(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 007 119 T5** 2025.03.20

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/009359**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 007 119.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/026614**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.07.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.01.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **20.03.2025**

(51) Int Cl.: ***B23K 26/082*** (2014.01)

(71) Anmelder:
FANUC CORPORATION, Yamanashi, JP

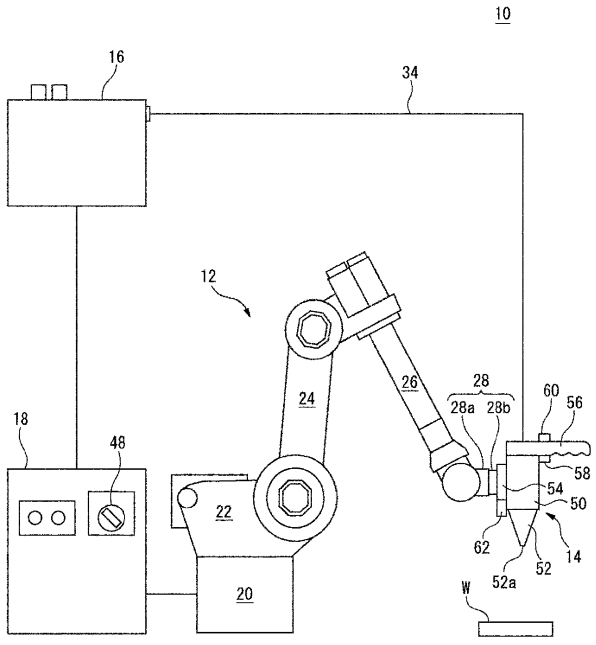
(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28359 Bremen, DE

(72) Erfinder:
Izumi, Takashi, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LASERBEARBEITUNGSKOPF UND LASERBEARBEITUNGSSYSTEM**

(57) Zusammenfassung: Ein kooperativer Roboter, der in der Lage ist, eine Aufgabe in Zusammenarbeit mit einem Bediener auszuführen, befindet sich heute überall im Einsatz. In diesem Zusammenhang besteht Bedarf an einem Laserbearbeitungskopf, der für einen manuellen Betriebsmodus, bei dem ein Bediener eine Laseremissionsoperation manuell durchführt, und einen automatischen Betriebsmodus, bei dem ein Laserbearbeitungssystem eine Laseremissionsoperation automatisch durchführt, geeignet ist.
Es wird ein Laserbearbeitungskopf 14 bereitgestellt, mit dem eine Laseremissionsoperation in einem manuellen Betriebsmodus, in dem eine Steuervorrichtung 18 die Laseremissionsoperation gemäß einem Befehl zur manuellen Laseremission ausführt, und in einem automatischen Betriebsmodus, in dem die Steuervorrichtung 18 die Laseremissionsoperation gemäß einem Bearbeitungsprogramm automatisch ausführt, durchgeführt werden kann. Der Laserbearbeitungskopf umfasst: eine erste Eingabevorrichtung 58, die eine Eingabeoperation zum Senden des Befehls zur manuellen Laseremission an den Controller 18 empfängt; und einen Distanzmessungssensor 62, der eine Distanz zwischen dem Laserbearbeitungskopf 14 und einem Werkstück W misst, wenn der Controller 18 die Laseremissionsoperation in dem automatischen Antriebsmodus ausführt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Laserbearbeitungskopf und ein Laserbearbeitungssystem.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Ein Laserbearbeitungskopf, der an einem Laserbearbeitungssystem angebracht ist, das automatisch eine Laseremissionsoperation gemäß einem Bearbeitungsprogramm durchführt, ist bekannt (Patentliteratur 1). Andererseits ist auch ein Laserbearbeitungskopf bekannt, der durch einen Bediener manuell bedient wird (Patentliteratur 2).

Zitierungsliste

Patentliteratur

PTL 1: JP 2000-52076 A

PTL 2: JP 2000-24787 A

Kurzdarstellung der Erfindung

Technisches Problem

[0003] Ein kooperativer Roboter, der in der Lage ist, Arbeiten in Zusammenarbeit mit einem Bediener auszuführen, ist weit verbreitet. Dementsprechend besteht Bedarf an einem Laserbearbeitungskopf, der für einen manuellen Antriebsmodus, bei dem ein Bediener eine Laseremissionsoperation manuell durchführt, und einen automatischen Antriebsmodus, bei dem ein Laserbearbeitungssystem eine Laseremissionsoperation automatisch durchführt, geeignet ist.

Lösung des Problems

[0004] In einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst ein Laserbearbeitungskopf, der in der Lage ist, eine Laseremissionsoperation in einem manuellen Antriebsmodus, in dem ein Controller eine Laseremissionsoperation gemäß einem Befehl zur manuellen Laseremission ausführt, und einem automatischen Antriebsmodus, in dem der Controller eine Laseremissionsoperation gemäß einem Bearbeitungsprogramm automatisch ausführt, durchzuführen: eine erste Eingabevorrichtung, die eine Eingabeoperation empfängt, um den Befehl zur manuellen Laseremission an den Controller zu senden; und einen Distanzmessungssensor, der eine Distanz zwischen dem Laserbearbeitungskopf und einem Werkstück misst, wenn der Controller die Laseremissionsoperation in dem automatischen Antriebsmodus ausführt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[**Fig.** 1] **Fig.** 1 ist ein Schaubild eines Laserbearbeitungssystems gemäß einer Ausführungsform.

[**Fig.** 2] **Fig.** 2 ist ein Blockdiagramm des in **Fig.** 1 veranschaulichten Laserbearbeitungssystems.

[**Fig.** 3] **Fig.** 3 ist eine vergrößerte Ansicht eines in **Fig.** 1 veranschaulichten Modusauswahlschalters.

[**Fig.** 4] **Fig.** 4 ist eine vergrößerte Ansicht eines in **Fig.** 1 veranschaulichten Laserbearbeitungskopfes.

[**Fig.** 5] **Fig.** 5 veranschaulicht eine erste Eingabevorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform.

[**Fig.** 6] **Fig.** 6 ist eine vergrößerte Ansicht eines Laserbearbeitungskopfes gemäß einer anderen Ausführungsform.

[**Fig.** 7] **Fig.** 7 ist ein Blockdiagramm des in **Fig.** 6 veranschaulichten Laserbearbeitungskopfes.

[**Fig.** 8] **Fig.** 8 ist ein Schaubild zum Erläutern der Funktion einer in **Fig.** 6 veranschaulichten Kontaktdetektionsvorrichtung.

[**Fig.** 9] **Fig.** 9 ist ein Schaubild zum Erläutern einer Funktion einer in **Fig.** 6 veranschaulichten Befehlssperreinheit und veranschaulicht einen Zustand, in dem die Befehlssperreinheit einen Befehl zur manuellen Laseremission sperrt.

[**Fig.** 10] **Fig.** 10 ist ein Schaubild zum Erläutern einer Funktion einer in **Fig.** 6 veranschaulichten Befehlssperreinheit und veranschaulicht einen Zustand, in dem die Befehlssperreinheit das Senden eines Befehls zur manuellen Laseremission erlaubt.

[**Fig.** 11] **Fig.** 11 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Betriebsflusses des in **Fig.** 6 veranschaulichten Laserbearbeitungskopfes zeigt.

[**Fig.** 12] **Fig.** 12 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Flusses von Schritt S2 in **Fig.** 11 zeigt.

[**Fig.** 13] **Fig.** 13 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Flusses von Schritt S3 in **Fig.** 11 zeigt.

[**Fig.** 14] **Fig.** 14 ist ein Blockdiagramm eines Laserbearbeitungskopfes gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[**Fig.** 15] **Fig.** 15 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel des Flusses von Schritt S2 zeigt, der durch den in **Fig.** 14 veranschaulichten Laserbearbeitungskopf ausgeführt wird.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0005] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden im Folgenden unter Bezug auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben. Es ist zu beachten, dass in verschiedenen Ausführungsformen, die unten beschrieben werden, die gleichen Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden und dass auf eine überschneidende Beschreibung verzichtet wird. Zuerst wird ein Laserbearbeitungssystem 10 gemäß einer Ausführungsform unter Bezug auf **Fig.** 1 und **Fig.** 2 beschrieben. Das Laserbearbeitungssystem 10 ist ein System, das in Zusammenarbeit mit einem Bediener einen Laserprozess (Laserschweißen, Laserschneiden und dergleichen) an einem Werkstück W ausführen kann.

[0006] Genauer gesagt, umfasst das Laserbearbeitungssystem 10 einen Roboter 12, einen Laserbearbeitungskopf 14, einen Laseroszillator 16 und einen Controller 18. Der Roboter 12 bewegt den Laserbearbeitungskopf 14 relativ zu dem Werkstück W. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Roboter 12 ein vertikaler Knickarmroboter und umfasst ein Grundgestell 20, einen Schwenkkörper 22, einen Unterarm 24, einen Oberarm 26 und ein Handgelenk 28.

[0007] Das Grundgestell 20 ist auf einem Boden einer Arbeitszelle befestigt. Der Schwenkkörper 22 ist so an dem Grundgestell 20 bereitgestellt, dass er in der Lage ist, um eine vertikale Achse zu schwenken. Der Unterarm 24 ist um eine horizontale Achse drehbar an dem Schwenkkörper 22 bereitgestellt. Der Oberarm 26 ist drehbar an einem Spitzenendteil des Unterarms 24 bereitgestellt. Das Handgelenk 28 umfasst eine Handgelenkbasis 28a, die an einem Spitzenendteil des Oberarms 26 um zwei zueinander orthogonale Achsen drehbar bereitgestellt ist, und einen Handgelenkflansch 28b, der drehbar an der Handgelenkbasis 28a bereitgestellt ist.

[0008] Die Komponenten des Roboters 12 (das Grundgestell 20, der Schwenkkörper 22, der Unterarm 24, der Oberarm 26 und das Handgelenk 28 sind jeweils mit mehreren Servomotoren 30 versehen (**Fig.** 2). Diese Servomotoren 30 veranlassen, dass jede der beweglichen Komponenten (das heißt, der Schwenkkörper 22, der Unterarm 24, der Oberarm 26, das Handgelenk 28 und der Handgelenkflansch 28b) des Roboters 12 in Reaktion auf einen Befehl von dem Controller 18 um eine Antriebsachse rotiert. Aufgrund dessen bewegt sich der Roboter 12 an dem Laserbearbeitungskopf 14.

[0009] Der Roboter 12 ist mit einem Kraftsensor 32 versehen. Der Kraftsensor 32 detektiert eine externe Kraft F, die auf den Roboter 12 einwirkt. Als ein Beispiel weist der Kraftsensor 32 einen Drehmomentsensor auf, der in jedem der Servomotoren 30 des Roboters 12 bereitgestellt ist und ein auf eine Abtriebswelle des Servomotors 30 wirkendes Drehmoment detektiert.

[0010] Als ein weiteres Beispiel ist der Kraftsensor 32 in einer Komponente (zum Beispiel dem Grundgestell 20 oder dem Handgelenk 28) des Roboters 12 bereitgestellt und umfasst einen Sechs-Achsen-Kraftsensor, der in der Lage ist, Kräfte in den sechs Achsenrichtungen zu detektieren. Anhand der Detektionsdaten des Kraftsensors 32 kann der Controller 18 die Größe und die Richtung der externen Kraft F, die auf den Roboter einwirkt, und das Teil (zum Beispiel das Handgelenk 28) des Roboters 12, auf das die externe Kraft F wirkt, spezifizieren.

[0011] Der Laseroszillator 16 führt intern eine Laseroszillation in Reaktion auf einen Befehl (wie zum Beispiel einen Laserleistungsbefehl) von dem Controller 18 durch, um einen Laserstrahl LB zu erzeugen. Der Laseroszillator 16 kann ein beliebiger Typ sein, wie zum Beispiel ein Faserlaseroszillator, ein Pulslaseroszillator, ein CO_2-Laseroszillator oder ein Festkörperlaser (YAG-Laser)-Oszillator. Der Laseroszillator 16 schickt den generierten Laserstrahl LB über einen Lichtleitpfad 34 an den Laserbearbeitungskopf 14. Der Lichtleitpfad 34 kann durch eine optische Faser, einen Hohlraum, ein Lichtleitermaterial wie zum Beispiel einen Kristall, einen reflektierenden Spiegel, eine optische Linse oder dergleichen konfiguriert werden.

[0012] Der Controller 18 steuert eine Laseremissionsoperation LO zum Betreiben des Laseroszillators 16, um den Laserstrahl LB von dem Laserbearbeitungskopf 14 zu emittieren, und eine Bewegungsoperation MO zum Betreiben des Roboters 12 so, dass der an dem Roboter 12 angebrachte Laserbearbeitungskopf 14 veranlasst wird, sich in Bezug auf das Werkstück W zu bewegen. Genauer gesagt, wie in **Fig.** 2 veranschaulicht, ist der Controller 18 ein Computer, der einen Prozessor 36, einen Speicher 38 und eine E/A-Schnittstelle 40 aufweist.

[0013] Der Prozessor 36 umfasst eine CPU oder eine GPU, ist über einen Bus 42 kommunikativ mit dem Speicher 38 und der E/A-Schnittstelle 40 verbunden und führt verschiedene arithmetische Verarbeitungen durch, um den später noch beschriebenen Laserprozess auszuführen, während er mit diesen Komponenten kommuniziert. Der Speicher 38 umfasst einen RAM oder einen ROM und speichert vorübergehend oder dauerhaft verschiedene Daten, die bei der durch den Prozessor 36 ausgeführten arithmetischen Verarbeitung verwendet werden, und verschiedene Daten, die während der arithmetischen Verarbeitung generiert werden.

[0014] Die E/A-Schnittstelle 40 umfasst zum Beispiel einen Ethernet™-Port, einen USB-Port, einen Lichtwellenleiterverbinder oder einen HDMI™-Anschluss und kommuniziert Daten drahtgebunden oder drahtlos mit einer externen Vorrichtung gemäß einem Befehl von dem Prozessor 36. Der Roboter 12 (genauer gesagt, der Servomotor 30 und der Kraftsensor 32), der Laserbearbeitungskopf 14 und der Laseroszillator 16 sind kommunikativ mit der E/A-Schnittstelle 40 verbunden.

[0015] Der Controller 18 ist des Weiteren mit einer Eingabevorrichtung 44 und einer Anzeigevorrichtung 46 versehen. Die Eingabevorrichtung 44 umfasst eine Tastatur, eine Maus oder einen Berührungsbildschirm und empfängt Dateneingaben von einem Bediener. Die Anzeigevorrichtung 46 umfasst eine Flüssigkristallanzeige oder eine organische EL-Anzeige und zeigt verschiedene Daten an.

[0016] Die Eingabevorrichtung 44 und die Anzeigevorrichtung 46 sind per Draht oder drahtlos kommunikativ mit der E/A-Schnittstelle 40 verbunden. Es ist zu beachten, dass die Eingabevorrichtung 44 und die Anzeigevorrichtung 46 in das Gehäuse des Controllers 18 integriert sein können oder als beispielsweise ein einzelner Computer (PC oder dergleichen) separat von dem Gehäuse des Controllers 18 bereitgestellt sein können.

[0017] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Controller 18 mit einem Modusauswahlschalter 48 versehen. Der Modusauswahlschalter 48 dient zum Auswählen eines Antriebsmodus DM für den durch den Controller 18 ausgeführten Laserprozess. Wie in **Fig.** 3 veranschaulicht, ist der Modusauswahlschalter 48 in der vorliegenden Ausführungsform dazu eingerichtet, den Antriebsmodus DM zwischen einem manuellen Antriebsmodus DM1, der als „MANUAL“ (manuell) dargestellt ist, und einem automatischen Antriebsmodus DM2, der als „AUTO“ dargestellt ist, umschalten zu können.

[0018] Der Bediener kann den Antriebsmodus DM zwischen dem manuellen Antriebsmodus DM1 und dem automatischen Antriebsmodus DM2 umschalten, indem er den Modusauswahlschalter 48 betätigt. Der manuelle Antriebsmodus DM1 ist der Antriebsmodus DM, in dem der Bediener den Laserbearbeitungskopf 14 mit der Hand ergreift und trägt, den Controller 18 veranlasst, die Laseremissionsoperation LO manuell auszuführen, und den Laserprozess an dem Werkstück W mit dem von dem Laserbearbeitungskopf 14 emittierten Laserstrahl LB manuell durchführt. In diesem manuellen Antriebsmodus DM1 erteilt der Bediener dem Controller 18 manuell einen (später noch beschriebenen) Befehl CM1 zur manuellen Laseremission, und der Prozessor 36 des Controllers 18 führt die Laseremissionsoperation LO in Reaktion auf den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission aus.

[0019] Andererseits ist der automatische Antriebsmodus DM2 ein Antriebsmodus DM, in dem der Prozessor 36 des Controllers 18 automatisch die Laseremissionsoperation LO und die Bewegungsoperation MO gemäß dem im Voraus erstellten Bearbeitungsprogramm PG1 ausführt. Genauer gesagt, generiert der Prozessor 36 sequentiell Befehle an den Laseroszillator 16 gemäß dem Bearbeitungsprogramm PG1, betreibt den Laseroszillator 16 gemäß den Befehlen, und führt automatisch die Laseremissionsoperation LO aus, um den Laserstrahl LB von dem Laserbearbeitungskopf 14 zu emittieren.

[0020] Der Prozessor 36 generiert sequentiell Befehle (Positionsbefehl, Geschwindigkeitsbefehl, Drehmomentbefehl und dergleichen) an den Roboter 12 (genauer gesagt, jeden Servomotor 30) gemäß dem Bearbeitungsprogramm PG1, betreibt den Roboter 12 gemäß den Befehlen, und führt automatisch die Bewegungsoperation MO aus, um den Laserbearbeitungskopf 14 in Bezug auf das Werkstück W zu bewegen. Dieses Bearbeitungsprogramm PG1 wird im Voraus durch den Bediener erstellt und im Speicher 38 gespeichert. **Fig.** 3 veranschaulicht einen Zustand, in dem der automatische Antriebsmodus DM2 („AUTO“) durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist.

[0021] Der Laserbearbeitungskopf 14 ist abnehmbar an dem Handgelenkflansch 28b des Roboters 12 angebracht. Genauer gesagt, wie in **Fig.** 4 veranschaulicht, umfasst der Laserbearbeitungskopf 14 einen Kopfkörper 50, eine Düse 52, ein Anbringungswerkzeug 54, einen Griff 56, eine erste Eingabevorrichtung 58, eine zweite Eingabevorrichtung 60 und einen Distanzmessungssensor 62. Der Kopfkörper 50 ist hohl und nimmt in seinem Inneren optische Komponenten auf, wie zum Beispiel eine optische Linse (Kollimatorlinse, Fokuslinse und dergleichen) und eine Linsenantriebseinheit (zum Beispiel einen Servomotor), die die optische Linse in Reaktion auf einen Befehl von dem Controller 18 verschiebt.

[0022] Die Düse 52 ist hohl und ist am Spitzenendteil des Kopfkörpers 50 bereitgestellt. In der vorliegenden Ausführungsform hat die Düse 52 äußerlich die Form eines Kegelstumpfs, bei der die Querschnittsfläche von dem Basisendteil zu dem Spitzenendteil hin abnimmt, und ein Emissionsport 52a ist an dem Spitzenendteil ausgebildet. Im Inneren der Düse 52 und des Kopfkörpers 50 ist eine Hohlraumkammer gebildet, und ein Hilfsgas AG wird von einer extern bereitgestellten Hilfsgaszufuhrvorrichtung (nicht veranschaulicht) in die Kammer eingeleitet. Der durch den Laseroszillator 16 generierte Laserstrahl LB breitet sich in der Kammer aus und wird

zusammen mit dem Hilfsgas AG aus dem Emissionsport 52a entlang einer optischen Achse A emittiert.

[0023] Das Anbringungswerkzeug 54 ist an dem Kopfkörper 50 bereitgestellt und ist abnehmbar an dem Handgelenkflansch 28b des Roboters 12 angebracht. Als ein Beispiel kann das Anbringungswerkzeug 54 ein Befestigungsmittel, wie zum Beispiel eine Schraube, umfassen und kann durch das Befestigungsmittel an dem Handgelenkflansch 28b befestigt werden. Als ein weiteres Beispiel kann das Anbringungswerkzeug 54 einen Eingriffnahmeteil aufweisen, der abnehmbar mit einem an dem Handgelenkflansch 28b ausgebildeten in Eingriff nehmbaren Teil in Eingriff steht und durch Eingriffnahme zwischen dem in Eingriff nehmbaren Teil und dem Eingriffnahmeteil an dem Handgelenkflansch 28b angebracht oder von diesem abgenommen werden kann. Als ein weiteres Beispiel kann das Anbringungswerkzeug 54 einen Elektromagneten aufweisen und kann durch eine elektromagnetische Kraft, die durch den Elektromagneten generiert wird, angezogen und an dem Handgelenkflansch 28b gehalten werden. Der Laserbearbeitungskopf 14 ist über das Anbringungswerkzeug 54 abnehmbar an dem Handgelenkflansch 28b des Roboters 12 angebracht.

[0024] Der Griff 56 ist an einem Basisendteil des Kopfkörpers 50 so bereitgestellt, dass er durch den Bediener mit einer Hand ergreifbar ist. Der Griff 56 kann einen unebenen Teil aufweisen, der einem Finger einer Hand entspricht, damit der Bediener ihn leicht mit einer Hand greifen kann. Durch Ergreifen des Griffs 56 und Entfernen des Laserbearbeitungskopfes 14 von dem Handgelenkflansch 28b kann der Bediener den Laserbearbeitungskopf 14 tragen.

[0025] Die erste Eingabevorrichtung 58 empfängt eine Eingabeoperation, um den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission an den Controller 18 zu senden. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die erste Eingabevorrichtung 58 einen Druckknopf, einen Schalter oder einen Berührungsbildschirm, mit dem ein Bediener eine Eingabeoperation mit der Hand durchführen kann, und ist an dem Laserbearbeitungskopf 14 (zum Beispiel dem Kopfkörper 50 oder dem Griff 56) bereitgestellt.

[0026] Nach dem Empfangen einer Eingabeoperation (zum Beispiel Drücken der Drucktaste von Hand, Betätigen des Schalters oder eine Berührungsoperation auf dem Berührungsbildschirm) durch den Bediener erteilt die erste Eingabevorrichtung 58 dem Controller 18 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission. Der Befehl CM1 zur manuellen Laseremission kann ein EIN-Signal (oder „1“-Signal) sein.

[0027] Nach dem Empfangen des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission während der Ausführung des manuellen Antriebsmodus DM1 führt der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO in Reaktion auf den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission aus. Auf diese Weise kann der Bediener als den manuellen Antriebsmodus DM1 den Laserprozess an dem Werkstück W durch den von dem Emissionsport 52a des Laserbearbeitungskopfes 14 entlang der optischen Achse A emittierten Laserstrahl LB manuell durchführen, während er den Laserbearbeitungskopf 14 mit der Hand trägt. In der vorliegenden Ausführungsform ist die erste Eingabevorrichtung 58 neben dem Griff 56 bereitgestellt, so dass der Bediener die Eingabeoperation mit einer Hand, die den Griff 56 ergreift, durchführen kann.

[0028] Die zweite Eingabevorrichtung 60 empfängt eine Eingabeoperation zum Senden eines Befehls CM2 zur manuellen Gasemission, um das Hilfsgas AG zu emittieren. Genauer gesagt, umfasst die zweite Eingabevorrichtung 60 einen Druckknopf, einen Schalter oder einen Berührungsbildschirm, mit dem der Bediener eine Eingabeoperation mit einer Hand durchführen kann, und sendet nach dem Empfangen einer Eingabeoperation durch den Bediener den Befehl CM2 zur manuellen Gasemission an den Controller 18. Der Befehl CM1 zur manuellen Gasemission kann ein EIN-Signal (oder „1“-Signal) sein.

[0029] Nach dem Empfangen des Befehls CM2 zur manuellen Gasemission während der Ausführung des manuellen Antriebsmodus DM1 betreibt der Controller 18 die Hilfsgaszufuhrvorrichtung so, dass die Hilfsgaszufuhrvorrichtung veranlasst wird, das Hilfsgas AG dem Laserbearbeitungskopf 14 zuzuführen. Dadurch wird das Hilfsgas AG zusammen mit dem Laserstrahl LB aus dem Emissionsport 52a des Laserbearbeitungskopfes 14, der durch den Bediener mit einer Hand ergriffen wird, emittiert.

[0030] Die zweite Eingabevorrichtung 60 kann dazu eingerichtet sein, den Befehl CM1 zur manuellen Gasemission direkt an die Hilfsgaszufuhrvorrichtung zu senden. In der vorliegenden Ausführungsform ist die zweite Eingabevorrichtung 60, ähnlich der oben beschriebenen ersten Eingabevorrichtung 58, ebenfalls neben dem Griff 56 und der ersten Eingabevorrichtung 58 so bereitgestellt, dass der Bediener die Eingabeoperation mit einer Hand, die den Griff 56 ergreift, durchführen kann.

[0031] Der Distanzmessungssensor 62 misst eine Distanz d zwischen dem Laserbearbeitungskopf 14 (zum Beispiel Emissionsport 52a) und dem Werkstück W, wenn der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 ausführt. Genauer gesagt, ist der Distanzmessungssensor 62 zum Beispiel ein Distanzmessungssensor vom kapazitiven Typ, Infrarot-Typ, Laser-Typ oder Schallwellen-Typ (zum Beispiel ein Ultraschall-Typ).

[0032] Zum Beispiel ist der Distanzmessungssensor 62 im Fall des kapazitiven Typs in dem Kopfkörper 50 (oder der Düse 52) bereitgestellt, um eine Distanz zu einem Objekt zu messen, das sich an einer dem Laserbearbeitungskopf 14 nächstgelegenen Position befindet. Andererseits ist der Distanzmessungssensor 62 im Fall des Infrarot-Typs, Laser-Typs oder Schallwellen-Typs an dem Kopfkörper 50 (oder der Düse 52) so angebracht, dass eine Messrichtung D (mit anderen Worten: die Strahlungsrichtung des Infrarotstrahls, des Lasers oder der Schallwelle), in der die Distanz zu dem Objekt gemessen wird, parallel zur optischen Achse A verläuft. Das heißt, in diesem Fall misst der Distanzmessungssensor 62 die Distanz d zwischen dem Laserbearbeitungskopf 14 (Emissionsport 52a) und dem Werkstück W in Richtung der optischen Achse A.

[0033] Der Distanzmessungssensor 62 misst kontinuierlich (zum Beispiel periodisch) die Distanz d, wenn der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 ausführt. Im automatischen Antriebsmodus DM2 führt der Prozessor 36 des Controllers 18 die Laseremissionsoperation LO aus, wenn die durch den Distanzmessungssensor 62 gemessene Distanz d innerhalb eines zuvor festgelegten zulässigen Bereichs RG liegt, und führt die Laseremissionsoperation LO nicht aus, wenn die Distanz d außerhalb des zulässigen Bereichs RG liegt.

[0034] Der Prozessor 36 stoppt den Betrieb des Roboters 12, wenn die durch den Kraftsensor 32 detektierte äußere Kraft F bei der Ausführung der Bewegungsoperation MO im automatischen Antriebsmodus DM2 eine zuvor festgelegte Schwelle F_{th} überschreitet. Dies kann den Roboter 12 nothaltartig stoppen, wenn der Roboter 12 in der Bewegungsoperation MO mit einem umgebenden Objekt (zum Beispiel dem Bediener) kollidiert.

[0035] Wie oben beschrieben, ist der Laserbearbeitungskopf 14 in der vorliegenden Ausführungsform dazu eingerichtet, in der Lage zu sein, eine Laseremissionsoperation im manuellen Antriebsmodus DM1, in dem der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO gemäß dem Befehl CM1 zur manuellen Laseremission ausführt, und im automatischen Antriebsmodus DM2, in dem der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO gemäß dem Bearbeitungsprogramm PG1 automatisch ausführt, durchzuführen.

[0036] Um sowohl im manuellen Antriebsmodus DM1 als auch im automatischen Antriebsmodus DM2, wie oben beschrieben, verwendet werden zu können, umfasst der Laserbearbeitungskopf 14 die erste Eingabevorrichtung 58, die eine Eingabeoperation empfängt, um den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission an Controller 18 zu senden, und den Distanzmessungssensor 62, der die Distanz d zwischen dem Laserbearbeitungskopf 14 und dem Werkstück W misst, wenn der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 ausführt.

[0037] Gemäß dieser Konfiguration kann der Bediener den Laserprozess ausführen, während er in Reaktion auf den Fortschritt des Laserprozesses frei zwischen dem manuellen Antriebsmodus DM1 und dem automatischen Antriebsmodus DM2 wechseln kann. Dadurch können verschiedene Laserprozesse ausgeführt werden. Im manuellen Antriebsmodus DM1 kann der Bediener durch Betätigen der ersten Eingabevorrichtung 58 die Laseremissionsoperation LO manuell steuern, und andererseits kann der Controller 18 im automatischen Antriebsmodus DM2 die Laseremissionsoperation LO automatisch auf der Grundlage der durch den Distanzmessungssensor 62 gemessenen Distanz d steuern. Darum kann die Sicherheit der Arbeit des Laserprozesses gewährleistet werden.

[0038] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die erste Eingabevorrichtung 58 einen Druckknopf, einen Schalter oder einen Berührungsbildschirm, mit dem ein Bediener eine Eingabeoperation mit der Hand durchführen kann. Gemäß dieser Konfiguration kann der Bediener den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission mit einer einfachen Operation im manuellen Antriebsmodus DM1 an den Controller 18 senden.

[0039] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst der Laserbearbeitungskopf 14 des Weiteren die zweite Eingabevorrichtung 60, die eine Eingabeoperation zum Senden eines Befehls CM2 zur manuellen Gasemission empfängt, um das Hilfsgas AG zu emittieren. Gemäß dieser Konfiguration kann der Bediener die Emission des Hilfsgases AG im manuellen Antriebsmodus DM1 auch manuell steuern.

[0040] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst der Laserbearbeitungskopf 14 des Weiteren das abnehmbar an dem Roboter 12 angebrachte Anbringungswerkzeug 54 (insbesondere den Handgelenkflansch 28b), das sich an dem Laserbearbeitungskopf 14 bewegt, und den Griff 56, der von dem Bediener mit einer Hand ergriffen werden kann. Außerdem ist die erste Eingabevorrichtung 58 neben dem Griff 56 so bereitgestellt, dass die eine Hand, die den Griff 56 ergreift, die Eingabeoperation durchführen kann.

[0041] Gemäß dieser Konfiguration kann der Bediener die Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 auf einfache Weise ausführen, indem er das Anbringungswerkzeug 54 betätigt, um den Laserbearbeitungskopf 14 von dem Roboter 12

zu entfernen, während er den Griff 56 mit einer Hand ergreift und die erste Eingabevorrichtung 58 mit der einen Hand bedient.

[0042] Andererseits kann der Bediener die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 auf einfache Weise ausführen, indem er den Laserbearbeitungskopf 14 über das Anbringungswerkzeug 54 an dem Roboter 12 anbringt. Dies ermöglicht dem Bediener einen reibungsloseren und einfacheren Wechsel zwischen dem manuellen Antriebsmodus DM1 und dem automatischen Antriebsmodus DM2.

[0043] Es ist zu beachten, dass die erste Eingabevorrichtung 58 nicht auf einen Druckknopf, einen Schalter oder einen Berührungsbildschirm beschränkt ist, sondern auch ein Fußpedal oder einen Fußschalter haben kann, mit dem ein Bediener eine Eingabeoperation mit einem Fuß vornehmen kann. Eine solche Konfiguration ist in **Fig.** 5 veranschaulicht. In einem in **Fig.** 5 veranschaulichten Laserbearbeitungskopf 14' umfasst eine erste Eingabevorrichtung 58' ein Fußpedal oder einen Fußschalter und ist von dem Kopfkörper 50 getrennt bereitgestellt.

[0044] Die erste Eingabevorrichtung 58' ist elektrisch mit einer elektronischen Komponente (zum Beispiel einem Prozessor, wie unten noch beschrieben wird) verbunden, die im Inneren des Kopfkörpers 50 aufgenommen ist. Nach dem Empfangen einer Eingabeoperation (zum Beispiel Treten auf Fußpedal mit einem Fuß oder Schalten des Fußschalters) durch den Bediener sendet die erste Eingabevorrichtung 58' den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission über die elektronische Komponente in dem Kopfkörper 50 an den Controller 18.

[0045] Es ist zu beachten, dass die ersten Eingabevorrichtungen 58 und 58' nicht auf einen Druckknopf, einen Schalter, einen Berührungsbildschirm, ein Fußpedal oder einen Fußschalter beschränkt sind, sondern jede beliebige Art von Eingabevorrichtung sein können. Zum Beispiel können die ersten Eingabevorrichtungen 58 und 58' ein Mikrofon, das die Stimme des Bedieners detektiert, und eine Sprachanalyseeinheit, die die Stimme analysiert, aufweisen. In diesem Fall empfangen die ersten Eingabevorrichtungen 58 und 58' eine Spracheingabeoperation durch den Bediener und senden den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission an den Controller 18.

[0046] Die zweite Eingabevorrichtung 60 kann von dem Laserbearbeitungskopf 14 oder 14' weggelassen werden. In diesem Fall kann die zweite Eingabevorrichtung 60 an dem Controller 18 bereitgestellt werden. Alternativ kann auch die oben beschriebene Eingabevorrichtung 44 als die zweite Eingabevorrichtung 60 fungieren. In diesem Fall kann der Bediener durch Betätigen der Eingabevorrichtung 44 die Hilfsgaszufuhrvorrichtung betätigen, um dem Laserbearbeitungskopf 14 oder 14' das Hilfsgas AG zuzuführen.

[0047] Der oben beschriebene Griff 56 kann weggelassen werden, und der Bediener kann zum Beispiel den Kopfkörper 50 greifen und den Laserbearbeitungskopf 14 oder 14' tragen. Die erste Eingabevorrichtung 58 kann an einer beliebigen Position des Laserbearbeitungskopfes 14 oder 14' bereitgestellt sein, und der Griff 56 und die erste Eingabevorrichtung 58 können so angeordnet sein, dass der Bediener den Griff 56 (oder den Kopfkörper 50) mit einer Hand ergreifen und die erste Eingabevorrichtung 58 mit der anderen Hand bedienen kann.

[0048] Als nächstes wird ein Laserbearbeitungskopf 64 gemäß einer anderen Ausführungsform unter Bezug auf **Fig.** 6 und 7 beschrieben. Der Laserbearbeitungskopf 64 ist anstelle des oben beschriebenen Laserbearbeitungskopfes 14 in dem Laserbearbeitungssystem 10 verwendbar und kann abnehmbar an dem Handgelenkflansch 28b des Roboters 12 angebracht werden. Der Laserbearbeitungskopf 64 unterscheidet sich von dem oben beschriebenen Laserbearbeitungskopf 14 in der folgenden Konfiguration.

[0049] Genauer gesagt, umfasst der Laserbearbeitungskopf 64 des Weiteren den Modusauswahlschalter 48, eine Kontaktdetektionsvorrichtung 66 und einen Prozessor 68. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Modusauswahlschalter 48 integral mit dem Kopfkörper 50 bereitgestellt und kann zwischen dem manuellen Betriebsmodus DM1 und dem automatischen Betriebsmodus DM2, ähnlich wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform, umgeschaltet werden.

[0050] Die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert, ob der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W in Kontakt oder nicht in Kontakt sind. Genauer gesagt, weist die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 ein leitfähiges Kabel 66a und einen Widerstandssensor 66b auf (**Fig.** 7). Das leitfähige Kabel 66a ist an einem Ende elektrisch mit dem Kopfkörper 50 des Laserbearbeitungskopfes 64 verbunden und ist am anderen Ende elektrisch mit dem Werkstück W verbunden, wodurch der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W elektrisch verbunden werden.

[0051] Dabei ist in der vorliegenden Ausführungsform mindestens ein Teil des Kopfkörpers 50 und der Düse 52 des Laserbearbeitungskopfes 64 aus einem leitfähigen Material (zum Beispiel Metall) hergestellt. Das Werkstück W ist aus Metall (zum Beispiel Eisen oder Kupfer) hergestellt. Daher bilden das Werkstück W, der Kopfkörper 50 und die Düse 52 des Laserbearbeitungskopfes 64 und das leitfä-

hige Kabel 66a einen geschlossenen Stromkreis 70, wenn das Spitzenende der Düse 52 des Laserbearbeitungskopfes 64 mit dem Werkstück W in Kontakt kommt, wie in **Fig.** 8 veranschaulicht.

[0052] Der Widerstandssensor 66b misst einen Widerstand R des geschlossenen Stromkreises 70 durch Anlegen einer Spannung an den geschlossenen Stromkreis 70. Wie in **Fig.** 8 veranschaulicht, ist der durch den Widerstandssensor 66b gemessene Widerstand R ein extrem kleiner Wert R_0 ($R_0 \approx 0$), wenn der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W miteinander in Kontakt sind. Andererseits ist der durch den Widerstandssensor 66b gemessene Widerstand R ein extrem großer Wert R_1 ($R_1 \approx \infty >> R_0$), wenn der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W nicht in Kontakt miteinander sind (das heißt, wenn das Spitzenende der Düse 52 von dem Werkstück W getrennt ist).

[0053] Die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 kann anhand des durch den Widerstandssensor 66b gemessenen Widerstands R detektieren, ob der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W in Kontakt oder nicht in Kontakt sind. Der Widerstandssensor 66b übermittelt an den Prozessor 68, als Detektionsdaten DD, Messdaten des gemessenen Widerstands R oder Kontaktbestimmungsdaten, die einen Kontakt oder Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W angeben. Der Prozessor 68 kann anhand der Detektionsdaten DD des Widerstandssensors 66b bestimmen, ob der Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W in Kontakt oder nicht in Kontakt sind. Der Widerstandssensor 66b kann in den Kopfkörper 50 integriert sein.

[0054] Unter Bezug auf **Fig.** 7 umfasst der Prozessor 68 eine CPU oder eine GPU und ist in den Kopfkörper 50 integriert. Der Prozessor 68 ist über einen Bus (oder eine Kommunikationsleitung) 72 kommunikativ mit dem Modusauswahlschalter 48, der ersten Eingabevorrichtung 58, der zweiten Eingabevorrichtung 60, dem Distanzmessungssensor 62 und dem Widerstandssensor 66b verbunden.

[0055] Dabei fungiert der Prozessor 68 in der vorliegenden Ausführungsform als eine Befehlssperreinheit 74 und sperrt den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission, der von der ersten Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18 gesendet wird, wenn eine Bedingung CD für das Ausführen der Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 nicht erfüllt ist. Die Funktion der Befehlssperreinheit 74 wird unter Bezug auf **Fig.** 9 und 10 beschrieben.

[0056] **Fig.** 9 veranschaulicht schematisch einen Zustand, in dem die Befehlssperreinheit 74 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission sperrt. Genauer gesagt, wird der durch die erste Eingabevorrichtung 58 gesendete Befehl CM1 zur manuellen Laseremission über eine Kommunikationsleitung 76 an den Controller 18 gesendet, und die Kommunikationsleitung 76 ist mit einer Sperrschaltung 78 versehen.

[0057] Die Sperrschaltung 78 umfasst zum Beispiel einen Schalter 78a (Relais oder dergleichen), der elektronisch gesteuert werden kann und in den Kopfkörper 50 des Laserbearbeitungskopfes 64 integriert ist. Die Befehlssperreinheit 74 sperrt den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission oder erlaubt die Übertragung des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission durch Öffnen/Schließen des Schalters 78a der Sperrschaltung 78 gemäß der zuvor festgelegten Bedingung CD.

[0058] Zum Beispiel umfasst die Bedingung CD für das Ausführen der Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 eine erste Bedingung CD1, dass der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt wurde, und eine zweite Bedingung CD2, dass der Laserbearbeitungskopf 64 mit dem Werkstück W in Kontakt ist.

[0059] Wenn die erste Bedingung CD1 oder die zweite Bedingung CD2 nicht erfüllt ist, so öffnet die Befehlssperreinheit 74 den Schalter 78a der Sperrschaltung 78, wie in **Fig.** 9 veranschaulicht, und sperrt dadurch den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission. Wenn hingegen die erste Bedingung CD1 und die zweite Bedingung CD2 erfüllt sind, wie in **Fig.** 10 veranschaulicht, so schließt die Befehlssperreinheit 74 den Schalter 78a der Sperrschaltung 78, wodurch die Übertragung des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission gestattet wird.

[0060] Auf diese Weise fungiert der Prozessor 68 als die Befehlssperreinheit 74 und betätigt die Sperrschaltung 78, um in Reaktion auf die Bedingung CD den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission zu sperren oder die Übertragung des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission zu erlauben. Es ist zu beachten, dass die Sperrschaltung 78 (Schalter 78a) durch eine analoge Schaltung konfiguriert werden kann oder durch eine digitale Schaltung konfiguriert werden kann, die durch eine durch den Prozessor 68 ausgeführte Signalverarbeitung implementiert wird. Die in **Fig.** 9 und 10 veranschaulichte Sperrschaltung 78 ist ein Beispiel und kann durch jede beliebige Schaltung konfiguriert werden.

[0061] Als Nächstes wird die Funktion des Laserbearbeitungskopfes 64 unter Bezug auf **Fig.** 11 beschrieben. Nach dem Empfangen eines Betriebsstartbefehls von dem Controller 18 startet der Prozessor 68 des Laserbearbeitungskopfes 64 den in **Fig.** 11 gezeigten Fluss. In Schritt S1 bestimmt der

Prozessor 68, ob der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist oder nicht. Wenn der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist, bestimmt der Prozessor 68 JA und geht zu Schritt S2 über, und wenn er NEIN bestimmt, so geht der Prozessor zu Schritt S3 über.

[0062] In Schritt S2 führt der Prozessor 68 den Fluss des manuellen Antriebsmodus DM1 aus. Dieser Schritt S2 wird unter Bezug auf **Fig.** 12 beschrieben. An dem Startzeitpunkt von Schritt S2 kann der Prozessor 68 den Schalter 78a der Sperrschaltung 78 öffnen, wie in **Fig.** 9 veranschaulicht, oder kann den Schalter 78a schließen, wie in **Fig.** 10 veranschaulicht.

[0063] Nach dem Start von Schritt S2 sendet der Prozessor 68 in Schritt S11 einen Befehl CM3 zum Umschalten in den manuellen Antriebsmodus an den Controller 18. Nach dem Empfangen des Befehls CM3 zum Umschalten in den manuellen Antriebsmodus schaltet der Prozessor 36 (**Fig.** 2) des Controllers 18 den Antriebsmodus DM in den manuellen Antriebsmodus DM1 um.

[0064] Nach dem Umschalten in den manuellen Antriebsmodus DM1 wird der Prozessor 36 des Controllers 18 in einen Zustand gebracht, in dem er in der Lage ist, den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission zu empfangen, und weist einen Befehl CM4 zum automatischen Antriebsstart, die Laseremissionsoperation LO und die Bewegungsoperation MO im automatischen Antriebsmodus DM2 zu starten, zurück. In Schritt S11 kann der Modusauswahlschalter 48 den Befehl CM3 zum Umschalten in den manuellen Antriebsmodus an den Controller 18 übermitteln. Der Befehl CM3 zur manuellen Gasemission kann ein EIN-Signal (oder „1“-Signal) sein.

[0065] In Schritt S12 startet der Prozessor 68 eine Operation zum Detektieren eines Kontakts oder Nicht-Kontakts zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66. Genauer gesagt, veranlasst der Prozessor 68 den Widerstandssensor 66b, den Widerstand R zu messen, und startet eine Operation zum kontinuierlichen (zum Beispiel periodischen) Erfassen der Detektionsdaten DD von dem Widerstandssensor 66b.

[0066] In Schritt S13 bestimmt der Prozessor 68, ob die erste Eingabevorrichtung 58 eine Eingabeoperation zum Senden des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission empfangen hat oder nicht. Der Prozessor 68 bestimmt JA, wenn die erste Eingabevorrichtung 58 die Eingabeoperation durch den Bediener empfangen hat, und geht zu Schritt S14 über, und geht zu Schritt S20 über, wenn er NEIN bestimmt.

[0067] In Schritt S14 bestimmt der Prozessor 68, ob der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist oder nicht (das heißt, ob die Bedingung CD1 erfüllt ist), ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S 1. Wenn er JA bestimmt, so geht der Prozessor 68 zu Schritt S15 über; wenn er hingegen NEIN bestimmt (das heißt, der Modusauswahlschalter 48 ist auf den automatischen Antriebsmodus DM2 umgeschaltet, und die Bedingung CD1 ist nicht erfüllt), so geht der Prozessor 68 zu Schritt S18 über.

[0068] In Schritt S15 bestimmt der Prozessor 68, ob der Laserbearbeitungskopf 64 in Kontakt mit dem Werkstück W ist oder nicht (das heißt, ob die Bedingung CD2 erfüllt ist). Genauer gesagt, bestimmt der Prozessor 68 auf der Grundlage der jüngsten von dem Widerstandssensor 66b erfassten Detektionsdaten DD, ob ein Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert wurde oder nicht.

[0069] Wenn der Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W detektiert wurde, bestimmt der Prozessor 68 JA und geht zu Schritt S16 über. Wenn hingegen kein Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W detektiert wurde (das heißt, wenn die Bedingung CD2 nicht erfüllt ist), bestimmt der Prozessor NEIN und geht zu Schritt S19 über.

[0070] In Schritt S16 erlaubt der Prozessor 68 das Senden des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission durch die erste Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18. Genauer gesagt, fungiert der Prozessor 68 als die Befehlssperreinheit 74 und betätigt die Sperrschaltung 78, um den Schalter 78a zu schließen, wie in **Fig.** 10 veranschaulicht.

[0071] Dadurch kann die erste Eingabevorrichtung 58 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission in Reaktion auf die in Schritt S13 empfangene Eingabeoperation des Bedieners über die Kommunikationsleitung 76 an den Controller 18 senden. Der Prozessor 36 des Controllers 18 führt die Laseremissionsoperation LO in Reaktion auf den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission von der ersten Eingabevorrichtung 58 aus, und infolge dessen wird der Laserstrahl LB von dem Emissionsport 52a des Laserbearbeitungskopfes 64 emittiert. Somit kann der Bediener manuell einen Laserprozess an dem Werkstück W durchführen.

[0072] In Schritt S 17 bestimmt der Prozessor 68, ob ein Operationsbeendigungsbefehl von dem Controller 18 empfangen wird oder nicht. Wenn der Operationsbeendigungsbefehl empfangen wird, bestimmt der Prozessor 68 JA und beendet den Fluss von Schritt S2, wodurch der in **Fig.** 11 gezeigte Fluss

beendet wird. Wenn hingegen NEIN bestimmt wird, so kehrt der Prozessor 68 zu Schritt S13 zurück. Wenn in Schritt S17 JA bestimmt wird, so kann der Prozessor 68 als die Befehlssperreinheit 74 fungieren und die Sperrschaltung 78 betätigen, um den Schalter 78a zu öffnen.

[0073] Wenn hingegen in Schritt S14 NEIN bestimmt wird, so sperrt der Prozessor 68 in Schritt S18 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission, der von der ersten Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18 gesendet wird. Genauer gesagt, fungiert der Prozessor 68 als die Befehlssperreinheit 74 und betätigt die Sperrschaltung 78, um den Schalter 78a zu öffnen, wie in **Fig.** 9 veranschaulicht.

[0074] Dadurch wird der Befehl CM1 zur manuellen Laseremission, der von der ersten Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18 gesendet wird, gesperrt, und der Prozessor 36 des Controllers 18 führt die Laseremissionsoperation LO nicht aus. Nach Schritt S18 geht der Prozessor 68 des Laserbearbeitungskopfes 64 zu Schritt S3 in **Fig.** 11 über.

[0075] Wenn hingegen in Schritt S15 NEIN bestimmt wird, so fungiert der Prozessor 68 in Schritt S19 als die Befehlssperreinheit 74, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S18, und sperrt den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission, der von der ersten Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18 gesendet wird. Dann kehrt der Prozessor 68 zu Schritt S13 zurück.

[0076] Wenn in Schritt S13 NEIN bestimmt wird, so bestimmt der Prozessor 68 in Schritt S20, ob der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt wurde oder nicht, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S14. Der Prozessor 68 geht zu Schritt S17 über, wenn er JA bestimmt, und geht zu Schritt S3 in **Fig.** 11 über, wenn er NEIN bestimmt.

[0077] Da also der Prozessor 68 in den Schritten S13 bis S15 JA bestimmt und in Schritt S17 NEIN bestimmt, erlaubt er in Schritt S16 kontinuierlich das Senden des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission. Dies ermöglicht es dem Bediener, den manuellen Laserprozess fortzusetzen, während er eine Eingabeoperation an der ersten Eingabevorrichtung 58 durchführt.

[0078] Wenn hingegen in Schritt S13 JA bestimmt wird und dann in Schritt S14 oder S15 NEIN bestimmt wird, so sperrt der Prozessor 68 in Schritt S18 oder S19 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission. Infolge dessen wird die Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 verboten.

[0079] Unter erneutem Bezug auf **Fig.** 11 führt der Prozessor 68, wenn er in Schritt S1 NEIN bestimmt hat (alternativ nach dem Bestimmen von NEIN in Schritt S20 in **Fig.** 12 oder nach der Ausführung von Schritt S18), den Fluss des automatischen Antriebsmodus DM2 in Schritt S3 aus. Dieser Schritt S3 wird unter Bezug auf **Fig.** 13 beschrieben. An dem Startzeitpunkt von Schritt S3 kann der Prozessor 68 den Schalter 78a der Sperrschaltung 78 öffnen, wie in **Fig.** 9 veranschaulicht.

[0080] Nach dem Start von Schritt S3 sendet der Prozessor 68 in Schritt S21 einen Befehl CM5 zum Umschalten in den automatischen Antriebsmodus an den Controller 18. Nach dem Empfangen des Befehls CM5 zum Umschalten in den automatischen Antriebsmodus schaltet der Prozessor 36 (**Fig.** 2) des Controllers 18 den Antriebsmodus DM in den automatischen Antriebsmodus DM2 um. In Schritt S21 kann der Modusauswahlschalter 48 den Befehl CM5 zum Umschalten in den automatischen Antriebsmodus an den Controller 18 übermitteln. Der Befehl CM5 zum Umschalten in den automatischen Antriebsmodus kann ein AUS-Signal (oder „0“-Signal) sein.

[0081] Nach dem Umschalten in den automatischen Antriebsmodus DM2 wird der Prozessor 36 des Controllers 18 in einen Zustand gebracht, in dem er in der Lage ist, den Befehl CM4 zum automatischen Antriebsstart zu empfangen, und weist den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission von dem Laserbearbeitungskopf 64 zurück. Zum Beispiel führt der Prozessor 36 nach dem Empfangen des Befehls CM4 zum automatischen Antriebsstart von dem Bediener über die Eingabevorrichtung 44 automatisch die Laseremissionsoperation LO und die Bewegungsoperation MO im automatischen Antriebsmodus DM2 gemäß dem Bearbeitungsprogramm PG1 aus.

[0082] In Schritt S22 startet der Prozessor 68 eine Operation zum Erfassen der durch den Distanzmessungssensor 62 gemessenen Distanz d. Genauer gesagt, betreibt der Prozessor 68 den Distanzmessungssensor 62 so, dass er kontinuierlich (zum Beispiel periodisch) die Distanz d zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W misst. Der Prozessor 68 erfasst kontinuierlich (zum Beispiel periodisch) die durch den Distanzmessungssensor 62 gemessene Distanz d.

[0083] In Schritt S23 bestimmt der Prozessor 68, ob die jüngste von dem Distanzmessungssensor 62 erfasste Distanz d innerhalb des zuvor festgelegten zulässigen Bereichs RG liegt oder nicht. Zum Beispiel kann der zulässige Bereich RG als ein Bereich von $d \leq d_{th}$ (zum Beispiel $d_{th} = 3$ [mm]) definiert sein, oder kann als ein Bereich von $[d_{th1}, d_{th2}]$ (zum Beispiel $d_{th1} = 0{,}1$ [mm], $dt_{h2} = 3$ [mm]) (das heißt, d_{th1}

$\leq d \leq d_{th2}$) definiert sein. Wenn die Distanz d innerhalb des zulässigen Bereichs RG liegt, so bestimmt der Prozessor 68 JA und geht zu Schritt S25 über. Wenn die Distanz d hingegen außerhalb des zulässigen Bereichs RG liegt, so bestimmt der Prozessor 68 NEIN und geht zu Schritt S24 über.

[0084] In Schritt S24 sendet der Prozessor 68 einen Laseremissionsverbotsbefehl CM6 an den Controller 18. Der Laseremissionsverbotsbefehl CM6 ist ein Befehl, um es dem Prozessor 36 des Controllers 18 zu verbieten, die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 durchzuführen. Nach dem Empfangen des Laseremissionsverbotsbefehls CM6 stoppt der Prozessor 36 des Controllers 18 die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM1 (oder startet sie nicht).

[0085] Wie oben beschrieben, fungiert der Prozessor 68 des Laserbearbeitungskopfes 64 in der vorliegenden Ausführungsform als die Befehlssendeeinheit 80 (**Fig.** 7), die den Laseremissionsverbotsbefehl CM6 an den Controller 18 sendet. Der Laseremissionsverbotsbefehl CM6 kann ein AUS-Signal (oder „0“-Signal) sein.

[0086] Nach dem Schritt S24 kehrt der Prozessor 68 zu Schritt S23 zurück. Wenn also der Prozessor 68 in Schritt S23 NEIN bestimmt, so sendet er in Schritt S24 den Laseremissionsverbotsbefehl CM6, wodurch es dem Controller 18 verboten wird, die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 auszuführen.

[0087] Andererseits fungiert der Prozessor 68, wenn er in Schritt S23 JA bestimmt, in Schritt S25 als die Befehlssendeeinheit 80 und sendet einen Laseremissionserlaubnisbefehl CM7 an den Controller 18. Der Laseremissionserlaubnisbefehl CM7 ist ein Befehl, der es dem Prozessor 36 des Controllers 18 erlaubt, die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 auszuführen.

[0088] Nach dem Empfangen des Laseremissionserlaubnisbefehls CM7 kann der Prozessor 36 des Controllers 18 die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM1 in Reaktion auf den Befehl CM4 zum automatischen Antriebsstart ausführen. Der Laseremissionserlaubnisbefehl CM7 kann ein EIN-Signal (oder ein „1“-Signal) sein.

[0089] In Schritt S26 bestimmt der Prozessor 68, ob der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt wurde oder nicht, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S14. Der Prozessor 68 geht zu Schritt S28 über, wenn er JA bestimmt, und geht zu Schritt S27 über, wenn er NEIN bestimmt.

[0090] In Schritt S27 bestimmt der Prozessor 68, ob ein Operationsbeendigungsbefehl empfangen wurde oder nicht, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S17. Wenn JA bestimmt wird, so beendet der Prozessor 68 den Fluss von Schritt S3 und beendet somit den in **Fig.** 11 gezeigten Fluss. Wenn hingegen NEIN bestimmt wird, so kehrt der Prozessor 68 zu Schritt S23 zurück.

[0091] Wenn hingegen in Schritt S26 JA bestimmt wird, so sendet der Prozessor 68 in Schritt S28 den Laseremissionsverbotsbefehl CM6 an den Controller 18, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S24. Dann geht der Prozessor 68 zu Schritt S2 in **Fig.** 11 über.

[0092] Wie oben beschrieben, umfasst der Laserbearbeitungskopf 64 in der vorliegenden Ausführungsform des Weiteren die Befehlssperreinheit 74, die den von der ersten Eingabevorrichtung 58 an den Controller 18 gesendeten Befehl CM1 zur manuellen Laseremission sperrt, wenn die Bedingung CD (CD1 oder CD2) zum Ausführen der Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 nicht erfüllt ist (das heißt, wenn in Schritt S14 oder S15 NEIN bestimmt wird).

[0093] Wenn die Bedingung CD zur Gewährleistung der Sicherheit des Bedieners im manuellen Antriebsmodus DM1 nicht erfüllt ist, so ist es gemäß dieser Konfiguration möglich zu verbieten, dass der Laserstrahl LB von dem Laserbearbeitungskopf 64 emittiert wird, indem der Befehl CM1 zur manuellen Laseremission gesperrt wird. Dies kann die Sicherheit des Bedieners im manuellen Antriebsmodus DM1 zuverlässig gewährleisten.

[0094] In der vorliegenden Ausführungsform weist der Laserbearbeitungskopf 64 des Weiteren den Modusauswahlschalter 48 auf, der in der Lage ist, den manuellen Antriebsmodus DM1 oder den automatischen Antriebsmodus DM2 auszuwählen. Die Bedingung CD umfasst die erste Bedingung CD1, dass der manuelle Antriebsmodus DM1 durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist.

[0095] Wenn der manuelle Betriebsmodus DM1 nicht durch den Modusauswahlschalter 48 ausgewählt ist (in Schritt S14 wird NEIN bestimmt), so sperrt die Befehlssperreinheit 74 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission (Schritt S18). Gemäß dieser Konfiguration ist es erforderlich, dass der Bediener, um einen Laserprozess im manuellen Betriebsmodus DM durchzuführen, den Modusauswahlschalter 48 manuell in den manuellen Betriebsmodus DM1 umschaltet. Daher kann eine unbeabsichtigte Ausführung der Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM vermieden werden.

[0096] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst der Laserbearbeitungskopf 64 des Weiteren die Kontaktdetektionsvorrichtung 66, die einen Kontakt oder Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W detektiert. Die Bedingung CD umfasst die zweite Bedingung CD2, dass der Laserbearbeitungskopf 64 in Kontakt mit dem Werkstück W ist. Wenn hingegen ein Nicht-Kontakt durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert wird (wenn in Schritt S15 NEIN bestimmt wird), so sperrt die Befehlssperreinheit 74 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission (Schritt S19).

[0097] Gemäß dieser Konfiguration wird, wenn die Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM ausgeführt wird, der Laserbearbeitungskopf 64 von dem Werkstück W getrennt, und es kann verhindert werden, dass der Laserstrahl LB von dem Laserbearbeitungskopf 64 in eine unbeabsichtigte Richtung (zum Beispiel in die Richtung des Bedieners) emittiert wird. Dies kann die Sicherheit des Bedieners im manuellen Antriebsmodus DM1 zuverlässiger gewährleisten.

[0098] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 das leitfähige Kabel 66a, das den Laserbearbeitungskopf 64 und das Werkstück W elektrisch verbindet, und den Widerstandssensor 66b, der den Widerstand R des Werkstücks W, des Laserbearbeitungskopfes 64 in Kontakt mit dem Werkstück W und des durch das leitfähige Kabel 66a gebildeten geschlossenen Stromkreises 70 misst.

[0099] Somit ist die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 dazu eingerichtet, den Kontakt oder Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W auf der Grundlage des durch den Widerstandssensor 66b gemessenen Widerstands R zu detektieren. Gemäß dieser Konfiguration kann der Kontakt oder Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W schnell und zuverlässig mit einer relativ einfachen Konfiguration detektiert werden.

[0100] In der vorliegenden Ausführungsform umfasst der Laserbearbeitungskopf 64 des Weiteren die Befehlssendeeinheit 80, die den Laseremissionsverbotsbefehl CM6 an den Controller 18 sendet, um den Controller 18 zu veranlassen, die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 zu verbieten, wenn die durch den Distanzmessungssensor 62 gemessene Entfernung d außerhalb des zuvor festgelegten zulässigen Bereichs RG liegt (das heißt, wenn in Schritt S23 NEIN bestimmt wird).

[0101] Wenn sich das Werkstück W zum Zeitpunkt der Ausführung der Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 nicht in einer zweckdienlichen Position in Bezug auf den Laserbearbeitungskopf 64 befindet, so kann gemäß dieser Konfiguration die Laseremissionsoperation LO verhindert werden. Dies kann die Sicherheit der im automatischen Antriebsmodus DM2 ausgeführten Laserprozessarbeiten erhöhen.

[0102] Der Modusauswahlschalter 48 kann von dem Laserbearbeitungskopf 64 weggelassen werden, und der Modusauswahlschalter 48 kann - wie in der in **Fig.** 1 veranschaulichten Ausführungsform - an dem Controller 18 bereitgestellt sein. Die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 kann von dem Laserbearbeitungskopf 64 weggelassen werden. In diesem Fall können die Schritte S15 und S19 aus dem in **Fig.** 12 gezeigten Fluss weggelassen werden. Es ist zu beachten, dass die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 nicht auf die Form, die das leitfähige Kabel 66a und den Widerstandssensor 66b aufweist, beschränkt ist, sondern jeden beliebigen Sensor umfassen kann, wie zum Beispiel einen Näherungssensor, der in der Lage ist, einen Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 64 und dem Werkstück W zu detektieren.

[0103] Die Befehlssendeeinheit 80 kann von dem Laserbearbeitungskopf 64 weggelassen werden. In diesem Fall kann der Prozessor 68 (alternativ der Distanzmessungssensor 62) des Laserbearbeitungskopfes 64 Messdaten der durch den Distanzmessungssensor 62 gemessenen Distanz d an den Controller 18 übermitteln. Dann kann der Prozessor 36 des Controllers 18 auf der Grundlage der Messdaten bestimmen, ob die Laseremissionsoperation LO im automatischen Antriebsmodus DM2 ausgeführt werden kann oder nicht.

[0104] Der Prozessor 36 des Controllers 18 kann kontinuierlich (zum Beispiel periodisch) die Messdaten der Distanz d von dem Distanzmessungssensor 62 erfassen, während er die Laseremissionsoperation LO und die Bewegungsoperation MO im automatischen Antriebsmodus DM2 ausführt. Dann kann der Prozessor 36 auf der Grundlage der erfassten Messdaten eine Spaltsteuerung ausführen, um die Distanz d zwischen dem Laserbearbeitungskopf 14 und dem Werkstück W auf eine zuvor festgelegte Zieldistanz d_0 zu steuern. Der Zieldistanz d_0 kann im Voraus als ein Wert innerhalb des oben beschriebenen zulässigen Bereichs RG bestimmt werden.

[0105] Als Nächstes wird ein Laserbearbeitungskopf 84 gemäß einer weiteren Ausführungsform unter Bezug auf **Fig.** 14 beschrieben. Der Laserbearbeitungskopf 84 ist anstelle des oben beschriebenen Laserbearbeitungskopfes 64 in dem Laserbearbeitungssystem 10 verwendbar. Der Laserbearbeitungskopf 84 unterscheidet sich dadurch, dass er außerdem den oben beschriebenen Laserbearbeitungskopf 64 und eine Zeitmesseinheit 86 aufweist. Die Zeitmesseinheit 86 ist in den Kopfkörper 50

zusammen mit beispielsweise dem Prozessor 68 und dem Widerstandssensor 66b integriert und misst die verstrichene Zeit t ab einem gewissen Zeitpunkt.

[0106] Als Nächstes wird der durch den Laserbearbeitungskopf 84 ausgeführte Schritt S2 unter Bezug auf **Fig.** 15 beschrieben. Der Prozessor 68 des Laserbearbeitungskopfes 84 führt den in **Fig.** 15 gezeigten Fluss als Schritt S2 in **Fig.** 11 aus. Es ist zu beachten, dass in dem in **Fig.** 15 gezeigten Fluss Prozesse, die denen in dem in **Fig.** 12 gezeigten Fluss ähneln, mit den gleichen Schrittnummern bezeichnet sind, und auf eine redundante Beschreibung wird verzichtet.

[0107] Hier stellt der Prozessor 68 in der vorliegenden Ausführungsform im Voraus eine Bereitschaftszeit t_{th} ab einem Zeitpunkt t_0, an dem ein Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 84 und dem Werkstück W durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert wird (das heißt, in Schritt S15 wird NEIN bestimmt), bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Befehl CM1 zur manuellen Laseremission in Schritt S19 gesperrt wird, ein.

[0108] Zum Beispiel betätigt der Bediener die Eingabevorrichtung 44 des Controllers 18, um die Bereitschaftszeit t_{th} einzugeben (zum Beispiel t_{th} = 0,4 [s]). Der Prozessor 68 erhält die Bereitschaftszeit t_{th} von dem Controller 18 und registriert Einstellinformationen der Bereitschaftszeit t_{th} in einem Register, das zum Beispiel in den Prozessor 68 integriert ist.

[0109] Es ist zu beachten, dass der Laserbearbeitungskopf 84 außerdem einen Speicher (ROM, RAM oder dergleichen) aufweisen kann und dass der Prozessor 68 Einstellinformationen der Bereitschaftszeit t_{th} in dem Speicher registrieren kann. Auf diese Weise stellt der Prozessor 68 die Bereitschaftszeit t_{th} im Voraus ein. Daher funktioniert der Prozessor 68 als eine Bereitschaftszeit-Einstelleinheit 82 (**Fig.** 14), die die Bereitschaftszeit t_{th} einstellt.

[0110] In dem in **Fig.** 15 gezeigten Schritt S2 startet der Prozessor 68, wenn er in Schritt S15 NEIN bestimmt, das Messen der verstrichenen Zeit t in Schritt S31. Genauer gesagt, aktiviert der Prozessor 68 die Zeitmesseinheit 86, um das Messen der verstrichenen Zeit t ab einem Zeitpunkt t_0 zu starten, an dem in Schritt S15 NEIN bestimmt wird.

[0111] In Schritt S32 bestimmt der Prozessor 68, ob die durch die Zeitmesseinheit 86 gemessene verstrichene Zeit t eine im Voraus eingestellte Bereitschaftszeit t_{th} erreicht hat oder nicht (das heißt, $t \geq t_{th}$). Wenn $t \geq t_{th}$, so bestimmt der Prozessor JA und geht zu Schritt S19 über. Wenn hingegen $t < t_{th}$ ist, so bestimmt der Prozessor 68 NEIN und geht zu Schritt S33 über.

[0112] In Schritt S33 bestimmt der Prozessor 68, ob ein Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 84 und dem Werkstück W durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert wurde oder nicht, ähnlich wie in dem oben beschriebenen Schritt S15. Der Prozessor 68 kehrt zu Schritt S13 zurück, wenn er JA bestimmt, und kehrt andererseits zu Schritt S32 zurück, wenn er NEIN bestimmt (das heißt, wenn der Laserbearbeitungskopf 84 und das Werkstück W weiterhin keinen Kontakt miteinander haben).

[0113] Im Folgenden wird die technische Bedeutung der Schritte S31 bis S33 beschrieben. Sobald der Prozessor 68 in Schritt S16 das Senden des Befehls CM1 zur manuellen Laseremission erlaubt, führt der Prozessor 36 des Controllers 18 die Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 aus. Wenn in Schritt S15 während der Ausführung der Laseremissionsoperation LO NEIN bestimmt wird (das heißt, während die Bestimmung von JA in Schritt S13 fortgesetzt wird), so führt der Prozessor 68 den Schritt S19 erst dann aus, wenn die Bereitschaftszeit t_{th} ab dem Zeitpunkt t_0, an dem in Schritt S15 NEIN bestimmt wurde, verstrichen ist (das heißt, bis in Schritt S32 JA bestimmt wird) (mit anderen Worten: die Laseremissionsoperation LO wird fortgesetzt).

[0114] Wenn dann in Schritt S33 kontinuierlich NEIN bestimmt wird, bevor die Bereitschaftszeit t_{th} verstrichen ist (das heißt, wenn über den Zeitraum t_{th} kontinuierlich kein Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 84 und dem Werkstück W detektiert wird), so führt der Prozessor 68 als die Befehlssperreinheit 74 den Schritt S19 aus und verbietet infolge dessen die Laseremissionsoperation LO.

[0115] Wie oben beschrieben, weist in der vorliegenden Ausführungsform der Laserbearbeitungskopf 84 des Weiteren die Bereitschaftszeit-Einstelleinheit 82 auf, die die Bereitschaftszeit t_{th} ab dem Zeitpunkt t_0, an dem der Nicht-Kontakt durch die Kontaktdetektionsvorrichtung 66 detektiert wird, wenn der Controller 18 die Laseremissionsoperation LO im manuellen Antriebsmodus DM1 ausführt (in Schritt S15 als NEIN bestimmt), bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Befehlssperreinheit 74 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission sperrt (das heißt, Schritt S19 ausgeführt wird), einstellt.

[0116] Wenn dann die durch die Bereitschaftszeit-Einstelleinheit 82 eingestellte Bereitschaftszeit t_{th} ab dem Zeitpunkt t_0 verstrichen ist (in Schritt S32 als JA bestimmt), so sperrt die Befehlssperreinheit 74 den Befehl CM1 zur manuellen Laseremission (Schritt S19). Hier kann der Bediener im manuellen Antriebsmodus DM1 den Laserprozess mit dem von dem Laserbearbeitungskopf 84 emittierten Laserstrahl LB ausführen, während er den Laserbearbeitungskopf 84 zu dem Werkstück W bewegt und so das

Spitzenende des Laserbearbeitungskopfes 84 in Kontakt mit dem Werkstück W bringt.

[0117] In diesem Fall kann der Laserbearbeitungskopf 84 für einen Moment (zum Beispiel nur 0,3 [s]) zum Beispiel durch einen unebenen Teil auf der Oberfläche des Werkstücks W von dem Werkstück W getrennt werden. Selbst wenn der Laserbearbeitungskopf 84 auf diese Weise für einen Moment von dem Werkstück W getrennt wird, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass der Laserstrahl LB von dem Laserbearbeitungskopf 84 in Richtung des Bedieners emittiert wird, so dass die Sicherheit des Bedieners gewährleistet werden kann.

[0118] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann durch Einstellen der Bereitschaftszeit t_{th} bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Befehl CM1 zur manuellen Laseremission in Schritt S19 gesperrt wird, die Laseremissionsoperation LO auch dann fortgesetzt werden, wenn die oben beschriebene momentane Trennung des Laserbearbeitungskopfes 84 von dem Werkstück W eintritt. Wenn hingegen auch nach dem Verstreichen der Bereitschaftszeit t_{th} kein Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf 84 und dem Werkstück W bestimmt wird, so kann die Laseremissionsoperation LO durch sofortiges Ausführen von Schritt S19 verboten werden. Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Laserbearbeitung effizient durchgeführt werden, und die Sicherheit des Bedieners kann zuverlässig gewährleistet werden.

[0119] Es ist zu beachten, dass der Prozessor 68 den in **Fig.** 11 gezeigten Fluss gemäß einem Computerprogramm PG2 ausführen kann. Das Computerprogramm PG2 kann in einem in den Laserbearbeitungskopf 14, 64 oder 84 integrierten Speicher (ROM, RAM und dergleichen) gespeichert sein. Die Funktionen der Befehlssperreinheit 74, der Befehlssendeeinheit 80 und der Bereitschaftszeit-Einstelleinheit 82, die durch den Prozessor 68 ausgeführt werden, können Funktionsmodule sein, die durch das Computerprogramm PG2 realisiert werden.

[0120] Es ist zu beachten, dass die in **Fig.** 5 veranschaulichte erste Eingabevorrichtung 58' an dem Laserbearbeitungskopf 64 oder 84 angebracht sein kann. Der Prozessor 68 kann den in **Fig.** 11 gezeigten Fluss ausführen und die oben beschriebene Linsenantriebseinheit ansteuern. Die Zeitmesseinheit 86 kann von dem Laserbearbeitungskopf 84 weggelassen werden. In diesem Fall kann die Zeitmesseinheit 86 an dem Controller 18 bereitgestellt sein, und der Prozessor 68 kann die Information über die verstrichene Zeit t von der Zeitmesseinheit 86 des Controllers 18 erfassen. Der Lichtleitpfad 34 kann von dem Laserbearbeitungssystem 10 weggelassen werden. In diesem Fall kann der Laseroszillator 16 direkt mit dem Laserbearbeitungskopf 14, 14', 64 oder 84 gekoppelt sein.

[0121] Es ist zu beachten, dass der Laserbearbeitungskopf 14, 14', 64 oder 84 jeder beliebige Typ von Vorrichtung sein kann, zum Beispiel ein Laserscanner (alternativ einen Galvanometerscanner). Der Laserscanner umfasst mehrere Spiegel, die jeweils den von dem Laseroszillator 16 zugeführten Laserstrahl LB reflektieren, mehrere Spiegelantriebseinheiten, die die mehreren Spiegel einzeln antreiben, und eine optische Linse, die die durch die Spiegel reflektierten Laserstrahlen sammelt. Durch Ändern der Richtungen der mehreren Spiegel durch die Spiegelantriebseinheit kann der Laserscanner einen Bestrahlungspunkt des Laserstrahls LB, mit dem das Werkstück W bestrahlt wird, mit hoher Geschwindigkeit auf der Oberfläche des Werkstücks W bewegen.

[0122] Der Roboter 12 ist nicht auf den vertikalen Knickarmroboter beschränkt und kann zum Beispiel ein horizontaler Knickarmroboter oder ein Parallelroboter sein, und kann so eingerichtet sein, dass er einen ersten und einen zweiten Kugelumlaufspindelmechanismus aufweist, die das Werkstück W in einer horizontalen Ebene bewegen, und einen dritten Kugelumlaufspindelmechanismus aufweist, der den Laserbearbeitungskopf 14, 14', 64 oder 84 in der vertikalen Richtung bewegt.

[0123] Der Controller 18 kann einen ersten Controller 18A, der die Bewegungsoperation MO des Roboters 12 steuert, und einen zweiten Controller 18B, der die Laseremissionsoperation LO des Laseroszillators 16 steuert, umfassen. Obgleich die vorliegende Offenbarung oben anhand der Ausführungsformen beschrieben wurde, schränken die oben beschriebenen Ausführungsformen nicht den Schutzumfang der in den Ansprüchen beanspruchten Erfindung ein.

Liste der Bezugszeichen

10	Laserbearbeitungssystem
12	Roboter
14, 14', 64, 84	Laserbearbeitungskopf
16	Laseroszillator
18	Controller
36, 68	Prozessor
48	Modusauswahlschalter
54	Anbringungswerkzeug
56	Griff
58, 58'	Erste Eingabevorrichtung

60	Zweite Eingabevorrichtung
62	Distanzmessungssensor
66	Kontaktdetektionsvorrichtung
70	Geschlossener Stromkreis
74	Befehlssperreinheit
80	Befehlssendeeinheit
82	Bereitschaftszeit-Einstelleinheit

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2000-52076 A [0002]
- JP 2000-24787 A [0002]

Patentansprüche

1. Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84), der in der Lage ist, eine Laseremissionsoperation in einem manuellen Antriebsmodus, in dem ein Controller (18) eine Laseremissionsoperation gemäß einem Befehl zur manuellen Laseremission ausführt, und einem automatischen Antriebsmodus, in dem der Controller (18) eine Laseremissionsoperation gemäß einem Bearbeitungsprogramm automatisch ausführt, durchzuführen, wobei der Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84) umfasst:
eine erste Eingabevorrichtung (58, 58'), die dazu eingerichtet ist, eine Eingabeoperation zu empfangen, um den Befehl zur manuellen Laseremission an den Controller (18) zu senden; und
einen Distanzmessungssensor (62), der dazu eingerichtet ist, eine Distanz zwischen dem Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84) und einem Werkstück (W) zu messen, wenn der Controller (18) die Laseremissionsoperation in dem automatischen Antriebsmodus ausführt.

2. Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84) nach Anspruch 1, wobei die erste Eingabevorrichtung (58, 58') aufweist:
einen Druckknopf (58), einen Schalter (58) oder einen Berührungsbildschirm (58), an dem ein Bediener eine Eingabeoperation mit einer Hand vornehmen kann, oder
ein Fußpedal (58') oder einen Fußschalter (58'), an dem ein Bediener eine Eingabeoperation mit einem Fuß vornehmen kann.

3. Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84) nach Anspruch 1 oder 2, der des Weiteren eine zweite Eingabevorrichtung (60) umfasst, die dazu eingerichtet ist, eine Eingabeoperation zu empfangen, einen Befehl zur manuellen Gasemission zum Emittieren eines Hilfsgases zu senden.

4. Laserbearbeitungskopf (64, 84) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, der des Weiteren eine Befehlssperreinheit (74) umfasst, die dazu eingerichtet ist, den Befehl zur manuellen Laseremission, der von der ersten Eingabevorrichtung (58) an den Controller (18) gesendet wird, zu sperren, wenn eine Bedingung für das Ausführen der Laseremissionsoperation im manuellen Antriebsmodus nicht erfüllt ist.

5. Laserbearbeitungskopf (64, 84) nach Anspruch 4, der des Weiteren einen Modusauswahlschalter (48) umfasst, mit dem der manuelle Antriebsmodus oder der automatische Antriebsmodus ausgewählt werden kann,
wobei die Bedingung eine erste Bedingung umfasst, dass der manuelle Antriebsmodus durch den Modusauswahlschalter (48) ausgewählt ist, und
wobei die Befehlssperreinheit (74) dazu eingerichtet ist, den Befehl zur manuellen Laseremission zu sperren, wenn der manuelle Antriebsmodus nicht durch den Modusauswahlschalter (48) ausgewählt ist.

6. Laserbearbeitungskopf (64, 84) nach Anspruch 4 oder 5, der des Weiteren eine Kontaktdetektionsvorrichtung (66) umfasst, die dazu eingerichtet ist, einen Kontakt oder Nicht-Kontakt zwischen dem Laserbearbeitungskopf (64, 84) und dem Werkstück (W) zu detektieren,
wobei die Bedingung eine zweite Bedingung umfasst, dass der Laserbearbeitungskopf (64, 84) in Kontakt mit dem Werkstück (W) ist, und
wobei die Befehlssperreinheit (74) dazu eingerichtet ist, den Befehl zur manuellen Laseremission zu sperren, wenn der Nicht-Kontakt durch die Kontaktdetektionsvorrichtung (66) detektiert wird.

7. Laserbearbeitungskopf (64, 84) nach Anspruch 6, wobei die Kontaktdetektionsvorrichtung (66) aufweist:
ein leitfähiges Kabel (66a), das den Laserbearbeitungskopf (64, 84) und das Werkstück (W) elektrisch verbindet; und
einen Widerstandssensor (66b), der dazu eingerichtet ist, den Widerstand eines geschlossenen Stromkreises zu messen, der durch das Werkstück (W), den Laserbearbeitungskopf (64, 84) in Kontakt mit dem Werkstück (W) und das leitfähige Kabel (66a) gebildet wird,
wobei die Kontaktdetektionsvorrichtung dazu eingerichtet ist, den Kontakt oder den Nicht-Kontakt auf der Grundlage des durch den Widerstandssensor (66b) gemessenen Widerstands zu detektieren.

8. Laserbearbeitungskopf (84) nach Anspruch 6 oder 7, der des Weiteren eine Bereitschaftszeit-Einstelleinheit (82) umfasst, die dazu eingerichtet ist, eine Bereitschaftszeit ab einem Zeitpunkt, an dem der Nicht-Kontakt durch die Kontaktdetektionsvorrichtung (66) detektiert wird, wenn der Controller die Laseremissionsoperation im manuellen Antriebsmodus ausführt, bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Befehlssperreinheit (74) den Befehl zur manuellen Laseremission sperren soll, einzustellen, wobei die Befehlssperreinheit (74) dazu eingerichtet ist, den Befehl zur manuellen Laseremission zu sperren, wenn die durch die Bereitschaftszeit-Einstelleinheit (82) eingestellte Bereitschaftszeit ab dem Zeitpunkt verstrichen ist.

9. Laserbearbeitungskopf (64, 84) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, der des Weiteren eine Befehlssendeeinheit (80) umfasst, die dazu eingerichtet ist, einen Laseremissionsverbotsbefehl an den Controller (18) zu senden, um zu verbieten, dass der Controller (18) die Laseremissionsoperation im automatischen Antriebsmodus durchführt, wenn die durch den Distanzmessungssensor (62)

gemessene Distanz außerhalb eines zuvor festgelegten zulässigen Bereichs liegt.

10. Laserbearbeitungskopf (14, 64, 84) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, der des Weiteren umfasst:
ein Anbringungswerkzeug (54), das abnehmbar an einem Roboter (12) angebracht ist, der dazu eingerichtet ist, den Laserbearbeitungskopf (14, 64, 84) zu bewegen; und
einen Griff (56), der durch einen Bediener mit einer Hand gegriffen werden kann,
wobei die erste Eingabevorrichtung (58) neben dem Griff (56) so bereitgestellt ist, dass die eine Hand, die den Griff (56) ergreift, die Eingabeoperation durchführen kann.

11. Laserbearbeitungssystem (10), das umfasst:
einen Roboter (12);
den Laserbearbeitungskopf (14, 14', 64, 84) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Laserbearbeitungskopf abnehmbar an dem Roboter (12) angebracht ist; und
den Controller (18), der dazu eingerichtet ist, die Laseremissionsoperation im manuellen Antriebsmodus und die Laseremissionsoperation im automatischen Antriebsmodus auszuführen.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

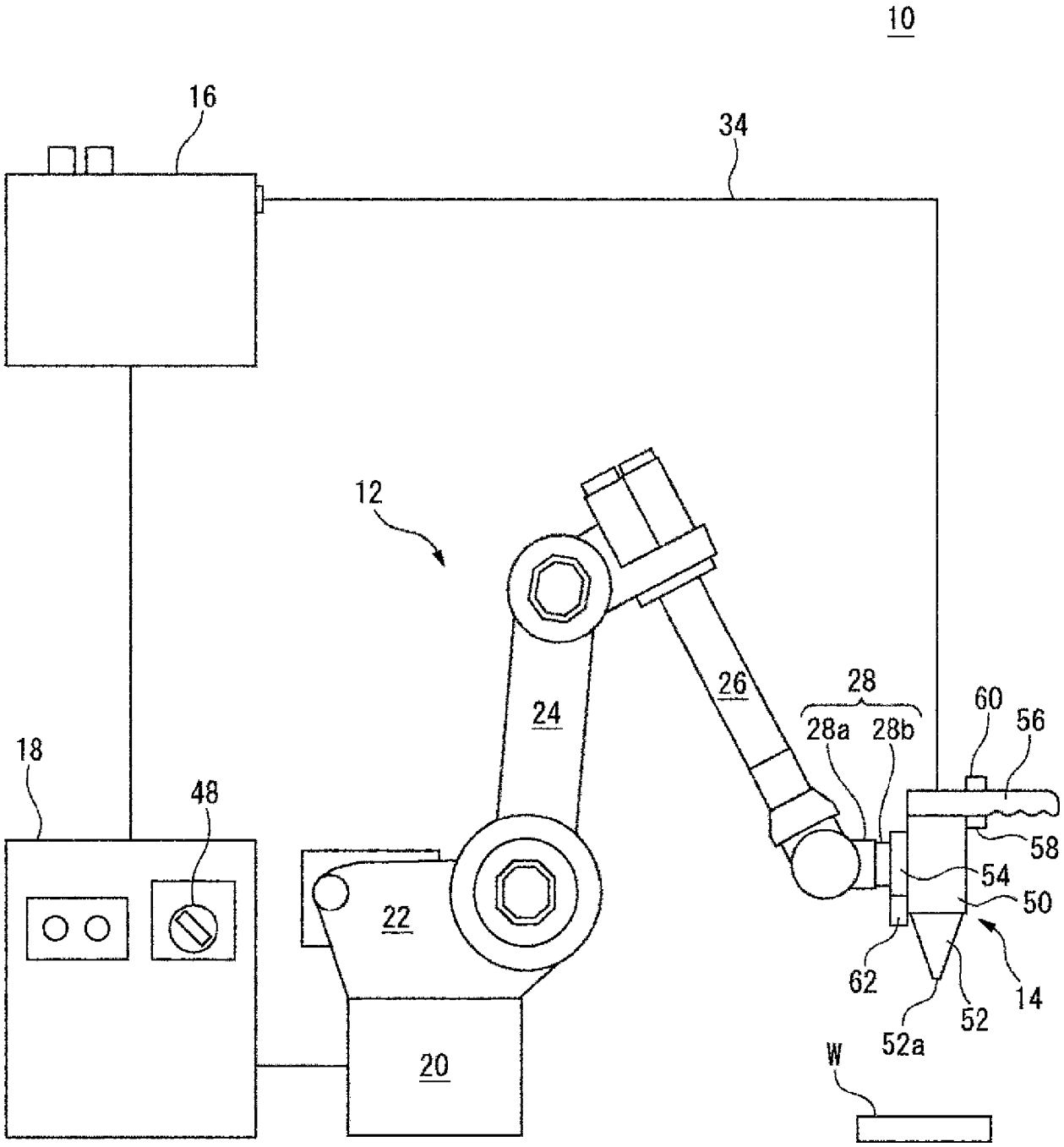


Fig. 2

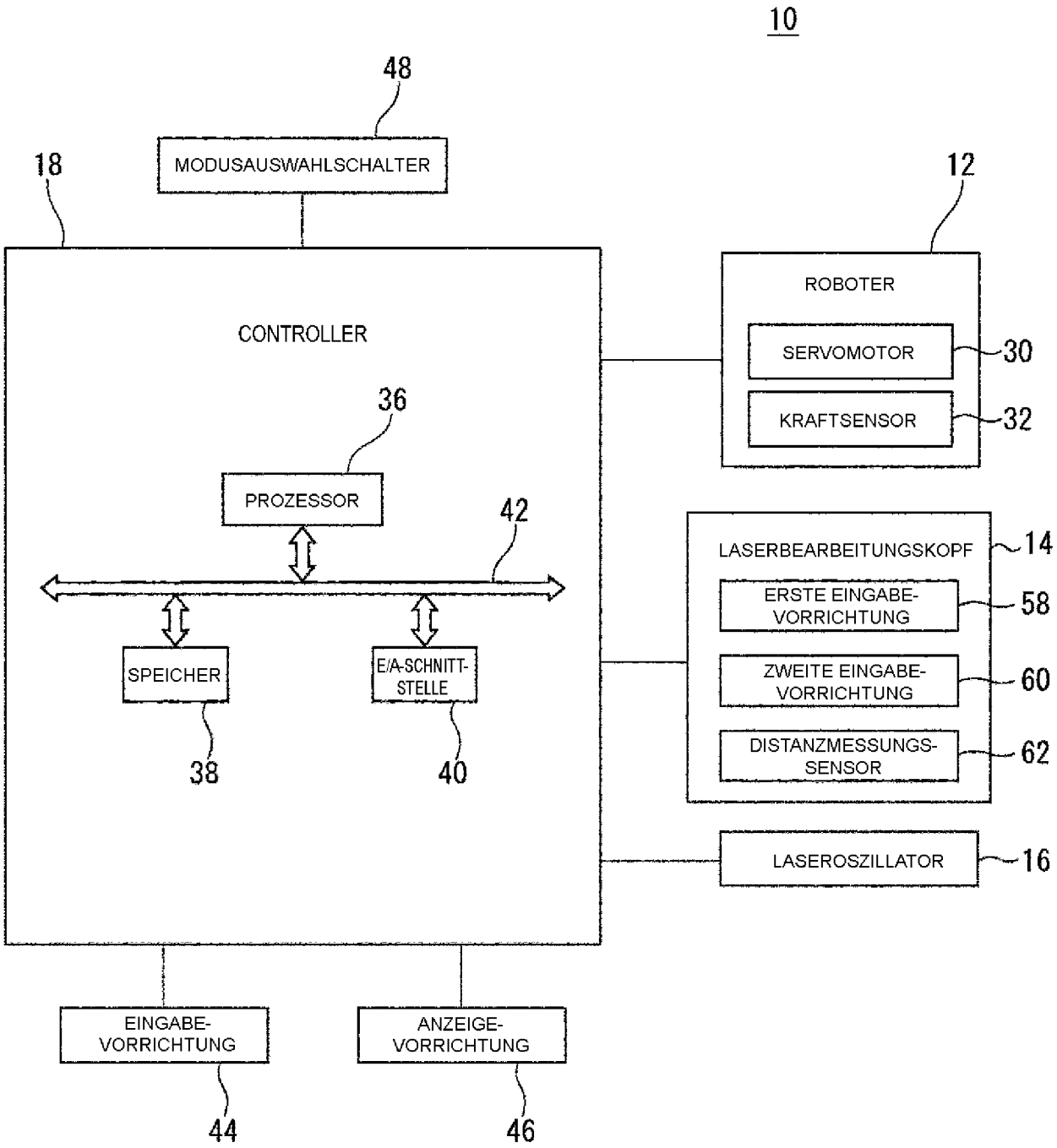

10
48
MODUSAUSWAHLSCHALTER
18
12
ROBOTER
CONTROLLER
SERVOMOTOR
30
KRAFTSENSOR
32
36
PROZESSOR
42
LASERBEARBEITUNGSKOPF
14
ERSTE EINGABE-VORRICHTUNG
58
ZWEITE EINGABE-VORRICHTUNG
60
DISTANZMESSUNGS-SENSOR
62
SPEICHER
E/A-SCHNITT-STELLE
38
40
LASEROSZILLATOR
16
EINGABE-VORRICHTUNG
ANZEIGE-VORRICHTUNG
44
46

Fig. 3

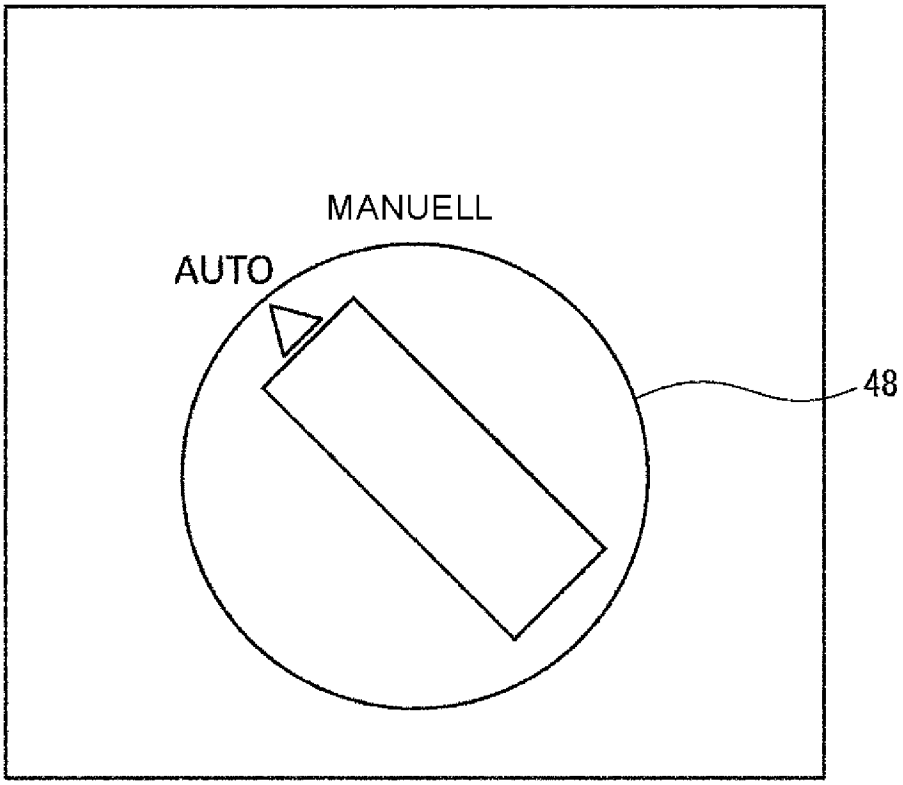


Fig. 4

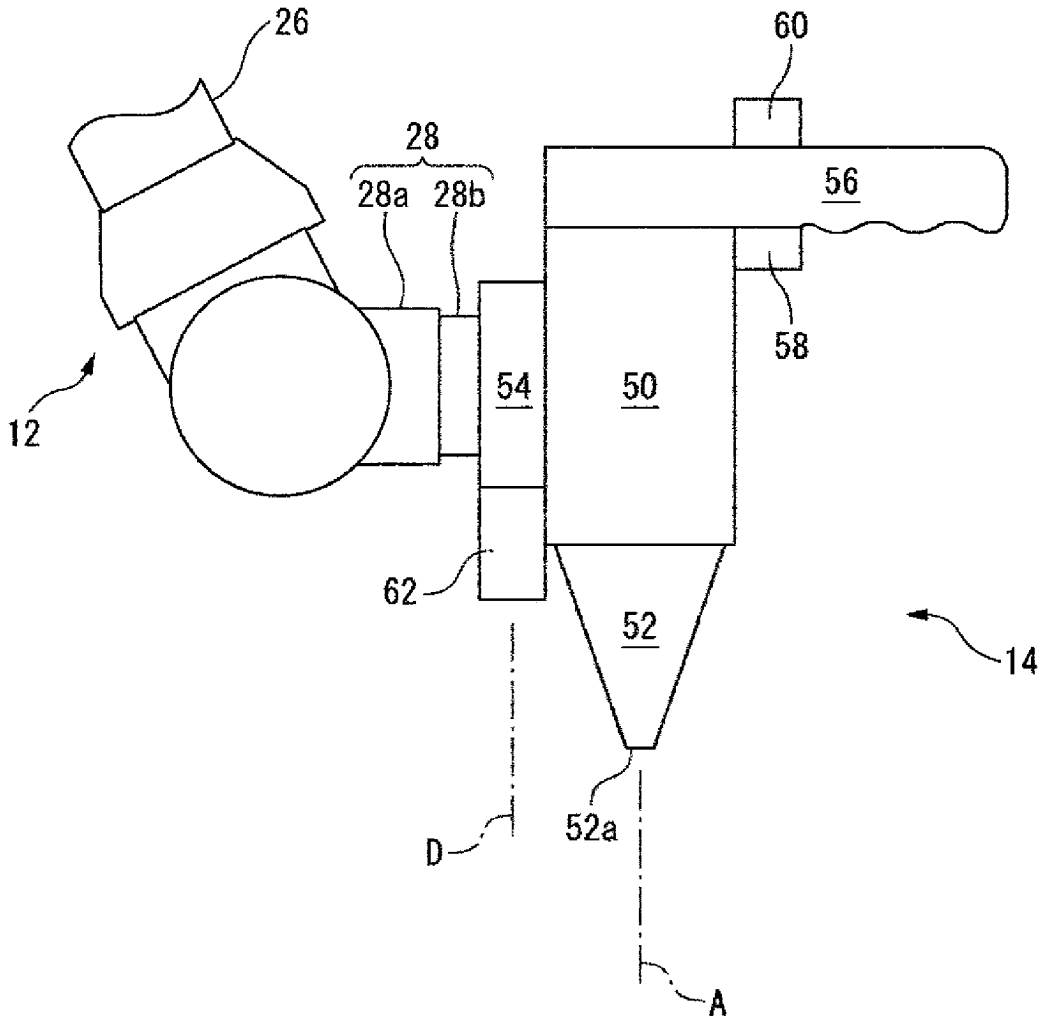


Fig. 5

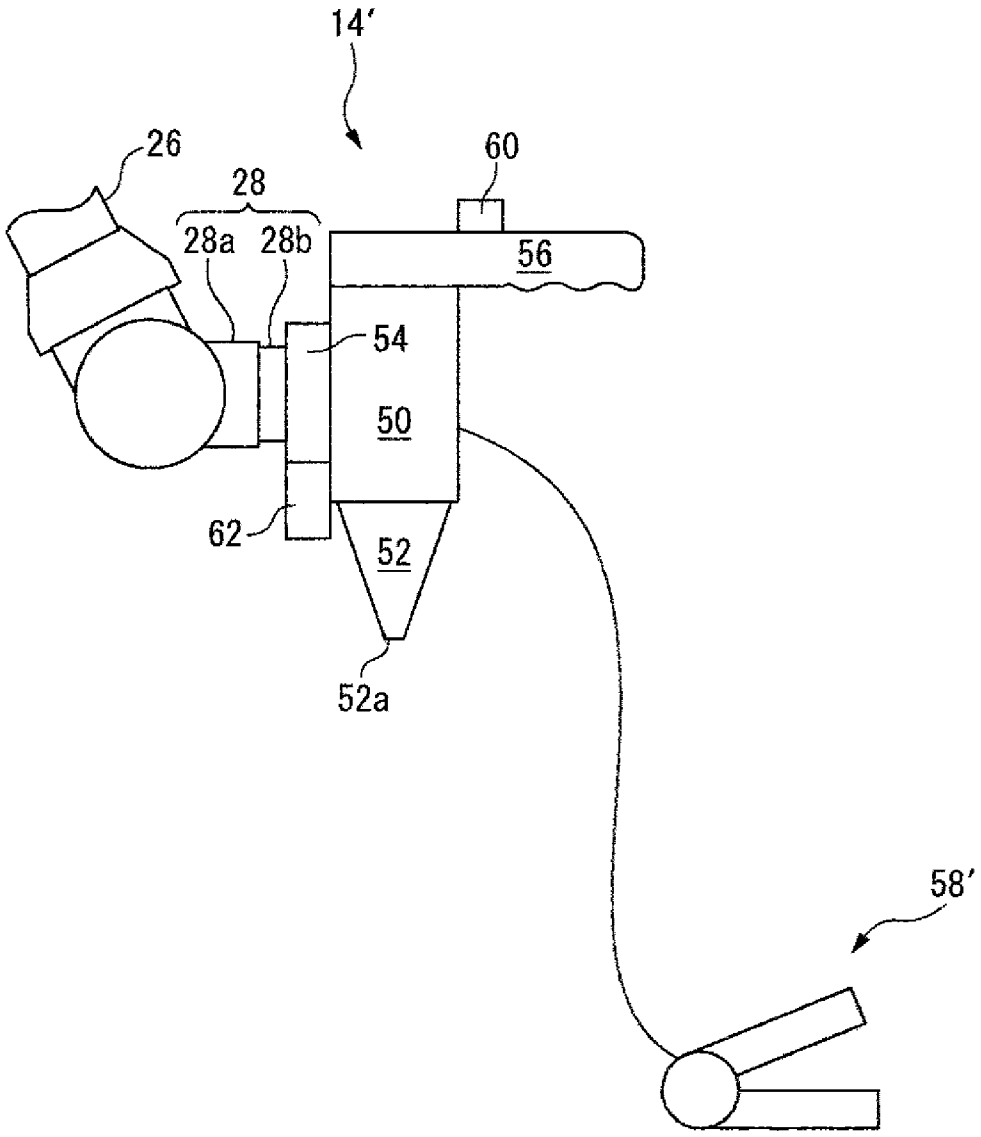


Fig. 6

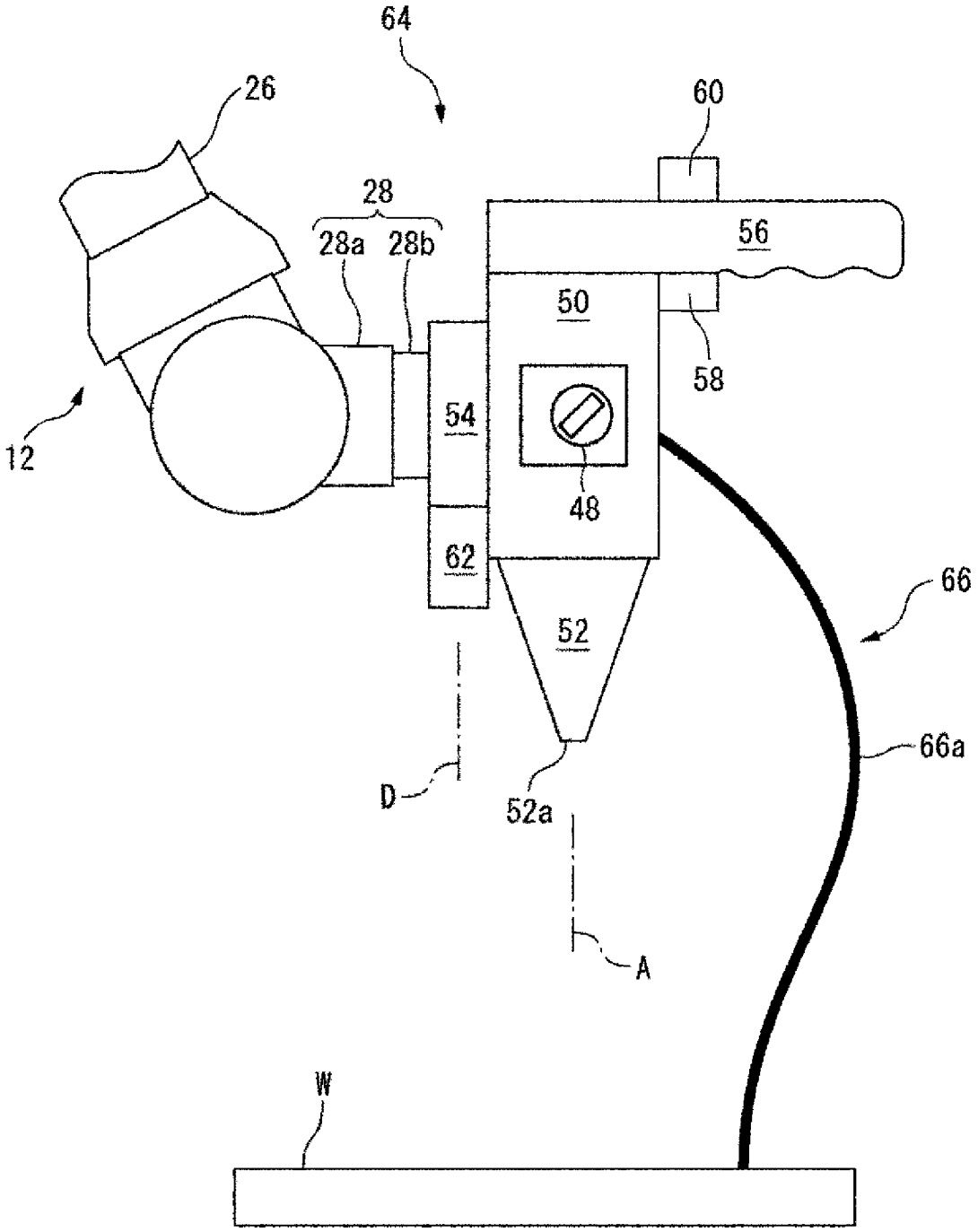


Fig. 7

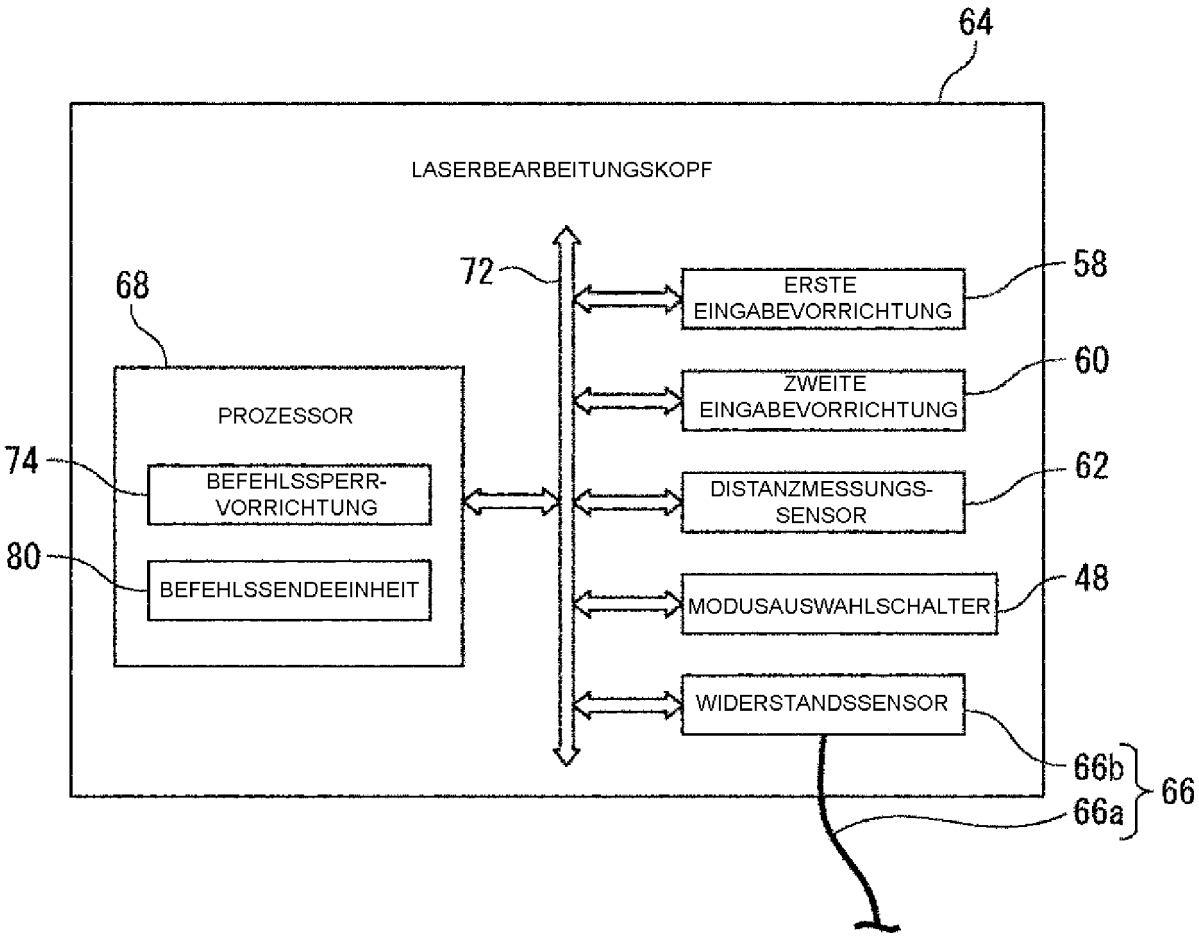

64
LASERBEARBEITUNGSKOPF
72
68
PROZESSOR
74
BEFEHLSSPERR-VORRICHTUNG
80
BEFEHLSSENDEEINHEIT
ERSTE EINGABEVORRICHTUNG
58
ZWEITE EINGABEVORRICHTUNG
60
DISTANZMESSUNGS-SENSOR
62
MODUSAUSWAHLSCHALTER
48
WIDERSTANDSSENSOR
66b
66a
66

Fig. 8

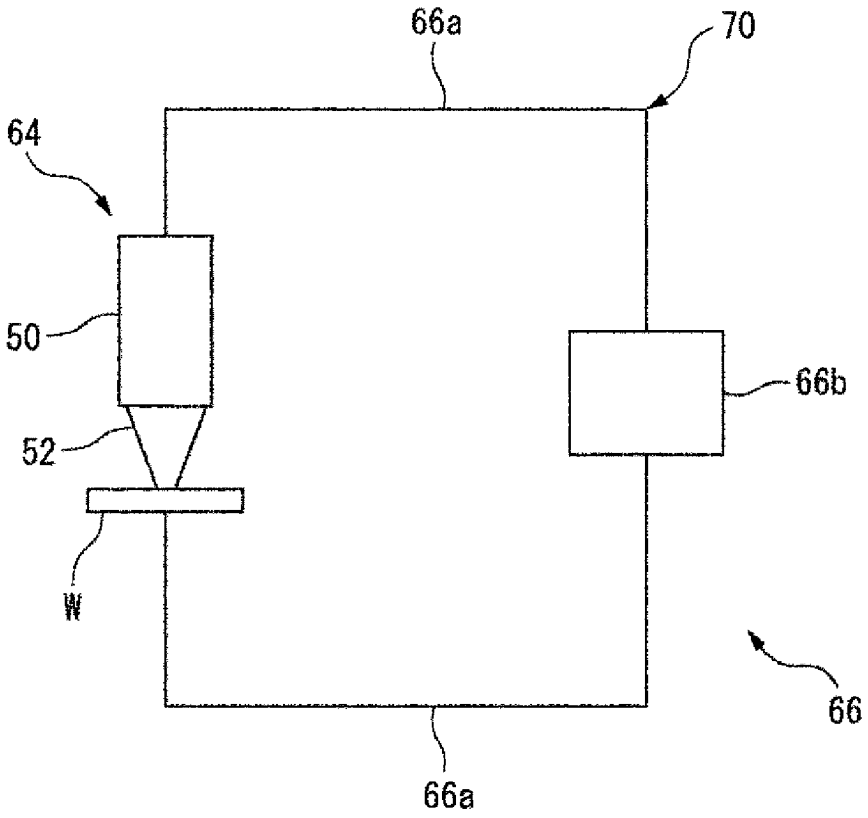


Fig. 9

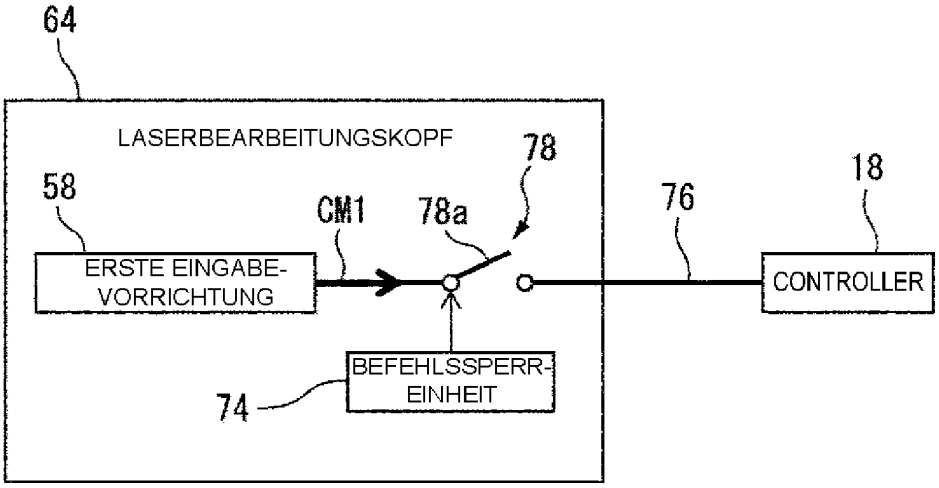

64
LASERBEARBEITUNGSKOPF
58
ERSTE EINGABE-VORRICHTUNG
CM1
78a
78
76
18
CONTROLLER
BEFEHLSSPERR-EINHEIT
74

Fig. 10

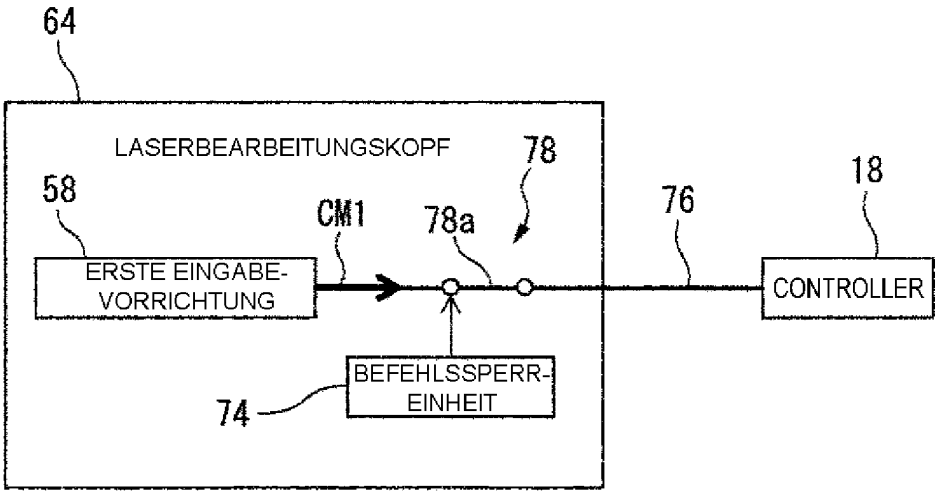

64
LASERBEARBEITUNGSKOPF
78
58
CM1
78a
76
18
ERSTE EINGABE-VORRICHTUNG
CONTROLLER
BEFEHLSSPERR-EINHEIT
74

Fig. 11

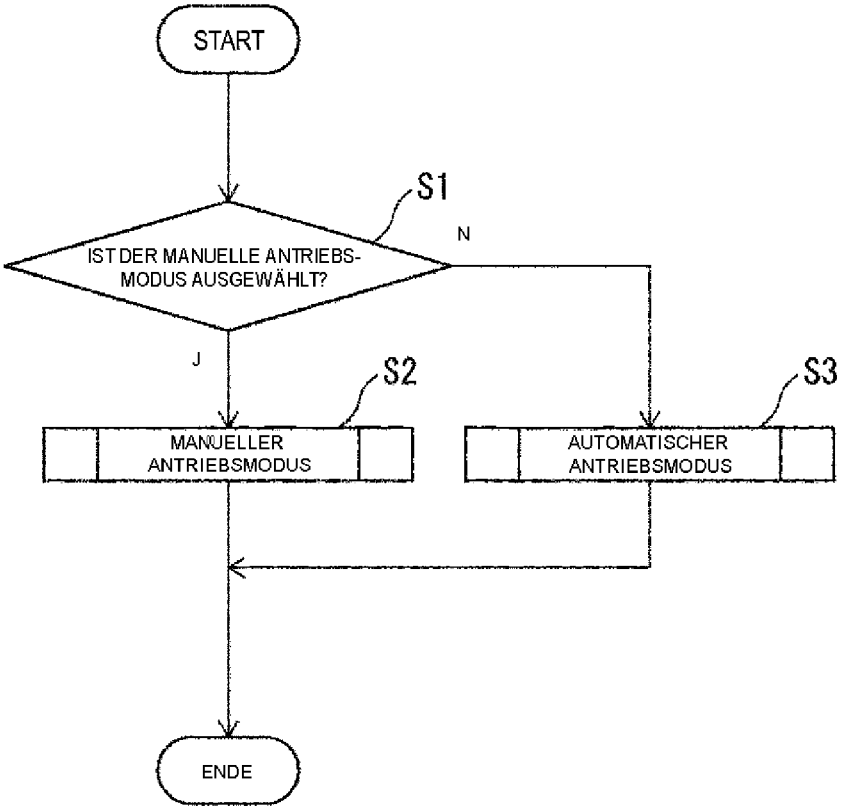

START
S1
IST DER MANUELLE ANTRIEBS-MODUS AUSGEWÄHLT?
N
J
S2
MANUELLER ANTRIEBSMODUS
S3
AUTOMATISCHER ANTRIEBSMODUS
ENDE

Fig. 12

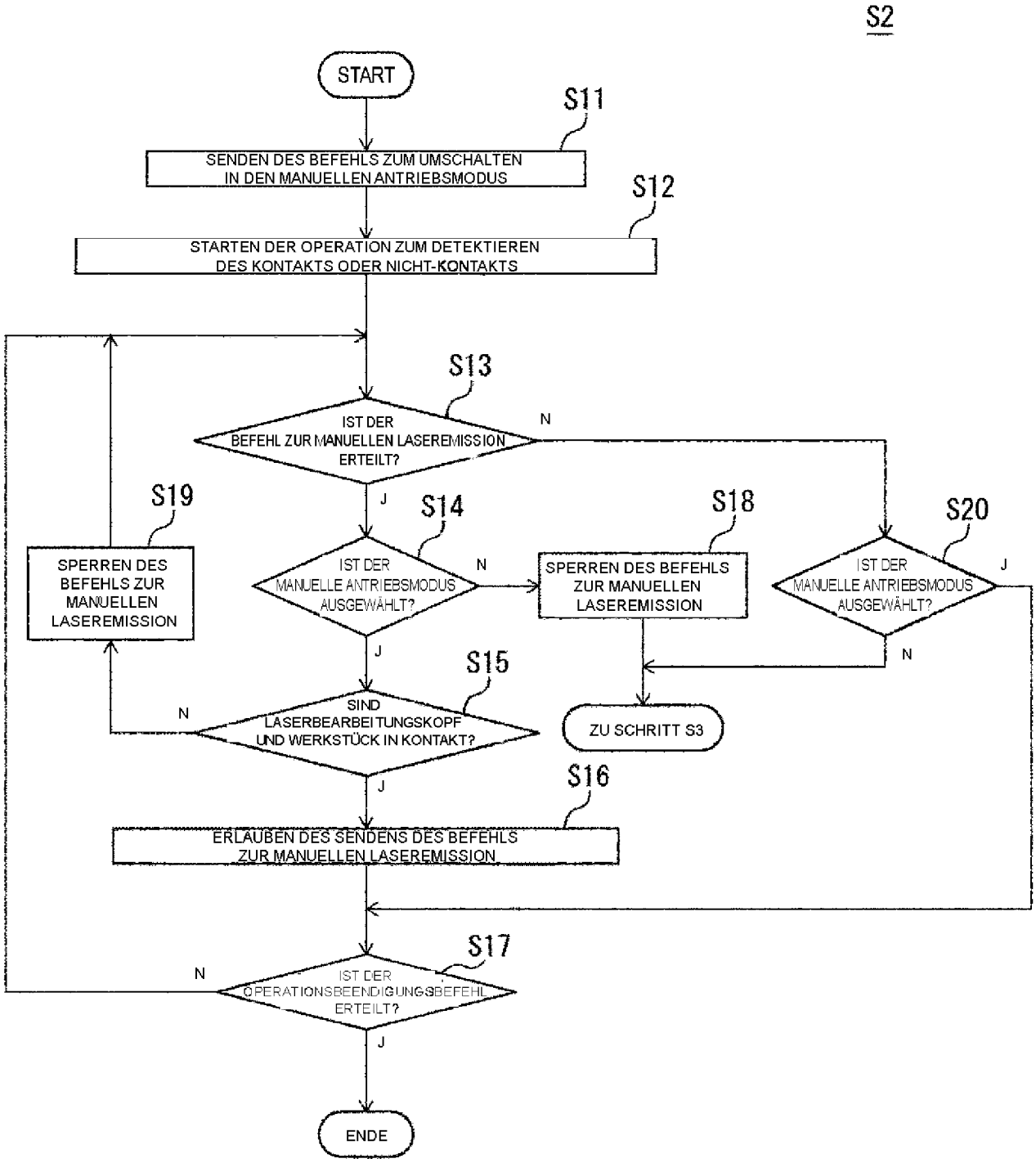

S2
START
S11
SENDEN DES BEFEHLS ZUM UMSCHALTEN IN DEN MANUELLEN ANTRIEBSMODUS
S12
STARTEN DER OPERATION ZUM DETEKTIEREN DES KONTAKTS ODER NICHT-KONTAKTS
S13
IST DER BEFEHL ZUR MANUELLEN LASEREMISSION ERTEILT?
N
J
S14
IST DER MANUELLE ANTRIEBSMODUS AUSGEWÄHLT?
N
J
S15
SIND LASERBEARBEITUNGSKOPF UND WERKSTÜCK IN KONTAKT?
N
J
S16
ERLAUBEN DES SENDENS DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S17
IST DER OPERATIONSBEENDIGUNGSBEFEHL ERTEILT?
N
J
ENDE
S18
SPERREN DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S19
SPERREN DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S20
IST DER MANUELLE ANTRIEBSMODUS AUSGEWÄHLT?
J
N
ZU SCHRITT S3

Fig. 13

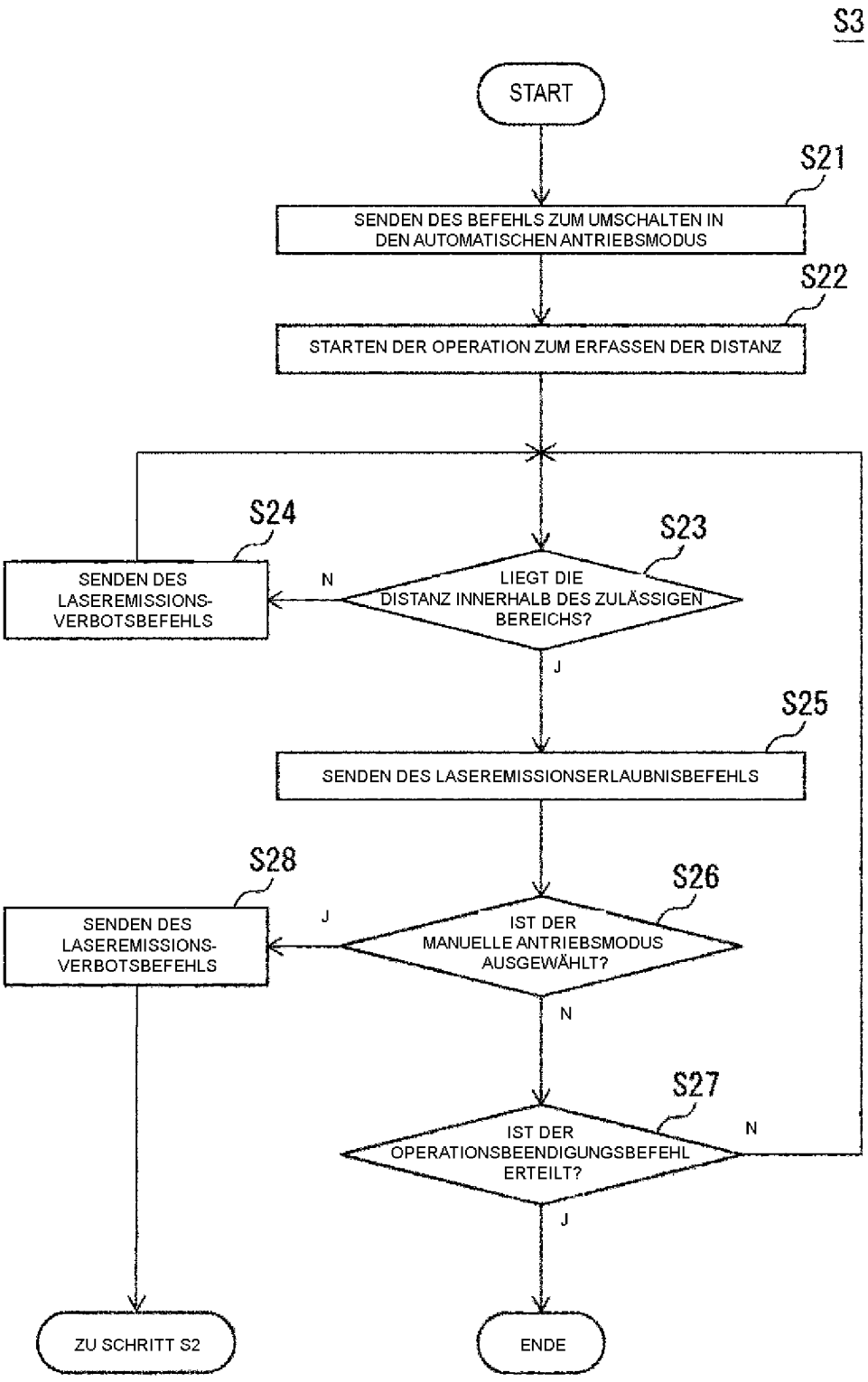

S3
START
S21
SENDEN DES BEFEHLS ZUM UMSCHALTEN IN DEN AUTOMATISCHEN ANTRIEBSMODUS
S22
STARTEN DER OPERATION ZUM ERFASSEN DER DISTANZ
S24
SENDEN DES LASEREMISSIONS-VERBOTSBEFEHLS
N
S23
LIEGT DIE DISTANZ INNERHALB DES ZULÄSSIGEN BEREICHS?
J
S25
SENDEN DES LASEREMISSIONSERLAUBNISBEFEHLS
S28
SENDEN DES LASEREMISSIONS-VERBOTSBEFEHLS
J
S26
IST DER MANUELLE ANTRIEBSMODUS AUSGEWÄHLT?
N
S27
IST DER OPERATIONSBEENDIGUNGSBEFEHL ERTEILT?
N
J
ZU SCHRITT S2
ENDE

Fig. 14

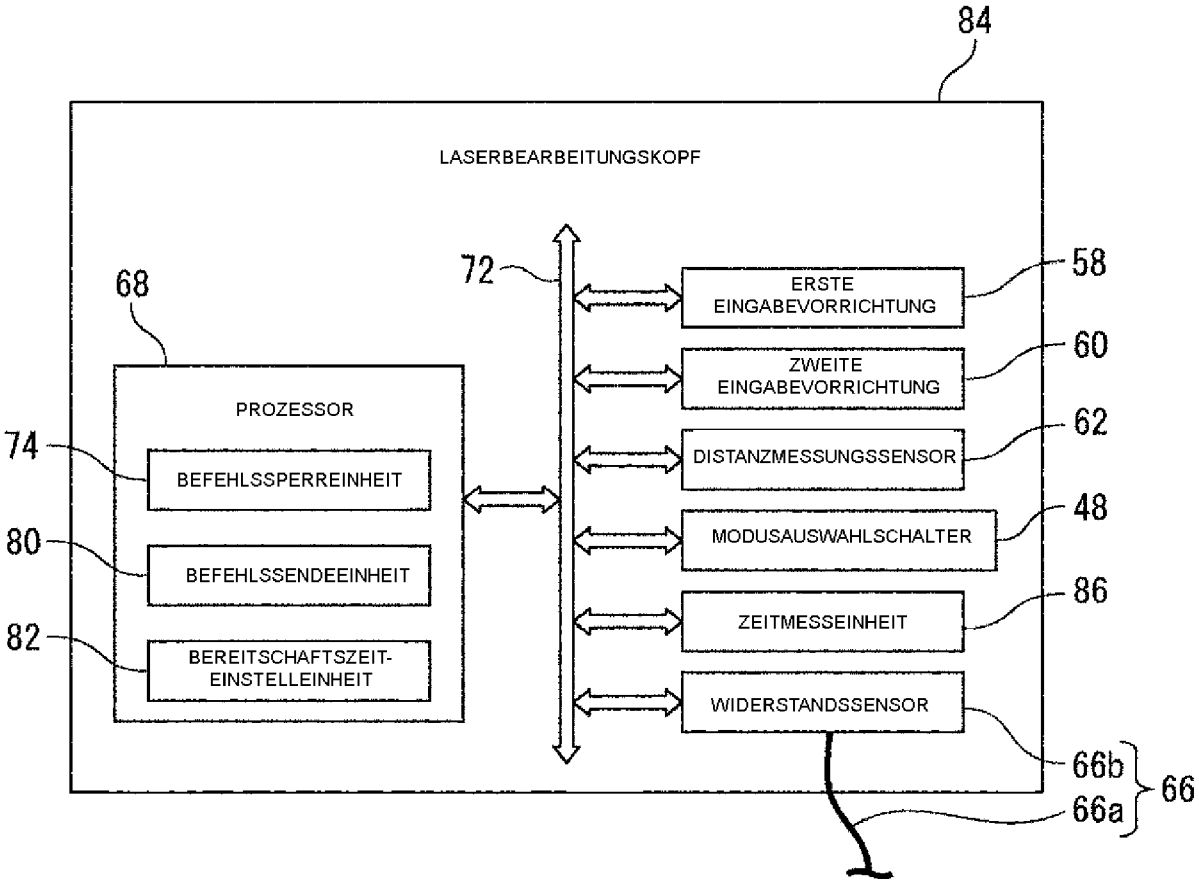
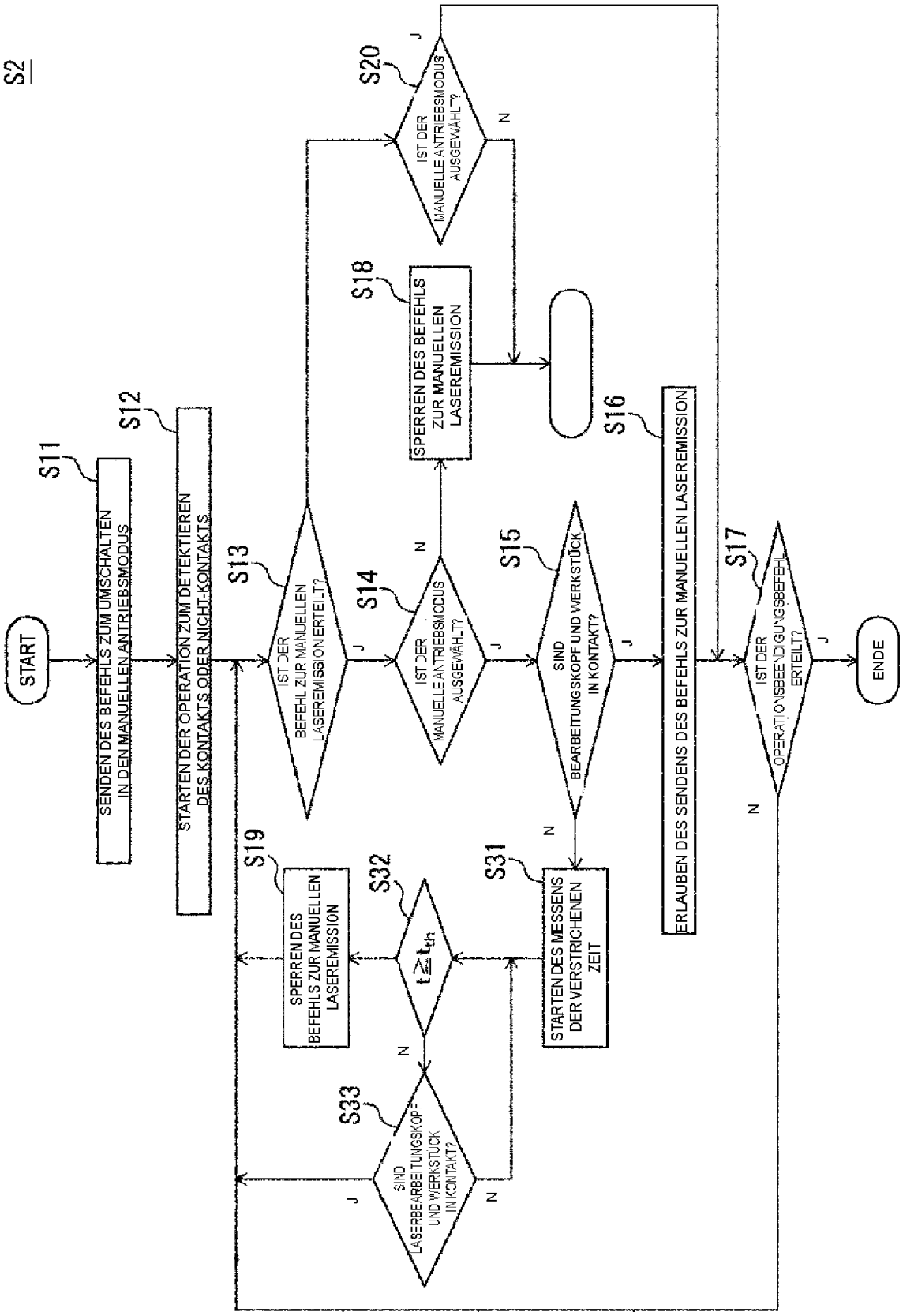

84
LASERBEARBEITUNGSKOPF
72
68
PROZESSOR
74
BEFEHLSSPERREINHEIT
80
BEFEHLSSENDEEINHEIT
82
BEREITSCHAFTSZEIT-
EINSTELLEINHEIT
ERSTE
EINGABEVORRICHTUNG
58
ZWEITE
EINGABEVORRICHTUNG
60
DISTANZMESSUNGSSENSOR
62
MODUSAUSWAHLSCHALTER
48
ZEITMESSEINHEIT
86
WIDERSTANDSSENSOR
66b
66
66a

Fig. 15


S2
START
S11
SENDEN DES BEFEHLS ZUM UMSCHALTEN IN DEN MANUELLEN ANTRIEBSMODUS
S12
STARTEN DER OPERATION ZUM DETEKTIEREN DES KONTAKTS ODER NICHT-KONTAKTS
S13
IST DER BEFEHL ZUR MANUELLEN LASEREMISSION ERTEILT?
S14
IST DER MANUELLE ANTRIEBSMODUS AUSGEWÄHLT?
S15
SIND BEARBEITUNGSKOPF UND WERKSTÜCK IN KONTAKT?
S16
ERLAUBEN DES SENDENS DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S17
IST DER OPERATIONSBEENDIGUNGSBEFEHL ERTEILT?
ENDE
S18
SPERREN DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S20
IST DER MANUELLE ANTRIEBSMODUS AUSGEWÄHLT?
S19
SPERREN DES BEFEHLS ZUR MANUELLEN LASEREMISSION
S32
$t \geq t_{th}$
S31
STARTEN DES MESSENS DER VERSTRICHENEN ZEIT
S33
SIND LASERBEARBEITUNGSKOPF UND WERKSTÜCK IN KONTAKT?
J
N