

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2010 (29.04.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/045943 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2009/001540

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Oktober 2009 (23.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 056 278.5
25. Oktober 2008 (25.10.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KJELLBERG FINSTERWALDE PLASMA UND MASCHINEN GMBH** [DE/DE]; Leipziger Str. 82, 03238 Finsterwalde (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRINK, Volker** [DE/DE]; Friedastraße 8, 03238 Finsterwalde (DE). **BACH, Friedrich-Wilhelm** [DE/DE]; Krendelstraße 53, 30916 Isernhagen (DE). **LAURISCH, Frank** [DE/DE]; Kriemhildstraße 2A, 03238 Finsterwalde (DE). **RÜMENAPP, Thomas** [DE/DE]; Leuschnerstraße 8, 30457 Hannover (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER**; Patent- und Rechtsanwälte, An der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: SYSTEM FOR THERMALLY PROCESSING WORKPIECES

(54) Bezeichnung : SYSTEM ZUR THERMISCHEN BEARBEITUNG VON WERKSTÜCKEN

(57) Abstract: The invention relates to a system for thermally processing workpieces. The workpieces can be processed using a plasma jet or a laser beam. The aim of the invention is to permit the more flexible and thus more cost-effective thermal processing of workpieces. In the system according to the invention, a laser processing head and a plasma processing head can be connected using a single shaft element.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System zur thermischen Bearbeitung von Werkstücken. Dabei können Werkstücke mit einem Plasmastrahl oder einem Laserstrahl bearbeitet werden. Aufgabe der Erfindung ist es, die thermische Bearbeitung von Werkstücken flexibler und dabei auch kostengünstiger zu ermöglichen. Bei dem erfindungsgemäßen System können ein Laserbearbeitungskopf und ein Plasmabearbeitungskopf mit einem einzigen Schaftelement verbunden werden.



WO 2010/045943 A2

System zur thermischen Bearbeitung von Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein System zur thermischen Bearbeitung von Werkstücken. Dabei können Werkstücke mit einem Plasmastrahl oder einem Laserstrahl bearbeitet werden. Sie kann bevorzugt zur trennenden Bearbeitung, also zum Schneiden aber auch zum Schweißen von Werkstücken eingesetzt werden.

Die Bearbeitung mit Plasma ist sehr produktiv und es können beispielsweise metallische Werkstücke im Dickenbereich 1 bis 60 mm für Baustähle und 1 bis 160 mm für Aluminium und CrNi-Stähle wirtschaftlich getrennt werden. Dabei wird ein Plasma durch einen Lichtbogen, der ein stark erhitztes und elektrisch leitfähiges Gas generiert und durch eine Düse eingeschnürt auf ein zu bearbeitendes Werkstück gerichtet. Mittels der thermischen und kinetischen Energie wird der Werkstoff aufgeschmolzen und aus der gebildeten Schnittfuge ausgetrieben. In der jüngsten Vergangenheit konnte die Schnittqualität deutlich verbessert werden. Lediglich die Berücksichtigung filigraner Konturen, also die Berücksichtigung großer Veränderungen der Vorschubachsrichtung mit kleinen Durchmessern bereitet Probleme. So können Löcher, mit Radien kleiner 5 mm oder die kleiner als die 1,5-fache Dicke eines Werkstückes sind, beim Schneiden mit Plasma nicht in hoher Qualität realisiert werden.

Eine Bearbeitung mit Laserstrahlung erreicht beim Schneiden im unteren Werkstückdickenbereich (< 10 mm) eine bessere Schnittqualität. Es können kleinere Schnittfugen und scharfe Kanten mit sehr kleinen Radien ausgebildet werden. Bei größeren Werkstückdicken ist die Produktivität deutlich geringer und ab einer Dicke von einigen Zentimetern ist eine Bearbeitung

nicht mehr möglich.

5 Beim Schneiden ist ab Werkstückdicken von 5 mm aufwärts eine Bearbeitung mit Plasma kostengünstiger, schneller und hat oftmals eine höhere Qualität.

10 Mit der Einführung von Faserlasern in die Produktion, bei denen die Laserstrahlung über Lichtwellenleiter geführt wird, ist die Strahlführung wesentlich vereinfacht.

15 Sowohl die Plasmatechnik, als auch die Lasertechnik können jeweils in Verbindung mit CNC-gesteuerten Führungssystemen, z.B. Koordinatenführungssysteme oder Industrieroboter, automatisiert eingesetzt werden. Dabei sind ein erhöhter anlagentechnischer Aufwand und/oder ein Neuspannen von Werkstücken in einer jeweils anderen Anlage zur Bearbeitung erforderlich, wenn beide Bearbeitungsverfahren an einem Werkstück

20 durchgeführt werden sollen.

25 Es ist daher Aufgabe der Erfindung die thermische Bearbeitung von Werkstücken flexibler und dabei auch kostengünstiger zu ermöglichen.

30 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem System, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

35 Bei der Erfindung kann auf an sich bekannte technische Elemente zurückgegriffen werden, die jedoch etwas modifiziert werden sollen. So können Plasmabearbeitungsköpfe und Laserbearbeitungsköpfe eingesetzt werden, deren prinzipieller Aufbau den bisher einge-

setzten entspricht. Dabei kann eine Anpassung insbesondere für Laserbearbeitungsköpfe auch berücksichtigen, ob sie zum Schweißen oder Schneiden eingesetzt werden sollen, da für das Schneiden eine Zufuhr von Schneidgas/Prozessgas erforderlich ist, das durch eine Düse auf das Werkstück zum Austreiben von Schmelze aus der Schnittfuge erforderlich ist.

Prozessgas ist aber auch zum Betreiben eines Plasmabearbeitungskopfes erforderlich. Dadurch kann ein gemeinsamer Zugriff beider Komponenten auf eine gemeinsam nutzbare Gasversorgung bei der Erfindung ausgenutzt werden.

Ein erfindungsgemäßes System ist dabei so ausgebildet, dass ein Laserbearbeitungskopf und ein Plasmabearbeitungskopf mit einem einzigen Schaftelement verbunden werden können. Bevorzugt ist dabei im Schaftelement mindestens eine Zuführung für den elektrischen Strom zu einer Elektrode im Plasmabearbeitungskopf, ein Lichtwellenleiter für Laserstrahlung und eine Zuführung für Prozessgas vorhanden. Diese können mit komplementären Anschlüssen oder Elementen, die am Plasmabearbeitungskopf und am Laserbearbeitungskopf vorhanden sind, im befestigten Zustand am Schaftelement jeweils miteinander kommunizieren oder in Verbindung stehen. Dabei sind die Zuführungen an eine Versorgung für elektrischen Strom, für Prozessgas und der Lichtwellenleiter ist an eine Laserlichtquelle angeschlossen.

Das Schaftelement kann an einem Führungssystem befestigt sein, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Es ist so ausgebildet, dass ein Plasmabearbeitungskopf und ein Laserbearbeitungskopf daran befestigt werden können, aber ein Austausch der unter-

5 schiedlichen Bearbeitungsköpfe einfach und schnell
möglich ist. Dies kann mit geeigneten Schnellwechsel-
verschlüssen erreicht werden. Ein Austausch kann so
beim Wechsel der Bearbeitung oder bei aufgetretenem
Verschleiß einfach und schnell realisiert werden. Ne-
ben dem gemeinsamen Führungssystem, einer einzigen
Werkstückspanneinrichtung können aber auch andere An-
lagenkomponenten, wie insbesondere Gasversorgung oder
auch ein zusätzliches Kühlsystem für beide Bearbei-
10 tungsarten gemeinsam, die am erfindungsgemäßen System
vorhanden sind bzw. vorhanden sein können, genutzt
werden. Dabei kann ein Kühlsystem so ausgebildet
sein, dass lediglich bei einer Bearbeitung mit Plasma
oder mit Laserstrahlung eine zusätzliche Kühlung er-
15 folgt. Bevorzugt wird dies die Bearbeitung mit Plasma
sein. Dabei können das Schaftelement und die unter-
schiedlichen Bearbeitungsköpfe entsprechend ausgebil-
det sein, so dass ein Kühlmittel lediglich in einen
der beiden unterschiedlichen Bearbeitungsköpfe ein-
20 und wieder zurückströmen kann.

Es ist eine Laserlichtquelle mit kleinerer Leistung
erforderlich, da ja auch mit Plasma gearbeitet werden
kann, wenn höhere Leistungen erforderlich sind.

25 Es können die unterschiedlichsten Werkstoffe und
Werkstücke mit unterschiedlicheren Dicken mit der Er-
findung bearbeitet werden. Die Kosten für Anlagen-
technik können reduziert und die Produktivität erhöht
30 werden, da die Vorteile der beiden unterschiedlichen
Bearbeitungsverfahren ausgenutzt werden können.

Es besteht auch die Möglichkeit die Prozessgaszufüh-
rung so zu gestalten, dass ein Sekundärgas mit zuge-
35 führt werden kann.

Nachfolgend soll die Erfindung an Hand von Beispielen näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

5

Figur 1 in schematischer Form, den Aufbau eines Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems;

10

Figur 2 Möglichkeiten für die Ausbildung eines Schaftelementes, eines Plasmabearbeitungskopfes und eines Laserbearbeitungskopfes ohne Kühlung;

15

Figur 3 Möglichkeiten für die Ausbildung eines Schaftelementes, eines Plasmabearbeitungskopfes und eines Laserbearbeitungskopfes mit Kühlung;

20

Figur 4 in schematischer Form, den Aufbau eines weiteren Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems;

Figur 5 in schematischer Form, den Aufbau eines weiteren Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems;

25

Figur 6 in schematischer Form, den Aufbau eines weiteren Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems;

Figur 7 in schematischer Form, den Aufbau eines weiteren Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems und

30

Figur 8 in schematischer Form, den Aufbau eines weiteren Beispiels eines erfindungsgemäßen Systems.

35

Mit Figur 1 soll in schematischer Form ein einfaches Beispiel eines erfindungsgemäßen Systems ohne zusätzliche Kühlung verdeutlicht werden.

Dabei sind eine Plasmaquelle 10.1 und ein Faserlaser als Laserlichtquelle 10.2 an eine elektrische Spannungsversorgung (Netz) angeschlossen. Ein Schaftelement 20 ist über Zuführungen 30.1 an eine Plasmaquelle 10.1 angeschlossen, über die in einem Plasmabearbeitungskopf 21 vorhandene nicht dargestellte Elektrode mit elektrischem Strom versorgt werden kann. Über einen Lichtwellenleiter 30.2 gelangt emittierte Laserstrahlung zum Schaftelement 20. Prozessgas wird über die Leitung 30.3 von einer Gassteuerung 40 zugeführt. Es kann ein gemeinsames Schlauch- oder Leitungspaket 30 mit den Leitungen 30.1, 30.2 und 30.3 gebildet werden.

Am Schaftelement 20 kann wahlweise ein Plasmabearbeitungskopf 21 oder ein Laserbearbeitungskopf 22 befestigt werden. Dabei kann bei einem so ausgebildeten System die Prozessgassteuerung und -führung bei beiden Verfahren gemeinsam genutzt werden. Es müssen lediglich die jeweils erforderlichen Prozessgasdrücke und -volumenströme berücksichtigt werden.

Mit Figur 2 sollen mögliche Ausbildungen von Schaftelement 20, Plasmabearbeitungskopf 21 und Laserbearbeitungskopf 22, wie sie bei einem System nach Figur 1 bzw. ein System ohne zusätzliche Kühlung eingesetzt werden können, verdeutlicht werden.

Dabei gibt die obere Darstellung die drei Komponenten 20, 21 und 22 wieder. In der Mitte ist mit Z bezeichnet, eine Ansicht von unten bzw. der Seite des Schaftelementes 20 gezeigt, an der Plasmabearbeitungskopf 21 bzw. Laserbearbeitungskopf 22 an ihm befestigt werden können.

Durch die mittlere Längsachse ist der Lichtwellenlei-

ter 20.2 für die Laserstrahlung geführt. Außerdem sind die Zuführung 20.1 für elektrischen Strom für den Plasmabetrieb und die Zuführung 20.3 von Prozessgas durch das Schaftelement 20 zu den Bearbeitungsköpfen 21 bzw. 22 ausgebildet.

Unten links und rechts sind Ansichten von der Seite der beiden Bearbeitungsköpfe 21 und 22 gezeigt, mit der diese am Schaftelement 20 befestigt werden können. Dabei sind der Lichtwellenleiter 22.2, die Zuführungen 21.1 und 21.3 so angeordnet und ausgerichtet, dass eine Verbindung gewährleistet und die jeweiligen Medien durch diese zum jeweiligen Bearbeitungskopf 21 oder 22 geführt werden können.

Die Darstellung von Figur 3 entspricht in wesentlichen Punkten, der Figur 2. Es sind aber modifizierte Bearbeitungsköpfe 21 und 22 und ein modifiziertes Schaftelement 20 gezeigt, wie sie bei den nachfolgend bzgl. der in den Figuren 6 bis 8 gezeigten Systemen einsetzbar sind, da hier eine zusätzliche Kühlung vorgesehen ist.

Die gleichen Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Durch das in der Mitte dargestellte Schaftelement 20 sind bei diesem Beispiel zusätzlich eine Zuführung 20.4 und eine Rückführung 20.5 für ein Kühlmittel durch das Schaftelement 20 hindurch in den jeweiligen Bearbeitungskopf 21 oder 22 hinein und wieder zurück zu einem Kühlsystem 50, das bevorzugt als Rückkühlsystem ausgebildet sein kann, geführt werden kann, vorhanden. Durch eine Kühlung kann der Verschleiß beim Betrieb reduziert werden.

Die Zuführung 20.4 kann in die Kühlmittelleitung 21.4 des Plasmabearbeitungskopfes 21 oder die Kühlmittel-

leitung 22.4 des Laserbearbeitungskopfes 22 und die Rückführung 20.5 in die Kühlmittleitungen 21.5 oder 22.5 des jeweiligen am Schaftelement 20 befestigten Bearbeitungskopfes 21 oder 22 münden.

5

Es besteht auch die Möglichkeit, eine Zuführung 20.1 21.1 für elektrischen Strom so auszubilden und anzuordnen, dass sie innerhalb eines Kanals oder einer Zu- bzw. Rückführung 20.4, 21.4, 20.5 oder 21.5 für 10 Kühlmittel geführt und dabei mit gekühlt werden kann. Durch eine Kühlung kann der Querschnitt eines eingesetzten elektrischen Leiters bei vergleichbarem durch ihn fließenden elektrischen Strömen ohne Kühlung reduziert werden.

15

Nicht dargestellt sind die weitere Ausbildung der beiden Bearbeitungsköpfe 21 und 22. Diese können, wie herkömmliche ausgebildet sein. Also am Plasmabearbeitungskopf 21 die Elektroden und Düsen entsprechend 20 angeordnet bzw. vorhanden sein.

Am Laserbearbeitungskopf 22 kann ein den auf ein Werkstück gerichteten Laserstrahl fokussierendes bzw. formendes optisches Element vorhanden sein. Dieser 25 kann auch mit einer Schneiddüse versehen sein, wenn ein Schneiden an Werkstücken damit vorgenommen werden soll.

25

Ein erfindungsgemäßes System kann auch so weitergebildet sein, dass automatisch erkannt wird, was für ein Bearbeitungskopf 21 oder 22 im Moment am Schaftelement 20 befestigt ist, so dass dies für die Steuerung oder Regelung des Bearbeitungsprozesses berücksichtigt werden kann und Fehlbedienungen vermieden 30 werden können. Hierzu kann ein sensitives Element vorhanden sein, das am Schaftelement 20 und/oder den 35

30

35

unterschiedlichen Bearbeitungsköpfen 21 oder 22 angeordnet ist. Dieses ist für die Identifikation mit einer elektronischen Steuerung verbunden, so dass ein automatisierter sicherer Betrieb, dem jeweils durchzuführenden Bearbeitungsverfahren entsprechend, durchgeführt werden kann. Ein sensitives Element kann z.B. ein Schaltkontakt sein. In einer einfachen Ausführung kann eine Umschaltung einer gemeinsamen Stromquelle 10 von Plasmaquelle 10.1 zu Laserlichtquelle 10.2 oder umgekehrt dabei vorgenommen werden.

Das in Figur 4 gezeigte Beispiel unterscheidet sich vom Beispiel nach Figur 1 lediglich dadurch, dass Plasmaquelle 10.1 und Laserlichtquelle 10.2 gemeinsam an eine elektrische Stromquelle 10, mit der die Leistung beeinflusst werden kann, angeschlossen sind. Beim in Figur 5 gezeigten Beispiel sind die Plasmaquelle 10.1, die Laserlichtquelle 10.2 und die Energiequelle 10 als integrierte Einheit ausgebildet. Die Nutzung einer gemeinsamen Stromquelle 10 bzw. Energieversorgung ist ebenfalls kostengünstig und daher vorteilhaft.

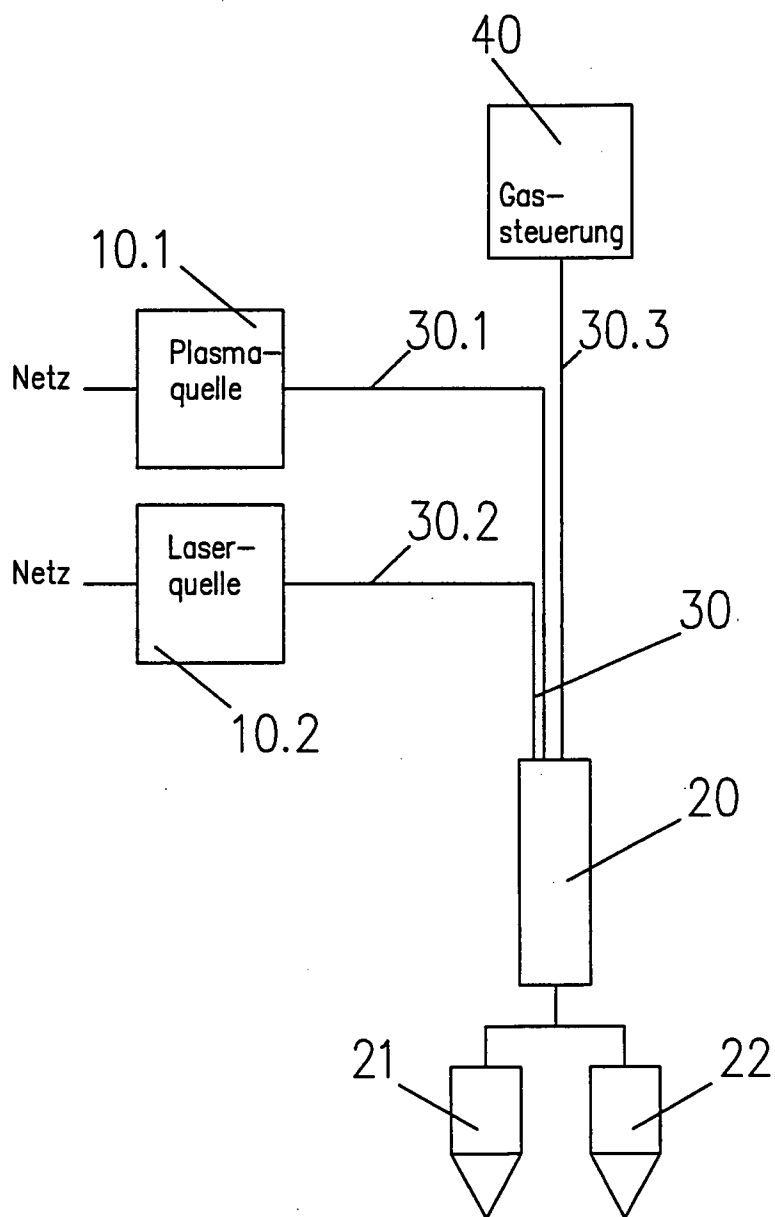
Die in den Figuren 6 bis 8 gezeigten Beispiele verfügen über eine zusätzliche Kühlung 50 mit der Zuleitung 30.4 und der Rückführleitung 30.5 für ein Kühlmittel zum Schaftelement 20 mit jeweiligem Bearbeitungskopf 21 bzw. 22 und von dort wieder zurück zur Kühlung 50. Bis auf die zusätzliche Kühlung 50 mit den Leitungen 30.4 und 30.5 entspricht das Beispiel nach Figur 6, dem in Figur 4 gezeigten Beispiel. Für das in Figur 7 gezeigte Beispiel trifft dies auf das Beispiel nach Figur 1 und für das Beispiel nach Figur 8 ist Beispiel nach Figur 5 ohne Kühlung 50 analog zu.

Patentansprüche

1. System zur thermischen Bearbeitung von Werkstücken mit einem Plasma- und/oder einem Laserstrahl, bei dem ein Laserbearbeitungskopf (22) und ein Plasmabearbeitungskopf (21) mit einem einzigen Schaftelement (20) verbindbar sind.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Schaftelement (20) mindestens eine Zuführung (20.1) für den elektrischen Strom zu einer Elektrode im Plasmabearbeitungskopf (21), einen Lichtwellenleiter (20.2) für Laserstrahlung und eine Zuführung (20.3) für Prozessgas vorhanden sind, die mit komplementären Anschlüssen oder Elementen (21.1, 21.3, 22.2, 22.3) die am Plasmabearbeitungskopf (21) und am Laserbearbeitungskopf (22) vorhanden sind, im befestigten Zustand am Schaftelement (20) jeweils miteinander kommunizieren oder in Verbindung stehen; wobei die Zuführungen (20.1 und 20.3) an eine Versorgung für elektrischen Strom (30.1), für Prozessgas (30.3) und der Lichtwellenleiter (20.2) an eine Laserlichtquelle (30.2) angeschlossen sind.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Plasmabearbeitungskopf (21) und Laserbearbeitungskopf (22) mittels mindestens eines Schnellwechselverschlusses am Schaftelement (20) befestigbar sind.
4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Laserlichtquelle (10.2) emittierte Laserstrahlung mittels Lichtwellenleiter übertragbar ist.

5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserlichtquelle ein Faserlaser ist.
- 5 6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Plasmabearbeitungskopf (22) und Laserbearbeitungskopf (21) zum trennenden Bearbeiten von Werkstücken ausgebildet sind.
- 10 7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Plasmabearbeitungskopf (22) und Laserbearbeitungskopf (21) zum Schweißen von Werkstücken ausgebildet sind.
- 15 8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Schaftelement (20) eine Zuführung (20.4) und eine Rückführung (20.5) für ein Kühlmittel ausgebildet sind, die mit Kühlmittleitungen (21.4, 21.5 und/oder 22.4 und 22.5) im Laserbearbeitungskopf (22) und/oder im Plasmabearbeitungskopf (21) 20 verbindbar sind.
- 25 9. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Zuführleitung(en) für elektrischen Strom zu einer Elektrode eines Plasmabearbeitungskopfes (21) innerhalb der Zuführung (20.4) oder Rückführung (20.5) im Schaftelement (20) und einer Kühlmittleitung (21.4 oder 21.5) im Plasmabearbeitungskopf (21) angeordnet ist/sind.
- 30 10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Schaftelement (20) und/oder Plasmabearbeitungskopf (21) und Laserbearbeitungskopf (22) ein sensitives Element vorhanden ist/sind, das mit einer elektronischen Steuerung, zur Identifikation des je-

weils am Schaftelement (20) befestigten Bearbeitungskopfes (21 oder 22) vorhanden ist.

*Fig. 1*

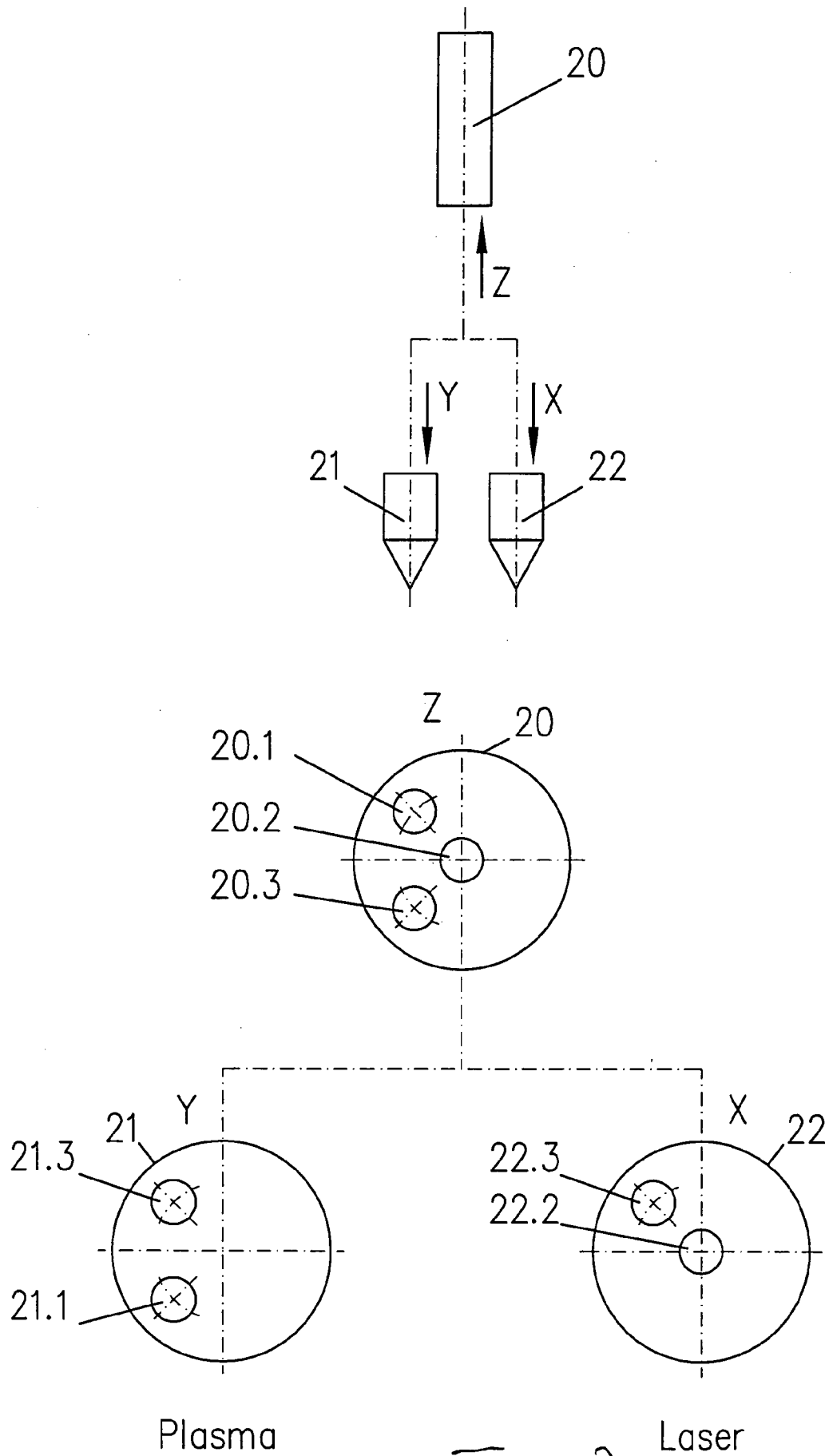
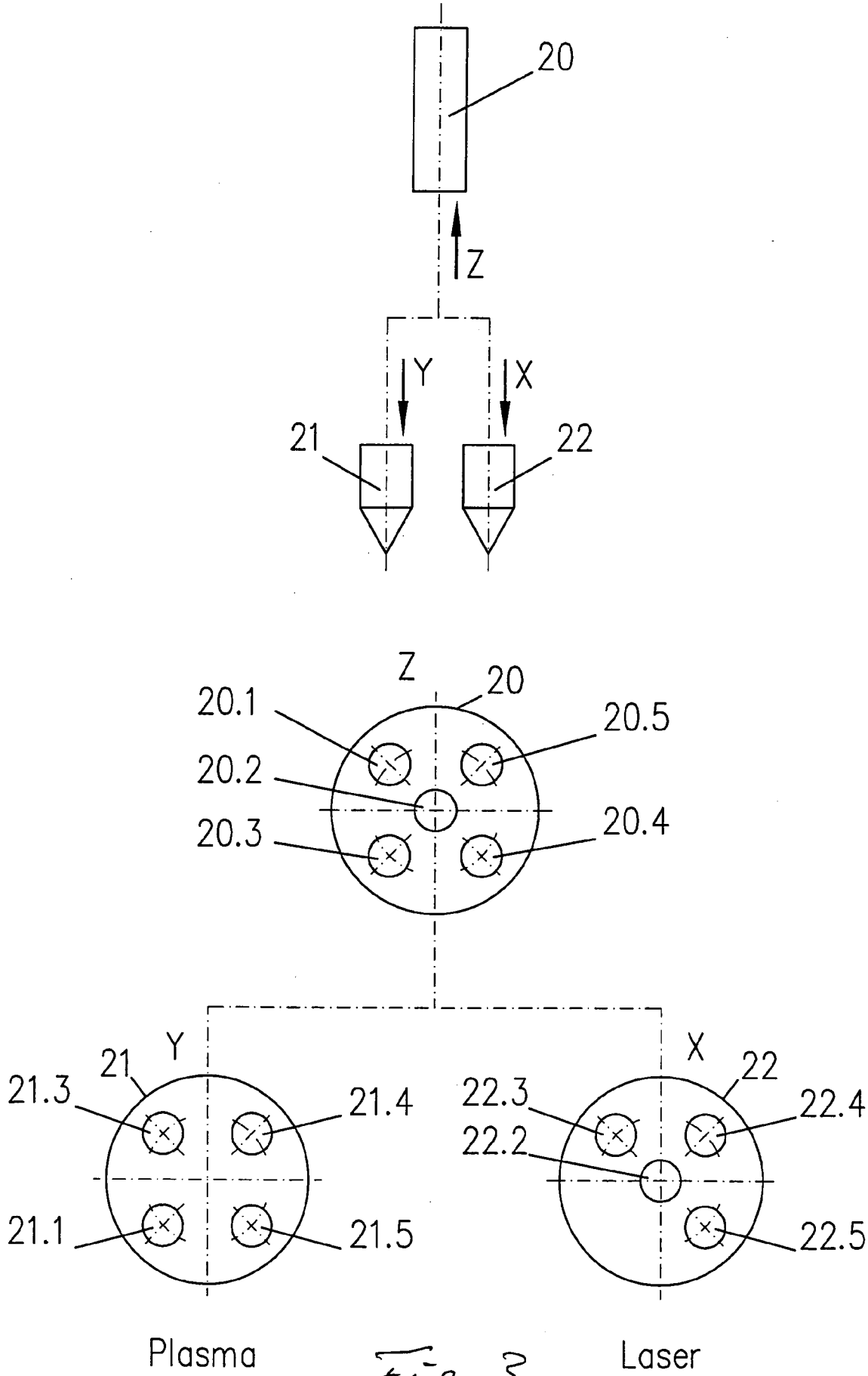


Fig. 2



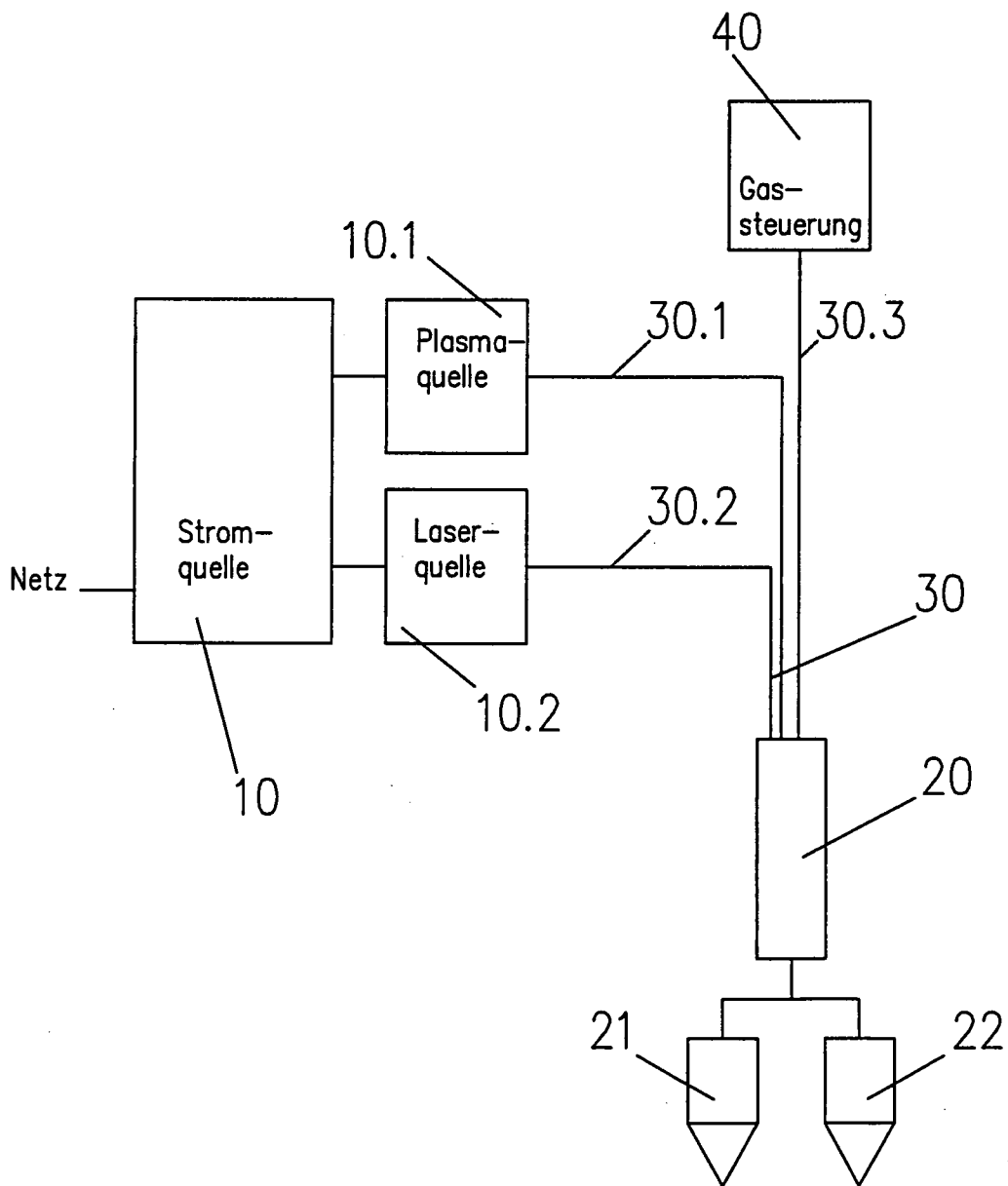


Fig. 4

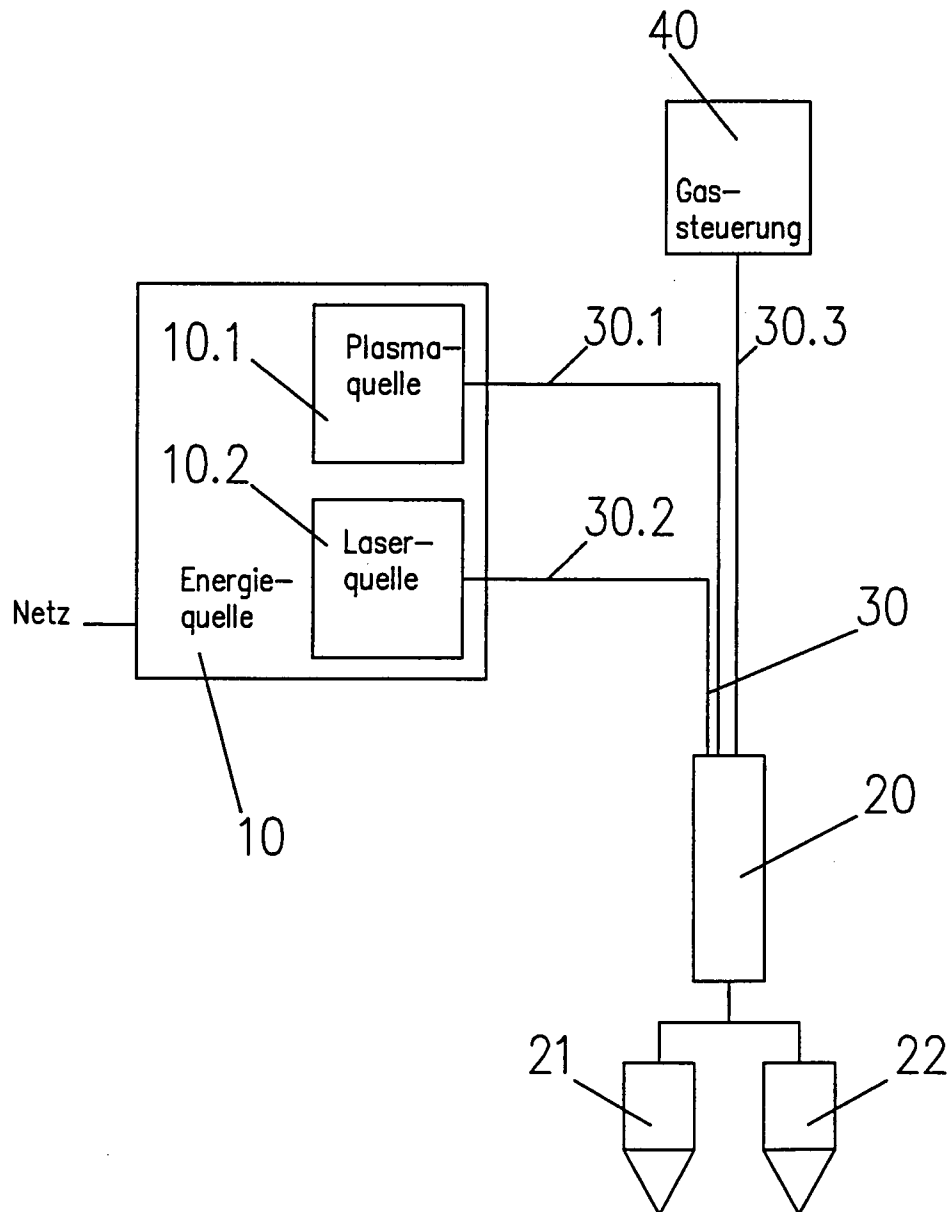


Fig. 5

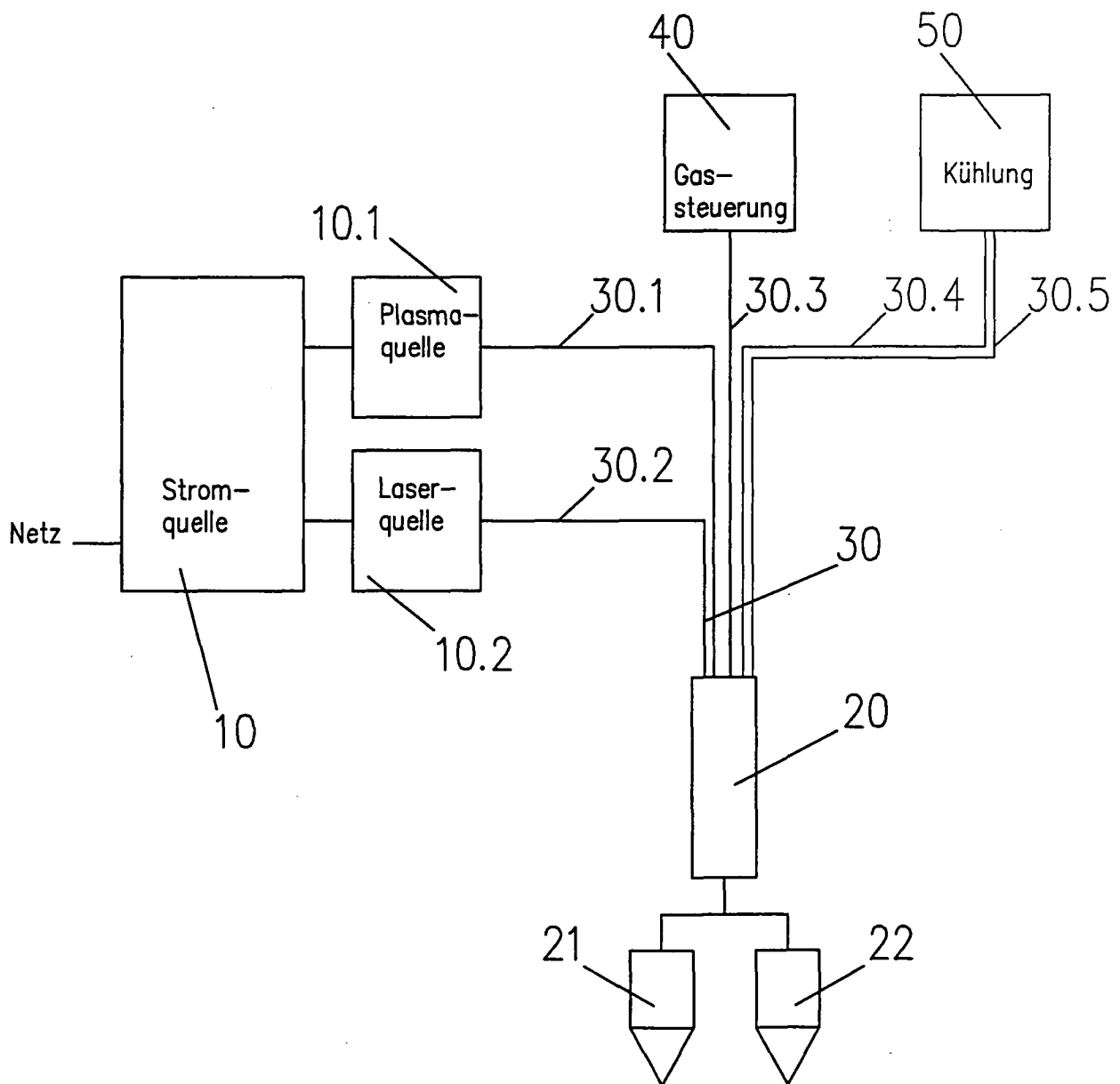


Fig. 6

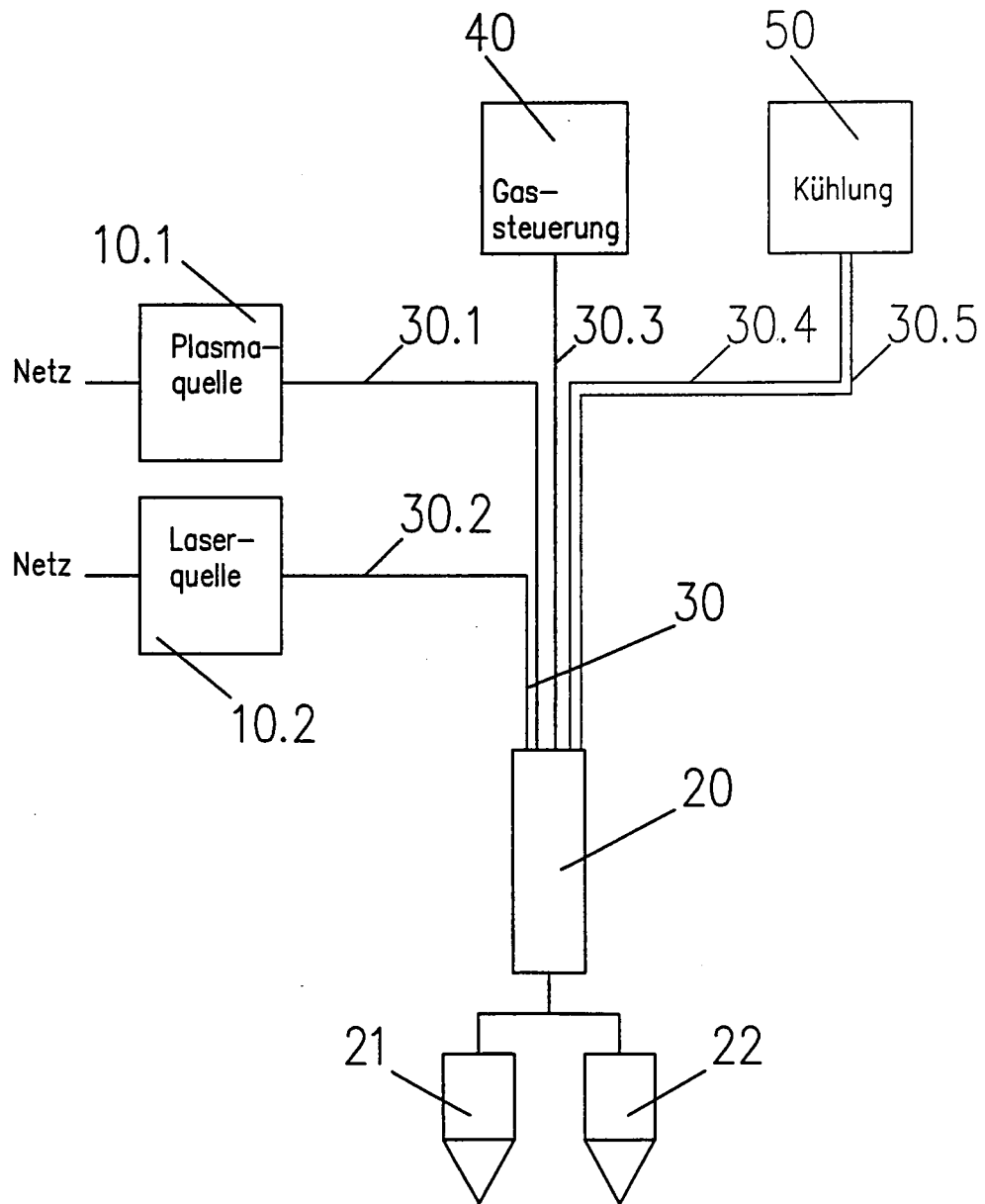


Fig. 7

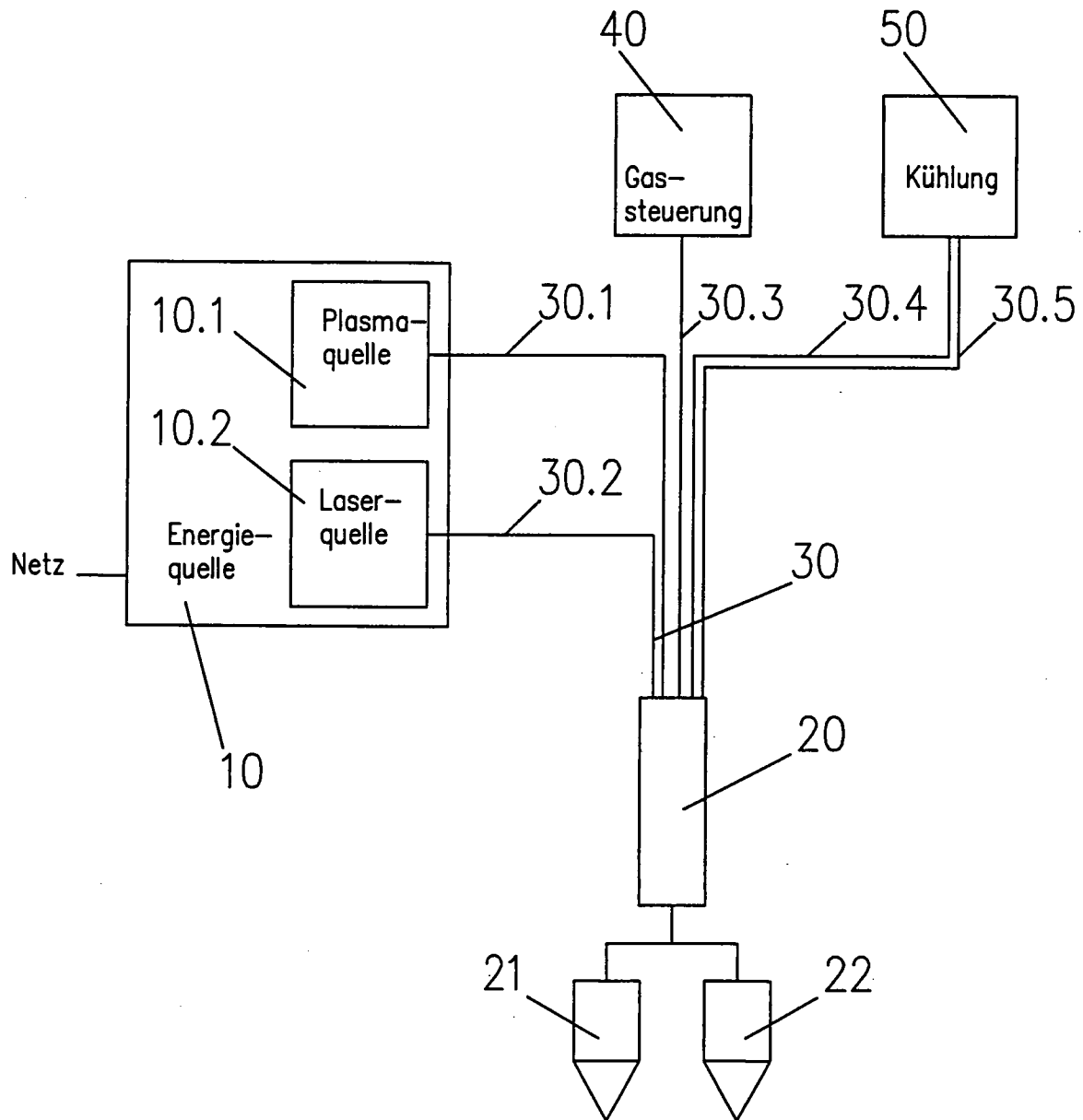


Fig. 8