



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 196 10 393 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
G 01 N 21/87
G 01 N 21/31
G 01 J 3/42

21 Aktenzeichen: 196 10 393.2
22 Anmeldetag: 16. 3. 96
43 Offenlegungstag: 18. 9. 97

DE 196 10 393 A 1

71 Anmelder:
J & M Analytische Mess- und Regeltechnik GmbH,
73431 Aalen, DE
74 Vertreter:
Lorenz, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 89522 Heidenheim

72 Erfinder:
Mannhardt, Joachim, Dipl.-Ing., 73569 Eschach, DE;
Peretti, Adolf, Dr., Adligenswil, CH

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen mit einem Spektrometer

57 Ein Verfahren und eine Vorrichtung dienen zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen mit einem Spektrometer, wobei das Licht einer Lichtquelle auf einen an einem Meßplatz angeordneten Edelstein gerichtet wird. Das durch den Edelstein durchgetretene und/oder reflektierte Licht wird an eine Auswerteeinrichtung weitergeleitet, in welcher Spektralkurven des Lichts erzeugt werden. Es wird ein Mehrkanalspektrometer verwendet, wobei der Edelstein mit weißem Licht mit Wellenlängen im Bereich von 250 nm bis 1000 nm über eine festgelegte Integrationszeit bestrahlt wird. Das Licht wird zwischen dem Meßplatz und der Auswerteeinrichtung in einer polychromatischen Detektoreinrichtung in seine Spektralanteile zerlegt. Weiterhin wird das Licht von der Lichtquelle zum Meßplatz und von dem Meßplatz zur Auswerteeinrichtung mittels Lichtleitern geführt.

DE 196 10 393 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen mit einem Spektrometer, wobei das Licht einer Lichtquelle auf einen an einem Meßplatz angeordneten Edelstein gerichtet wird und das durch den Edelstein durchgetretene und/oder reflektierte Licht an eine Auswerteeinrichtung weitergeleitet wird, in welcher Spektralkurven des Lichts erzeugt werden.

Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Spektrometer, wobei ein Edelstein auf einem mit einer Lichtquelle bestrahlbaren Meßplatz angeordnet und das den Edelstein durchdringende und/oder von dem Edelstein reflektierte Licht einer Auswerteeinrichtung zuführbar ist, in welcher Spektralkurven des Lichts erzeugbar sind.

Aus der Praxis ist es bekannt, zur Klassifizierung von Edelsteinen, also beispielsweise zum Feststellen der Güte des Edelsteines, sowie zum Identifizieren der Edelsteine, d. h. zur Feststellung des Herkunftslandes des Edelsteines, Spektrometer einzusetzen.

So sind beispielsweise Tristimulus-Farbmeß-Geräte bekannt, bei denen jeweils die Absorption von einzelnen Bereichen des Lichts, mit welchem der Edelstein bestrahlt wird, z. B. rot, blau und grün, vermessen wird.

Um eine monochromatische Beleuchtung des zu klassifizierenden oder zu identifizierenden Edelsteines zu realisieren, werden der Lichtquelle geeignete Filter, mittels denen die monochromatische Beleuchtung erzeugbar ist, nachgeschaltet. Alternativ können die Filter auch an anderer geeigneter Stelle vorgesehen sein, wobei jeweils aus den gemessenen Transmissionswerten des Lichtes direkt die Tristimulus-Werte für die Farbauswertung berechnet werden.

Aus der Praxis sind außerdem Spektralphotometer bekannt, welche den gesamten relevanten Wellenlängenbereich des Lichts, mit welchem der Edelstein bestrahlt wird, abfahren und somit die Spektralkurve eines Körpers, also in diesem Falle des Edelsteins, vermessen.

Aus der gemessenen spektralen Kurve kann dann die Farbe des Edelsteines berechnet werden.

Der Einsatz von Spektralphotometern zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen bringt jedoch den Nachteil mit sich, daß das monochromatische Abfahren des relevanten Wellenlängenbereiches sehr aufwendig ist, insbesondere zeitaufwendig, so daß die Identifizierung und/oder Klassifizierung eines Edelsteins verhältnismäßig lange dauert und somit teuer ist.

Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung von Spektralphotometern ist die fehlende Berücksichtigung der Fluoreszenz der Edelsteine, so daß die mittels Spektralphotometern ermittelten Meßwerte nicht ganz exakt sind und von den tatsächlichen Werten abweichen.

Wie bereits erwähnt, ist die Farbberechnung von Edelsteinen auf der Basis von Spektralkurven möglich.

Hierzu gibt es gängige Farbberechnungsmodelle, welche auf Spektralkurven aufbauen. Die Farbberechnung ergibt Werte für die Farbe eines Edelsteines, die durch drei Größen beschrieben werden: Farbton, Sättigung und Grauwert.

Eine Verschiebung des Spektrums ohne Änderung der Kurvencharakteristika ergibt eine deutliche Veränderung des Grauwertes. Eine Veränderung des Kurvenverlaufs zeigt eine deutliche Veränderung der Sättigung und des berechneten Farbtons an.

Besonders die Verschiebung des Spektrums in der

Y-Richtung läßt sich bei der Messung von ein und demselben Edelstein häufig beobachten. Derartige Verschiebungen lassen sich durch die komplizierte Oberflächengestalt eines Edelsteines und durch die zahlreich vorhandenen Facetten erklären.

Es ergibt sich dabei häufig das Problem, daß bei Edelsteinen die Schliffform, Schliffart und die Proportionen den Strahlengang des Lichtes durch komplizierte Lichtbrechung an den Facetten und an anderen Stellen stark beeinflussen. Dies hat zur Folge, daß es bei komplizierten Intern-Reflexionen nicht genau bekannt ist, welche Schichtdicke des Edelsteins eigentlich vermessen wurde. Zudem kann das Signal bereits beim Eintritt in den Edelstein reflektiert werden, so daß die Eingangsintensität beim Eintritt des Lichtes in den Edelstein ebenfalls nicht bekannt ist.

Die genannten Parameter (Schichtdicke und Eingangsintensität des Lichtes) sind jedoch neben der Absorptionseigenschaft des Materials selbst wichtige Voraussetzungen für die Farbberechnung.

Beim Austritt des Lichts aus dem Edelstein können Lichtanteile in alle Richtungen gestreut werden.

Durch geeignete Einrichtungen wird in der Praxis versucht, diese verlorenen Lichtanteile wieder "einzufangen" und somit bei der Messung zu berücksichtigen.

Verfälschungen der Meßergebnisse durch Reflexionsverluste machen sich im Spektrum besonders durch eine Verschiebung der Absorptionskurven entlang der Y-Achse bemerkbar.

Beispielsweise wird die Transmission des Rotlichtes bei gelben Diamanten während der Messung in bekannten Spektralphotometern bei viel zu niedrigen Werten registriert, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Bei der Farbberechnung führt dies zur erhöhten Grauwerten. Diese Verfälschung des Meßergebnisses läßt sich bei farblosen Diamanten mit kleinstem Grauwert deutlich zeigen.

Des weiteren ist es bei bekannten Verfahren zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen notwendig, gefaßte Edelsteine aus der Fassung zu entnehmen, was den Aufwand zur Durchführung einer Identifizierung und/oder Klassifizierung weiterhin wesentlich erhöht.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen vorzusehen, mittels welchem die Edelsteine schnell, einfach und kostengünstig identifiziert und/oder klassifiziert werden können und welches exakte Meßergebnisse liefert.

Der Erfindung liegt des weiteren die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens vorzusehen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Mehrkanalspektrometer verwendet wird, wobei der Edelstein mit weißem Licht mit Wellenlängen im Bereich von 250 nm bis 1000 nm über eine festgelegte Integrationszeit bestrahlt wird, wobei das Licht zwischen dem Meßplatz und der Auswerteeinrichtung in einer polychromatischen Detektoreinrichtung in seine Spektralanteile zerlegt wird, und daß das Licht von der Lichtquelle zum Meßplatz und von dem Meßplatz zur Auswerteeinrichtung mittels Lichtleitern geführt wird.

Durch die Verwendung eines Mehrkanalspektrometers erübrigt sich das Abfahren des Edelsteines mit monochromatischem Licht, da in einem Meßvorgang Licht mit einem Wellenlängenbereich zwischen 250 nm bis 1000 nm auf den Edelstein gestrahlt wird und das weiße Licht anschließend in der polychromatischen Detektor-

einrichtung in seine Spektralanteile zerlegt wird, wobei die Werte für die einzelnen Spektralanteile auf geeignete Art und Weise gemessen werden und in der Auswerteeinrichtung aus diesen Meßwerten die Spektralkurven berechnet werden. Mittels der berechneten Spektralkurven kann der vermessene Edelstein dann identifiziert und/oder klassifiziert werden. Mit dem Mehrkanalspektrometer werden also simultan eine Vielzahl von Wellenlängenbereichen bzw. Spektralbereichen gleichzeitig gemessen.

Somit kann innerhalb kürzester Zeit und kostengünstig ein Edelstein klassifiziert und/oder identifiziert werden.

Gegenüber bekannten Verfahren zum Identifizieren und/oder Klassifizieren des Edelsteines kann sich hierbei ein Geschwindigkeitsvorteil im Bereich von Faktor 100 bis 1000 ergeben. Des weiteren können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch opake Edelsteine klassifiziert und/oder identifiziert werden und es kann auch festgestellt werden, ob ein Edelstein zur Veränderung dessen Farbe mit radioaktiver Strahlung behandelt wurde.

Durch das Führen des Lichts von der Lichtquelle zum Meßplatz und von dem Meßplatz zur Auswerteeinrichtung vorzugsweise mittels biegsamen Lichtleitern ist es nicht mehr notwendig, einen gefaßten Edelstein aus seiner Fassung zu entfernen, sondern es kann vielmehr von einem Anwender mit dem Lichtleiter direkt der Edelstein angestrahlt werden, wobei das von dem Edelstein reflektierte Licht einem weiteren Lichtleiter zugeführt wird, welcher das Licht der polychromatischen Detektoreinrichtung und nachfolgend der Auswerteeinrichtung zuführt.

Somit kann auf einfache Art und Weise und sehr schnell wenigstens eine Identifizierung eines gefaßten Edelsteines vorgenommen werden.

Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch die Fluoreszenz des Edelsteines aufgrund der Interaktion des Edelsteines mit weißem Licht mitberücksichtigt wird, sind entsprechend exakte Meßergebnisse und somit auch entsprechend genaue Identifizierungen und/oder Klassifizierungen von Edelsteinen erzielbar.

Zur Kalibrierung bzw. zum exakten Erzeugen von Spektralkurven kann vorgesehen sein, daß das den Edelstein bestrahlende Licht solange verstärkt wird, bis wenigstens eine der Spektralkurven an einer vorher bestimmten Stelle einen definierten bekannten Wert aufweist.

Diese Verstärkung des Lichts kann beispielsweise durch eine Erhöhung der Belichtungs- bzw. Integrationszeit, d. h. durch eine Verlängerung der Zeitdauer, während welcher der Edelstein mit Licht bestrahlt wird, realisiert werden, oder auch durch eine Veränderung des Abstandes zwischen einer der polychromatischen Detektoreinrichtung vorgeschalteten Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter und dem Edelstein.

Die Kalibrierung kann beispielsweise so erfolgen, daß bei einer Ausbildung des Edelsteines als Diamant die Lichtstrahlung solange verstärkt wird, bis die Spektralkurve im nahen Infrarot-Bereich einen Wert von 100% erreicht.

Aufgrund der schnellen Durchführung einer Messung ist es hierbei möglich, interaktiv zu messen, d. h. es wird von einem Anwender beispielsweise eine Messung durchgeführt, die z. B. 0,1 s bis 1 s dauert, wonach die in der Auswerteeinrichtung erzeugten Spektralkurven mit der bekannten Spektralkurve von Diamanten, die im nahen Infrarot-Bereich der Lichtstrahlen einen Wert

von 100% aufweist, verglichen werden, wonach entweder die Integrationszeit oder der Abstand des Edelsteins zu der Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter von dem Anwender verändert und eine weitere Messung durchgeführt wird.

Dieses Verändern der Lichtintensität wird solange durchgeführt, bis die gemessene Spektralkurve den vorherbestimmten Wert erreicht hat, wobei dann sichergestellt ist, daß auch sämtliche weiteren Spektralkurven, die mit der nachfolgenden Messung ermittelt werden, entsprechend exakt sind.

Wie bereits erwähnt, kann die beschriebene Vorgehensweise bei Diamanten angewandt werden. Es liegt jedoch selbstverständlich im Ermessen des Durchschnittsfachmannes, auch für andere Edelsteine entsprechende Referenz-Spektralkurven vorzusehen und die genannten veränderbaren Parameter, also Integrationszeit und/oder Abstand zwischen Edelstein und einer Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter, entsprechend zu verändern, bis auch für einen anderen Edelstein der gemessene Wert dem Wert einer Referenz-Spektralkurve an einer geeigneten Stelle entspricht.

Vorzugsweise können der polychromatischen Detektoreinrichtung parallele Lichtstrahlen zugeführt werden.

Bei einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist das weiße Licht mit einer Wellenlänge von 250 nm bis 1000 nm von der Lichtquelle zu dem Meßplatz und von dem Meßplatz zu der Auswerteeinrichtung durch erste und zweite Lichtwellenleiter leitbar, wobei zwischen dem Meßplatz und der Auswerteeinrichtung eine polychromatische Detektoreinrichtung zum Zerlegen des Lichts in seine Spektralanteile und zum Erfassen der Spektralanteile vorgesehen ist.

Durch diese Anordnung, deren Vorteile bereits beschrieben wurden, ist eine einfache, schnelle und kostengünstige sowie genaue Identifikation und/oder Klassifizierung, auch von gefaßten Edelsteinen, möglich.

Die Lichtleiter, die vorzugsweise als biegsame Lichtleiter ausgeführt sein können, können vorteilhaft Quarz-Quarz-Fasern enthalten, mittels denen Licht in einem Wellenlängenbereich zwischen 250 nm und 1000 nm leitbar ist.

Es liegt jedoch selbstverständlich im Ermessen des Durchschnittsfachmannes, auch andere Lichtleiter vorzusehen, mittels welchen Licht in dem genannten Wellenlängenbereich von der Lichtquelle zu dem Meßplatz und von dem Meßplatz zu der Auswerteeinrichtung geleitet werden kann.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann hierbei vorgesehen sein, daß wenigstens ein Teil der Lichtleiter eine Monofaser und um die Monofaser herum angeordnete Einzelfasern aufweist.

Somit besteht die Möglichkeit, mit ein und dem selben Lichtleiter beispielsweise durch die Einzelfasern, die auch als Faserbündel bezeichnet werden können, geeignetes Licht zu dem Meßplatz zu leiten, wonach dann das von dem Edelstein reflektierte Licht von der Monofaser aufgenommen und der polychromatischen Detektoreinrichtung zugeführt wird.

Für einen Anwender ist hierdurch die Bedienung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wesentlich vereinfacht da direkt an dem Edelstein mit lediglich einem einzigen Lichtleiter gearbeitet werden muß und kein kompliziertes Einstellen bzw. Abstimmen von zwei Lichtleitern, von denen einer das den Edelstein bestrahlende Licht führt und der andere das von dem Edelstein reflektierte Licht der Auswerteeinrichtung zuführt, notwendig ist.

Des weiteren kann auch vorgesehen sein, daß der Meßplatz in einem Meßkopf angeordnet ist, wobei der Meßkopf eine Trägerplatte für den Edelstein aufweist, die in einer mit einer Reflexionsschicht beschichteten Integrationskugel angeordnet ist, in welche die Lichtquelle einstrahlt, und wobei in der Trägerplatte ein mit dem ersten Lichtleiter wirkverbundener Diffusor angeordnet ist, durch welchen das Licht dem Edelstein zuführbar ist und in einer auf Abstand zu der Trägerplatte angeordneten Aufnahmeplatte ein weiterer Diffusor vorgesehen ist, der mit der Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter verbunden ist und durch den Licht der Auswerteeinrichtung zuführbar ist.

Durch die Anordnung des Meßplatzes in dem Meßkopf sind äußerst genaue Identifizierungen und/oder Klassifizierungen von Edelsteinen möglich, da nahezu der gesamte Anteil des auf den Edelstein eingestrahlten Lichtes aufgrund dessen Anordnung in einer Integrationskugel der Auswerteeinrichtung zuführbar ist. Somit muß das gesamte auf den Edelstein eingestrahlte Licht durch den Edelstein hindurchgehen (Transmission) und wird beim Austritt aus dem Edelstein sowie im Edelstein selbst gebrochen, wobei jedoch von der Integrationskugel sämtliche gestreuten bzw. gebrochenen Lichtstrahlen indirekt über den weiteren Diffusor und die Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter der polychromatischen Detektoreinrichtung und somit auch der Auswerteeinrichtung zuführbar sind.

In einfacher Weise kann die Trägerplatte für den Edelstein in Linearführungen geführt und der Abstand des Edelsteines zu der der polychromatischen Detektoreinrichtung vorgeschalteten Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter durch Verschieben der Trägerplatte in den Linearführungen veränderbar sein.

Durch das Verschieben der Trägerplatte in den Linearführungen kann das der polychromatischen Detektoreinrichtung zugeführte Licht auf einfache Art und Weise verstärkt bzw. verändert werden.

Der Diffusor und/oder der weitere Diffusor und/oder die Trägerplatte für den Edelstein können hierbei auswechselbar vorgesehen sein, so daß unterschiedliche Diffusoren, die beispielsweise aus Talk-Papier oder Quarz bestehen können, problemlos in die Trägerplatte eingebaut bzw. ausgetauscht werden können oder auch die gesamte Trägerplatte mit fest eingebauten Diffusoren austauschbar vorgesehen ist.

Der Diffusor und/oder der weitere Diffusor selbst können mehrschichtig ausgeführt sein, so daß durch die Verwendung mehrerer gleichartiger oder auch mehrerer unterschiedlicher Schichten die Eigenschaften der Diffusoren optimal an den jeweiligen Einsatzzweck bzw. Edelstein anpaßbar sind.

Die Diffusoren sind aus Werkstoffen bzw. Werkstoffkombinationen gefertigt, die für Licht in dem relevanten Wellenlängenbereich durchlässig sind.

Insbesondere kann der Diffusor Durchmesser zwischen 3 mm bis 18 mm aufweisen, wodurch ein wenigstens annähernd den selben Durchmesser wie der Edelstein aufweisender Diffusor in die erfindungsgemäße Vorrichtung eingesetzt werden kann und somit entsprechend exakte Meßwerte erhalten werden können.

Die Reflexionsschicht in der Integrationskugel kann eine UV-taugliche Innenbeschichtung, beispielsweise aus BaSO₄, sein, die auch Lichtstrahlen im UV-Bereich reflektiert.

Durch eine derartige Innenbeschichtung ist sichergestellt, daß sämtliche, von der Lichtquelle ausgestrahlten, Wellenlängen im Bereich von 250 nm bis 1000 nm in der

Integrationskugel reflektiert und letztendlich der Auswerteeinrichtung zur Erzeugung exakter Spektralkurven zuführbar sind.

Die Reflexionsschicht kann auch auf der Trägerplatte vorgesehen sein, so daß auf die Trägerplatte reflektierte Lichtstrahlen wieder in die Integrationskugel hineinreflektiert und letztendlich der Auswerteeinrichtung zugeführt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann eine Grundplatte aus einem weichen Werkstoff aufweisen, wobei die Linearführungen auf der Grundplatte angeordnet sind.

Durch das Vorsehen einer Grundplatte aus einem weichen Werkstoff wird vermieden, daß eventuell von der Trägerplatte auf die Grundplatte fallende Edelsteine beschädigt oder gar zerstört werden.

Die Grundplatte kann beispielsweise aus Plexiglas oder einem anderen geeigneten Kunststoff gefertigt sein.

Um zu vermeiden, daß durch den Edelstein hindurchgetretenes oder von dem Edelstein reflektiertes Licht aus der Integrationskugel nach außen dringt, kann diese auf ihrer Außenseite mit Aluminium bedampft sein, so daß die Integrationskugel lichtdicht ist.

Vorzugsweise kann die Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter, die als Lichtleiter-Adapter mit einer ins Unendliche abbildenden Optik (LAP-Optik) oder auch als fokussierender Lichtleiter-Adapter ausgebildet sein kann, auf der Außenseite der Integrationskugel und an der dem Diffusor gegenüberliegenden Seite der Integrationskugel angeordnet sein.

Als Lichtquelle kann eine Xenon-Lampe verwendet werden, wobei es selbstverständlich im Ermessen des Durchschnittsfachmanns liegt, auch andere Lichtquellen zu verwenden, welche wenigstens einen Großteil des Wellenlängenbereiches zwischen 250 nm bis 1000 nm abdecken.

Die polychromatische Detektoreinrichtung kann in einfacher Weise als Dioden-Array-Detektor oder als CCD-Detektor (CCD = Charge Coupled Device) ausgebildet sein.

Nachfolgend sind anhand der Zeichnung zwei Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung prinzipiell beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Schnitt entlang der Linie II-II der Fig. 1 durch einen Lichtleiter,

Fig. 3 eine vergrößerte dreidimensionale Ansicht des Meßkopfes der Vorrichtung nach der Fig. 1,

Fig. 4 schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 5 in vergrößerter Darstellung den Meßkopf der Vorrichtung nach der Fig. 4, und

Fig. 6 in vergrößerter Darstellung die Trägerplatte des Meßkopfes nach der Fig. 5.

Bezugnehmend auf Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen dargestellt.

Die Vorrichtung umfaßt ein Spektrometer, welches eine als Xenon-Lampe ausgebildete Lichtquelle 1 enthält, deren Lichtstrahlen über ein Linsensystem 2 und einen Shutter 3 einem ersten biegsamen Lichtleiter 4 zuführbar sind.

Der Shutter 3, der auch als verschließbare Blende bezeichnet werden kann, führt bei langen Integrationszeiten, auf die später eingegangen werden soll, eine

Dunkelstromkorrektur durch.

Der erste biegsame Lichtleiter 4 besteht aus einer Vielzahl von Einzelfasern 6, die auch als Faserbündel bezeichnet werden können (siehe Fig. 2).

Zwischen dem Shutter 3 und einem Meßkopf 5 der Vorrichtung ist ein Verbindungsglied 7 angeordnet, in welches sowohl der erste Lichtleiter 4 als auch ein zu einer als Dioden-Array-Detektor 8 ausgebildeten polychromatischen Detektoreinrichtung führender zweiter Lichtleiter 9 münden.

Der zweite Lichtleiter 9 ist hierbei als Monofaser 10 ausgebildet, d. h. das Licht wird lediglich durch eine einzige Faser geleitet.

Zwischen dem Verbindungsglied 7 und dem Meßkopf 5 weist der Lichtleiter die in der Fig. 2 dargestellte Querschnittsform auf, wobei um die Monofaser 10 des zweiten Lichtleiters 9 herum die Einzelfasern 6 bzw. das Faserbündel des von der Lichtquelle 1 kommenden ersten Lichtwellenleiters 4 angeordnet sind.

Der Meßkopf 5 kann auf einen an einem Meßplatz angeordneten Edelstein 11 gerichtet werden, welcher in dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel als gefaßter Edelstein 11 ausgebildet ist. Die über den ersten biegsamen Lichtleiter 4 dem Meßkopf 5 zugeführten Lichtstrahlen werden von dem Edelstein 11 reflektiert und über die Monofaser 10 des zweiten biegsamen Lichtleiters 9 dem Dioden-Array-Detektor 8 zugeführt. Der Dioden-Array-Detektor 8 enthält ein Dioden-Array 12, welches die einzelnen Spektralbereiche des in dem Dioden-Array-Detektor 8 aufgespaltenen weißen Lichtes aufnimmt und an eine Auswerteeinrichtung 13 weiterleitet, die in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel einen Personal-Computer 14 sowie einen an den Personal-Computer 14 angeschlossenen Drucker 15 enthält. Das Dioden-Array 12 kann z. B. $2^{10} = 1024$ Pixel enthalten, wobei jedes Pixel einen anderen Spektralbereich bzw. Wellenlängenbereich des Lichts erfaßt.

Der Shutter 3 ist von dem Dioden-Array-Detektor 8 über eine Steuerleitung 16 ansteuerbar.

Zum Identifizieren des Edelsteines 11 muß ein Anwender lediglich die Lichtquelle 1 einschalten und den Meßkopf 5 auf den zu identifizierenden Edelstein 11 richten.

Das von der Lichtquelle 1 abgestrahlte Licht wird, wie bereits erwähnt, durch den ersten biegsamen Lichtleiter 4 bzw. die Einzelfasern 6 dem in Fig. 3 näher dargestellten Meßkopf 5 zugeführt, wonach das von dem Edelstein 11 reflektierte Licht wieder in den Meßkopf 5 eintritt, und zwar in die Monofaser 10, und somit über den zweiten biegsamen Lichtleiter 9 dem Dioden-Array-Detektor 8 zugeführt wird.

In dem Dioden-Array-Detektor 8 wird das von der Lichtquelle 1 ausgestrahlte und von dem Edelstein 11 reflektierte Licht, das in einem Wellenlängenbereich zwischen 250 nm bis 1000 nm liegt, in seine Spektralanteile auf bekannte Art und Weise zerlegt, wobei die einzelnen Spektralanteile von dem Dioden-Array 12 bekannter Bauart aufgenommen und die von dem Dioden-Array 12 aufgenommenen Werte dem Personal-Computer 14 zugeführt werden.

In dem Personal-Computer 14 werden mittels einer geeigneten Software die Spektralkurven des von dem Dioden-Array 12 aufgenommenen Lichtes erzeugt, wodurch der Edelstein 11 identifiziert werden kann.

Gegebenenfalls können die ermittelten Spektralkurven auch auf dem Drucker 15 ausgedruckt oder anderweitig in dem Personal-Computer 14 abgespeichert werden.

Es ist klar ersichtlich, daß sich durch die Verwendung biegsamer Lichtleiter bei der dargestellten Vorrichtung der Vorteil ergibt, daß einzelne Baugruppen, wie Lichtquelle, Meßkopf und Auswerteeinrichtung, separat vorgesehen sein können, was den Aufbau und die Bedienung der Vorrichtung wesentlich erleichtert.

Mit dem beschriebenen Verfahren und der in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Vorrichtung können auch opake Edelsteine 11 identifiziert werden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen ist in Fig. 4 dargestellt.

Für bereits im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 3 eingeführte Bauteile sollen nachfolgend dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

In dem Ausführungsbeispiel nach der Fig. 4 wird das von einer Lichtquelle 1 erzeugte Licht, das in einem Wellenlängenbereich zwischen 250 nm und 1000 nm und vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich zwischen 360 nm bis 780 nm liegt, durch ein Linsensystem 2 und einen Shutter 3 geführt und nachfolgend über einen ersten biegsamen Lichtleiter 4 einem Meßkopf 5, in welchem sich der Meßplatz des Edelsteines befindet, zugeleitet.

Nachdem das Licht in dem Meßkopf 5 durch den Edelstein 11 hindurchgeleitet wurde, wird es über einen zweiten biegsamen Lichtleiter 9 einem Dioden-Array-Detektor 8 zugeführt, in welchem das Licht in seine Spektralanteile zerlegt wird, wonach diese Spektralanteile von einem Dioden-Array 12 aufgenommen und an die Auswerteeinrichtung 13, die wie im Zusammenhang mit der Fig. 1 beschrieben ausgebildet sein kann, weitergeleitet werden.

Fig. 5 zeigt in vergrößerter Darstellung den Meßkopf 5 der Fig. 4.

Der Meßkopf 5 weist hierbei eine Trägerplatte 17 auf, die in vertikaler Richtung (siehe Doppelpfeil 18), verschiebbar in Linearführungen 19 gelagert ist.

Die Linearführungen 19 sind auf einer aus Plexiglas gefertigten Grundplatte 20 befestigt.

Des weiteren ist an den Linearführungen 19 über der Trägerplatte 17 und auf Abstand zu dieser eine Aufnahmeplatte 21 ortsfest angeordnet, wobei in der Aufnahmeplatte 21 eine als LAP-Optik (Lichtleiter-Adapter mit einer ins Unendliche abbildenden Optik) 22 ausgebildete Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter vorgesehen ist. Von der LAP-Optik 22 führt der zweite biegsame Lichtleiter 9 zu dem in der Fig. 5 nicht dargestellten Dioden-Array-Detektor 8.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel können beide Lichtleiter 4, 9 als Monofasern ausgebildet sein.

In der Trägerplatte 17 ist ein Diffusor 23 angeordnet, auf welchen der Edelstein 11 aufgelegt ist, wie in der Fig. 6 dargestellt.

Der Durchmesser des Diffusors 23 entspricht hierbei wenigstens annähernd dem Durchmesser des Edelsteines 11 und kann z. B. zwischen 3 mm bis 18 mm betragen.

Das über den ersten Lichtleiter 4 dem Diffusor 23 zugeführte Licht wird in diesem gestreut und geht durch den Edelstein 11 hindurch (Transmission des Lichts), wobei das Licht mehrfach gebrochen werden kann.

Das aus dem Edelstein 11 austretende Licht fällt in eine fest mit der Aufnahmeplatte 21 verbundene und somit ortsfeste Integrationskugel 24, welche auf ihrer Innenseite mit Bariumsulfat ($BaSO_4$) beschichtet ist.

Auch die der Integrationskugel 24 zugewandte Seite der Trägerplatte 17 ist mit $BaSO_4$ beschichtet.

Außenseitig ist die Integrationskugel 24 mit Aluminium 25 bedampft, wodurch die Integrationskugel 24 lichtdicht ist und somit kein Licht von außen in die Integrationskugel 24 eindringen und auch kein Licht aus der Integrationskugel 24 nach außen dringen kann.

Das von der Integrationskugel 24 reflektierte Licht wird durch einen weiteren Diffusor 26, der der LAP-Optik 22 vorgeschaltet ist und über den zweiten Lichtleiter 9 dem Dioden-Array-Detektor 8 zugeführt, so daß in dem Dioden-Array-Detektor 8 "parallele" Lichtstrahlen ankommen.

Der weitere Diffusor 26 ist dem Diffusor 23 gegenüberliegend und auf der Außenseite der Integrationskugel 24 angeordnet.

Zur Klassifizierung und/oder Identifizierung des Edelsteines 11 wird von einem Anwender bei dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 4 bis 6 zuerst die Lichtquelle 1, die, wie bereits erwähnt, als Xenon-Lichtquelle ausgeführt sein kann, eingeschaltet, wonach Licht über den ersten Lichtleiter 4 zu dem Edelstein 11 geführt wird, durch den Edelstein 11 hindurchtritt und direkt oder indirekt, beispielsweise nach Reflexion in der Integrationskugel 24, über den weiteren Diffusor 26 und die LAP-Optik 22 sowie den Dioden-Array-Detektor 8 der Auswerteeinrichtung 13 zugeführt wird.

In der Auswerteeinrichtung 13 werden die Spektralkurven des empfangenen Lichtes erzeugt und gegebenenfalls ausgewertet, d. h. der vermessene Edelstein 11 kann identifiziert und/oder klassifiziert werden.

Hierzu ist es jedoch notwendig, die beschriebene Vorrichtung zuerst zu kalibrieren, was durch eine Verstärkung des von der Lichtquelle 1 ausgestrahlten Lichtstrahles solange erfolgt, bis, falls der Edelstein 11 ein Diamant ist, die Spektralkurve des nahen Infrarot-Bereiches des über den zweiten Lichtleiter 9 der Auswerteeinrichtung 13 zugeführten Lichtes bei 100% liegt.

Diese Verstärkung des Lichtstrahles kann dadurch erreicht werden, daß eine ausreichend lange Belichtungszeit (0,1 s bis 1 s) am Dioden-Array-Detektor eingestellt wird, so daß entsprechend mehr Licht von der Lichtquelle 1 zu dem Edelstein 11 und somit auch zu dem Dioden-Array 12 gelangt, d. h. die Integrationszeit wird erhöht. Um Fehlerstromkorrekturen bei langen Integrationszeiten durchführen zu können, ist der Lichtquelle 1 der Shutter 3 nachgeschaltet.

Eine weitere Möglichkeit zur Verstärkung bzw. Veränderung des Lichtstrahles besteht darin, die Trägerplatte 17 in Richtung des Doppelpfeils 18 vertikal nach oben oder unten zu verschieben, wobei z. B. bei einer Bewegung der Trägerplatte 17 vertikal nach unten die Trägerplatte 17 von der ortsfesten Integrationskugel 24 entfernt wird und sich hierdurch die Lichtintensität ebenfalls beeinflussen läßt.

Von einem Anwender können daher verschiedene Messungen kurz hintereinander mit unterschiedlichen Intensitäten des Lichtstrahles durchgeführt werden, wobei jeweils überprüft wird, ob die Spektralkurve für einen bestimmten Wellenlängenbereich des empfangenen Lichtes einem vorher bestimmten Wert entspricht.

Ist dies nicht der Fall, so wird von dem Anwender entweder die Belichtungszeit bzw. Integrationszeit wie vorstehend beschrieben oder der Abstand des Edelsteines 11 von der LAP-Optik 22 bzw. dem Dioden-Array-Detektor 8 verändert, und zwar solange, bis die Spektralkurve in dem gewünschten Spektralbereich den vorherbestimmten Wert aufweist, d. h. es sind interaktive Messungen möglich.

Vorzugsweise wird ein Anwender die Integrations-

zeit verändern, da hierzu keine Veränderungen der Position des Edelsteines notwendig sind und das Verändern der Integrationszeit auf einfache Weise erfolgen kann.

Anschließend kann die eigentliche Messung zur Identifizierung und/oder Klassifizierung des Edelsteines durchgeführt werden.

Mittels der beschriebenen Vorrichtungen können Edelsteine sehr schnell identifiziert und/oder klassifiziert werden, ohne daß das Meßergebnis von der Form bzw. dem Schliff des Edelsteines abhängig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Identifizieren und/oder Klassifizieren von Edelsteinen mit einem Spektrometer, wobei das Licht einer Lichtquelle auf einen an einem Meßplatz angeordneten Edelstein gerichtet wird und das durch den Edelstein durchgetretene und/oder reflektierte Licht an eine Auswerteeinrichtung weitergeleitet wird, in welcher Spektralkurven des Lichts erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mehrkanalspektrometer verwendet wird, wobei der Edelstein (11) mit weißem Licht mit Wellenlängen im Bereich von 250 nm bis 1000 nm über eine festgelegte Integrationszeit bestrahlt wird, wobei das Licht zwischen dem Meßplatz und der Auswerteeinrichtung (13) in einer polychromatischen Detektoreinrichtung (8) in seine Spektralanteile zerlegt wird, und daß das Licht von der Lichtquelle (1) zum Meßplatz und von dem Meßplatz zur Auswerteeinrichtung (13) mittels Lichtleitern (4, 9) geführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß biegsame Lichtleiter (4, 9) verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das den Edelstein (11) bestrahlende Licht solange verstärkt wird, bis wenigstens eine der Spektralkurven an einer vorher bestimmten Stelle einen definierten bekannten Wert aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung des Lichts durch eine Erhöhung der Integrationszeit erreicht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkung des Lichts durch eine Veränderung des Abstandes zwischen einer der polychromatischen Detektoreinrichtung (8) vorgeschalteten Ankopplungseinrichtung (22) für Lichtleiter und dem Edelstein (11) erreicht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Ausbildung des Edelsteines (11) als Diamant die Lichtstrahlung solange verstärkt wird, bis die Spektralkurve im nahen infrarotbereich einen Wert von 100% erreicht.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6 mit einem Spektrometer, wobei ein Edelstein auf einem mit einer Lichtquelle bestrahlbaren Meßplatz angeordnet und das den Edelstein durchdringende und/oder von dem Edelstein reflektierte Licht einer Auswerteeinrichtung zuführbar ist, in welcher Spektralkurven des Lichts erzeugbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß weißes Licht mit einer Wellenlänge von 250 nm bis 1000 nm verwendbar ist und das Licht von der Lichtquelle (1) zu dem Meßplatz und von dem Meßplatz zu der Auswerteeinrichtung (13) durch

erste und zweite Lichtwellenleiter (4, 9) leitbar ist, wobei zwischen dem Meßplatz und der Auswerteeinrichtung (13) eine polychromatische Detektoreinrichtung (8) zum Zerlegen des Lichts in seine Spektralanteile und zum Erfassen der Spektralanteile vorgesehen ist. 5

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleiter (4, 9) Quarz-Quarz-Fasern enthalten.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil der Lichtleiter (9) eine Monofaser (10) und um die Monofaser (10) herum angeordnete Einzelfasern (6) aufweist. 10

10. Vorrichtung nach einem Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßplatz in einem Meßkopf (5) vorgesehen ist, wobei der Meßkopf (5) eine Trägerplatte (17) für den Edelstein (11) aufweist, die in einer mit einer Reflexionsschicht beschichteten Integrationskugel (24) angeordnet ist, in welche die Lichtquelle (1) einstrahlt, und wobei in der Trägerplatte (17) ein mit dem ersten Lichtleiter (4) wirkverbundener Diffusor (23) angeordnet ist, durch welchen das Licht dem Edelstein (11) zuführbar ist und in einer auf Abstand zu der Trägerplatte (17) angeordneten Aufnahmeplatte (21) ein weiterer Diffusor (26) vorgesehen ist, der mit der Ankopplungseinrichtung (22) für Lichtleiter verbunden ist und durch den Licht der Auswerteeinrichtung (13) zuführbar ist. 15 20 25 30

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerplatte (17) für den Edelstein (11) n Linearführungen (19) geführt und der Abstand des Edelsteines (11) zu der polychromatischen Detektoreinrichtung (8) vorgeschalteten Ankopplungseinrichtung (22) für Lichtleiter durch Verschieben der Trägerplatte (17) in den Linearführungen (19) veränderbar ist. 35

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (23) und/oder der weitere Diffusor (26) und/oder die Trägerplatte (17) für den Edelstein (11) auswechselbar vorgesehen sind. 40

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (23) und/oder der weitere Diffusor (26) aus Talk-Papier besteht. 45

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (23) und/oder der weitere Diffusor (26) aus Quarz besteht. 50

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (23) und/oder der weitere Diffusor (26) mehrschichtig ausgeführt ist. 55

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (23) in Abhängigkeit von der Größe des Edelsteines (11) einen Durchmesser zwischen 3 mm bis 18 mm aufweist. 60

17. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsschicht in der Integrationskugel (24) eine UV-taugliche Innenbeschichtung ist, die auch Lichtstrahlen im UV-Bereich reflektiert. 65

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsschicht in der Integrationskugel (24) aus BaSO_4 besteht.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, gekennzeichnet durch eine Grundplatte (20) aus einem weichen Werkstoff, wobei die Linearführungen (19) auf der Grundplatte (20) angeordnet sind.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Integrationskugel (24) auf ihrer Außenseite mit Aluminium (25) bedampft ist.

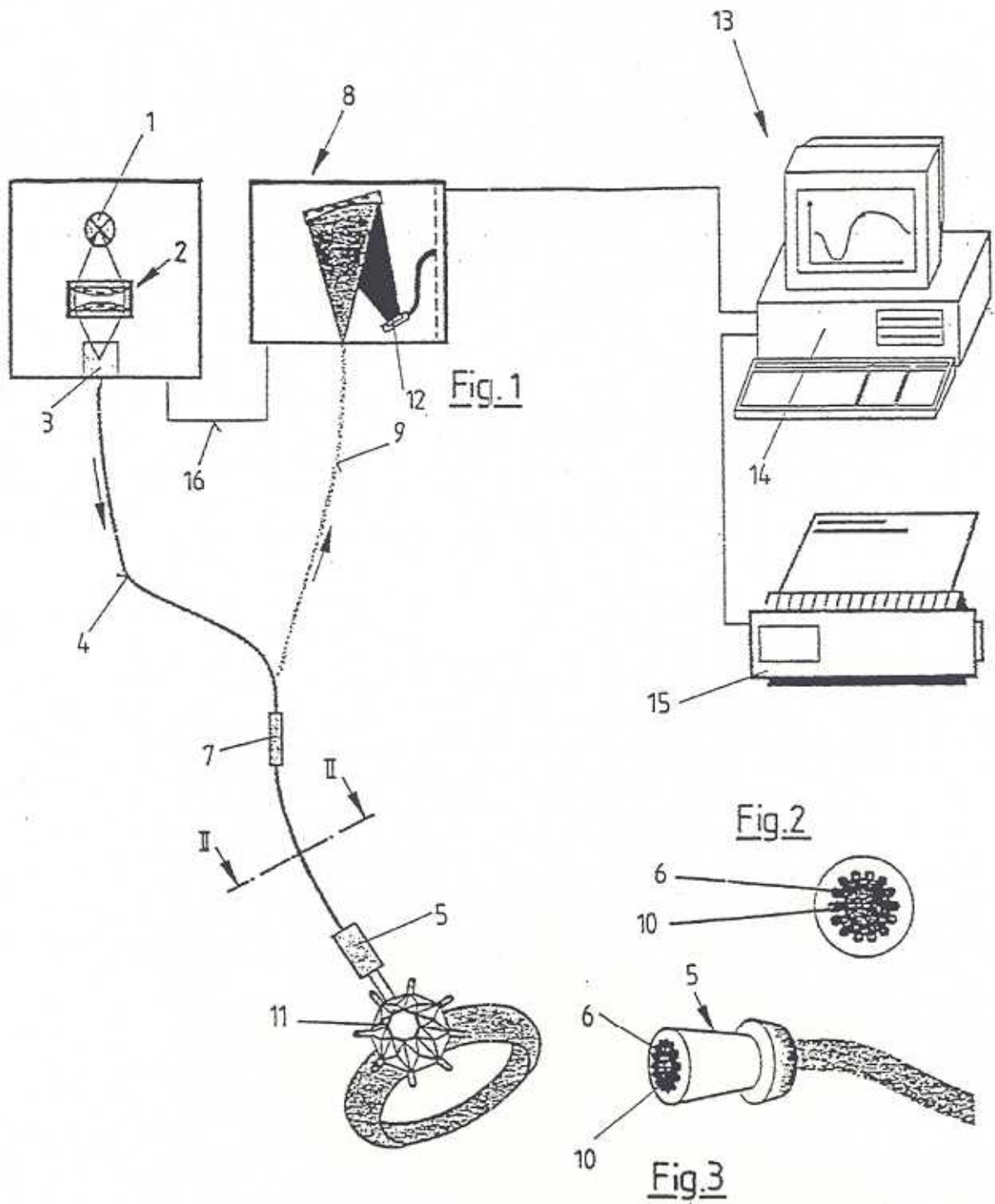
21. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankopplungseinrichtung (22) für Lichtleiter auf der Außenseite der Integrationskugel (24) und an der dem Diffusor (23) gegenüberliegenden Seite der Integrationskugel (24) angeordnet ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) eine Xenon-Lampe ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die polychromatische Detektoreinrichtung als Dioden-Array-Detektor (12) oder als CCD-Detektor ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankopplungseinrichtung für Lichtleiter als Lichtleiter-Adapter mit einer ins Unendliche abbildenden Optik (LAP-Optik 22) oder als fokussierender Lichtleiter-Adapter ausgebildet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



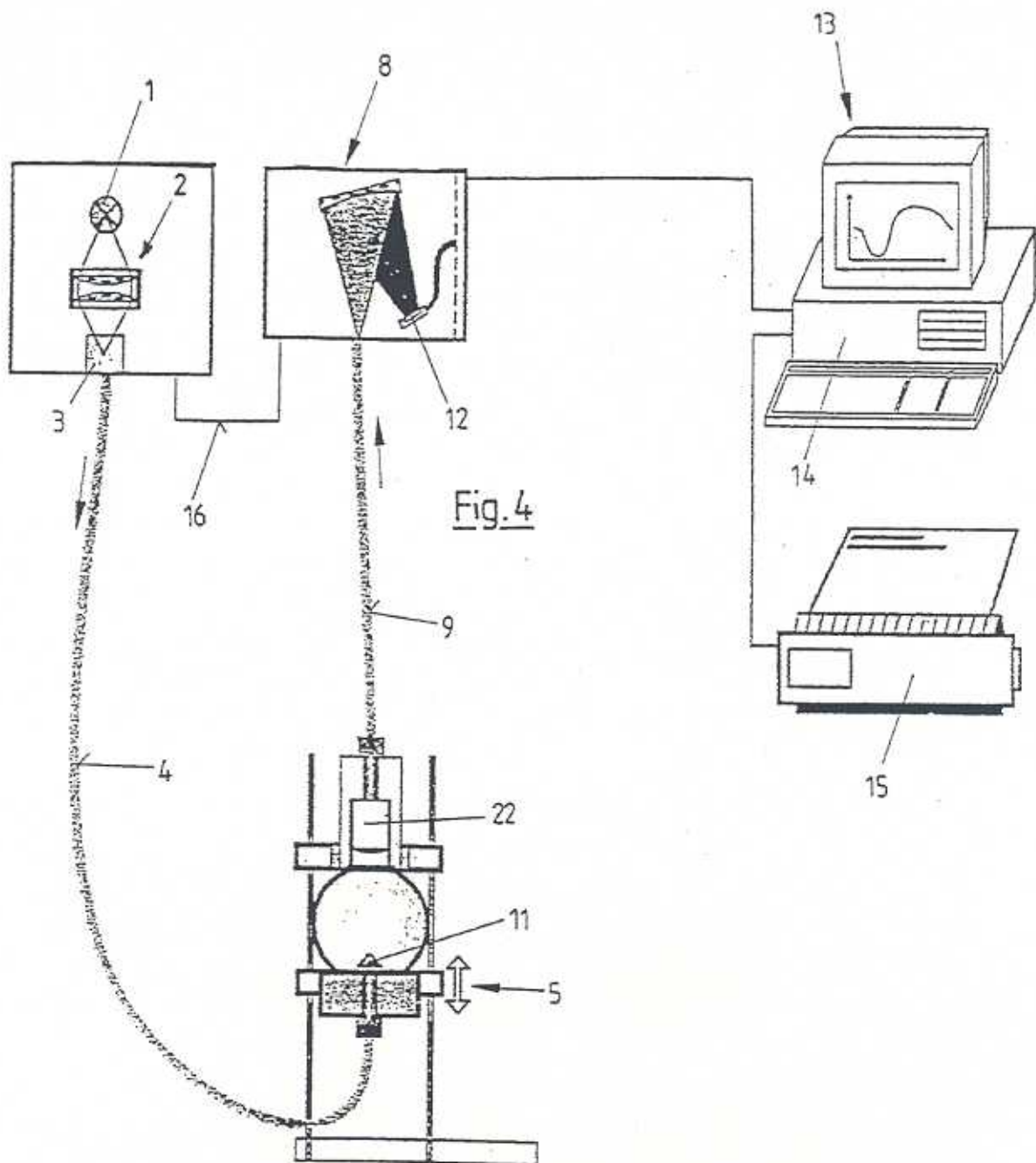


Fig. 4

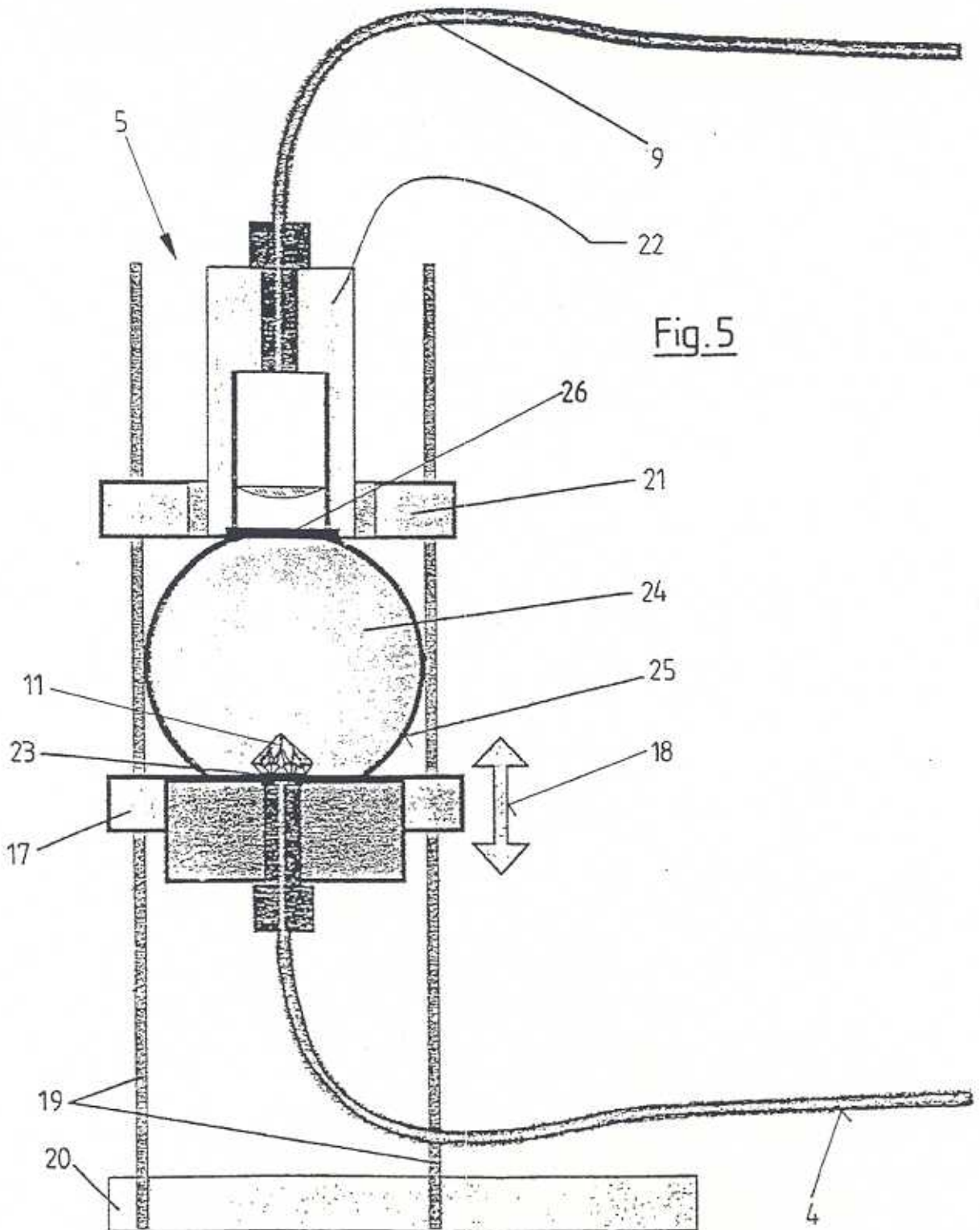


Fig. 6

