治療において、体内に導入するフレキシブルアームをさらにスリムに構成することが可能となる。

【0005】但し、これにおいても、

1) レーザ加工中は、加工にともなう強い発光が画像観察の妨げになる。また、ハロゲンランプ等の通常の可視光を複合型光ファイバで伝送させて照明させる場合、集光性が悪いいため同ファイバへの入射の際のロスが大きい。

【0006】2) 照明光を画像観察系と同じラインで入れているので途中光学系による散乱光、反射光が取り込む画像情報にとって妨げとなる。などの課題がある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明のレーザ加工システムでは、加工用レーザと一緒に、照明用レーザを複合型光ファイバの中心部を伝送させ、被加工物に照射する。この照明用レーザとしてはLD励起YAGレーザの第二高調波（波長532nm）等が考えられ、加工用レーザとの波長の違いを利用し、両者はそれぞれ光ファイバで導光してきて、ダイクロイックビームスプリッター等の波長選択光学部品で、一方（加工用レーザ）は反射、一方（照明用レーザ）は透過として正確に一本のビームとして重ねることができる。

【0008】単一波長で照明された被加工物の画像は、複合型光ファイバの中で加工用レーザ伝送用のファイバの周囲にバンドルされた画像伝送用ファイバで伝送され、複合型光ファイバへの入射部（入射光学系）を通して戻ってきて画像観察装置（モニタ装置）で結像する。その際、画像観察装置に入光する画像は、照明用レーザ光の波長の光を選択的に透過する干渉フィルタを通して観察されるので、加工時の発光等の外乱を非常によく除去でき、鮮明な画像が得られる。照明用レーザ光は、照明用レーザ本体から伝送してきた光ファイバの出射口に設置する、コリメート光学系（照明用レーザ光を伝送するファイバ出口に設置されるレンズ系）の微調整により、加工用レーザを複合型光ファイバに入射するための入射光学系を通して複合型光ファイバに正確に入射する

ことができ、照明光量のロスがほとんど生じない。
 【0009】また、本発明の他のレーザ加工システムでは、照明用レーザをコーンレンズ等の光学系を用いて一旦リングビームとし、複合型光ファイバの集光光学系の中心を通ることなく複合型光ファイバに伝送させるので、集光光学系の中心を通す場合に生じる散乱・反射光が画像観察装置に外乱光として入光するのを防ぐことが出来る。また、照明用レーザを、加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの開口角とほぼ等しい角度で入射することにより、同ファイバに入射するビームの一部は加工用

10

* ムでは、加工用レーザ伝送用の大口径ファイバの開口数を画像伝送用ファイバの開口数より小さくすることにより、よりクラッドモードの照明伝送の割合を大きくでき、被加工物に対してより広範囲でかつ均等な照明をする効果がある。また、同時に、加工用レーザ伝送用の大口径ファイバのクラッド層と画像伝送用ファイバの間に純粋石英の保護層を設けることにより、より高次のモード変換によりクラッド層から外側にビームが出て行くのを抑えることができ、より安定な照明を行える効果がある。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、溶接、切断の分野において使用される以外の複合型光ファイバに導光して使用する応用例を表1に示す。

【0012】(1) レーザ治療

【0013】

【0010】更にまた、本発明の他のレーザ加工システム*

【表1】

表1. 治療の種類とその原理 (Optronics (1998) No. 8 p207より抜粋)

治療の種類	治療の対象	主作用
レーザ角膜治療	網膜剥離、止血	C
レーザ角膜形成術	屈折率矯正	A
レーザ血管形成術	冠状動脈、下肢動脈狭窄	A, SA, F
レーザ頻脈治療	頻脈	C, F
レーザ心筋治療	心筋梗塞	A
レーザ血管吻合	動脈閉塞、狭窄外科治療手術	C
レーザ前立腺治療	前立腺肥大	A, C, F
レーザ砕石	尿路結石、胆石	M, F
レーザあざ取り	皮下血腫、母斑	SA, M, C
レーザ喉頭鏡治療	喉頭癌	A
レーザ気管支鏡治療	肺癌	C, A, P, F
レーザ胸腔鏡治療	気胸、肺膿胞	C, F
レーザ消化器内視鏡治療	早期胃癌、進行食道癌、消化管出血	C, A, F
レーザ腹腔鏡治療	胆嚢摘出(胆石症)	A, C, F
レーザ関節鏡治療	半月板損傷	A, F
レーザ椎間板治療	椎間板ヘルニア	A, F
レーザコルポ治療	子宮頸部癌(頸部円錐切除)	A
レーザ歯科治療	う蝕、保存、除痛	A, C, F
レーザ鍼	除痛	Unknown

A: 熱蒸散, SA: 選択的蒸散, C: 熱凝固, M: レーザ照射による機械的作用

P: 光化学的作用, F: ファイバの使用

【0014】これらのレーザ治療に使用するレーザを表2に示す。レーザの波長は、紫外、可視、赤外とさまざまなものが利用でき、時間構造も連続波のものとパルスのものがあり、最大で平均出力100W程度のレーザ

まで利用される。

【0015】

【表2】

5
表2. 医療用レーザー

レーザー媒質	励起方法	波長 (nm)	市販されている装置の最大出力	レーザー発振	石英ファイバの使用	医療応用
Excimer (XeCl)	放電励起ガスレーザー	0.308	数 100mJ/Pulse	Pulse	可能	血管形成術・TMR・PRK
Dye (Coumarin)	ランプ励起液体レーザー	0.504	数 100mJ/Pulse	Pulse	可能	結石破砕術
Nd: YAG + KTP	Nd: YAG の第2高調波	0.532	20W	準CW (数kHzのパルス)	可能	外科・内視鏡下手術
Ar	放電励起ガスレーザー	0.488/0.514	4W	CW	可能	眼底凝固
Dye (Rhodamine)	ランプ励起液体レーザー	0.585/0.590	2J/Pulse	Pulse	可能	血管腫
Dye (Rhodamine)	ランプ励起液体レーザー	0.63	数 10mJ/Pulse	Pulse	可能	PDT
Ruby	ランプ励起固体レーザー	0.694	8J/Pulse	Pulse	可能	色素系皮膚疾患
Alexandrite	ランプ励起固体レーザー	0.755	2J/Pulse	Pulse	可能	色素系皮膚疾患・結石破砕術
Laser Diode	半導体レーザー	0.65 ~ 0.69	10W	CW	可能	PDT
Laser Diode	半導体レーザー	0.78 ~ 0.82	60W	CW	可能	外科・内視鏡下手術・低出力レーザー治療
Laser Diode	半導体レーザー	0.94 ~ 0.98	60W	CW	可能	外科・内視鏡下手術
Nd: YAG	ランプ励起固体レーザー	1.064	100W	CW (Pulse可能)	可能	外科・内視鏡下手術
Tm: YAG	ランプ励起固体レーザー	2.01	市販製品なし	Pulse	可能	なし
Ho: YAG	ランプ励起固体レーザー	2.08	2J/Pulse(80W)	Pulse	可能	外科・内視鏡下手術
Er: YAG	ランプ励起固体レーザー	2.94	1J/Pulse(20W)	Pulse	不可	歯科・皮膚再建術
CO ₂	放電励起ガスレーザー	10.64	100W	CW (Pulse可能)	不可	外科手術
Excimer (XeCl)	放電励起ガスレーザー	0.308	数 100mJ/Pulse	Pulse	可能	血管形成術・TMR・PRK
Dye (Coumarin)	ランプ励起液体レーザー	0.504	数 100mJ/Pulse	Pulse	可能	結石破砕術
Nd: YAG + KTP	Nd: YAG の第2高調波	0.532	20W	準CW (数kHzのパルス)	可能	外科・内視鏡下手術
Ar	放電励起ガスレーザー	0.488/0.514	4W	CW	可能	眼底凝固
Dye (Rhodamine)	ランプ励起液体レーザー	0.585/0.590	2J/Pulse	Pulse	可能	血管腫
Dye (Rhodamine)	ランプ励起液体レーザー	0.63	数 10mJ/Pulse	Pulse	可能	PDT
Ruby	ランプ励起固体レーザー	0.694	8J/Pulse	Pulse	可能	色素系皮膚疾患

6

【0016】表2の石英ファイバの使用が不可とした2例を除き、全てのケースにおいて複合型光ファイバの適用が可能である。また、導光部のフレキシブル性や細径化が重要となる内視鏡下の手術への応用が考えられる。

【0017】(2) レーザ除染

複合型光ファイバの他の応用例としてレーザー除染があげられる。レーザーを用いた表面クリーニング技術は、レーザー技術の発達とともに進展を遂げ、技術的に確立されてきた。それは、超音速戦闘機の表面付着物除去や、古典的名画の表面洗浄、重要古典建築物の表面汚染物除去等である。これらは表面に強固かつ複雑に付着している汚染物質を、その繊細な基板にほとんど影響を与えずに取

り去ることができる技術である。現在、既にレーザーを用いた表面クリーニング装置は製品化されており、レーザー出力10 - 40W、パルス幅50ns以下であるが、ファイバ導光可能なものである。

【0018】レーザー除染はアブレーション作用(レーザー光をターゲット表面に集光することにより、その箇所を高温、溶融状態にし、その表面のみを爆発的に蒸発気化させる作用)を使用する。レーザーパルスにおけるアブレーション率の比較をした場合、アブレーション率が除染率に比例するとすると、よりパルス幅の短いレーザーパルスが、除染に有効である。

【0019】但し、その場合の課題として、ファイバで

40

50

のレーザーパワーの伝送が困難になるという問題がある。極短パルスでは、高いピーク出力となってしまう、ファイバ自身の耐光性が問題になる。そこで、除染の中でも比較的、低いピークパワーでも効果のある美術品等の表面除染等は、複合型光ファイバの具体的な応用例である。以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

【0020】

【実施例1】(実施例1)本発明の一実施例を図1に基づいて説明する。YAGレーザー発振器から発振された加工用レーザーのYAGレーザービームは、光ファイバを経てレーザー合成部であるダイクロックビームスプリッターに導入され、そのスプリッターで反射され、複合型光ファイバへの入射光学系に導入されて複合型光ファイバに通過可能に処理された後、複合型光ファイバをとうして出射部に導入され、そこで集光処理されて被加工物に照射される。

【0021】照明用レーザー光は、照明光ガイド用光ファイバを通過してダイクロックビームスプリッターに導入され、上記加工用レーザーの中心部に加えられ、入射光学系で光ファイバ通過可能に集光光学処理された後、複合型光ファイバをとうして出射部に導入され、そこで加工用レーザーとともに集光処理されて被加工物に照射される。

【0022】照射画像は、被加工物を照射した後の照射用レーザーの反射光として、照射方向とは逆行して出射部、複合型光ファイバ、入射光学系、ビームスプリッター及び干渉フィルターを経てモニタ装置に到達して映し出される。

【0023】(実施例2)本発明の他の実施例を図2に基づいて説明する。YAGレーザー発振器から発振された加工用レーザーのYAGレーザービームは、光ファイバを経てダイクロックビームスプリッターに導入され、そのスプリッターで反射され、複合型ファイバへの入射光学系に導入されて複合型光ファイバに通過可能に集光光学処理された後、複合型光ファイバをとうして出射部に導入され、そこで集光処理されて被加工物に照射される。

【0024】照明用レーザー発振器から発振された照明用レーザー光は、照明光ガイド用光ファイバを経てコーンレンズ系に導入されてリングビーム光に変換され、ダイクロックビームスプリッターに導入され、リング光の形態で加工用レーザーに加えられ、入射光学系で光ファイバ通過可能に処理された後、複合型光ファイバをとうして出射部に導入され、そこで加工用レーザーとともに集光処理されて被加工物に照射される。照明用レーザー光は、コーンレンズ系でリングビーム光に変換されるので、入射光学系の中心を通す場合に生ずる散乱、反射光が外乱光として画像モニタ装置に入光するのを防ぐことができる。

【0025】照射画像は、被加工物を照射した後の照射用レーザーの反射光として、照射方向とは逆行して出射部、複合型光ファイバ、入射光学系、ビームスプリッタ

ー及び干渉フィルターを経てモニタ装置に到達して映し出される。

【0026】(実施例3)本発明の複合型光ファイバを図3に基づいて説明する。複合型光ファイバは、加工用レーザー伝送用のコア層、クラッド層、保護層、及び画像伝送用ファイバから構成されている。この加工用レーザーはコア層を経て伝送され、照明用レーザー光は画像伝送用ファイバを経て被加工物及びモニタ装置に伝送される。

【0027】このコア層の開口数が画像伝送用ファイバの開口数より小さいので、照明用レーザー光の伝送割合を大きくできる結果、被加工物に対して広範囲な照明及びモニタ処理をすることができる。

【0028】又、コア層と画像伝送用ファイバの間に保護層が設けられているので、コア層のレーザー光が画像伝送用ファイバに侵入することが防止されている。

【0029】

【発明の効果】本発明のレーザー加工システムでは、加工用レーザーと一緒に、照明用レーザーを複合型光ファイバの中心部を伝送させて被加工物に照射し、照明された被加工物の画像は、複合型光ファイバの中で加工用レーザー伝送用のファイバの周囲にバンドルされた画像伝送用ファイバで戻ってきて画像観察装置(モニタ装置)で結像し、且つ画像観察装置に入光する画像は、照明用レーザー光の波長の光を選択的に透過する干渉フィルタを通して観察されるので、加工時の発光等の外乱を非常によく除去でき、鮮明な画像が得られる、という本発明に特有の顕著な効果を生ずる。この場合には、照明用レーザー光は、コリメート光学系の微調整によりビームの平行度、出射方向、出射位置を調整し、加工用レーザー光とともに入射光学系を通して複合型光ファイバに正確に入射することができるので、照明光量のロスがほとんど生じない、という本発明に特有の顕著な効果を生ずる。

【0030】又、本発明においては、照明用レーザーをコーンレンズ等の光学系を用いて一旦リングビームとし、複合型光ファイバの集光光学系の中心を通ることなく複合型光ファイバに伝送させるので、集光光学系の中心を通す場合に生じる散乱・反射光が画像観察装置に外乱光として入光するのを防ぐことができる、という本発明に特有の顕著な効果が生ずる。

【0031】更に又、本発明においては、加工用レーザー伝送用の大口径ファイバの開口数を画像伝送用ファイバの開口数より小さくすることにより、クラッド層の照明伝送の割合を大きくでき、被加工物に対してより広範囲でかつ均等な照明をすることができる、という本発明に特有の顕著な効果がある。

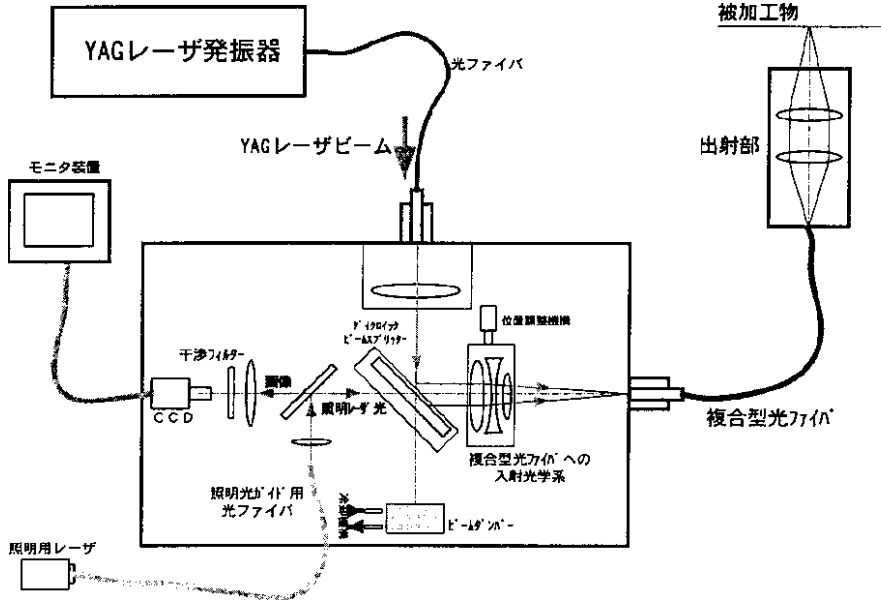
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の複合型光ファイバを用いたレーザー加工システムの実施例である。

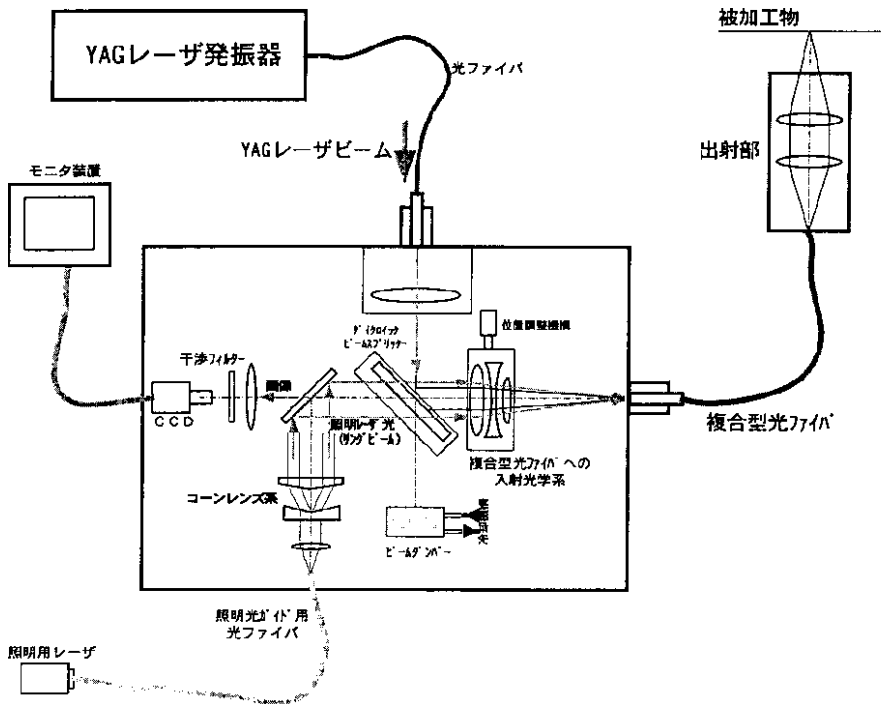
【図2】本発明の複合型光ファイバを用いたレーザー加工システムの他の実施例である。

【図3】 本発明の複合型ファイバの断面を示す図であ* *る。

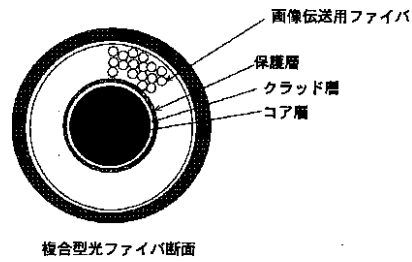
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 岡 潔
茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4
日本原子力研究所東海研究所内
- (72)発明者 武田 信和
茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4
日本原子力研究所東海研究所内
- (72)発明者 早川 明良
千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業
株式会社野田工場内
- (72)発明者 月野 徳之
東京都江東区南砂2丁目6番5号 川崎重
工業株式会社東京設計事務所内

- (72)発明者 森 清治
東京都江東区南砂2丁目6番5号 川崎重
工業株式会社東京設計事務所内
- (72)発明者 鳥谷 智晶
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内
- (72)発明者 妻沼 孝司
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内
- Fターム(参考) 2H046 AA03 AA14 AA15 AAG2 AD00
AD03 AD18
4E068 AH01 CA17 CC02 CE08