

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4613274号  
(P4613274)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月29日(2010.10.29)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K 26/02 C
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/08</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K 26/08 K
<b>G O 2 B</b>	<b>6/06</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 2 B 6/06 A

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-187525 (P2001-187525)	(73) 特許権者	505374783
(22) 出願日	平成13年6月21日(2001.6.21)		独立行政法人 日本原子力研究開発機構
(65) 公開番号	特開2003-1465 (P2003-1465A)		茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(43) 公開日	平成15年1月8日(2003.1.8)	(73) 特許権者	000000974
審査請求日	平成17年3月15日(2005.3.15)		川崎重工業株式会社
審判番号	不服2008-25106 (P2008-25106/J1)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
審判請求日	平成20年10月1日(2008.10.1)	(73) 特許権者	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	100140109
			弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100089705
			弁理士 社本 一夫

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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被加工物のレーザ加工システムにおいて、

(1) 加工用レーザ伝送用のコア層、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、コア層を構成する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て一体化され、照明用レーザ光の伝送割合を大きくするために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との間にコア層のレーザ光が画像伝送用ファイバに侵入するのを防ぐための純粋石英の保護層を設けた複合型光ファイバが使用され、

(2) レーザ発振器から発振された加工用レーザ光を、光ファイバを経てレーザ合成部であるダイクロイックビームスプリッターに導入して反射させ、複合型光ファイバへの入射光学系に導入した後、複合型光ファイバのコア層を通して出射部に導入し、そこで集光処理して被加工物に照射し、加工し、被加工物からの反射光を照明用レーザ光との波長の相違を利用してダイクロイックビームスプリッターで除去し、

(3) 照明用レーザ光を、照明光ガイド用光ファイバを通してダイクロイックビームスプリッターに導入し加工用レーザ光の波長との波長の相違を利用して透過させ、入射光学系に導入して照明用レーザ光の中心と加工用レーザ光の中心とを合致させて重ね合わせた後、複合型光ファイバを通して出射部に導入し、そこで集光処理して被加工物に照射し、得られる画像が、複合型光ファイバ中心に設けられた加工用レーザ伝送用ファイバの周囲

に集束された画像伝送用ファイバを通して伝送され、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、ダイクロイック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ことを特徴とする、前記システム。

【請求項2】

被加工物のレーザ加工システムにおいて、

(1)加工用レーザ伝送用のコア層、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、コア層を構成する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て一体化され、照明用レーザ光の伝送割合を大きくするために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との間にコア層のレーザ光が画像伝送用ファイバに侵入するのを防ぐための純粋石英の保護層を設けた複合型光ファイバが使用され、

10

(2)レーザ発振器から発振された加工用レーザ光を、光ファイバを経てレーザ合成部であるダイクロイックビームスプリッターに導入して反射させ、複合型光ファイバへの入射光学系に導入した後、複合型光ファイバのコア層を通して出射部に導入し、そこで集光処理して被加工物に照射し、加工し、被加工物からの反射光を照明用レーザ光との波長の相違を利用してダイクロイックビームスプリッターで除去し、

(3)照明用レーザ光を、照明光ガイド用光ファイバを通した後、リングビーム光に変換してダイクロイックビームスプリッターに導入し加工用レーザ光の波長との波長の相違を利用して透過させ、リング光の形態で入射光学系に導入して照明用レーザ光のリング光の中心と加工用レーザ光の中心とを合致させて同心のビームとして重ね合わせ、リングビーム光への変換により照明用レーザ光が入射光学系の中心を通る場合に生ずる、複合型光ファイバ端面からの散乱、反射光が外乱光としてモニタ装置に入光するのを防ぐ状態にした後、複合型光ファイバを通して出射部に導入し、そこで集光処理して被加工物に照射し、得られる画像が、複合型光ファイバ中心に設けられた加工用レーザ伝送用ファイバの周囲に集束された画像伝送用ファイバを通して伝送され、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、ダイクロイック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ことを特徴とする、前記システム。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

30

【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、レーザ発振器から発振された加工用レーザ光を光ファイバで導光し、入射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。

40

【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

50

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。

10

【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。

20

【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。

30

【0009】

また、本発明の他のレーザ加工システムでは、照明用レーザ光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入射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、入射光学系の中心を通す場合に生じる散乱・反射光がモニタ装置に外乱光として入光するのを防ぐことができる。また、照明用レーザ光を、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レーザ伝送用の大口径ファイバのコア層からクラッド層に抜け、クラッド層内を反射して進むクラッドモードとして伝搬する。このクラッドモードとして伝搬した照明光は、大口径ファイバのコア層を伝送したものよりも開口角が大きく出射されるので、被加工物に対してより広範囲に照明する効果がある。

40

【0010】

50

更にまた、本発明の他のレーザ加工システムでは、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。

10

【0012】

(1) レーザ治療

【0013】

【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
レーザ頰脈治療	頰脈	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
レーザ碎石	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

20

30

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であり、最大で平均出力100W程度のレーザまで利用される。

40

【0015】

【表2】

表2. 医療用レーザー

レーザー媒質	励起方法	波長 $\lambda$ m	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 (数千Hz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 <sub>2</sub>	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 (数千Hz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

10

20

30

40

## 【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

50

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、レーザ出力10 - 40 W、パルス幅50 nsec以下であるが、ファイバ導光可能なものである。

【0018】

レーザ除染はアブレーション作用（レーザ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、ファイバでのレーザ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】

（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レーザ発振器から発振された加工用レーザ光のYAGレーザビームは、光ファイバを経てレーザ合成部であるダイクロイックビームスプリッターに導入され、そのダイクロイックビーム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通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】

照明用レーザ光は、照明光ガイド用光ファイバを通過してダイクロイックビームスプリッターに導入され、上記加工用レーザ光の中心に合致させて一本のビームとして重ね合わせ、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通して出射部に導入され、そこで加工用レーザ光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明用レーザ光の反射光として、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、ダイクロイック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レーザ発振器から発振された加工用レーザ光のYAGレーザビームは、光ファイバを経てダイクロイックビームスプリッターに導入され、そのダイクロイックビーム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集光光学処理された後、複合型光ファイバを通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】

照明用レーザ発振器から発振された照明用レーザ光は、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、ダイクロイックビームスプリッターに導入され、リング光の形態でリング光の中心を加工用レーザ光の中心に合致させて同心のビームとして重ね合わせ、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通して出射部に導入され、そこで加工用レーザ光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モニタ装置に入光するのを防ぐことができる。

【0025】

10

20

30

40

50

照射画像は、被加工物を照射した後の照明用レーザー光の反射光として、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、ダイクロイック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、照明用レーザー光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入射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、入射光学系の中心を通す場合に生じる散乱・反射光がモニタ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。

10

20

30

40



## フロントページの続き

- (74)代理人 100075270  
弁理士 小林 泰
- (74)代理人 100080137  
弁理士 千葉 昭男
- (74)代理人 100096013  
弁理士 富田 博行
- (74)代理人 100092015  
弁理士 桜井 周矩
- (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

## 合議体

- 審判長 野村 亨  
審判官 遠藤 秀明  
審判官 豊原 邦雄

- (56)参考文献 特開平09-216086(JP,A)  
特開平05-277775(JP,A)  
特開平08-075947(JP,A)  
特開平08-136747(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- B23K 26/02 C  
B23K 26/08 K  
G02B 6/06 A